

HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Vöktun á lífríki Tjarnarinnar í Reykjavík 2023

Haraldur R. Ingvason og Stefán Már Stefánsson



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna

MARINE & FRESHWATER RESEARCH INSTITUTE

Vöktun á lífríki Tjarnarinnar í Reykjavík 2023

Höfundar	Haraldur R. Ingvason og Stefán Már Stefánsson
Unnið fyrir	Unnið fyrir skrifstofu umhverfisgæða á Umhverfis- og skipulagssviði Reykjavíkurborgar
Verkefnisstjóri	Haraldur R. Ingvason
Yfirfarið af	Fjóla Rut Svavarsdóttir
Samþykkt af	Guðni Guðbergsson, sviðsstjóri Ferkvatns- og eldissviðs

Haf- og vatnarannsóknir / Marine and Freshwater Research in Iceland

Númer	HV 2024-38	ISSN	2298-9137
Dagsetning	5. september 2024	Dreifing	Opin
Fjöldi síðna	29	Verknúmer	17698

© Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna

Ágrip

Hér er gerð grein fyrir vöktun á vistkerfi Reykjavíkurtjarnar og tveggja tjarna í Vatnsmýri. Markmið vöktunarinnar er að fylgjast með vistfræðilegu ástandi tjarnanna og er hún hluti rannsókna sem staðið hafa nær samfelld frá 2015. Vöktunin náði til efna- og eðlisþátta, vatnagróðurs, smádýralífs og hornsíla. Niðurstöðurnar eru í flestu samhljóða niðurstöðum fyrri ára. Vistfræðilegt ástand hefur batnað frá því sem áður var og aukin útbreiðsla vatnaplantna virðist almennt hafa aukið stöðugleika. Samfélög eru hins vegar ennþá fábreytt.

Lykilorð: Vöktun, vatnagróður, krabbadýr, hornsíli, gróðurframvinda

Abstract

This research presented here on the pond Reykjavíkurtjörn and two nearby ponds, continues ecological monitoring project that started in 2015, aimed at chemical and physical properties, macrophytes, aquatic invertebrates and fish. The results show that the ecological status of the ponds has improved from earlier state and are in line with previous results. Present status may be an intermediate state of succession in a system that has been recovering from a non-vegetated and highly unstable state in a relatively short time.

Keywords: Monitoring, Macrophytes, Crustaceans, Three-spined sticklebacks, Macrophyte succession

Efnisyfirlit

1 Inngangur	1
2 Aðferðir	2
2.1 Sýnataka, mælingar og meðhöndlun gagna	2
2.1.1 Eðlis- og efnaþættir	2
2.1.2 Blaðgrænumælingar og magn þörungagróðurs	5
2.1.3 Vatnagróður	5
2.1.4 Púpuhamir	5
2.1.5 Smádýralíf á setbotni – gildrusýni	6
2.1.6 Fiskar	7
3 Niðurstöður og umræður	8
3.1 Eðlis- og efnaþættir	8
3.2 Blaðgrænumælingar	12
3.3 Vatnagróður	15
3.4 Púpuhamir	17
3.5 Smádýralíf, gildrusýni á mjúkum botni	17
3.5.1 Krabbadýr	17
3.5.2 Þyrildýr	20
3.6 Fiskar	22
3.6.1 Hornsílaveiði	22
3.6.2 Stærðardreifing hornsíla	23
3.6.3 Sýkingartíðni	25
4 Lokaorð	26
5 Heimildir	27

Myndaskrá

Mynd 1. Sýnatökustöðvar vegna rannsókna í Reykjavíkurtjörn, Vatnsmýrartjörn og Hústjörn .	3
Mynd 2. Vatnsmýri og syðri hluti Reykjavíkurtjarnar.	4
Mynd 3. Vatnshiti (°C), rafleiðni (µS/cm) og sýrustig (pH)	10
Mynd 4. Vatnshiti (°C) í Reykjavíkurtjörn á árabílinu 2008–2023	11
Mynd 5. Rafleiðni (µS/cm) í Reykjavíkurtjörn á árabílinu 2008–2023.....	11
Mynd 6. Sýrustig (pH) í Reykjavíkurtjörn á árabílinu 2008–2023	12
Mynd 7. Magn blaðgrænu-a (µg/l) í Reykjavíkurtjörn á árunum 2008–2023.....	15
Mynd 8. Hlutdeild mismunandi tegunda og hópa krabbadýra.....	19
Mynd 9. Meðalveiði hornsíla á klukkustund á stöðvum 1–6	23
Mynd 10. Meðallengd hornsíla á stöðvum 1–6 síðsumars (ágúst–september)	24
Mynd 11. Lengdardreifing hornsíla	24

Töfluskrá

Tafla 1. Styrkur næringarefna á þremur mælistöðvum í Vatnsmýri og Reykjavíkurtjörn.....	13
Tafla 2. Magn blaðgrænu-a (µg/l) í Norðurtjörn árin 2008–2023.	14
Tafla 3. Tegundir rykmýs greindar út frá púpuhömum.....	17
Tafla 4. Þéttleiki krabbadýra (fjöldi dýra/m ²) í trektagildrum á setbotni.....	18
Tafla 5. Tegundir, hópar og gróft mat á þéttleika þyrildýra í trektagildrum á setbotni	21
Tafla 6. Þéttleiki annarra dýrahópa (fjöldi dýra/m ²) en krabbadýra og þyrildýra.....	21
Tafla 7. Fjöldi veiddra hornsíla	22
Tafla 8. Meðaltal lengdar (cm) og þyngdar (g) hornsíla	23

1 Inngangur

Í þessari skýrslu er greint frá niðurstöðum vöktunar á lífríki Reykjavíkurtjarnar og tveggja tjarna á vatnasviði hennar í Vatnsmýrinni. Rannsóknin var unnin af starfsfólki Hafrannsóknastofnunar og fór sýnataka fram síðari hluta ágústmánaðar 2023. Verkið var unnið að beiðni Þórólfs Jónssonar hjá skrifstofu umhverfisgæða á Umhverfis- og skipulagssviði Reykjavíkurborgar.

Markmið verkefnisins var að fylgja eftir rannsóknum sem hófust árið 2015 og hafa staðið að mestu óslitið síðan þá. Fylgst hefur verið á reglubundinn og samræmdan hátt með ástandi og framvindu gróðurs og dýrasamfélaga í Reykjavíkurtjörn og Vatnsmýri og leitast við að varpa ljósi á lífríki og vistfræðilegt ástand. Á tímabilinu hafa orðið ýmsar breytingar og gefa niðurstöðurnar einstakt yfirlit yfir framvinduna á tímabilinu sem eflaust er hægt að nýta sem hjálpargögn við skipulagða endurheimt annarra vatna í framtíðinni, auk þess að vera góður grunnur fyrir framtíðarvöktun á svæðinu. Forsögu verkefnisins og fyrri rannsóknum hafa áður verið gerð allítarleg skil í skýrslum Náttúrufræðistofu Kópavogs (sjá t.d. Haraldur R. Ingvason o.fl. 2022, Haraldur R. Ingvason o.fl. 2020, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008). Skýrslan sem hér fer á eftir er fyrst og fremst gagnaskýrsla og er því vísað til fyrri skýrslna hvað varðar nákvæmar lýsingar á aðferðum og sýnatökustöðvum.

Niðurstöður vöktunar ársins 2023 bera þess á köflum merki að verklag og áætlanir gengu töluvert úr skorðum. Ástæða þessa er sú að rannsóknum hjá Náttúrufræðistofu Kópavogs var hætt fyrri hluta ársins án þess að búið væri að tryggja framhald þeirra verkefna sem í gangi voru. Vöktun Tjarnarinnar fluttist í kjölfarið til Hafrannsóknastofnunar og var framhaldið þar eins og kostur var með samþykki verkkaupa.

2 Aðferðir

2.1 Sýnataka, mælingar og meðhöndlun gagna

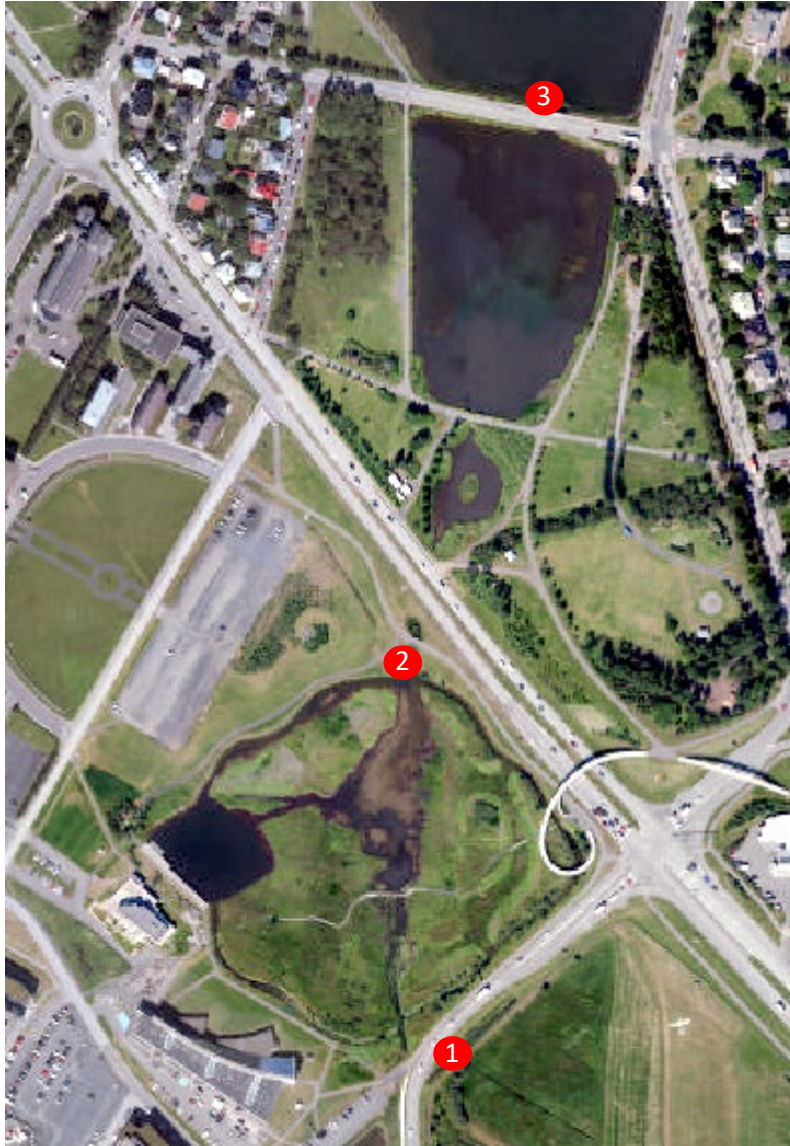
Sýnataka og mælingar fóru fram dagana 23.–24. ágúst 2023 á stöðvum 1–6 (mynd 1) og mælipunktum 1–3 en vatnssýnum var einnig safnað á punktum 1–3 þann 5. júlí 2023 (mynd 2). Sýnataka beindist að útbreiðslu og þéttleika hornsíla og smádýra við setyfirborð, ásamt því að vatnssýni voru tekin til efnamælinga og útbreiðsla vatnaplantna var könnuð. Sýnataka fór fram úr litlum slöngubáti sem róíð var milli sýnatökustöðva, en einnig við bakka. Lýsingar á staðháttum ásamt ítarlegri verklýsingum í þessu verkefni má finna í bókinni „Tjörnin: saga og lífríki“ (Ólafur Karl Nielsen 1992) og í fyrri skýrslum Náttúrufræðistofu Kópavogs (sjá t.d. Haraldur R. Ingvason o.fl. 2017, 2022). Microsoft Excel var notað við úrvinnslu gagna, mynda- og töflugerð.

2.1.1 Eðlis- og efnabættir

Eðlisbættir voru mældir á þremur stöðvum, alls fimm sinnum yfir árið. Mælingar voru gerðar með fjölþáttamæli af gerðinni YSI Pro 1030 sem mælir vatnshita ($0,1^{\circ}\text{C}$ upplausn, $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ mælinákvæmni), sýrustig ($\text{pH } 0,01$, $\pm 0,1$) og rafleiðni ($1 \mu\text{S}/\text{cm}$, $\pm 0,5\%$). Öll rafleiðnigildi voru leiðrétt fyrir 25°C . Tvær stöðvanna eru nýlegar stöðvar í Vatnsmýri sem bætast við mælingar sem gerðar hafa verið árum saman með reglubundnum hætti við Skothúsveginn. Þær mælingar voru á hendi Náttúrufræðistofu Kópavogs og nýttust sem bakgrunnsgögn í þessari vöktun þótt þær væru ekki hluti hennar.



Mynd 1. Sýnatökustöðvar vegna rannsókna í Reykjavíkurtjörn, Vatnsmýrartjörn og Hústjörn. Á stöðvum K1–K15 hafa setkjarnar verið teknir í fyrri rannsóknum (kajakstöðvar). Grænn punktur við Skothúsveg markar stöð þar sem eðlisþættir eru mældir og vatnssýni til blaðgrænumælinga og þörungagreininga eru tekin. Borgarvefsjá, kort úr LUKR.



Mynd 2. Vatnsmýri og syðri hluti Reykjavíkur-tjarnar. Rauðir punktar marka mælistöðvar þar sem fylgst er með vatnshita, rafleiðni og sýrustigi (pH). Númer vísa til umfjöllunar í texta; 1 = skurður austan Njarðargötu, 2 = útfall úr Vatnsmýri, 3 = Norðan við brú á Skothúsvegi. Myndin er fengin af borgarvefsjá (<https://borgarvefsja.reykjavik.is/borgarvefsja/>).

Vatnssýni til efnagreininga hafa verið tekin árlega. Lengst af hafa verið tekin ósúð sýni á stöð 3 í Norðurtjörn og við stíflu neðan Hústjarnar og Vatnsmýrartjarnar. Tilgangur sýnatökunnar hefur verið að mæla magn næringarefna fosfórs (P-heild), fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$), heildarmagn köfnunarefnis (N-heild), níturat ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammóníum ($\text{NH}_4\text{-N}$), en í einhverjum tilvikum hefur einnig verið mælt magn lífræns kolefnis (TOC), kísils (Si) og silíkats (SiO_2). Í kjölfar tillagna Umhverfisstofnunar um aðgerðavöktun Tjarnarinnar hefur sýnatökustöðvum verið fjölgað þannig að nú er þessum sýnum safnað á þremur stöðum (mynd 2). Vatninu er safnað í 100 ml glerflösku sem fest er á stöng og hellt úr henni í sprautu. Þá eru vatnssýni síuð á staðnum með 0,2 μm sprautufilter og 50 ml sprautu. Sprauta og bulla skuluð þrísvar, filter settur á og síað í 100 ml plastflösku sem fyllt er að öxlum. Einnig voru tekin ósúð sýni til samanburðar þar sem þeirri aðferð hefur verið beitt lengst af. Alls voru tekin tvö sýni á hverjum stað,

eitt síað og eitt ósíað, eða sex í heildina í hverri sýnatöku. Sýnin voru geymd í kæli á vettvangi í mesta lagi þrjár klst. þar til þau voru fryst (-20°C).

2.1.2 Blaðgrænumælingar og magn þörungagróðurs

Í þessu verkefni hefur magn frumframleiðenda meðal sviflægra þörunga verið metið með því að mæla magn blaðgrænu-a (chlorophyll-a), en blaðgræna gefur jafnframt vísbendingu um næringarefnaástand í vatninu og fæðuframboð fyrir dýrasvif. Vatnssýni til blaðgrænumælinga hafa verið tekin í eins lítra plastflösku frá landi við brúna á Skothúsvegi (mynd 1). Þar sem rannsóknum var hætt fyrri hluta árs á Náttúrufræðistofu Kópavogs fóru vöktunaráætlanir meira og minna forgörðum. Af þeim orsökum var einungis eitt slíkt sýni tekið árið 2023, þann 23. ágúst þegar meginsýnataka fór fram. Sýnið var geymt í kælikassa í mesta lagi þrjár klukkustundir. Á rannsóknarstofu var sýnið síað í gegnum Whatman GF/C síupappír (Cat no. 1822 047), hann vafinn í álpappír og geymdur í frysti þar til mælingar fóru fram. Til að leysa blaðgrænuna úr sýninu var síupappírinn lagður í 96% etanól og hafður í myrkri í kælikáp í 24 klst. Blaðgræna-a var mæld við bylgjulengdina 665 nm með ljósgleypnimæli (HACH, DR 5000). Heildarmagn blaðgrænu-a (blaðgræna-a, $\mu\text{g/l}$) var reiknað samkvæmt jöfnunni:

$$\text{Blaðgræna-a } (\mu\text{g/l}) = (\text{Abs.}(665-750\text{nm}) * L * 103) / 83,4 * V$$

þar sem Abs. (665–750 nm) er ljósgleypni við 665 nm að fráðreginni ljósgleypni við 750 nm, L er rúmmál (ml) leysnivökva (etanóls) á síupappír, 83,4 er ljósgleypnistuðull fyrir etanól og V er rúmmál (l) sýnisins sem síað var (sjá Sønnergaard og Riemann 1979, bls. 171).

Til viðbótar blaðgrænusýnum hafa verið tekin sýni til tegundagreiningar á sviflægum þörungum. Sýnin voru tekin við Skothúsbrúna í 100 ml brúnar glerflöskur. Voru þau varðaveitt með 0,1% kalíumjodlaun og var þeim komið til Gunnars Steins Jónssonar þörungafraeðings sem séð hefur um úrvinnslu á þessum verkhluta (sjá t.d. Gunnar Steinn Jónsson 2021). Einungis eitt slíkt sýni var tekið, þann 5.7. 2023 og hefur ekki verið unnið úr því. Af framansögðu er ljóst að sá hluti þessa verkefnis sem fram til þessa hefur innifalið mat á svifþörungum í Tjörninni fór verulega úr skorðum vegna áðurnefndrar röskunar á vöktunaráætlunum.

2.1.3 Vatnagróður

Gróðurathuganir í norður og suðurtjörn fóru fram með þeim hætti að farið var á bát (róið) milli fastra sýnatökustöðva og gróður metinn, en þessari aðferð hefur verið beitt síðustu ár. Ferillinn var skráður með GPS tæki og myndir teknar. Skyggni í vatni var með lakara móti en ekki er talið að það hafi komið að sök þar sem aðstæður voru góðar að öðru leiti.

2.1.4 Púpuhamir

Þegar rykmý klekst úr vatni skilur það eftir sig púpuham fljótandi í vatnsyfirborði. Þessir hamir hafa þá eiginleika að fljóta í yfirborði löngu eftir að flugan hefur klakist og rekur því gjarna að landi. Hægt er að greina hamina til tegundar og hafa þeir reynst gott tól til að afla upplýsinga um tegundasamsetningu

rykmýs án þess að fara í sýnatöku með sérhæfðum útbúnaði, sem alla jafna útheimtir einnig tímafreka frumúrvinnslu, áður en hægt er að snúa sér að greiningum. Tjörnin í heild sinni var skilgreind sem eitt sýnatökusvæði þótt safnað væri í báðum hlutum hennar.

Púpuhömum rykmýs var safnað eða leitað eftir þeim alls þrisvar sinnum árið 2023, þann 11.5., 5.7. og 23.8. Hamir fundust á fyrri tveimur dagsetningunum en enga hami var að sjá í ágústsýnatökunni. Hömum var safnað við bakka í sunnanverðri Norðurtjörn og framan við Hljómskálann í Suðurtjörn, þar sem þeim var fleytt af yfirborði eða háfaðir úr gróðri og froðuskán við bakka. Hömunum var komið fyrir í plastpokum eða plastdósum með 80% ethanoli og geymdir þannig þar til greining fór fram. Ef mikið er af hömum eru tekin hlutsýni og var í þessum tilvikum miðað við að greina a.m.k. 200 hami eða heildarsýnið ef það náði ekki þeirri tölu. Hamir eru greindir í víðsjá eða (allt að 90-föld stækkun) steypdir á smásjargler og fer greining þá fram í smásjá við heppilega stækkun í hverju tilviki. Stuðst við viðurkennda greiningarlykla við þá vinnu (Langton, P.H. 1991, Wiederholm, T. (ed.) 1986).

2.1.5 Smádýralíf á setbotni – gildrusýni

Trehtagildrur voru notaðar til að safna smádýrum sem finnast á og við botn. Trehtagildra samanstendur af málmgrind þar sem komið er fyrir plastkrukkum með áföstum lokum með plasttrektum (Örnólfsdóttir, E.B and Einarsson, Á. 2004). Oftast eru notaðar tíu krukkur í hverja gildru en að þessu sinni voru notaðar átta. Áður en gildrunni er slakað á botninn eru krukurnar fylltar með síuðu vatni af staðnum (með 45 μ m sigti) og síðan lokað. Gildran er látin síga til botns þannig að trektaopin snúi niður. Fætur gildrunnar koma í veg fyrir að hún sökkvi í mjúkt botnset og er hún stillt þannig að trektarnar eru fáeina cm yfir botni. Heildarflatarmál trekta, þ.e. söfnunarflötur hvernar gildru var 632 cm². Þremur trethagildrum var komið fyrir í Norðurtjörn (stöðvar 1–3), einni í Suðurtjörn (stöð 4) og sitt hvorri gildrunni í Vatnsmýrartjörn (stöð 5) og Hústjörn (stöð 6), alls sex gildrur sem voru látnar liggja yfir nótt og sem næst 24 klst. (mynd 1). Þá voru gildrurnar teknar upp og vatnið úr krukunum síað í gegnum sigti með 45 μ m möskvastærð. Dýrum úr öllum krukum í hverri gildru fyrir sig var slengt saman í eitt sýni sem síðan var skolað úr sigtinu ofan í sýnaflösku og varðveitt í 0,1% kalíumjoðlausn (Lugo's).

Úrvinnsla fór fram á rannsóknarstofu þar sem lífverur voru greindar undir víðsjá (allt að 90-föld stækkun) til tegunda eða tegundahópa eftir því sem við var komið og fjöldi einstaklinga hvernar tegundar eða tegundahóps talinn. Í nokkrum tilfellum voru dýr skoðuð undir smásjá við allt að 400-falda stækkun. Ef um mikinn fjölda var að ræða í sýni var tekið hlutsýni, en þá er einungis unnið úr þekktum stærðarhluta úr heildarsýni og fjöldi þess uppreiknaður miðað við heildarstærð sýnis. Afli gildrunnar er loks uppreiknaður og staðlaður miðað við 1 m² söfnunarflöt og 24 klukkustunda veiði. Stuðst var við ýmsa greiningarlykla og vefsíður við greininguna (t.d. Rotifer World Catalog, Helgi Hallgrímsson 1990, Nogrady, T. and Segers, H. 2002, Orlova-Bienkowskaja, M.Y. 2001, Fontaneto and De Smet 2015).

2.1.6 Fiskar

Eins og undanfarin ár voru lagðar gildir til sýnatöku á hornsílum (e. minnow traps). Gildirnar eru 40 cm á lengd, 20 cm í þvermál og með 3,2 mm möskvastærð. Á stöðvum 1–6 voru lagðar saman tvær gildir og látnar liggja í u.þ.b. sólarhring. Hornsíli voru talin úr hverri gildru fyrir sig og tekið hlutsýni (100–200 síli) til mælinga ef afli var mikill. Hornsílin voru varðveitt í 96% etanóli til síðari athugunar á rannsóknarstofu. Til að staðla hornsílaveiðina var heildar fjöldi veiddra síla (veiðni) reiknaður sem fjöldi síla í gildru á klukkustund.

Lengd hornsíla var mæld frá snoppu í miðjan sporðenda (heildarlengd) að næsta heilum millimetra. Þá voru sílin lögð á þerripappír og síðan vegin (votvigt), með mælinákvæmni upp á 0,001 g. Þá var sníkjudýrabyrði af völdum bandormsins *Schistocephalus solidus* metin sjónrænt, þ.e. þeir fiskar þar sem sjá mátti sýkingu af lögum kviðarhols. Erfiðlega hefur gengið að aldursgreina íslensk hornsíli með lestri áhringja í kvörnum og því hefur verið farin sú leið að meta aldur sílanna út frá lengdardreifingu, en þar sem hornsíli eru skammlífir fiskar má með þeim hætti álykta um fjölda árganga í veiðinni, að því tilskildu að sýnið nái lágmarksstærð/fjölda.

3 Niðurstöður og umræður

Fyrri hluta árs 2022 var mælistöðum, þar sem eðlisþættir á tjarnarsvæðinu eru vaktaðir, fjölgað um tvo (mynd 2). Annar þeirra er í skurði flugvallarmegin við Njarðargötu fáeinum metrum frá ræsi sem leiðir vatnið inn í Vatnsmýrina (punktur 1). Hinn er ofan við stíflu neðst í Vatnsmýri, þar sem vatn rennur úr henni inn til tjarnarinnar (punktur 2). Þriðji mælistaðurinn er svo norðan við brúna á Skothúsvegi, en þar hafa mælingar verið gerðar samfelld frá árinu 2008 (punktur 3). Því eru nú tiltæk víðtækari gögn en áður innan svæðisins en á móti kemur að verulega dró úr öðrum mælingum í kjölfar þess að rannsóknunum Náttúrufræðistofu Kópavogs var hætt. Því eru einungis tiltækar eðlisþáttamælingar frá fimm dagsetningum árið 2023 (4. janúar, 3. febrúar, 11. maí, 5. júlí og 23. ágúst) en til samanburðar voru mælingar gerðar á sautján sinnum árið 2022.

3.1 Eðlis- og efnabættir

Vatnshiti á punkti 1 mældist á bilinu 7,0–31,4°C og var töluvert yfir vatnshita annarra mælipunkta að frásældum 11. maí en þá var vatnshiti þar lægstur eða tæpar 11 gráður (mynd 3). Þessi hiti stafar frá affallsvatni sem losað hefur verið í kerfið af Öskjuhlíðarsvæðinu um nokkra hríð. Sjá má áhrif þessa heita vatns á vatnshita í Vatnsmýri, sérstaklega í febrúar þegar affall úr Vatnsmýri mældist rúmlega 10 °C. Áhrif þessa heita vatns á vatnshita eru ógreinilegri aðra mánuði enda má þá gera ráð fyrir að lofthiti ráði miklu um vatnshitann og væntanlega er sá þáttur algerlega ráðandi á mælipunkti 3. Að mælingunni í maí undanskilinni er vatnshitaferillinn niður kerfið frá punkti 1–3 í stórum dráttum sá sami, hiti er hæstur á punkti 1 (meðalhiti 18,9 °C) nokkru lægri á punkti 2 (meðalhiti 11,4) og lægstur á punkti 3 (meðalhiti 9,1°C).

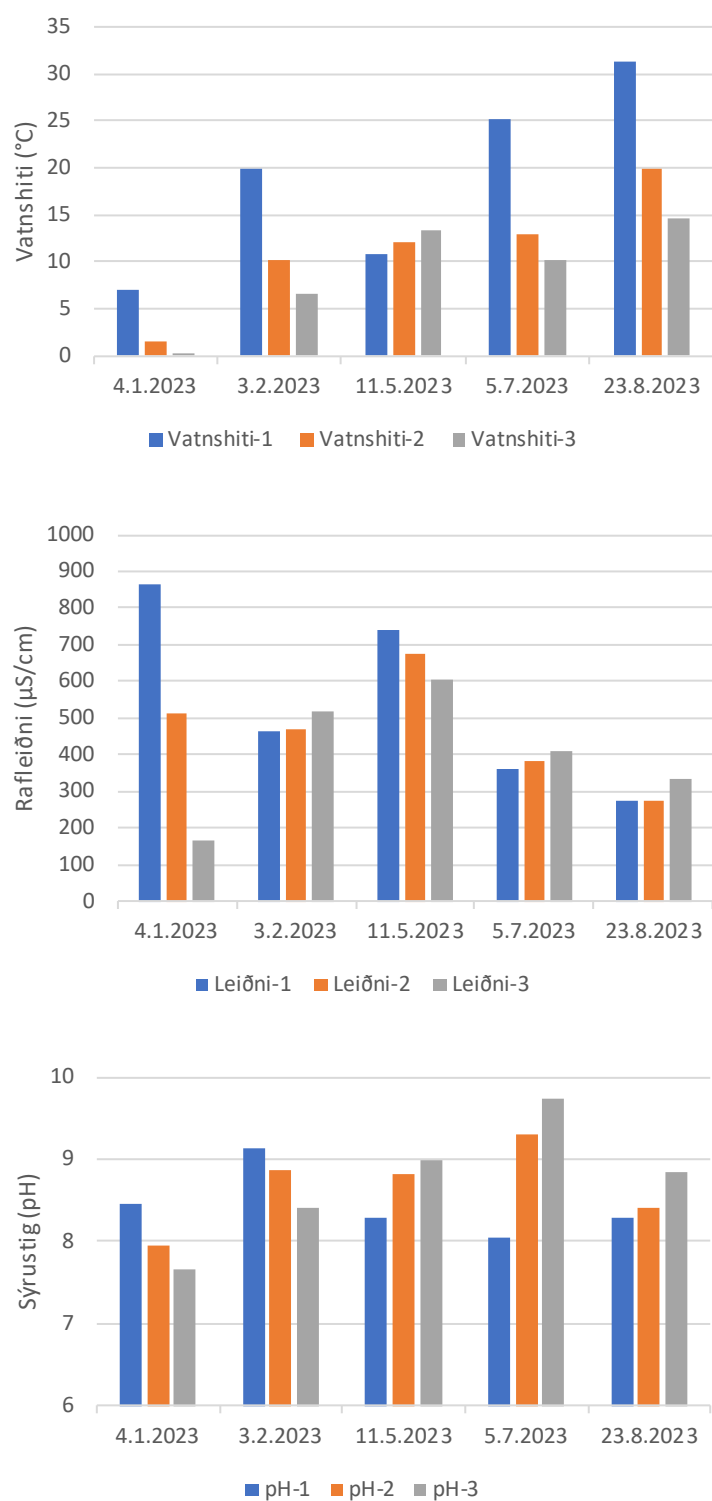
Rafleiðni sveiflast töluvert en hæsta gildið mældist á punkti 1 í janúar eða 864 µS/cm. Leiðnin var að jafnaði hæst í maí og lækkaði á öllum mælipunktum eftir því sem leið á sumarið (mynd 3). Ekki er að sjá augljósa leitni í leiðni milli mælipunkta eins og í tilfelli vatnshitans enda hefur uppruni vatnsins og viðstaða þess trúlega meira að segja í þessu tilviki. Meðalgildi rafleiðni var 540,7 á punkti 1, 463,8 á punkti 2 og 406,4 á punkti 3.

Nokkur viðsnúningur verður á sýrustigi milli árstíða (mynd 3). Í janúar og febrúar fara pH gildin lækkandi frá punkti 1 að punkti 3 en það snýst við í maí júlí og ágúst. Mestur stöðugleiki er á punkti 1 þar sem gildin spanna 8,06 – 9,14 (meðaltal 8,45) en breytileikinn er meiri á punktum 2 og 3. Þannig liggja gildin á bilinu 7,95 – 9,3 (meðaltal 8,67) á punkti 2 og 7,65 – 9,75 (meðaltal 8,73) á punkti 3. Væntanlega endurspeglast þarna a.m.k. að hluta áhrif frumframleiðni í tjörnunum, en hún leiðir til hækkunar pH.

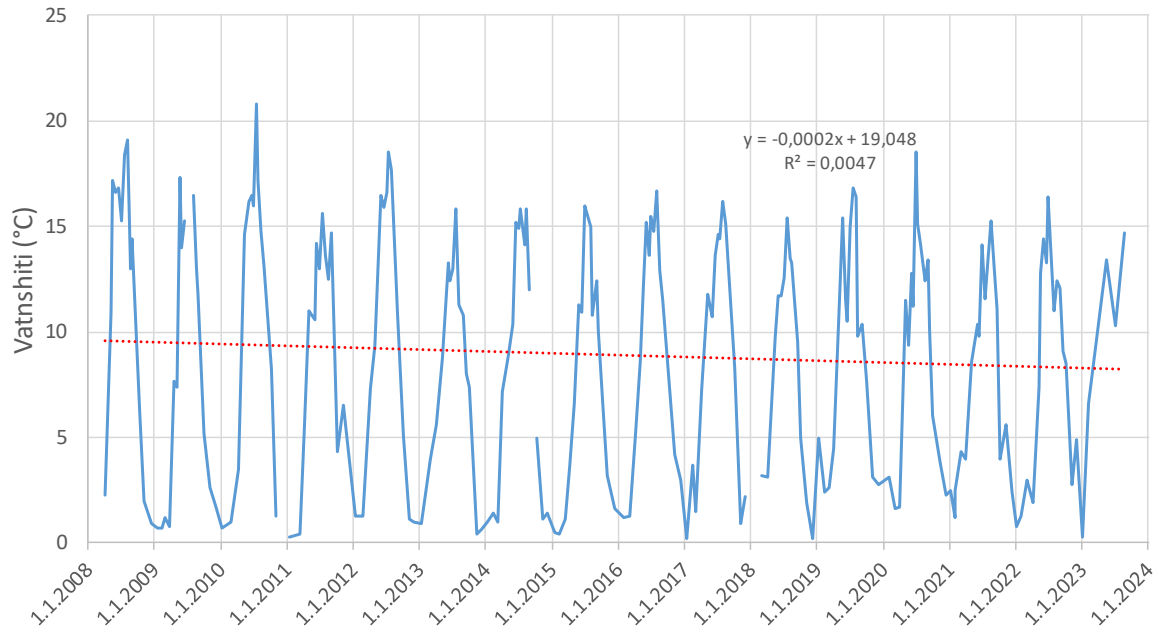
Þegar litið er yfir fyrirliggjandi vöktunargögn um mælingar á sýrustigi, sem einnig hófust árið 2008 (*Vatnahringurinn*, óbirt gögn Náttúrufræðistofu Kópavogs) sést að þrátt fyrir fáar mælingar falla niðurstöður ársins í stórum dráttum vel að þeim langtímaferlum sem þar hefur mátt greina hvað varðar vatnshita, rafleiðni og sýrustig (myndir 4, 5 og 6) og eru væntanlega í tilviki rafleiðni og sýrustigs bein afleiðing þess að tjörnir hefur gróið upp á undanförunum árum. Ástæða þessara breytinga er væntanlega sú að gróðurinn stillir vatnið og dregur úr uppróti og gruggi, en hin mikla frumframleiðsla sem hinum þetta gróðri fylgir, keyrir jafnframt upp pH gildi vatnsins (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2020). Jafnframt flyst framleiðni frumframleiðenda í kerfinu að mestu frá svifþörungum, sem einnig

leggja sitt af mörkum til að grugga tjarnarvatnið, til rótfastra plantna og ásætubörunga sem vinna beinlínis gegn því að Tjörnin gruggist.

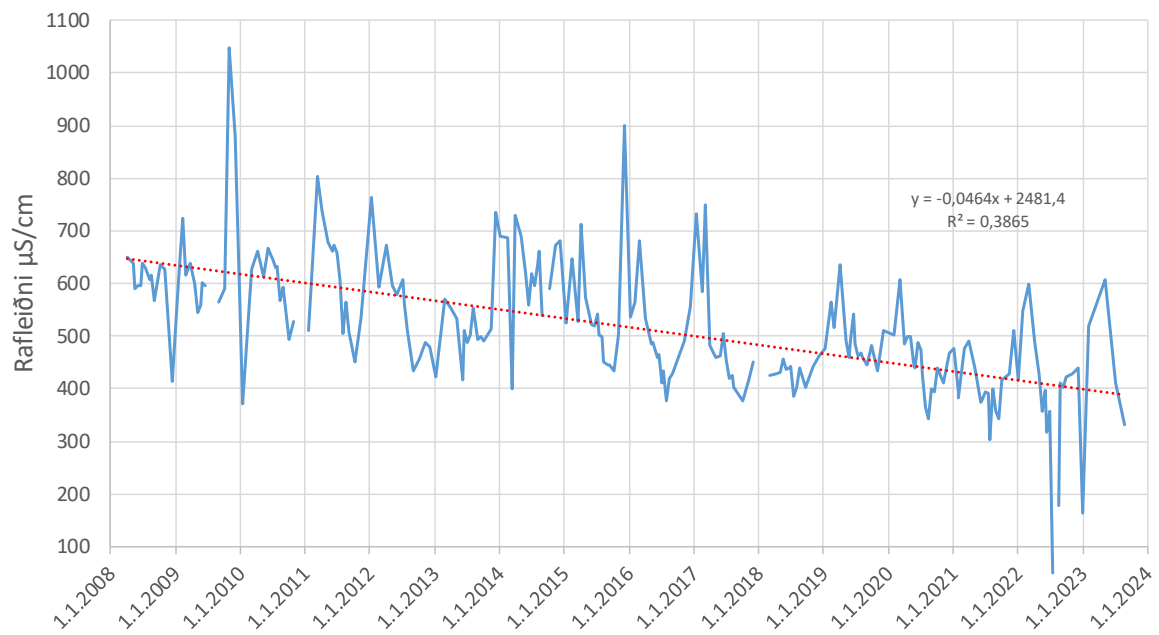
Reykjavíkurtjörn er skilgreind sem vatnshlot í hættu (Vatnaáætlun 2022–2027) og byggir það mat á háu efnainnihaldi og mengun. Ef lítið er til ástands Tjarnarinnar í víðara samhengi má horfa til samanburðar við flokkinn „grunn flatlendisvötn án seltuáhrifa“ í vistgerðaflokkun Náttúrufræðistofnunar Íslands (Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl. 2016), en í lítt röskuðu/náttúrulegu ástandi mætti færa rök fyrir því að Tjörnin ætti heima innan hans. Sá flokkur samanstendur af 24 vötnum og er meðalrafleiðni $134 \mu\text{S}/\text{cm}$ og meðalsýrustig pH 8,9. Þessi samanburður sýnir að rafleiðni í Tjörninni er há miðað við flatlendisvötnin, þrátt fyrir að rafleiðni í Tjörninni hafi farið lækkandi á undanförunum árum. Sýrustig er hins vegar á svipuðu róli og trúlega skiptir gróðurmagn tjarnarinnar þar máli, en flatlendisvötnin eru iðulega einnig vel gróin.



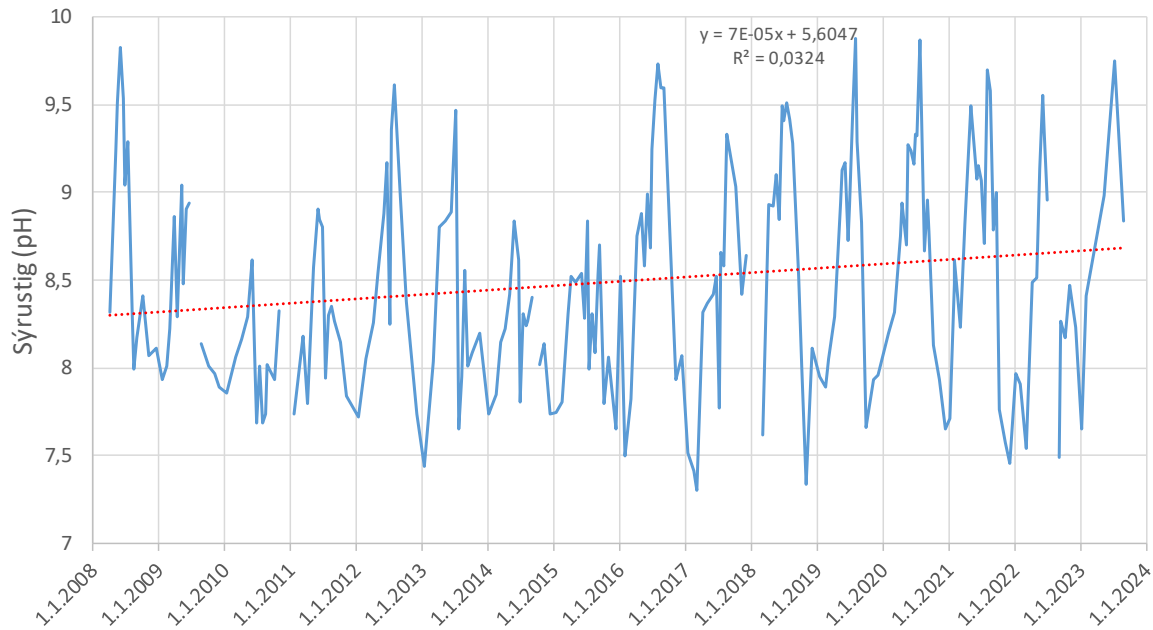
Mynd 3. Vatnshiti (°C), rafleiðni (µS/cm) og sýrustig (pH) á sýnatökustöðvum nr. 1 og 2 í Vatnsmýri og nr. 3 við Skothúsveg árið 2023.



Mynd 4. Vatnshiti (°C) í Reykjavíkurtjörn á árabílinu 2008–2023 , alls 228 mælingar. Gögn úr gagnagrunni Náttúrufræðistofu Kópavogs, Vatnahringurinn.



Mynd 5. Rafleiðni (µS/cm) í Reykjavíkurtjörn á árabílinu 2008–2023 , alls 225 mælingar. Gögn úr gagnagrunni Náttúrufræðistofu Kópavogs, Vatnahringurinn.



Mynd 6. Sýrustig (pH) í Reykjavíkurtjörn á árabílinu 2008–2023, alls 224 mælingar. Gögn úr gagnagrunni Náttúrufræðistofu Kópavogs, Vatnahringurinn.

Vatnssýnum til mælinga á efnainnihaldi hefur verið safnað undanfarin ár í þeim tilgangi að fylgjast með vatnsgæðum og afla upplýsinga um hvernig staðan er gagnvart settum umhverfismörkum (Umhverfisstofnun 2004, Haraldur R. Ingvason o.fl. 2022).

Þegar litið er til umhverfismarka fellur svæðið í flokka I-V eftir því hvaða efni, dagsetningar og staðsetningar er um að ræða, en stundum er munur milli síðra og ósíðra sýna og þá ósíðuð sýnin gjarna hærri (tafla 1). Þannig er heildar P að jafnaði í II flokki fyrir síuð sýni en II – III fyrir ósíuð og heildar N í I – II flokki fyrir síuð sýni en alfarið í II flokki fyrir ósíuð. Einu virkilega háu gildin eru fyrir $\text{PO}_4\text{-P}$ þar sem gildi í skurði og í Vatnsmýri lenda allt upp í IV og V flokk og flokkast því á þeim tíma sem næringarefnaauðugt og ofauðugt vatn. Í stórum dráttum eru gildin á svipuðu róli hvað umhverfislökka varðar og undanfarin ár þótt það sé ekki einhlýtt (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2022).

Til eru blaðgrænumælingar sem gerðar voru í Reykjavíkurtjörn í júní og júlí 1978 og eru þær að jafnaði heldur hærri en mælst hafa undanfarin ár, eða á bilinu 19,3–42,8 $\mu\text{g/l}$ og að meðaltali 35,5 $\mu\text{g/l}$ (Gunnar St. Jónsson o.fl. 1978). Samkvæmt þeim mælingum var Tjörnin í umhverfismarkaflokki III og IV árið 1978.

3.2 Blaðgrænumælingar

Blaðgrænumælingar féllu að mestu niður árið 2023 af orsökum sem fjallað er um hér að framan. Einungis ein mæling var gerð á sýni sem safnað var þann 24.8 2023 með mæligildi upp á 7,8 $\mu\text{g/l}$ sem er ekki fjarri ársmeðaltölum sl. ára. (tafla 2)

Þegar horft er á þau langtímagögn sem safnað var í tíð Náttúrufræðistofu Kópavogs má sjá athyglisverða framvindu þar sem magn blaðgrænu hefur heilt yfir farið lækkandi og að sama skapi

virðist ferillinn hafa gengið í gegn um 2–4 fasa á þeirri leið (tafla 2, mynd 7). Ljóst má vera að mikilvægt er að endurvekja reglubundnar mælingar á blaðgrænu sem og þeim eðlisþáttum sem jafnframt voru mældir í hinni aflögðu vöktun.

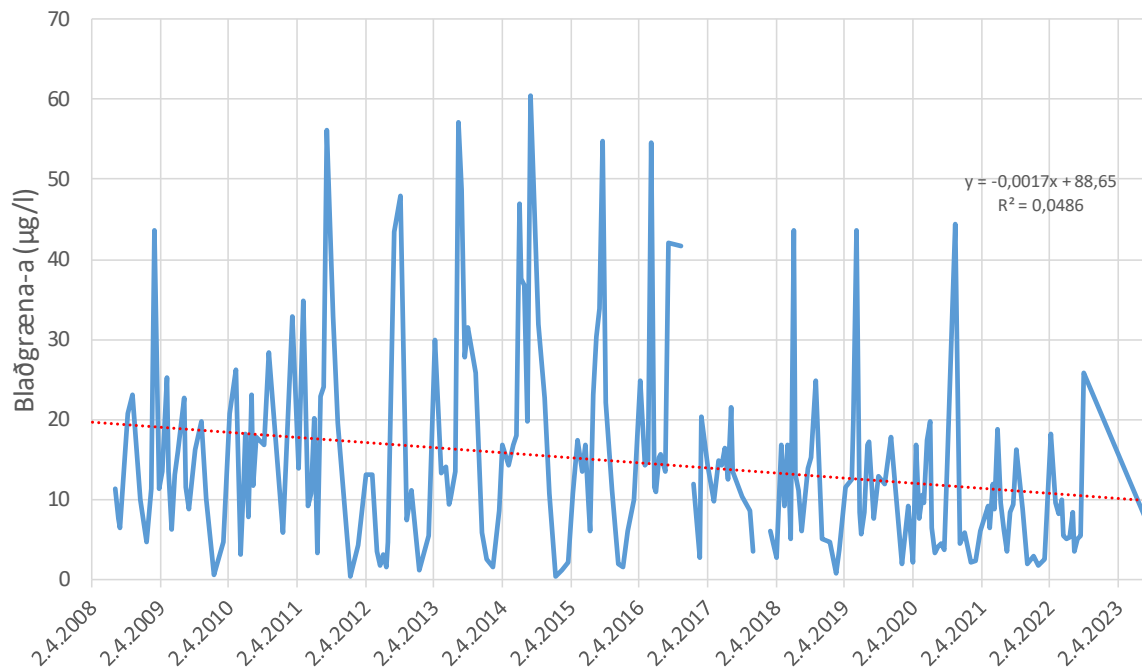
Tafla 1. Styrkur næringarefna á þremur mælistöðvum í Vatnsmýri og Reykjavíkurtjörn, í skurði austan Njarðargötu, við útfall úr Vatnsmýrartjörn og norðan brúar við Skothúsveg í júlí og ágúst 2023. Sýnum var safnað bæði síuðum og ósínuðum. Neðst í töflunni eru umhverfismörk fyrir næringarefni og lífræn efni í vatni skv. reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns (Umhverfisstofnun 2004).

	P-heild		PO ₄ -P		N-heild		NH ₄ -N		NO ₃ -N	NO ₂
	µg/l	um.	µg/l	um.	µg/l	um.	µg/l	um.	µg/l	µg/l
5.7.2023										
Skurður, síuð sýni	32	II	31	III	340	II	21	II	300	1,2
Vatnsmýri síuð sýni	15	I	55	IV	320	II	4,5	I	100	1
Skothúsvegur, síuð sýni	24	II	3,8	I	340	II	2,7	I	3,7	<0,30
Skurður, ósínuð sýni	32	II	36	III	350	II	20	II	290	1,3
Vatnsmýri ósínuð sýni	34	II	59	IV	370	II	4,5	I	100	0,93
Skothúsvegur, ósínuð sýni	58	III	<3,0	I	470	II	4,7	I	4,8	<0,30
24.8.2023										
Skurður, síuð sýni	36	II	14	II	120	I	26	III	87	1,1
Vatnsmýri síuð sýni	19	II	110	V	320	II	5,3	I	23	0,84
Skothúsvegur, síuð sýni	15	II	18	II	250	I	1,8	I	3,8	<0,30
Skurður, ósínuð sýni	51	III	120	V	460	II	10	II	22	0,42
Vatnsmýri ósínuð sýni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Skothúsvegur, ósínuð sýni	31	III	12	II	320	II	6,1	I	2,8	<0,30
Umhverfismörk										
	P-heild		PO ₄ -P		N-heild		NH ₃ -N			
	µg/l		µg/l		µg/l		µg/l			
I næringarfátækt (oligotrophy)	<20		<10		<300		<10			
II lágt næringarefnagildi (oligo-/mesotrophy)	20-40		10-20		300-750		10-25			
III næringarefnaríkt (meso-/eutrophy)	40-90		20-50		750-1.500		25-100			
IV næringarefnaauðugt (eutrophy)	90-150		50-100		1.500-2.500		100-250			
V ofauðugt (hypertrophy)	>150		>100		>2.500		>250			

Tafla 2. Magn blaðgrænu-a ($\mu\text{g/l}$) í Norðurtjörn árin 2008–2023. Ársmeðaltöl eru byggð á mælingum sem að jafnaði eru framkvæmdar mánaðarlega og meðaltali mælinga hvers mánaðar þegar um er að ræða fleiri en eina mælingu í mánuði (Vatnahringurinn, óbirt gögn Náttúrufræðistofu Kópavogs). Árið 2008 vantar mælingar á blaðgrænu fyrstu þrjá mánuði ársins. Einungis er ein mæling fyrir árið 2023. Neðst í töflunni eru umhverfismörk (um.) fyrir blaðgrænu í vatni skv. reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns (Umhverfisstofnun 2004).

Ár	Ársmeðaltal	Staðalfrávik	Miðgildi	Fjöldi mánaða
2008	44,3	53,8	23,1	9
2009	14,5	6,1	14,8	12
2010	14,5	8,6	17,4	9
2011	24,1	15,3	21,5	10
2012	13,7	16,4	7,5	11
2013	19,7	15,3	13,2	11
2014	21,5	17,2	17,1	12
2015	13,4	13,0	11,0	12
2016	20,2	14,5	14,6	10
2017	11,9	5,4	12,3	11
2018	12,9	8,3	12,0	10
2019	11,5	7,1	11,8	12
2020	11,1	11,9	9,1	11
2021	7,1	4,4	6,9	12
2022	8,4	7,7	5,6	10
2023	7,8			1

Umhverfis- mörk (um.)	Blaðgræna $\mu\text{g/l}$	
I	<8	Næringarfátækt (oligotrophy)
II	8-15	Lágt næringarefnagildi (oligo-/mesotrophy)
III	15-30	Næringarefnaríkt (meso-/eutrophy)
IV	30-45	Næringarefnaauðugt (eutrophy)
V	>45	Ofauðugt (hypertrophy)



Mynd 7. Magn blaðgrænu-a ($\mu\text{g/l}$) í Reykjavíkurtjörn á árunum 2008–2023, alls 215 mælingar. Óbirt gögn, safnað af Náttúrufræðistofu Kópavogs.

Þar sem ekki er hægt að taka þessa einu mælingu frá árinu 2023 inn í meðaltalsútreikninga fyrri ára er rétt að miða við meðaltal ársins á undan, en ársmeðaltal blaðgrænu-a árið 2022 var $8,4 \mu\text{g/l}$ og var hið næst lægsta sem mælst hefur frá því farið var að fylgjast með því með reglubundnum hætti árið 2008. Þessar niðurstöður skipuðu Tjörninni í II flokk (næringarefnafátækt / oligotrophy) m.t.t. umhverfismarkna fyrir blaðgrænu-a (Umhverfisstofnun 2004) og styrkja enn frekar þá niðurstöðu að ástand Tjarnarinnar m.t.t. magns blaðgrænu-a sé að ná meiri stöðugleika (mynd 7) og vatnsgæði hafi samhliða farið batnandi. Gefin hafa verið út vistfræðileg viðmið fyrir straum og stöðuvötn á Íslandi (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2020). Þar er Reykjavíkurtjörn skilgreind sem vatnagerð LL2 og viðmiðunargildi blaðgrænu-a fyrir gott ástand slíkrar vatnagerðar liggja á bilinu $7,2 - 11 \mu\text{g/l}$ meðan gildi yfir 11 teljast óviðunandi. Miðað við þessi viðmið hefur ástand Tjarnarinnar síðustu ár verið að færast sífellt nær góðu ástandi og náðist það markmið á árunum 2021–2022 ef miðað er við meðaltal mælinga (tafla 2).

3.3 Vatnagróður

Báðir hlutar Tjarnarinnar voru skoðaðir m.t.t. vatnagróðurs eins og fyrri ár. Farið var um Tjörnina á bát ásamt því sem bakkar voru gengnir þar sem ekki sást til úr bátum. Tjörnin taldist nánast fullgróin og var þekja víðast 80–100%. Einna minnst var þekja gróðurs næst útfalli í NA horni Norðurtjarnar milli hólma og lðnó eða um 50%, en einnig er að finna nær gróðurlausan blett í suðurhluta Suðurtjarnar. Sem fyrr samanstóð gróðurinn að mestu af smánykru (*Potamogeton berchtoldii*), sem var í miklum meirihluta, og fjallnykru (*Potamogeton alpinus*), sem virðist heldur vera að breiðast út. Þá var fjallnykru

stundum að finna á blettum þar sem þekja smánykru var blettótt. Til viðbótar þessum tegundum var þráðnykru (*Stuckenia filiformis*) einnig að finna, sérstaklega á svæðinu beggja vegna Skothúsvegur. Aðrar nykrutegundir fundust ekki, né heldur síkjamari sem er einhver algengasta vatnaplanta landsins.

Hústjörn var afar gruggug þegar sýnataka fór fram og var erfitt að gera sér grein fyrir gróðurþekju. Gróður sást með bökkum og kom einnig upp með gildrum sem lagðar voru í tjörnina. Þá fannst einnig vel fyrir honum þar sem hún var vaðin, en ekki var notaður bátur þar að þessu sinni. Af þessu er dregin sú ályktun að gróðurfur hafi verið með svipuðum hætti og áður, þ.e. að hún hafi verið fullgróin. Í Vatnsmýratjörn heldur smánykra áfram að breiða úr sér og var hún einnig vaðin að þessu sinni til aðkoma fyrir gildrum, m.a. vegna gróðurs en einnig var vatnsstaða fremur lág.

Smánykra og fjallnykra eiga það sameiginlegt að ná fótfestu við margvíslegar umhverfisaðstæður, t.d. er smánykra talin nokkuð þolin planta sem þoli vel næringarefnaríkt (ofauðgað) umhverfi (Preston og Croft 2001). Smánykra er einnig talin öflugur landnemi sem getur breiðst hratt út í nýju eða röskuðu búsvæði (Akhani 2014). Jafnframt hafa fjallnykra og smánykra talist ákjósanlegar tegundir við skipulagða endurheimt grunnra vatna (Hilt o.fl. 2006). Í öllum aðalatriðum reyndist gróðurfarslegt ástand Tjarnarinnar afar svipað og 2021 og er því hér með vísað til þeirrar umfjöllunar (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2022).

3.4 Púpuhamir

Alls voru greindir 244 púpuhamir að aflokinni söfnun árið 2023 og fundust í heildina átta tegundir eða hópar (tafla 3). Þar af eru tveir sem bera uppi fjöldann, *Chironomus* tegundir og *Cricotopus sylvestris* og er fjöldi þeirra mestur í maí. Magn púpuhama helst í hendur við klak flugnanna og því ljóst að þessar tegundir hafa verið yfirgnæfandi í klaki fyrri hluta maí. Miðað við þessi gögn má jafnframt ætla að klak mýflugna í Tjörninni sé að langmestu leyti bundið við fyrri hluta sumars.

Tafla 3. Tegundir rykmýs greindar út frá púpuhömum sem safnað var í þremur sýnatökuferðum árið 2023. Engir púpuhamir fundust þann 23. ágúst 2023.

Tegund	Fjöldi greindra púpuhama		
	11.5.2023	5.7.2023	23.8.2023
<i>Chironomus</i> spp.	189	2	0
<i>Tanytarsus gracilentus</i>	6	0	0
<i>Tanytarsus</i> spp.	0	4	0
<i>Cricotopus sylvestris</i>	28	1	0
<i>Procladius islandicus</i>	3	2	0
<i>Paratanytarsus grimmii</i>	2	0	0
<i>Dicrotendipes modestus</i>	5	0	0
<i>Orthocladius (P.) consobrinus</i>	0	2	0
Samtals	233	11	0

Búsvæði tjarnarinnar eru fábreytt og einkennast að lang stærstum hluta af leðjubotni sem í dag er gróinn þéttvöxnum vatnagróðri víðast hvar, en algeng búsvæði á borð við grýtt strandsvæði finnast ekki. Tegundasamsetningin endurspeglar þessi búsvæði, en bæði *Chironomus* og *Tanytarsus* tegundir lifa á leðjubotni meðan *Cricotopus sylvestris* kann vel við gróðursælt umhverfi (Menzie 1981).

3.5 Smádýralíf, gildrusýni á mjúkum botni

3.5.1 Krabbadýr

Alls voru greindar 6 tegundir og hópar krabbadýra í trektagildrum í Reykjavíkurtjörn og Vatnsmýri árið 2022. Þar af voru þrjár tegundir vatnaflóa (*Cladocera*) auk tegundahóps mánaflóa sem skipt var í tvennt eftir stærð tegunda, einn hópur árfætlna (*Copepoda*); augndíli ásamt ungviðum (*nauplius*), auk skelkrebba (*Ostracoda*). Þessir hópar hafa verið mest áberandi krabbadýrafánu svæðisins á undanförnum árum.

Heildarþéttleiki krabbadýra á hverri stöð var 10.864–100.411 dýr/m² (tafla 4) og nemur í heildina 206.486 dýrum sem er fækkun frá fyrra ári (mynd 8). Eins og sést hefur áður skipta staðbundnir fjöldatoppar miklu fyrir heildartölur eins og nú í tilfelli smárra mánaflóategunda (*Alona* teg.) á stöð 5 þar sem þær telja tæplega 68.000 dýr. Áfram er því sveiflугangur hjá krabbadýrum bæði í heildarfjölda og hlutfallslegri samsetningu innan og milli stöðva (sjá umfangllun í Haraldur R. Ingvason o.fl. 2022), en tegundum virðist ekki vera að fjölga og raunar eru tegundir árið 2023 færri en stundum áður.

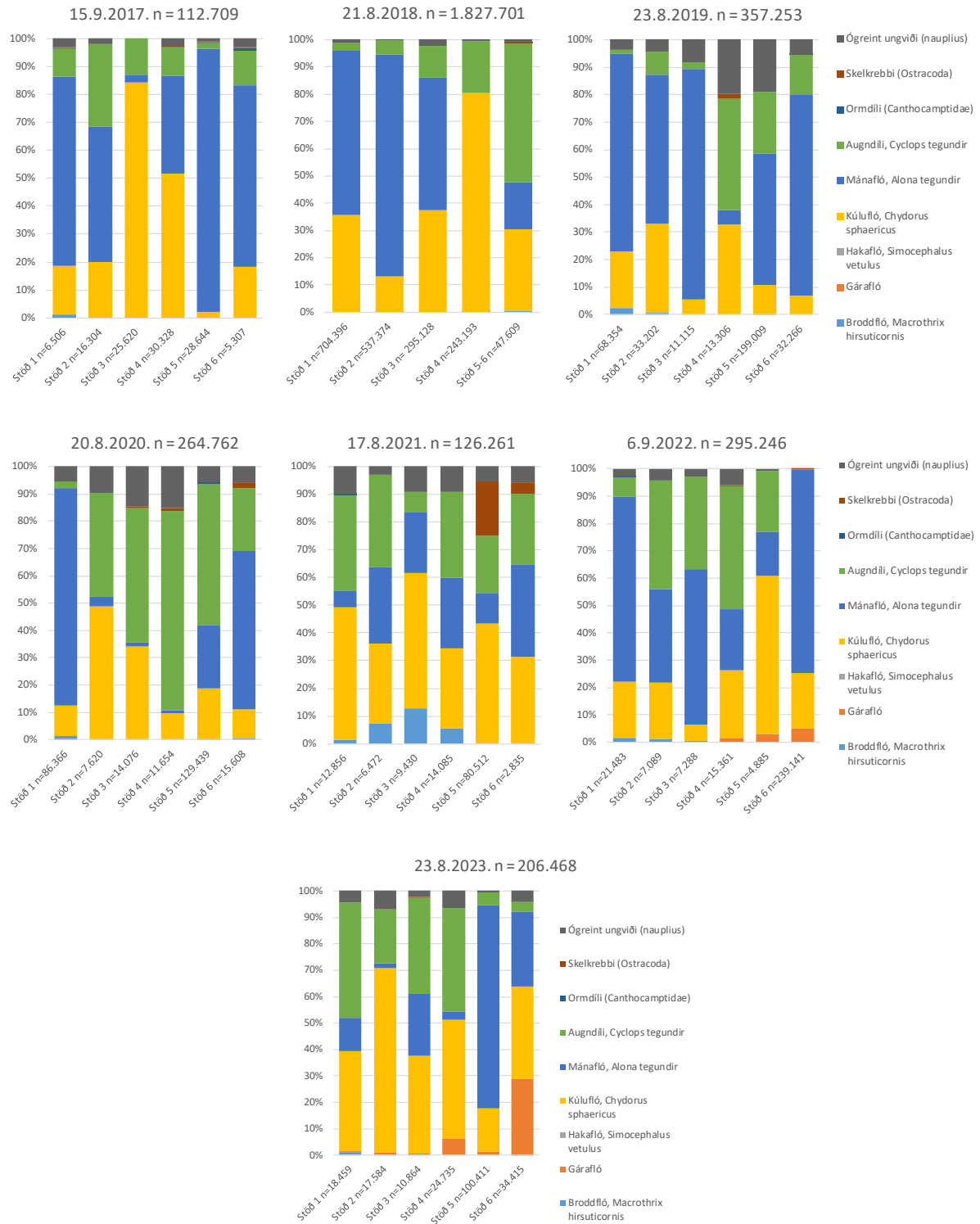
Tegundagreining mánaflóa getur verið tímafrek og í þessu verkefni hefur það verið metið sem svo að upplýsingarnar sem slík greining gæfi réttlæti ekki fyrirhöfnina. Hins vegar er hægt að nálgast hluta þeirra upplýsinga með því að skipta þeim eftir stærð kynþroska dýra í „stórar og smáar“ eins og hér er gert og sem fyrr eru það smávaxnari tegundirnar sem bera uppi þéttleikann.

Augndíli var eini hópur annarra krabbadýra sem náði (ásamt ungvíðum sínum) einhverjum teljandi þéttleika, en auk þeirra fannst skelkrebbs í litlum þéttleika.

Tafla 4. Þéttleiki krabbadýra (fjöldi dýra/m²) í trektagildrum á setbotni í Norðurtjörn (stöðvar 1–3), Suðurtjörn (stöð 4), Vatnsmýrartjörn (stöð 5) og Hústjörn (stöð 6) árið 2023.

24.8.2023						
	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4	Stöð 5	Stöð 6
Vatnaflær (Cladocera)						
Broddfló, <i>Macrothrix hirsuticornis</i>	198	0	33	0	0	16
Gárafló <i>Alonella nana</i>	132	198	33	1.588	1.353	9.921
Kúluflo, <i>Chydorus sphaericus</i>	6.935	12.284	4.029	11.116	16.384	12.025
Mánafló, <i>Alona</i> (stórvaxnar tegundir)	1.073	99	297	311	9.320	902
Mánafló, <i>Alona</i> (smávaxnar tegundir)	1.255	198	2.245	483	67.943	8.869
Samtals vatnaflær	9.593	12.779	6.637	13.498	95.000	31.733
Árfætlur (Copepoda) og skelkrebbs (Ostracoda)						
Augndíli, <i>Cyclops</i> tegundir	8.041	3.599	3.946	9.649	4.810	1.297
Ógreint ungvíði (nauplius)	826	1.189	264	1.588	451	1.353
Skelkrebbs (Ostracoda)	0	17	17	0	150	32
Samtals árfætlur og skelkrebbs	8.866	4.805	4.227	11.237	5.411	2.682
Heildarþéttleiki krabbadýra	18.459	17.584	10.864	24.735	100.411	34.415

Í fyrri skýrslum hefur verið fjallað um samband vatnsgæða og krabbadýrasamfélaga og bent á að fábreytni og/eða yfirgnæfandi hlutdeild einnar eða fárra tegunda geti verið vísbending um slakt ástand (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2022, Thienpont o.fl. 2015, Bjerring o.fl. 2008, de Eyto o.fl. 2003). Vissulega má vænta fleiri tegunda í grunnu og gróðurríku vatni eins og Tjörnin er nú orðin og má í því sambandi nefna að í Elliðavatni fundust alls 19 tegundir og hópar í vöktun sem stóð í rúmt ár þar sem sýnum var safnað mánaðarlega að vetri en hálfsmánaðarlega að sumri (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2004 en sjá einnig Friðþjófur Árnason o.fl. 2023). Rétt er þó að benda á í því samhengi að framvindan í Tjörninni hefur verið mjög hröð og viðbúið að það taki tíma fyrir aðrar tegundir að „nema þar land“, ef aðstæður henta þeim þá yfir höfuð.



Mynd 8. Hlutdeild mismunandi tegunda og hópa krabbadýra í Reykjavíkurtjörn og Vatnsmýri á árunum 2017–2023. Fjöldi einstaklinga er táknaður með n.

3.5.2 Þyrildýr

Alls voru greindar 17 tegundir og hópar þyrildýra í trektargildrum í Reykjavíkurtjörn og Vatnsmýri árið 2023. Auk þeirra finnast tegundir á svæðinu sem ekki tókst að greina og voru þær settar saman í hópinn ógreind/önnur þyrildýr (tafla 5). Af þessum 17 tegundum fundust á bilinu 8–12 á hverri stöð sem freistandi er að túlka sem mismunandi búsvæðaval en getur einnig stafað af hendingu og mismunandi framvindu í þessum smásæja heimi.

Í síðustu skýrslu voru þyrildýr ekki talin með beinum hætti heldur gefin magneinkunn. Sú aðferð hefur þann kost að spara tíma án þess að tapa upplausn í tegundafjölda, enda trúlegt að fjölbreytileiki þyrildýra segi ekki síðri sögu um framvindu búsvæðisins og stöðu, en þéttleiki einstakra tegunda þeirra. Hér er hins vegar snúið aftur til fyrra verklags til að auðvelda samanburð til framtíðar og við önnur verkefni.

Heildarþéttleiki var nokkuð breytilegur milli stöðva eða á bilinu 90.846–432.911 dýr/m² og samanlagður heildarfjöldi 1.803.042. Þetta er svipaður fjöldi tegunda og fannst t.d. árið 2021 en þéttleiki er nokkru lægri. Þegar tegundafjöldinn er skoðaður virðist sem svo að hann hafi heilt yfir farið vaxandi á stöðvum 1–4 frá árinu 2017 (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2017, 2020, 2022). Freistandi er að setja þessa fjölgun tegunda í samhengi við útbreiðslu gróðurs á þessu tímabili og afleidd áhrif þeirra breytinga. Þetta þyrfti þó að kanna betur, enda eru þó nokkrar tegundir ógreindar þar sem þekkingu og tíma skortir, en vísbendingarnar eru til staðar.

Þyrildýr geta gegnt hlutverki vísitægunda varðandi vatnsgæði, en erlendis finnst t.d. slóðapyrlan *Filinina longiseta* (Nogrady and Segers 2002) og pottþyrlur (*Brachionus* sp.) (Makarewicz 1993) helst í grunnnum vötnum og tjörnum þar sem styrkur næringarefna er mikill og leiðni er há. Þær hafa því verið notaðar erlendis sem vísitægundir á mikinn næringarefnastyrk/ofauðgun (Saksena 1987). Hér á landi hefur ekki verið farið í þá vinnu að kortleggja mögulegar vísitægundir fyrir íslenskar aðstæður en væntanlega má yfirfæra erlenda þekkingu að töluverðu leyti, t.d. hvað varðar tegundir sem eru einkennandi fyrir vötn undir álagi af völdum næringarefna.

Tafla 5. Tegundir, hópar og gróft mat á þéttleika þyrildýra í trektagildrum á setbotni í Norðurtjörn (stöðvar 1–3), Suðurtjörn (stöð 4), Vatnsmýrartjörn (stöð 5) og Hústjörn (stöð 6) árið 2023.

	24.8.2023					
	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4	Stöð 5	Stöð 6
Þyrildýr (Rotifera)						
Fjaðurþyrla, <i>Polyarthra</i> tegund	42.664	5.019	30.116	18.366	233.291	101.013
<i>Lepadella</i> tegund	2.510	12.548	0	0	0	0
Mánaþyrla <i>Lecane</i> tegundir	2.510	100.385	17.567	15.742	4.810	164.747
<i>Monommata longiseta</i>	5.019	5.019	7.529	11.151	9.620	4.810
<i>Mytilina mucronata</i>	0	0	2.510	12.135	0	0
Pottþyrla, <i>Brachionus</i> tegundir	2.510	0	5.019	656	2.405	14.430
<i>Rotaria</i> tegund	0	0	0	0	9.620	1.203
<i>Scardium</i> tegund	0	0	0	0	0	1.203
Skottþyrla, <i>Trichocerca</i> tegund	50.193	5.019	12.548	21.646	12.025	26.456
Skottþyrla, <i>Trichocerca rattus</i>	7.529	10.039	10.039	0	0	0
Slóðaðþyrla, <i>Filinia longiseta</i>	0	10.039	2.510	0	0	2.405
Sporðþyrla <i>Euchlanis</i> tegundir	5.019	7.529	0	656	0	0
Spaðþyrla, <i>Keratella quadrata</i>	15.058	22.587	40.154	0	2.405	0
Svuntþyrla, <i>Notholca</i> tegundir	47.683	2.510	90.347	6.559	0	0
Svuntþyrla, <i>Notholca acunimata</i>	5.019	2.510	40.154	1.312	0	12.025
Svuntþyrla, <i>Notholca foliacea</i>	0	0	2.510	656	0	0
<i>Trichotria</i> tegund	10.039	0	0	656	4.810	27.658
Ógreind / önnur þyrildýr	143.049	65.250	127.991	1.312	24.051	76.962
Heildarþéttleiki þyrildýra	338.800	248.453	388.993	90.846	303.038	432.911

Auk krabbadýra og þyrildýra veiddust ýmsir aðrir dýrahópar í trektargildrurnar og er gerð grein fyrir þeim í 6. töflu. Aðallega er um að ræða flatorma og ýmis þroskastig rykmýs en einnig finnast ögðulirfur (sundlirfur) en sumar tegundir þeirra valda svokölluðum sundmannakláða hjá fólki.

Tafla 6. Þéttleiki annarra dýrahópa (fjöldi dýra/m²) en krabbadýra og þyrildýra í trektagildrum á setbotni í Norðurtjörn (stöðvar 1–3), Suðurtjörn (stöð 4), Vatnsmýrartjörn (stöð 5) og Hústjörn (stöð 6) árið 2023.

	24.8.2023					
	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4	Stöð 5	Stöð 6
Aðrir hópar úr trektagildrum						
Flatormar (Turbellaria)	248	528	925	414	0	0
Kviðburstungar (<i>Chaetogaster</i> teg.)	0	0	17	259	0	0
Rykmýslirfur (Chironomidae)	165	149	0	224	902	301
Rykmýspúpur (Chironomidae)	0	0	0	0	32	0
Sniglar (Gastropoda)	0	0	0	0	32	0
Sundánar (Oligochaeta, Naididae)	66	99	0	52	95	174
Vatnamaurar (Hydracarina)	0	0	0	17	0	0
Þráðormar (Nemadoda)	0	0	0	17	1.052	665
Ögður, sundlirfur (Trematoda)	0	0	0	0	150	47
Örmlur (Hydrozoa)	0	0	0	35	0	0
Heildarþéttleiki annarra hópa	479	776	941	1.018	2.263	1.187

3.6 Fiskar

Í þessu verkefni hefur verið fastur liður að afla grunnupplýsinga um hornsíli í tjörnum svæðisins og voru því eins og fyrri ár lagðar hornsílagildir á stöðvum 1–6. Tilgangurinn er að afla upplýsinga um magn hornsíla og stærðarsamsetningu, sem aftur endurspeglar gróflega árgangasamsetningu sílanna í tjarnarkerfinu.

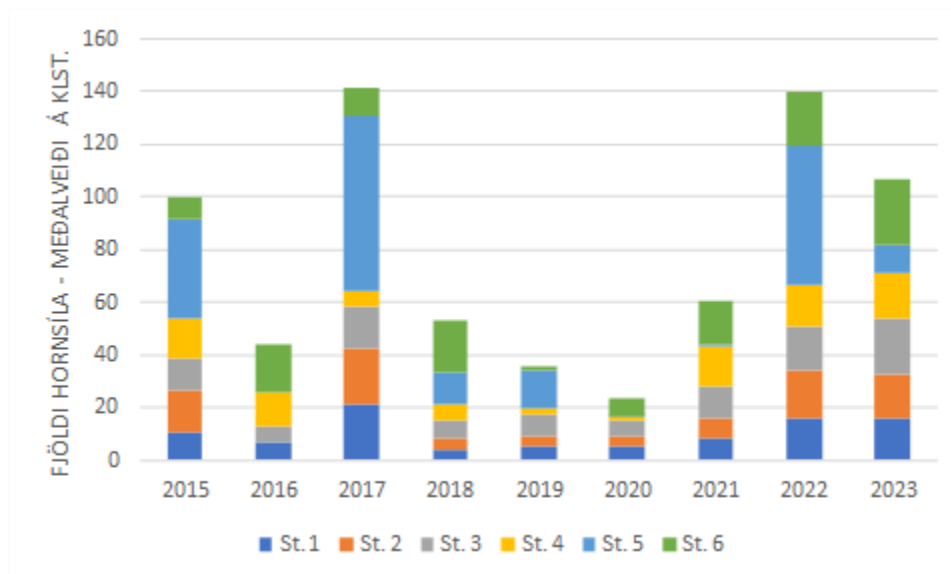
3.6.1 Hornsílaveiði

Vel veiddist af hornsílum þetta árið og var heildarveiði sú þriðja mesta frá 2015. Minnst veiddist á stöð 5 sem hefur verið sú óstöðugasta í kerfinu, stundum með gríðarmikla veiði en önnur ár nánast enga. Aðstæður þar eru töluvert aðrar en annarsstaðar í kerfinu, vatn mun grynna og meiri straumur. Mögulega stafar þessi sveiflugangur í veiði meira af þessum aðstæðum en því hvert magn þeirra raunverulega er á svæðinu. Hornsílin litu vel út og hvergi bar á súrefnisskort.

Tafla 7. Fjöldi veiddra hornsíla í Norðurtjörn (stöðvar 1–3), Suðurtjörn (stöð 4), Vatnsmýrartjörn (stöð 5) og Hústjörn (stöð 6) í ágúst 2023, ásamt fjölda síla í hlutsýni sem hirt var úr afla til frekari athugana á rannsóknarstofu.

22. - 23. ágúst 2023						
Stöð	1	2	3	4	5	6
Hornsílagildir lagðar	15:10	14:50	14:35	14:14	16:34	16:05
Hornsílagildir dregnar	13:44	13:18	12:51	12:18	17:04	16:30
Veiði í gildru 1	312	303	474	270	456	797
Veiði í gildru 2	397	437	476	506	60	392
Veiði samtals	709	740	950	776	516	1.189
Meðalveiði gildru á klst.	15,9	16,3	21,4	17,6	10,4	24,5
stærð hlutsýnis	200	196	200	197	209	203

Árið 2023 veiddust á bilinu 10,4–24,5 síli í gildru á klukkustund eða að meðaltali 17,7 síli í gildru á klukkustund (tafla 7). Heildarveiðin var tæp 4.900 síli sem er eins og áður segir þriðja mesta veiði frá upphafi. Mesta veiðin var árið 2017, tæp 6.800 síli, sem skilaði 24 sílum í gildru á klukkustund (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2020). Meðalveiði í gildru á tímaeiningu var óvenju jöfn milli stöðva (mynd 9) og há í samanburði við aðrar athuganir (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2022, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2009, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006 en sjá einnig Friðþjófur Árnason o.fl. 2023).



Mynd 9. Meðalveiði hornsíla á klukkustund á stöðvum 1–6 í ágúst og september árin 2015–2023. Stöðvar 2 og 5 vantar árið 2016 og nánast ekkert veiddist á stöð 5 árin 2020 og 2021.

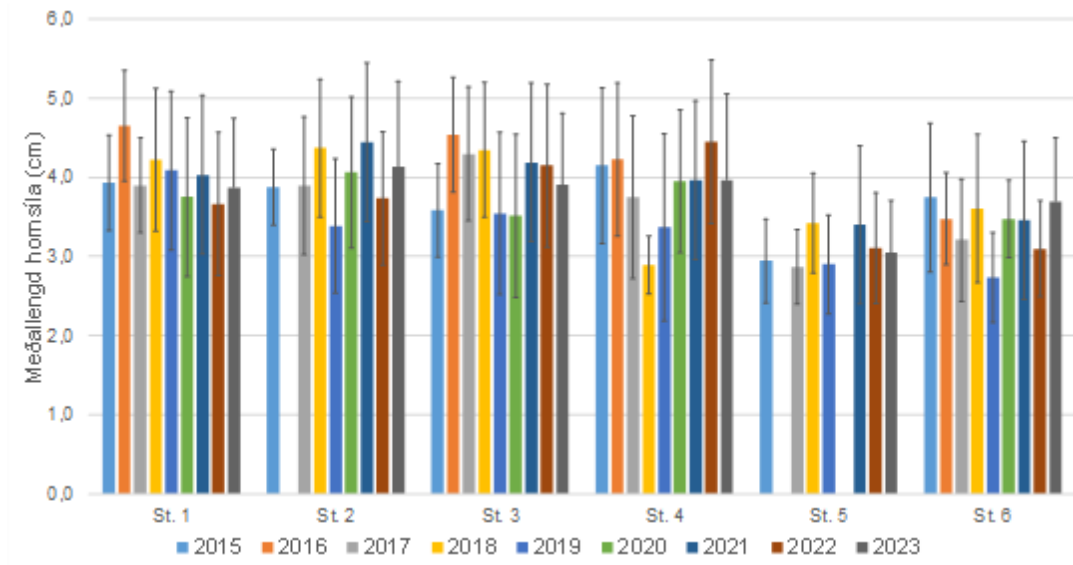
3.6.2 Stærðardreifing hornsíla

Að venju voru hornsíli lengdarmæld og vegin, en þar sem þættir á borð við kyn og sníkjudýrabyrði geta haft mikil áhrif á þyngd sílanna hefur aðallega verið notast við lengdarmælingarnar í úrvinnslu. Lengdardreifing sílanna var á bilinu 1,9–6,8 cm (tafla 8, mynd 10) og var meðallengd þeirra á hverri stöð á bilinu 3,0 cm (stöð 5)–4,1 cm (stöð 2) og er það á sama róli og undanfarin ár (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2017, 2020). Meðalþyngd var á bilinu 0,24–0,67 g og spannaði 0,05–2,93 g. Síli undir 2 cm veiðast sjaldan í þessar gildrur sem væntanlega stafar af möskvastærð þeirra.

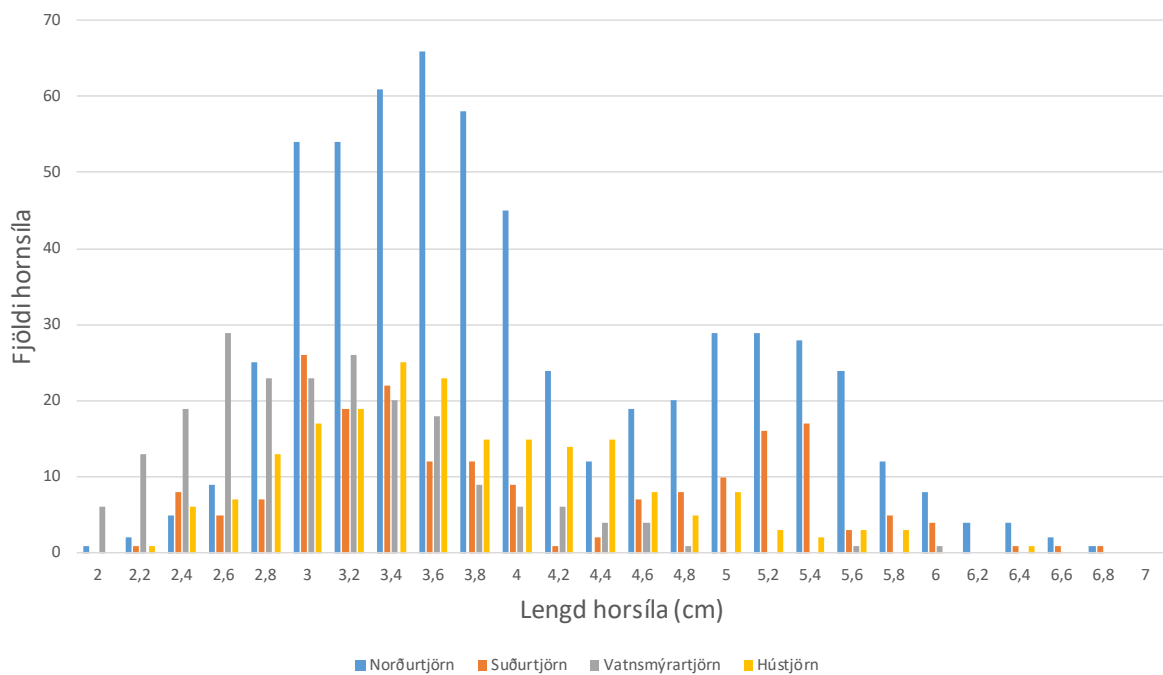
Tafla 8. Meðaltal lengdar (cm) og þyngdar (g) hornsíla í hlutsýni (stöðvar 1–6) úr afla í ágúst árið 2023 ásamt staðalfrávik, staðalskekkju, hæstu og lægstu gildum. Stöðvar 1–3 eru í Norðurtjörn, stöð 4 í Suðurtjörn, stöð 5 í Vatnsmýrartjörn og stöð 6 í Hústjörn.

22. - 23. ágúst 2023												
	Stöð 1		Stöð 2		Stöð 3		Stöð 4		Stöð 5		Stöð 6	
	Lengd	Þyngd	Lengd	Þyngd	Lengd	Þyngd	Lengd	Þyngd	Lengd	Þyngd	Lengd	Þyngd
Meðaltal	3,9	0,56	4,1	0,67	3,9	0,53	4,0	0,61	3,0	0,24	3,7	0,48
Hæsta gildi	6,7	2,9	6,5	2,4	6,3	1,9	6,8	2,8	5,9	1,6	6,3	2,3
Lægsta gildi	1,9	0,05	2,2	0,08	2,5	0,11	2,2	0,08	2,0	0,06	2,2	0,09
Staðalfrávik	0,87	0,44	1,07	0,53	0,90	0,43	1,08	0,52	0,66	0,19	0,80	0,36
Staðalskekkja	0,06	0,03	0,08	0,04	0,06	0,03	0,08	0,04	0,05	0,01	0,06	0,03
Fjöldi	200		196		200		197		209		203	

Í Norður- og Suðurtjörn má greina tvítoppa dreifingu með skilum við 4,2–4,4 cm lengd og má því ætla að þar sé um skil að ræða milli árganga fullorðinna síla til viðbótar við seiðaárgang frá vorinu (mynd 11). Í Vatnsmýrartjörn og Hústjörn er stærðardreifingin samfelldari og erfiðara að greina skil milli árganga.



Mynd 10. Meðallengd hornsíla á stöðvum 1–6 síðsumars (ágúst–september) á árunum 2015–2023. Svört lína í toppi markar staðalfrávik meðaltalsins.



Mynd 11. Lengdardreifing hornsíla í Norðurtjörn, Suðurtjörn, Vatnsmýrartjörn og Hústjörn 22.-23. ágúst 2023.

3.6.3 Sýkingartíðni

Greinileg ytri ummerki um bandormasýkingu (*Schistocephalus solidus*) í hornsílum var að finna á öllum stöðvum. Tíðni slíkra ummerkja var þó ævinlega lág (0,5–2%), en til að slík ummerki sjáist þarf sýking í sýktum einstaklingi að vera orðin töluverð, þ.e. að bandormur/ormar þurfa að vera orðnir það fyrirferðarmiklir í kviðarholi að þeir eru farnir að hafa áhrif á lögun þess og því eru líkur á að raunverulegt sýkingarhlutfall sé eitthvað hærra. Því var einnig horft eftir því hvort sjá mætti minna áberandi merki um mögulega sýkingu og þeim fiskum bætt við. Í Norðurtjörn var hæsta tíðni sýkingar eða mögulegrar sýkingar á stöð 3 (3,5%), þá á stöð 1 (2,5%) og lægst á stöð 2 eða 1,0%. Í Suðurtjörn á stöð 4 var sýkingartíðni 3%. Í Vatnsmýri var sýkingartíðni 1,0% á stöð 5 og 3% á stöð 6. Þótt sýkingu megi finna á öllum stöðvum er þetta lág sýkingartíðni miðað við ýmis önnur vötn (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2009), en undanfarin ár hafa komið fram vísbendingar um að sýkingartíðni í Tjörninni sé mögulega á uppleið (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2022). Tilvist *Schistocephalus solidus* í Tjörninni hefur einnig verið staðfest í öðrum verkefnum (Halldór Pálmar Halldórsson og Hermann Dreki Guls 2019).

Fram til ársins 2022 var sýningartíðni áætluð út frá sílum sem voru krufin, en það var m.a. til að kanna fæðu í maga sílanna. Þegar hornsíli eru ekki krufin er mögulegt að beita sjónmati til að meta sýkingartíðni gróflega eins og lýst er hér að framan. Öll síli sem safnað var árið 2023 fóru í gegnum sjónmat og að því leiti eru vísbendingar um sýkingartíðni nokkuð góðar, m.a. sökum þess hve fáir fiskar hafa alla jafna verið krufðir. Við samanburð þarf hins vegar að vera ljóst hvort fiskar eru krufðir eða sjónmati beitt. Hvað fæðugreininguna varðar þá hefur hún ævinlega verið fremur lítill verkþáttur, eingöngu hugsaður til að gefa innsýn í fæðuval sílanna og því ávallt verið um algeran lágmarksfjölda síla að ræða.

Auk þess að kanna fæðuval, líkamsástand (hlutfallslega þyngd lifrar) og sýkingarbyrði, var krufning sílanna einnig hugsuð til að meta kynþroskastig og kortleggja hrygningartíma. Þar sem sýnataka fer nú aðeins fram síðla sumars er hrygning yfirstaðin og þessir mælipættir segja því litla sögu. Þá hafa niðurstöður undanfarinna ára sagt svipaða sögu hvað fæðuval varðar og það því orðið nokkuð þekkt, með þeim fyrirvörum sem þegar hafa komið fram (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2020, 2022). Öll sýni eru varðveitt og því er hægt að kryfja síli ef þurfa þykir eða ef spurningar vakna s.s. í kjölfar breytinga á öðrum þáttum.

4 Lokaorð

Niðurstöður ársins 2023 eru í flestu samhljóða eða svipaðar niðurstöðum síðustu ára. Vatnagróður hefur fest sig í sessi í nánast allri Tjörninni og má hún teljast nánast algróin og er gróðurþekja víðast yfir 80%. Ekki er að sjá breytingar í tegundasamsetningu vatnagróðurs en mögulega er fjallnykra að breiðast út undir smánykrinni. Tegundafjölbreytileiki gróðurs og krabbadýra er áfram lítill en niðurstöður ársins styðja við þá tilfinningu að aukning í fjölbreytileika þyrildýra sé raunveruleg og stöðug. Þau eru hins vegar af ýmsum orsökum erfiður hópur til að vakta. Hornsílaveiði var með mesta móti og virtist ástand þeirra gott. Í raun virðist vera komið á nokkuð stöðugt grunnástand þótt sjá megi töluverðan árabreytileika í þéttleika smádýra og hornsíla, enda má vænta slíks í náttúrulegu umhverfi.

Niðurstöður ársins 2023 markast nokkuð af því að öflun bakgrunnsgagna féll niður og sýnatökuáætlanir riðluðust þegar rannsóknastarfsemi Náttúrufræðistofu Kópavogs var lögð niður. Mikilvægt er að taka upp þráðinn hvað öflun þessara bakgrunnsgagna varðar enda kemur berlega í ljós hve mikilvæg þau eru þegar þau eru ekki fyrir hendi. Afar mikilvægt er að sambærilegri vinnu verði fram haldið á öðrum vettvangi.

5 Heimildir

- Akhani, H. 2014. *Potamogeton berchtoldii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T167897A42401362. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T167897A42401362.en> [skoðuð 10.5.2024].
- Bjerring, R., Bradshaw, E.G., Amsinck, S.L., Johansson, L.S., Odgaard, B.V., Nielsen, A.B. og Jeppesen, E. 2008. Inferring recent changes in the ecological state of 21 Danish candidate reference lakes (EU Water Framework Directive) using palaeolimnology. *Journal of Applied Ecology* 45: 1566–1575.
- de Eyto, E., Irvine, K., Garcia-Criado, F., Gyllström, M., Jeppesen, E., Kornijow, R., Miracle, M.R., Nykänen, M., Bareiss, C., Cerbin, S., Salujõe, J., Frandsen, R., Stephins, D. og Moss, B. 2003. The distribution of chydorids (Branchiopoda, Anomopoda) in European shallow lakes and its application to ecological quality monitoring. *Archiv für Hydrobiologie* 156: 181–202.
- Friðþjófur Árnason, Eyðís Salome Eiríksdóttir, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Iris Hansen, Sigurður Óskar Helgason, Haraldur Rafn Ingvason og Agnes-Katharina Kreiling 2023. Rannsókn á vistkerfi Elliðavatns árið 2022. Unnið fyrir: Veitur ohf. Í útgáfuferli. 86 bls.
- Eyðís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Fjóla Rut Svavarsdóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir 2020. Lýsing á viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. VÍ 2020-007, HV 2020-23, NÍ-20004, ISSN 2298-9137. 80 bls. <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/hv2020-23.pdf> Skoðað 10.5.2024.
- Eyðís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Agnes Katharina Kreiling, Fjóla Rut Svavarsdóttir, Jón S. Ólafsson og Svava Björk Þorlákssdóttir 2022. Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi. V 2020-42, ISSN 2298-9137. 112 bls.
- Fontaneto, D and De Smet, W.H. 2015. Rotifera Í: Andreas Schmidt-Rhaesa (Ritstj.) *Handbook of Zoology, Gastrotricha, Cycloneuralia and Gnathifera*. Volume 3, Gastrotricha and Gnathifera. Chapter 4: Rotifera. De Gruyter, Berlin bls. 217–300. https://www.researchgate.net/publication/270759361_Rotifera Skoðað 10.5.2024.
- Gunnar Steinn Jónsson 2021. Tjörnin í Reykjavík, Magn þörungum og blágrænna baktería sumarið 2021. Tekið saman fyrir Náttúrufræðistofu Kópavogs. 20 bls.
- Gunnar St. Jónsson, Konráð Þórisson og Stefán Kristmannson 1978. Tjörnin í Reykjavík. Næringarefnainnihald, og mat á þörungagróðri með tilliti til hugsanlegrar mengunar. 24 bls.
- Halldór Pálmar Halldórsson og Hermann Dreki Guls 2019. Ensímavirkni (EROD) hornsíla í Reykjavíkurtjörn. Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Suðurnesjum. 6 bls.
- Haraldur R. Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Finnur Ingimarsson 2022. Vöktun á lífríki Tjarnarinnar í Reykjavík 2021. Fjölrit nr. 2-22, 30 bls.
- Haraldur R. Ingvason, Stefán Már Stefánsson Þóra Hrafnisdóttir, Kristín Harðardóttir og Finnur Ingimarsson 2020. Vöktun á lífríki Tjarnarinnar í Reykjavík 2017–2019. Fjölrit nr. 5-20. 36 bls.
- Haraldur R. Ingvason, Þóra Hrafnisdóttir, Kristín Harðardóttir, Stefán Már Stefánsson og Finnur Ingimarsson 2017. Lífríki Tjarnarinnar í Reykjavík 2015 og 2016. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-17. 29 bls.
- Helgi Hallgrímsson 1990. Veröldin í vatninu. Handbók um vatnalíf á Íslandi - Önnur útgáfa með viðaukum. Námsgagnastofnun, Reykjavík.

- Hilmar J. Malmquist, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Finnur Ingimarsson 2009. Grunnrannsókn á lífríki Bakkatjarnar á Seltjarnarnesi. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-09. 30 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason og Stefán Már Stefánsson 2008. Mengunarflokkun á Reykjavíkurtjörn. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-08. 47 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Haraldur Rafn Ingvason og Finnur Ingimarsson 2006. Grunnrannsókn á lífríki Rauðavatns. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 3-06. 41 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson og Haraldur Rafn Ingvason 2004. Vöktun á lífríki Elliðavatns: Forkönnun og rannsóknatillögur. Greinargerð unnin fyrir Reykjavíkurborg og Kópavogsbæ. Fjölrit nr. 1-04, 43 bls.
- Hilt, S., Gross, E.M., Hupfer, M., Morscheid, H., Mählmann, J., Melzer, A., Poltz, J., Sandrock, S., Scharf, E.M., Schneider, S. og van de Weyer, K. 2006. Restoration of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes: A guideline and state of the art in Germany. *Limnologica* 36: 155–171. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2006.06.001>
- Langton, P.H. 1991. A key to pupal exuviae of West Palaearctic Chironomidae. Graytones, Unit 17, King Street Industrial Estate, Langtoft, Peterborough PE6 1NF.
- Makarewicz, J.C. 1993. A lakewide comparison of zooplankton biomass and its species composition in Lake Erie, 1983–87. *Journal of Great Lakes Research* 19: 275–290. [http://dx.doi.org/10.1016/S0380-1330\(93\)71217-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0380-1330(93)71217-4) Skoðað 10.5.2024.
- Marianne Jensdóttir Fjeld, Þóra K. Hrafnisdóttir og Haraldur Rafn Ingvason 2016. Vistgerðir í ferskvatni. Bls. 170–213 í: Vistgerðir á Íslandi. Ritstj. Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54.
- Menzie C.A. 1981. Production ecology of *Cricotopus sylvestris* (Fabricius) (Diptera: Chironomidae) in a shallow estuarine cove. *Limnology and Oceanography*. 26(3), 1981, 467-481.
- Nogrady, T. og Segers, H. (ritstj.) 2002. Rotifera. Volume 6: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world 18. Backhuys Publishers, Leiden. 264 bls.
- Orlova-Bienkowskaja, M.Y. 2001. Cladocera: Anomopoda. Daphniidae: genus *Simocephalus*. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world 17. Backhuys Publishers, Leiden. 130 bls.
- Ólafur Karl Nielsen 1992. Vistkerfið. Bls. 75–91 í: Tjörnin: Saga og lífríki. Ritstj. Ólafur Karl Nielsen. Reykjavíkurborg, Reykjavík.
- Preston, C.D. og Croft, J.M. 2001. Aquatic plants in Britain and Ireland. Harley Books, Colchester. 365 bls.
- Rotifer World Catalog, <http://rotifera.hausdernet.at/> Skoðað 10.5.2024.
- Saksena D.N. 1987. Rotifers as Indicators of Water quality. *Clean, Soil Air Water* 15-5: 481–485. doi.org/10.1002/aheh.19870150507 Skoðað 10.5.2024.
- Søndergaard, M. og Riemann, B. 1979. Ferskvandsbiologiske analysemetoder. Akademisk Forlag, Kaupmannahöfn. 227 bls.
- Thienpont, J.R., Korosi, J.B., Cheng, E.S., Deasley, K., Pisarcic, M.F.J. og Smol, J.P. 2015. Recent climate warming favours more specialized cladoceran taxa in western Canadian Arctic lakes. *Journal of Biogeography* 42: 1553–1565.

Umhverfisstofnun 2004. Handbók um aðgerðaráætlanir og flokkun vatns. Skýrsla Umhverfisstofnunar sbr. 17. gr. reglugerðar nr. 796/1999, um varnir gegn mengun vatns. Umhverfisstofnun, Reykjavík. UST-2004: 32. 27 bls.

Vatnaáætlun Íslands 2022–2027 Umhverfisstofnun 2022. 68 bls.

Wiederholm, T. (ed.). 1986. Chironomidae of the Holarctic region, Keys and diagnoses. Part 2. Pupae. Entomologica Scandinavica, Supplement No. 28.

Örnólfsdóttir, E.B and Einarsson, Á. 2004. Spatial and temporal variation of benthic Cladocera (Crustacea) studied with activity traps in Lake Myvatn, Iceland. Aquatic Ecology 38: 239–251.



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna