



Fjölrit nr. 3-08

# GRUNNRANNSÓKN Á LÍFRÍKI HAFRAVATNS

Unnið fyrir Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis, Mosfellsbæ og  
Umhverfissvið Reykjavíkurborgar

Hilmar J. Malmquist, Haraldur Rafn Ingvason,  
Stefán Már Stefánsson og Finnur Ingimarsson

Desember 2008



Náttúrufræðistofa  
Kópavogs

Hamraborg 6a - 200 Kópavogur - [natkop.is](http://natkop.is)

Fjölrit nr. 3-08

# GRUNNRANNSÓKN Á LÍFRÍKI HAFRAVATNS

Unnið fyrir Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis, Mosfellsbæ og  
Umhverfissvið Reykjavíkurborgar

Hilmar J. Malmquist, Haraldur Rafn Ingvason,  
Stefán Már Stefánsson og Finnur Ingimarsson

Desember 2008



Náttúrufræðistofa  
Kópavogs

Hamraborg 6a - 200 Kópavogur - [natkop.is](http://natkop.is)



## Ágrip

Vistkerfi Hafravatns var rannsakað í maí–október 2007 á vegum Náttúrufræðistofu Kópavogs fyrir Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis, Mosfellsbæ og Umhverfissvið Reykjavíkurborgar. Meginmarkmið rannsóknarinnar var að afla grunnupplýsinga um lífríki, efnaþætti og eðlisþætti vatnsins. Öðrum þræði var ráðist í verkefnið til að svara spurningum um umhverfisálag og hugsanlega mengun í vatninu.

Ástand Hafravatns m.t.t. næringarefna og þungmálma var mjög gott. Næringarefnastyrkur var lítil og telst Hafravatn næringarefnasnautt. Heildarstyrkur fosfórs (Tot-P) mældist 4–5 µg/l og köfnunarefnis (Tot-N) 66–93 µg/l. Hlutfall  $PO_4:NH_4:NO_3$  var um 1,0 sem bendir til þess að köfnunarefni sé takmarkandi í frumframleiðslu. Styrkur þungmálma (Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni, As) var lítil og jafnan undir greiningarmörkum. Rafleiðni mældist 95 µS/cm ( $\pm 1,3$ , n=9). Samkvæmt langtímagögnum Náttúrufræðistofunnar og fyrri rannsóknum hefur rafleiðnin aukist marktækt í vatninu um 10–15 µS/cm á sl. tíu árum eða svo. Þetta bendir til þess að ákoma efna í vatnið hafi aukist og eða að yfirborðslag vatnsins hafi hlýnað. Aukning í rafleiðni gefur tilefni til að ætla að lífsskilyrði hafi batnað almennt í vatninu. Sjóndýpi mældist fremur lítið, 5,8 m ( $\pm 0,48$ ), sem kemur á óvart m.t.t. þess hve lítið var af gruggi ( $0,96 \pm 0,23$  FNU), blaðgrænu-a ( $2,3 \pm 0,27$  µg/l) og lífrænu kolefni ( $0,72 \pm 0,05$  mg/l).

Gróðurþekja í vatninu var lítil og á meðal háplantna fundust fjallnykra (*Potamogeton alpinus*), álftalaukur (*Isoetes echinospora*) og síkjamari (*Myriophyllum alterniflorum*). Kransþörungurinn tjarnarnál (*Nitella opaca*) fannst á 2–12 m dýpi. Í grýttu fjörubelti fundust 36 tegundir og tegundahópar af hryggleysingjum og var þéttleikinn 12.677–62.247 dýr/m<sup>2</sup>. Árfætlur, vatnaflær, rykmýslirfur og ánar voru algengustu dýrahóparnir. Ofan í mjúkum setbotni fundust 25 tegundir og tegundahópar hryggleysingja og var þéttleikinn 10.794–116.190 dýr/m<sup>2</sup>. Ánar, skelkrabbar, árfætlur og rykmýslirfur voru algengustu dýrahóparnir á setbotninum. Þéttleiki og tegundasamsetning botndýra í Hafravatni svipar til þess sem þekkist í álíka djúpum vötnum á landinu. Í vatnsbol Hafravatns fundust 12 tegundir og tegundahópar krabbadýra og var þéttleikinn 25–184 dýr/10 l. Allsráðandi tegundir voru halafló (*Daphnia galeata*), ranafló (*Bosmina coregonii*) og svifdéli (*Diaptomus* teg.).

Lítið var af hornsílum í vatninu en afli bleikju og urriða var umtalsverður og álíka mikið af hvorri tegund. Bleikjan náði hámarksstærð við 5+ ára aldur og var þá um 20 cm á lengd og 100 g. Urriðinn óx bæði hraðar og varð stærri en bleikja. Aðalfæða bleikju var sviflægar vatnaflær, en vatnabobbar, vorflugulirfur og hornsíli var aðalfæða urriða. Magafylli var töluverð hjá bæði bleikju og urriða og fiskarnir almennt í góðum holdum (holdastuðull Fultons > 1,0).

Samanburður við fyrri rannsóknir í Hafravatni bendir til þess að bleikjustofninn hafi stækkað á sl. tíu árum, sem og að lengdar- og þyngdarvöxtur einstaklinga hafi aukist og lífslíkur vaxið. Sömu tilhneigingar gætir í grósku smádýra í grýttu fjörubelti og í vatnsbolnum – þéttleiki dýra er meiri nú en fyrir um tíu árum. Þessar breytingar kunna að standa í sambandi við víðtækari breytingar á umhverfisþáttum sem virðast eiga sér stað á vatnasviði Hafravatns og höfuðborgarsvæðinu öllu, þ.e.a.s. í hlýnandi veðurfari.

## Summary

Physico-chemical factors and biological components of Lake Hafravatn, Mosfellsbær municipal, SW-Iceland, were studied in the period May–October 2007. Lake Hafravatn is 1.08 km<sup>2</sup>, with mean depth of 8 m and max. depth 28 m. The lake is situated at 75 m a.s.l. and the catchment (~ 30 km<sup>2</sup>) is a mixture of barren land and vegetated heath- and wetland. The main outlet is by River Úlfarsá (~ 1,3 m<sup>3</sup>/s), giving a rough estimate of retention time of 73 days.

Surface water quality of Lake Hafravatn was very high. All major nutrients, trace elements and heavy metals measured in low concentrations. Lake Hafravatn classifies as an oligotrophic lake. Tot-P (n = 3) measured 4–5 µg/l, PO<sub>4</sub> 2–3 µg/l, Tot-N 66–93 µg/l while NH<sub>4</sub> and NO<sub>3</sub> were below detection limits. The ratio of available N:P was around 1.0, indicating that nitrogen rather than phosphorus was the limiting factor for primary production. Concentrations of Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni and As was low and usually below detection limits. Secchi depth was rather low (5.8 m ± 0.48) and less than expected with regard to low concentrations of chlorophyll-a (2.3 µg/l ± 0.27) and TOC (0,72 mg/l ± 0.05). Conductivity was on average 95 µS/cm ± 1.3 (n=9), complying with conductivity in Icelandic lakes of similar depth. According to longtime dataserie, conductivity in Lake Hafravatn has increased significantly by 10–15 µS/cm for the past 10 years or so. This suggests that nutrient load into the lake might have increased and or that the uppermost surface layer of the lake has warmed up. Increased conductivity implies that general conditions for life in the lake have improved.

Lake Hafravatn is poor in macrophytes, mainly because of its depth and limited Secchi depth. Three species of macrophytes were identified (*Potamogeton alpinus*, *Isoetes echinospora* and *Myriophyllum alterniflorum*) and one species of chara algae (*Nitella opaca*). Regarding invertebrates, 36 species and species-groups were identified in the rocky surf zone with a density of 12.677–62.247 ind./m<sup>2</sup>. Copepods (*Cyclops* teg.), cladocerans, chironomid larvae and oligochaets were the most abundant groups. In the profundal habitat, 25 species and species-groups were identified with a density of 10.794–116.190 ind./m<sup>2</sup>. Oligochaets, ostracods, copepods and chironomid larvae were most common. In the pelagic, 12 species and species-groups were identified with a density of 25–184 ind./10 l. Dominant species were *Daphnia galeata*, *Bosmina coregonii* and *Diaptomus* teg.

Regarding fish, three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) were caught in very low numbers, but *cpue* of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta*) was quite high and even among both species. Growth of Arctic charr was rather slow, with maximum size of ~20 cm and 100 g at the age 5+ yr. Brown trout grew faster and reached greater size. Main food of Arctic charr was zooplankton, whereas molluscs, trichopteran and sticklebacks were main food for brown trout.

Comparison with earlier studies on Lake Hafravatn indicates that the Arctic charr population has improved considerably for the past 10 years, as well as individual growth rate of fish and survival. Also, densities of littoral and profundal invertebrates, and that of zooplankton, are higher now than a decade ago. These changes may be related to more comprehensive changes taking place in environmental factors in the catchment area of Lake Hafravatn as well as the whole capital area, i.e. climate warming.

## Efnisyfirlit

Ágrip.....	4
Summary .....	5
Myndaskrá.....	7
Töfluskrá .....	7
1. Inngangur.....	8
2. Aðferðir .....	9
2.1 Staðhættir.....	9
2.2 Sýnataka, mælingar og meðhöndlun gagna.....	10
2.2.1 Eðlis- og efnaþættir.....	11
2.2.2 Botngróður og svifþörungar .....	11
2.2.3 Smádýralíf .....	11
2.2.4 Fiskar .....	12
3. Niðurstöður og umræður .....	14
3.1 Eðlis- og efnaþættir.....	14
3.2 Þörungar og háplöntur .....	19
3.3 Smádýralíf .....	21
3.3.1 Grýtt fjörubelti – steinasýni.....	21
3.3.2 Mjúkur setbotn – Kajaksýni .....	25
3.3.3 Mjúkur setbotn – gildrusýni .....	26
3.3.4 Vatnsbolur – svifsýni.....	29
3.4 Fiskar .....	31
3.4.5 Hornsíli .....	31
3.4.6 Laxfiskar .....	31
4. Samantekt .....	36
4.1 Vatnafræði, efna- og eðlisþættir .....	36
4.2 Lífríki.....	36
5. Þakkir.....	38
6. Heimildir .....	39
7. Viðaukar .....	42

## Myndaskrá

<b>Mynd 1.</b>	Berggrunns- og vatnafarskort af nágrenni Hafravatns	9
<b>Mynd 2.</b>	Sýnatökustöðvar í Hafravatni sumarið 2007	10
<b>Mynd 3.</b>	Rafleiðni í Hafravatni 2007	15
<b>Mynd 4.</b>	Rafleiðni í fjórum vötnum á höfuðborgarsvæðinu 2004–2008	15
<b>Mynd 5.</b>	Vatnshiti og súrefnsimettun á djúpstöð 1 í Hafravatni árið 2007	16
<b>Mynd 6.</b>	Heildarstyrkur fosfórs og köfnunarefnis í Hafravatni árið 2007 og 1998	18
<b>Mynd 7.</b>	Gróðurþekja í Hafravatni	20
<b>Mynd 8.</b>	Magn blaðgrænu–a í Hafravatni	20
<b>Mynd 9.</b>	Meðalþéttleiki botndýra í grýttu fjörubelti	24
<b>Mynd 10.</b>	Lengd og þyngd bleikju og urriða eftir aldri	33
<b>Mynd 11.</b>	Fæða bleikju og urriða í Hafravatni og fleiri vötnum	35

## Töfluskrá

<b>Tafla 1.</b>	Eðlisþættir og magn blaðgrænu–a í Hafravatni árið 2007	14
<b>Tafla 2.</b>	Basavirkni, grugg og næringarefni í yfirborðsvatni í Hafravatni árið 2007	17
<b>Tafla 3.</b>	Aðalefni í yfirborðsvatni á stöð 1 í Hafravatni árið 2007	19
<b>Tafla 4.</b>	Pungmálmar í yfirborðsvatni á stöð 1 í Hafravatni árið 2007	19
<b>Tafla 5.</b>	Þéttleiki dýra á fjörugrjóti á steinastöð 1 í Hafravatni árið 2007	21
<b>Tafla 6.</b>	Þéttleiki dýra á fjörugrjóti á steinastöð 2 í Hafravatni árið 2007	22
<b>Tafla 7.</b>	Þéttleiki dýra á fjörugrjóti á steinastöð 3 í Hafravatni árið 2007	23
<b>Tafla 8.</b>	Þéttleiki dýra í grýttu fjörubelti í Hafravatni árið 1998 og 2007	23
<b>Tafla 9.</b>	Þéttleiki dýra á setbotni í Hafravatni árið 2007	25
<b>Tafla 10.</b>	Þéttleiki dýra á setbotni í Hafravatni 1998 og 2007	26
<b>Tafla 11.</b>	Þéttleiki helstu krabbadýra á setbotni í Hafravatni árið 2007	27
<b>Tafla 12.</b>	Þéttleiki helstu tegunda og hópa þyrildýra á setbotni í Hafravatni árið 2007	28
<b>Tafla 13.</b>	Þéttleiki helstu tegunda og hópa krabbadýra í vatnsbol Hafravatns árið 2007	29
<b>Tafla 14.</b>	Þéttleiki helstu krabbadýra í svifsýnum í Hafravatni 1998 og 2007	30
<b>Tafla 15.</b>	Þéttleiki helstu tegunda og hópa þyrildýra í svifsýnum í Hafravatni árið 2007	30
<b>Tafla 16.</b>	Fjöldi veiddra hornsíla í gildrur í Hafravatni árið 2007	31
<b>Tafla 17.</b>	Afli á sóknareiningu fyrir bleikju og urriða í Hafravatni árið 1998 og 2007	32
<b>Tafla 18.</b>	Kynþroskahlutfall bleikju og urriða í Hafravatni árið 2007	32
<b>Tafla 19.</b>	Lengd, þyngd og aldur bleikju og urriða í Hafravatni 1998 og 2007	32
<b>Tafla 20.</b>	Fæða bleikju og urriða í Hafravatni og fleiri vötnum	35

## 1. Inngangur

Í þessari skýrslu er greint frá niðurstöðum rannsóknar á vistfræði Hafravatns í Mosfellsbæ sem Náttúrufræðistofa Kópavogs vann á tímabilinu maí til október 2007. Verkefnið var unnið að beiðni Heilbrigðiseftirlits Kjósarsvæðis og í samvinnu við Mosfellsbæ og Umhverfissvið Reykjavíkurborgar.

Meginmarkmið rannsóknarinnar var að afla grunnupplýsinga um lífríki og efna- og eðlisþætti Hafravatns og draga upp heildstæða mynd af gerð og eðli vistkerfisins í tíma og rúmi. Rannsóknin var gerð öðrum þræði til að svara spurningum um ástand fiskistofna í vatninu, umhverfisálagi og mengun.

Lífríki Hafravatns hefur lítið verið rannsakað áður á heildstæðan hátt. Aðeins er vitað um eina rannsókn þar sem hugað var með samræmdum hætti að helstu lykilþáttum vistkerfisins, þ.m.t. efnafræði, gróðri, smádýrum, fiski og fuglum. Hér er um að ræða gagnasöfnun í verkefninu *Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna*, sem fram fór árið 1998, en að *Yfirlitskönnuninni* standa Náttúrufræðistofa Kópavogs, Lífræðistofnun Háskólans, Hólaskóli og Veiðimálastofnun. Unnið hefur verið úr flestum gögnum sem aflað var í Hafravatni árið 1998 og nýtast þau til samanburðar við niðurstöður sem fást í verkefninu sem hér er greint frá.

Fiskirannsóknir hafa verið stundaðar um árabil af Veiðimálastofnun á vatnasviði Hafravatns í Úlfarsá og Seljadalsá þar sem fylgst hefur verið með veiði og seiðabúskap, einkum hjá laxi í Úlfarsá (Friðþjófur Árnason og Þórólfur Antonsson 2001, Friðþjófur Árnason 2004, 2008). Minna hefur farið fyrir rannsóknum á fiski í sjálfu Hafravatni, en í vatninu lifa lax, urriði, bleikja, áll og hornsíli. Auk fiskirannsóknarinnar í framangreindri *Yfirlitskönnun* var gögnum um fisk í vatninu safnað í nemendaverkefni árið 2005 (Katrín Sóley Bjarnadóttir 2007).

Upplýsingar liggja fyrir um efnafræði Hafravatns frá fyrri tíð, en á tímabilinu apríl 2003 til mars 2004 voru vatnssýni tekin til efnagreiningar og Hafravatn mengunarflokkað m.t.t. reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns (Tryggvi Þórðarson 2004a). Samkvæmt þeirri rannsókn voru vatnsgæði Hafravatns mikil og vatnið almennt í góðu ástandi að undanskildu köfnunarefni og sér í lagi lífrænu kolefni, sem mældist í talsvert miklu magni.



## 2. Aðferðir

Rannsóknin í Hafravatni laut að þremur meginatriðum. Í fyrsta lagi var hugað að efna- og eðlisþáttum, þ.m.t. hitastigi, sýrustigi og rafleiðni. Jafnframt voru næringarefni, málmar og fleiri efni mæld í vatnssýnum. Í öðru lagi var hugað að plöntum og athuganir gerðar á þörungamagni og könnuð útbreiðsla og tegundasamsetning rótfastra háplantna. Í þriðja lagi voru vatnadýr rannsökuð og m.a. gerðar athuganir á þéttleika og tegundasamsetningu hryggleysingja í grýttu fjörubelti, á mjúkum setbotni og úti í vatnsbol. Einnig voru fiskar rannsakaðir og hugað að gerð og ástandi stofna meðal bleikju og urriða.

Áður en lengra er haldið skal stiklað á stóru um umgjörð Hafravatns og vatnafræðileg einkenni.

### 2.1 Staðhættir

Hafravatn (mynd 1) er fremur lítið vatn og meðaldjúpt á íslenskan mælikvarða. Það er  $1,08 \text{ km}^2$  (108 hektarar) að flatarmáli, meðaldýpi er um 8 m og mesta dýpi 28 m (Sigurjón Rist 1975, Hákon Aðalsteinsson 1989). Rúmtak vatnsins er um 8,2 Gl. Helsta írennsli í Hafravatn á yfirborði er um Seljadalsá en aðal frárennsli er um Úlfarsá. Til Hafravatns berst einnig grunn- og lindavatn með svokölluðum Mosfellsheiðarstraumi (Árni Hjartarson o.fl. 1998). Meðalrennsli í Úlfarsá við Vesturlandsveg á tímabilinu maí-nóvember 2008 var um  $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$  ([http://vmkerfi.os.is/vatn/VV\\_Frame.php?r=11037](http://vmkerfi.os.is/vatn/VV_Frame.php?r=11037)). Út frá rúmtaki vatnsins og rennslistölum í Úlfarsá má reikna fræðilegan viðstöðutíma vatnsins, þ.e. hve lengi vatnsmassinn er að endurnýja sig. Samkvæmt þessu tekur það vatnsmassann í Hafravatni 73 daga að endurnýjast, sem er fremur hæg endurnýjun.



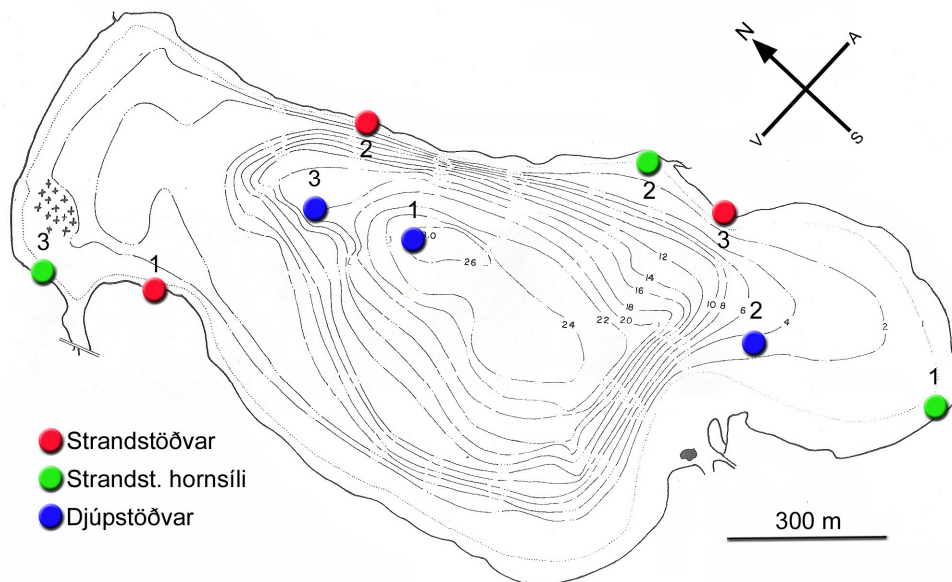
**Mynd 1.** Berggrunns- og vatnafarskort af nágrenni Hafravatns. Ásamt vatninu sjást helstu ár og lækir á svæðinu. Rauðar örvar benda á meginútfallið, Úlfarsá, og innfallið, Seljadalsá. Kortið er kallað fram af [natturuvefsja.is](http://natturuvefsja.is)

Vatnið er staðsett í um 75 m h.y.s. undir Hafrafelli og hvílir á fremur lekum grágrýtisgrunni frá síðkvarter (Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1993, <http://natturuvefsja.is/>). Stærð vatnasviðsins er um 30 km<sup>2</sup> ([www.gagnavefsja.is](http://www.gagnavefsja.is)) og liggur einkum um Þormóðsdal austur af vatninu. Vatnasviðið er á köflum vel gróið og er nokkur hluti þess gömul ræktarlönd, en að öðru leyti er landið fremur gróðursnautt. Norðaustan og austan við vatnið eru skógræktarsvæði (Skógræktarfélag Mosfellsbæjar 2005).

## 2.2 Sýnataka, mælingar og meðhöndlun gagna

Farnar voru þrjár vettvangsferðir til sýnatöku á hryggleysingjum og mælinga á efna- og eðlisþáttum í Hafravatni; 3.–4. maí, 9.–10. ágúst og 20.–21. september 2007. Að auki var gróður í vatninu kortlagður 14. ágúst og farið til netaveiða á laxfiskum 18.–19. september. Þá var bætt við ferð til gildruveiða á hornsílum á strandgrunni 8.–9. október. Allar stöðvarnar í sýnatökunni árið 2007 voru hnitaðar með GPS-tæki (Garmin summit) í því skyni að endurtaka sýnatöku og mælingar á sama stað. GPS-hnitun var einnig beitt við kortlagningu gróðurfars.

Sýnatökustöðvarnar árið 2007 voru valdar með hliðsjón af sýnatöku í Hafravatni árið 1998 sem gerð var í tengslum við rannsóknaverkefnið *Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna* (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2000, 2003). Gögn úr *Yfirlitskönnuninni* eru notuð til samanburðar við niðurstöður rannsóknarinnar árið 2007, m.a. í því skyni að setja vitsfræði Hafravatns í samhengi á landsvísu.



**Mynd 2.** Sýnatökustöðvar í Hafravatni sumarið 2007. Upprunalegt kort er fengið frá Sigurjóni Rist (1975).

### 2.2.1 Eðlis- og efnapættir

Á hverri djúpstöð voru gerðar mælingar á vatnshita, sýrustigi og rafleiðni. Notaðir voru fjölpáttamælur af gerðunum YSI Model 63, YSI 650MDS/6600 og YSI 600XLM. Eftirfarandi breytur voru mældar: vatnshiti ( $0,01^\circ\text{C}$  upplausn,  $\pm 0,15^\circ\text{C}$  mælinákvæmni), sýrustig ( $\text{pH } 0,01$ ,  $\pm \text{pH } 0,2$ ) og rafleiðni ( $1\ \mu\text{S/cm}$ ,  $\pm 0,5\%$ ).

Mælingar voru gerðar á 0–1 m dýpi undir vatnsyfirborði. Þessu til viðbótar voru áðurnefndir eðlisþættir mældir nokkrum sinnum á djúpstöð 1 á lóðréttu sniði frá yfirborði og niður að botni.

Rafleiðni mælir heildarstyrk hlaðinna jóna og efnasambanda í vatnslausn og má nota hana m.a. til að spá fyrir um lífvænleika í vötnum. Þumalfingursreglan er að lífvænleiki vatns er meiri eftir því sem rafleiðnin er hærri. Rafleiðni getur einnig gefið til kynna hvort efnamengun er til staðar. Fjarlægð frá sjó hefur einnig áhrif á rafleiðni vatna, til aukningar er nær dregur sjó vegna seltuáhrifa.

Vatnssýni fyrir greiningu á snefil- og aðalefnum voru tekin á stöð 1 í 1,0 lítra plastflösku á 20–40 cm dýpi undir vatnsborði. Efnagreining fór fram á ósúðum sýnum hjá NIVA í Noregi (Norsk Institutt for Vannforskning, Osló). Alls voru valdar 16 efnabreytur til mælinga; heildarfosfór (Tot-P), fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), heildarköfnunarefni (Tot-N), ammóníak ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), níturat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), lífrænt kolefni (TOC), klór (Cl), flúor (F), sulfat ( $\text{SO}_4$ ), kísill ( $\text{SiO}_2$ ), ál (Al/R, Al/ICP), kalsíum (Ca), járn (Fe), kalíum (K), magnesíum (Mg) og natríum (Na). Að auki var magn eftirfarandi málma mælt með hliðsjón af reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns: Arsen (As), kopar (Cu), sínk (Zn), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr) og nikkell (Ni).

### 2.2.2 Botngróður og svifþörungar

Við kortlagningu botngróðurs þann 14. ágúst 2007 var báti siglt eftir ákveðnum sniðum og staðnæmst á 47 punktum, botninn skimaður með vatnskíki og þekja og tegundasamsetning gróðurs metin. Þar sem dýpi var of mikið fyrir sjónrænt mat var tegundahlutfall gróðurs metið með því að slaka gróðurkröku niður á botn og náð í sýni. Við gróðurkortlagninguna var skyggni í vatninu mjög lítið, eða um 4 m.

Magn sviflægra þörungna var metið með því að mæla magn blaðgrænu-a (chlorophyll-a). Til mælinganna var tekið eitt 1 l vatnssýni á 20–40 cm dýpi á hverri stöð samhliða annarri sýnatöku í maí, ágúst og september. Á rannsóknastofu voru sýnin síuð í gegnum Whatman síupappír GF/C (Cat no 1822 047), hann vafinn í álpappír og geymdur í frysti þar til mæling fór 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) á Veiðimálastofnun.

### 2.2.3 Smádýralíf

Sýni af smádýralífi voru tekin í maí, ágúst og september úr þremur helstu búsvæðum smálífvera í stöðuvötnum, þ.e. úr grýttu fjörubelti (strandstöðvar), mjúkum setbotni og vatnsbol (djúpstöðvar) (sjá mynd 2).

Á rannsóknastofu voru dýrasýnin greind undir víðsjá (allt að 90 x stækkun) til tegunda eða tegundahópa eftir því sem við var komið og fjöldi einstaklinga af hverri tegund eða tegundahópi talinn. Í nokkrum tilfellum voru dýrasýni skoðuð undir smásjá við allt að 400 x stækkun. Þéttleiki dýra var reiknaður sem fjöldi á flatar- eða rúmmálseiningu eftir gerð sýnis. Við tölfraðilega meðhöndlun á niðurstöðum var notuð útgáfa 10.2 af Systat tölfraðiforriti.

#### **2.2.3.1 Grýtt fjörubelti – steinasýni**

Valdar voru þrjár stöðvar (mynd 2). Á hverri stöð voru fimm steinar valdir af handahófi af 20–50 cm dýpi. Skaftháfi með 250  $\mu\text{m}$  möskvastærð var haldið undir steinunum þegar þeir voru teknir upp og þeim komið fyrir í fötu með vatni. Smádýr voru þvegin með mjúkum bursta af steinunum ofan í fötunni og innihaldið sigtað í gegnum 250  $\mu\text{m}$  sigti. Það sem eftir sat í sigtinu var varðveitt í 80% etanóli og síðar athugað á rannsóknastofu. Til að magnbinda sýnatökuna var ofanvarpsflatarmál steinanna mælt.

#### **2.2.3.2 Mjúkur setbotn – kajaksýni**

Smádýrum sem hafast við ofan í botnleðju var safnað með svokölluðu Kajakröri, sem nær í kjarna úr efsta setlagi botnsins. Þrjú Kajaksýni voru tekin á hverri stöð (mynd 2). Innihald Kajaksýna var síað með 250  $\mu\text{m}$  sigti og það sem eftir sat af smádýrum hirt og varðveitt í 80% etanóli og síðar athugað á rannsóknastofu. Sýnatökufloður Kajakrörsins er 21  $\text{cm}^2$ . Einungis var unnið úr sýnum sem safnað var í september.

#### **2.2.3.3 Mjúkur setbotn – gildrusýni**

Trehtagildrur voru notaðar til að safna dýrum sem hafast við ofan á botni og nærri honum (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006a, b). Gildrurnar safna einkum botnlægum krabbadýrum. Einni trethagildru var komið fyrir á hverri djúpstöð (mynd 2) og þær látnar liggja í um 24 klst. Þá voru þær teknar upp og vatn úr gildrunum síað í gegnum 45  $\mu\text{m}$  sigti til að safna dýrunum. Sýnin voru skoluð úr sigtinu í sýnaflösku og varðveitt í 0,1% kalíumjodlausn (Lugol). Dýrin voru síðar greind til tegunda og talin.

#### **2.2.3.4 Vatnsbolur – svifsýni**

Sýnastöðvar fyrir svifdýr og svifþörungur voru úti í vatnsbol á sama stað og sýnastöðvar fyrri dýr á setbotni (mynd 2). Á hverri stöð voru tekin þrjú svifhöl með svifháfi (möskvastærð 125  $\mu\text{m}$ ), 2–20 m löng eftir dýpi. Sýnin voru skoluð úr háfnum í sýnaflösku og varðveitt í 0,1% kalíumjodlausn (Lugol).

#### **2.2.4 Fiskar**

Hornsíli voru veidd í vírnetsgildrur („minnow trap“) sem eru 40 cm langar, 20 cm í þvermál og með möskvastærðina 3,2 mm. Gildrurnar voru lagðar á djúpstöðvar (3–28 m dýpi, mynd 2) í maí, ágúst og september og látnar liggja yfir nótt í u.þ.b. sólarhring. Vegna dræmrar veiði voru gildrur einnig lagðar á strandgrunn (1–2 m dýpi) í byrjun október. Veiði þar reyndist einnig dræm. Alls veiddust 114 hornsíli í rannsókninni. Skráður var afli á sóknareiningu (fjöldi hornsíla/gildru/klst.). Vegna fárra fiska var ákveðið að vinna ekki nánar með sílin að sinni.

Lögð voru net fyrir laxfiska yfir nótt í um 14 klst. milli 18. og 19. september 2007. Veitt var í eitt fjölmöskva flotnet (30 m á lengd, 3 m á hæð) með möskvastærðunum 10, 12,5, 15,5, 19 og 24 mm (legglengd). Hver möskvastærð í flotnetinu var 6 m á lengd.

Flotnetið var lagt nálægt djúpstöð 1 (mynd 2). Einnig voru lögð níu lagnet (30 m á lengd og 1,5 m á hæð) með möskvastærðunum 10, 12,5, 15,5, 19, 24, 29, 35, 43 og 55 mm (legglengd). Lagnetin voru lögð í sunnanverðu vatninu, hornrétt út frá fjörubeltinu.

Afla úr hverri möskvastærð var haldið fyrir sig og greint á milli bleikju og urriða. Skráður var afli á sóknareiningu (ASE, fjöldi fiska/m<sup>2</sup>/klst). Aflinn var frystur og unninn síðar á rannsóknastofu.

Lengd fiska var mæld frá snoppu í sporðsýlingu (klauf lengd) að næsta 1 mm. Þyngd fiska (votvigt) var mæld að næsta 0,1 g fyrir fiska ≤ 200 g og að næsta 1 g fyrir fiska > 200 g. Fiskarnir voru kyngreindir og kynþroskastig metið. Kvarnir voru teknar úr bleikjum til aldursgreiningar en hreistur úr urriðum. Aldur fisks sem er á fyrsta vaxtarsumri (vorgamall) er táknaður sem 0+, aldur ársgamals fisks sem er á öðru vaxtarsumri sem 1+, o.s.frv.

Holdastuðull Fultons (K) fyrir fiska var reiknaður sem:  $K = (\text{þyngd}/\text{klauf lengd}^3) \times 100$ , þar sem þyngdin er í grömmum og lengdin í sentimetrum. Stuðullinn er mælikvarði á holdafar og líkamlegt ástand fiska og er um og yfir 1,0 hjá laxfiskum í „eðlilegum“ holdum (Bagenal og Tesch 1978).

Fæða fiskanna var athuguð með greiningu á magainnihaldi. Innihaldi maga var komið fyrir á kvarðaðri skál og tegundir og aðrar flokkunarfræðilegar einingar ákvarðaðar og taldar. Magafylli var metin með sjónmati og gefin stig frá 0 til 3 (0 = tómur magi, 1 = magi með vott af fæðu, 2 = hálf fullur magi og 3 = troðfullur magi).

Greining sníkjudýra innvortis í fiskum náði til tveggja bandormategunda, þ.e. *Diphyllbothrium* teg. og *Eubothrium salvelini*. Skráð var sýkingartíðni, þ.e. fjöldi sýktra fiska af viðkomandi sníkjudýri, og sníkjudýrabyrði bandormanna metin í fjóra flokka (0 = engir bandormar, 1 = vottur af bandormum, 2 = bandormasýking í meðallagi og 3 = mikið af bandormum).

### 3. Niðurstöður og umræður

#### 3.1 Eðlis- og efnabættir

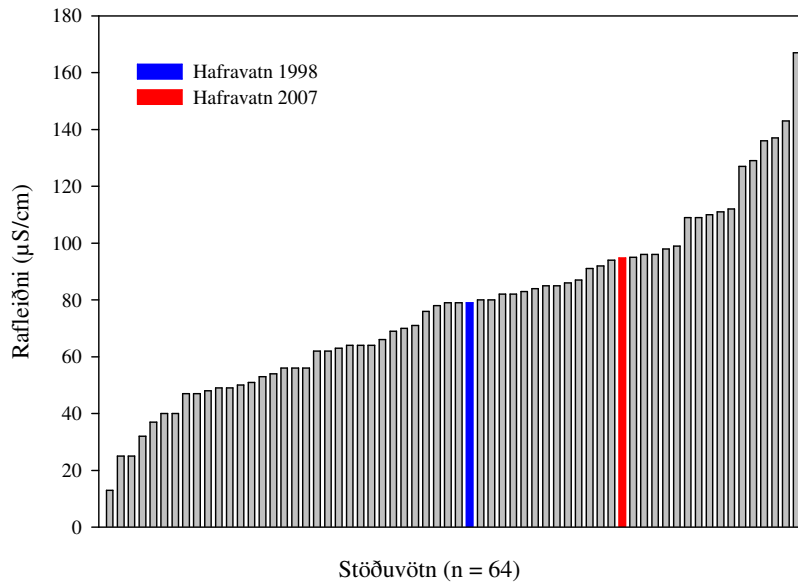
Rafleiðni í Hafravatni mældist 87–99  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og að meðaltali 95  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tafla 1). Rafleiðni á þessu bili er nær því að vera um miðbik þess sem mælist í stöðuvötnum almennt á landinu og er eins og búast má við með hliðsjón af dýpi vatnsins (mynd 3). Niðurstöður rafleiðnimælinganna gefa ekki tilefni til að ætla að um sé að ræða efnamengun í vatninu.

**Tafla 1.** Niðurstöður mælinga á eðlisþáttum og magni blaðgræna-a á djúpstöð 1, 2 og 3 í Hafravatni árið 2007. Rafleiðni er leiðrétt fyrir 25° C. Í dálkinum með sjóndýpi merkir x að sjóndýpi var jafnt vatnsdýpi, þ.e. dýpi niður á botn. St. sk. er staðalskekkja.

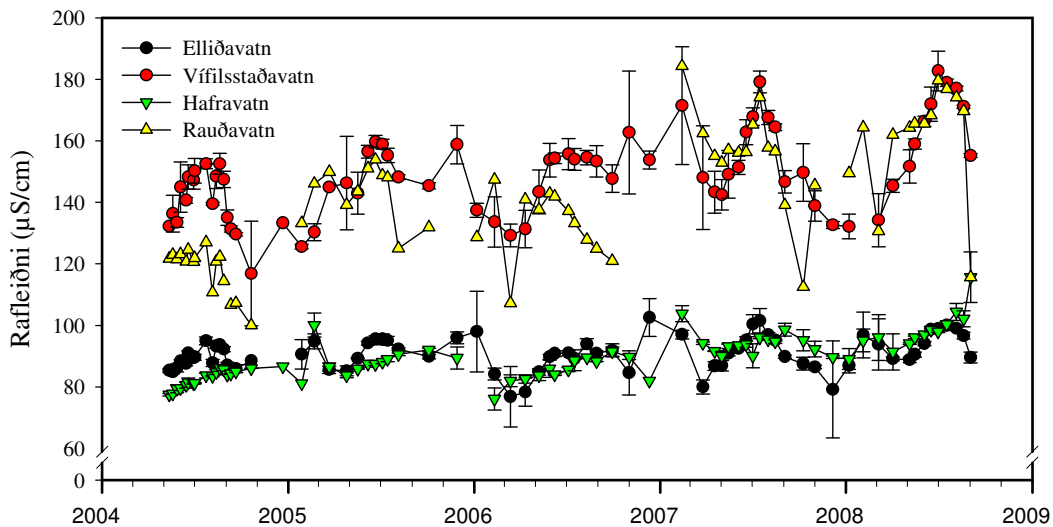
Dags.	Djúpstöð	pH	Rafleiðni $\mu\text{S}/\text{cm}$	Vatnshiti °C	Blaðgræna-a $\mu\text{g}/\text{l}$	Vatnsdýpi m	Sjóndýpi m
3.5.2007	1	8,17	93	7,4	3,3	27,0	
3.5.2007	2	7,69	91	7,3	3,2	2,7	x
3.5.2007	3	7,61	87	7,3	3,5	18,0	4,0
9.8.2007	1	8,67	99	12,6	2,0	25,4	5,7
9.8.2007	2	7,90	99	12,6	2,2	3,2	x
9.8.2007	3	7,86	99	12,7	2,0	16,8	6,8
20.9.2007	1	8,00	95	8,2	1,5	27,5	6,3
20.9.2007	2	8,06	95	8,2	1,4	3,5	x
20.9.2007	3	8,00	95	8,1	1,6	15,6	6,3
Meðaltal		8,00	95	9,4	2,3		5,8
St.sk.		0,10	1,3	0,82	0,27		0,48
Lágmark		7,61	87	7,3	1,4		4,0
Hámark		8,67	99	12,7	3,5		6,8

Rafleiðnin sem mældist nú í Hafravatni var öllu hærri en hún var sumarið 1998, þegar hún var 79  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003), svo og á tímabilinu maí 2003 til mars 2004, þegar hún mældist á bilinu 75–92  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ( $n = 11$ ) og 82  $\mu\text{S}/\text{cm}$  að meðaltali (Tryggvi Þórðarson 2004a). Þetta bendir til þess að ákoma efna í vatnið hafi hugsanlega aukist á síðastliðnum tíu árum eða svo. Aðrar skýringar koma einnig til greina. Þar á meðal að aukningin í rafleiðninni stafi af hlýnun vatns og aukinni uppgufun. Í þessu sambandi má benda á að Elliðavatn hefur hlýnað á síðastliðnum tveimur áratugum samhliða hækkandi lofthita á vatnasviðinu (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008a).

Langtímagögn í forum Náttúrufræðistofu Kópavogs renna stöðum undir að efnastyrkur hafi aukist í Hafravatni á undanförunum árum. Síðan í maí 2004 hefur Náttúrufræðistofan vaktað sýrustig, rafleiðni og vatnshita í Hafravatni og þremur öðrum vötnum á höfuðborgarsvæðinu. Mælingarnar hafa farið fram á tveggja vikna fresti frá maí til loka ágúst og einu sinni í mánuði frá september til loka apríl. Samkvæmt vöktunargögnunum hefur rafleiðni í Hafravatni aukist mjög marktækt á umræddu tímabili (mynd 4).



**Mynd 3.** Rafleiðni í Hafravatni 2007 (rauð súla) og 1998 (blá súla), auk rafleiðni í 62 stöðuvötnum á Íslandi til samanburðar. Rafleiðninni er raðað eftir hækkanði gildum. Ísölt vötn og jökulvötn eru ekki með í úrtakinu. Gögn úr gagnagrunni *Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna* (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003).

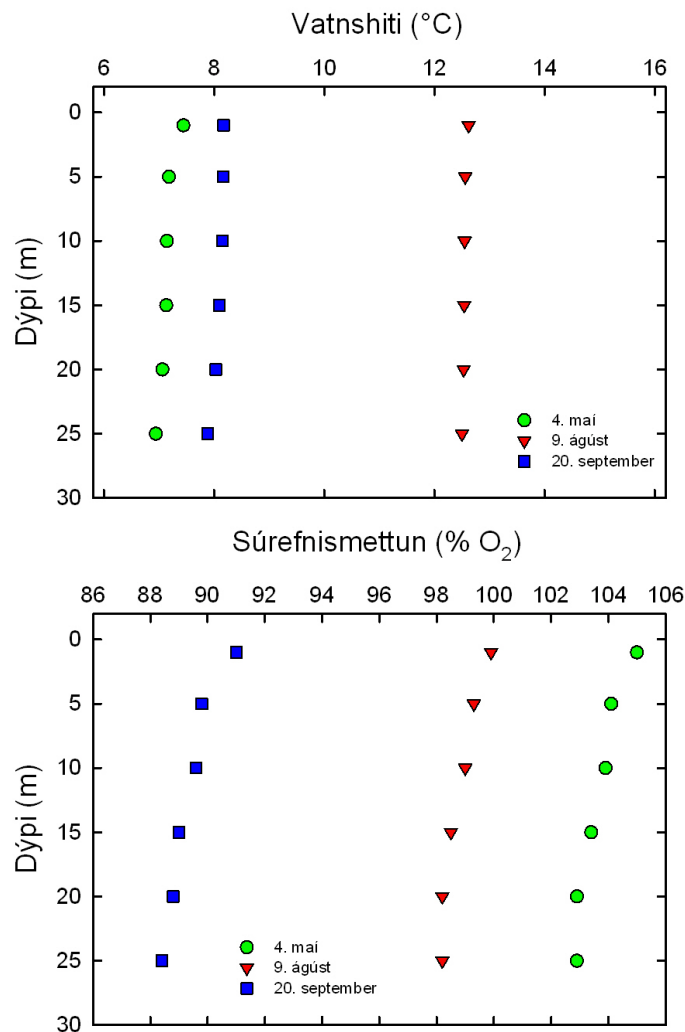


**Mynd 4.** Rafleiðni í fjórum stöðuvötnum á höfuðborgarsvæðinu á tímabilinu maí 2004 til september 2008. Úr gagnagrunni Náttúrufræðistofu Kópavogs. Rafleiðni eykst marktækt með tíma í Hafravatni ( $r = 0,79$ , ft. = 72,  $p < 0,01$ ), sem og í Elliðavatni ( $r = 0,27$ , ft. = 69,  $p < 0,05$ ), Rauðavatni ( $r = 0,63$ , ft. = 60,  $p < 0,01$ ) og Vífilsstaðavatni ( $r = 0,53$ , ft. = 69,  $p < 0,01$ ).

Sýrustig í Hafravatni mældist á bilinu pH 7,6 til 8,7 (tafla 1) og hélst nokkuð stöðugt yfir sumarið. Sýrustig í Hafravatni verður ekki jafnhátt á sumrin eins og í grynri vötnum á höfuðborgarsvæðinu, en þar mældist sýrustig oft allt að pH 10 þegar gróska er hvað mest í plöntuvesti, en öfugt samband er milli umfangs í frumframleiðni og styrks vetnisjóna (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2004, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006b, 2008a). Lægri pH gildi í Hafravatni stafa líklega af því að frumframleiðsla botngróðurs, einkum rótfastra háplantna, er mun minni í Hafravatni vegna rýrari botngróðurs.

Vatnshiti í Hafravatni mældist á rannsóknartímabilinu 7,3–12,7° C (tafla 1). Þetta eru fremur lág gildi miðað við vatnshitann í grunnum vötnum á borð við Elliðavatn og Rauðavatn, en á sólríkum sumardögum getur vatnshitinn í þeim hangið í kringum 20° C svo dögum skiptir (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2004, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006b, 2008a). Það er dýpi Hafravatns og mikil varmarýmd vatnsmassans sem ræður mestu um það að vatnið er í kaldari kantinum.

Ekki var um neina lagskiptingu að ræða í Hafravatni m.t.t. vatnshita eða súrefnismettunar (mynd 5). Súrefnismagnið mældist 10,5–12,6 mg O<sub>2</sub>/l yfir allt tímabilið.



Mynd 5. Vatnshiti og súrefnismettun á djúpstöð 1 í Hafravatni árið 2007.



Sjónkýpi í Hafravatni mældist tiltölulega lítið, ekki nema 4,0–6,8 m og 5,8 m að meðaltali (tafla 1). Í mælingum árið 2003 mældist sjónkýpið enn minna, eða 2,3–5,7 m og 4,5 m að meðaltali (Tryggvi Þórðarson 2004a). Í jafn djúpu vatni og Hafravatni hefði mátt búast við að sjónkýpi næði 8–10 m, líkt og þekkist í djúpum vötnum á borð við Hvalvatn (Tryggvi Þórðarson 2004b) og Þingvallavatn (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008b). Lítið rýni í Hafravatni árið 2007 kemur ekki aðeins á óvart m.t.t. þess að magn blaðgrænu–a mældist mjög lítið í vatninu (tafla 1), heldur einnig vegna þess að grugg og lífrænt kolefni mældist í fremur litlum mæli (tafla 2). Magn lífræns kolefnis í grunnnum stöðuvötnum á höfuðborgarsvæðinu, þ.e. í Elliðavatni (Tryggvi Þórðarson 2003), Rauðavatni (Hilmar J. Malmquist 2006b, Tryggvi Þórðarson 2008), Reynisvatni (Tryggvi Þórðarson 2008) og Urriðavatni (Tryggvi Þórðarson 2006), hefur mælst á bilinu 1,97–8,71 mg/l. Í Reykjavíkurtjörn, þar sem umtalsverðrar mengunar gætir, hefur magn lífræns kolefnis mælst 5,5–12,8 mg/l (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008c).

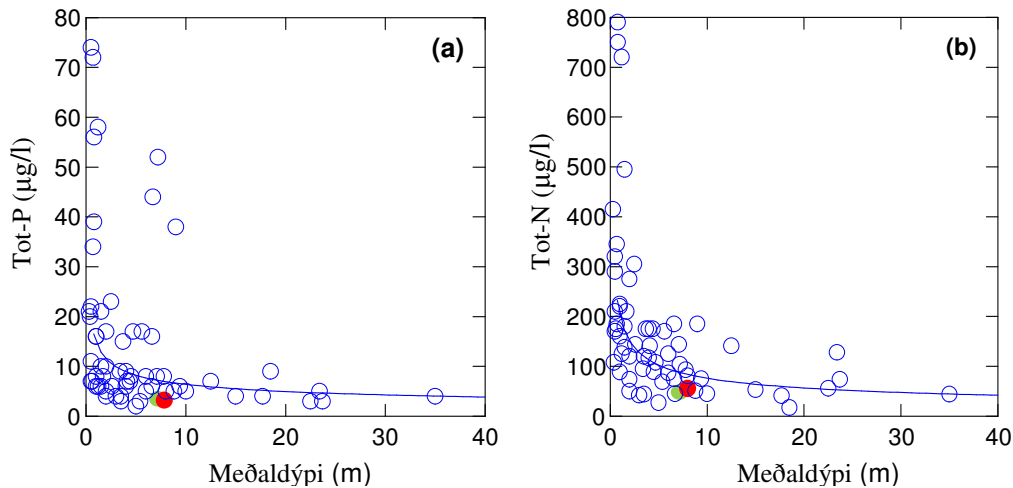
Athygli vekur að styrkur lífræns kolefnis árið 2007 var margfalt minni en árið 2003, en á tímabilinu 14. apríl til 2. október mældist hann 3,78–5,73 mg/l og að meðaltali 4,91 mg/l (Tryggvi Þórðarson 2004a). Í mengunarflokkuninni sem fram fór 2003–2004 kom Hafravatn slælega út m.t.t. lífræns kolefnis, þ.e. vatnið lenti í flokki C með hliðsjón af reglugerð nr. 796/1999 (Tryggvi Þórðarson 2004a). Samkvæmt mælingunum nú lendir Hafravatn hins vegar í flokki A m.t.t. lífræns kolefnis, en viðmiðunarmörkin fyrir þann flokk eru <1,5 mg/l.

**Tafla 2.** Basavirkni, grugg og næringarefni í yfirborðsvatni á stöð 1 í Hafravatni árið 2007 (sjá mynd 2).

Dags.	Basavirkni mmol/l	Grugg FNU	Fosfór Tot-P µg/l	Fosfat PO <sub>4</sub> -P µg/l	Nitur Tot-N µg/l	Amóníak NH <sub>4</sub> -N µg/l	Nítrat NO <sub>3</sub> -N µg/l	Kolefni TOC mg/l
3.5.2007	0,432	1,22	5	3	66	<2	<1	0,68
9.8.2007	0,495	0,84	4	2	93	<2	<1	0,72
20.9.2007	0,504	0,81	5	2	93	<2	<1	0,77
Meðaltal	0,477	0,96	5	2	84	<2	<1	0,72
Staðalfrávik	0,039	0,23	0,6	0,6	16			0,05

Styrkur næringarefnanna fosfórs og köfnunarefnis var mjög lítill í Hafravatni (tafla 2) og voru styrksgildin á því bili sem búast má við með hliðsjón af dýpi vatnsins (mynd 6). Athygli vekur hve lágur styrkur ammóníaks og nítrats var (tafla 2), en þessi köfnunarefnissambönd eru nýtanleg frumframleiðendum á beinan hátt. Jafnan er lítið svo á að ef N:P hlutfallið er minna en 7,0 þá sé köfnunarefni hinn takmarkandi næringarefnaþáttur. Hvað varðar heildarstyrk köfnunarefnis og fosfórs (Tot-N:Tot-P hlutfall) í Hafravatni þá er hlutfallstalan 13,2 fyrir maí, 23,3 fyrir ágúst og 18,6 fyrir september. Þetta undirstrikar gnægð köfnunarefnis þótt ekki sé það á því formi sem nýtist frumframleiðendum beint. Ef hins vegar lítið er til hlutfalls aðgengilegs köfnunarefnis (NH<sub>4</sub> og NO<sub>3</sub>) og aðgengilegs fosfórs (PO<sub>4</sub>), þá kveður við allt annan tón. Þá er N:P hlutfallið um og undir 1,0, sem gefur til kynna að köfnunarefni er hinn takmarkandi næringarefnaþáttur í vatninu. Það virðist einmitt vera tilfellið með mörg stöðuvötn á Íslandi (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008b, c, d).

Næringarefnastyrkur var árið 2007 á mjög svipuðu róli og árið 1998, en þá mældist heildarstyrkur fosfórs 5  $\mu\text{g/l}$ , styrkur fosfats 3  $\mu\text{g/l}$  og heildarstyrkur köfnunarefnis 81  $\mu\text{g/l}$  (mynd 6, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003). Í mengunarflokkun Hafravatns árið 2003 mældist heildarstyrkur fosfórs að meðaltali 6,56  $\mu\text{g/l}$  og meðalstyrkur fosfórs 3,97  $\mu\text{g/l}$  (Tryggvi Þórðarson 2004a). Styrkur köfnunarefnissambanda var aftur á móti mun hærri árið 2003, en þá mældist heildarstyrkur köfnunarefnis að meðaltali 533  $\mu\text{g/l}$  og meðalstyrkur ammóníaks var 5,8  $\mu\text{g/l}$  (Tryggvi Þórðarson 2004a).



**Mynd 6.** Heildarstyrkur fosfórs (a) og heildarstyrkur köfnunarefnis (b) í Hafravatni árið 2007 (rauðir punktar), árið 1998 (grænir punktar) og í 62 stöðuvötnum á Íslandi (bláir hringir). Raðað eftir meðaldýpi vatnanna. Ísölt vötn og jökulvötn eru ekki með í úrtakinu. Úr gagnagrunni *Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna* (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003).

Hvað varðar kalsíum, járn, kalíum og magnesíum (tafla 3) er styrkur jónanna í Hafravatni nær því að vera um miðbik þess sem mælt hefur í vötnum víða á landinu (Skjelkvale o.fl. 2001, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003). Styrkur framangreindra jóna svipar til þess sem mælt hefur í Elliðavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2004), Rauðavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006b) og Þingvallavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008b). Styrkur klórs í Hafravatni er aftur á móti í hærri kantinum miðað við vötn almennt á landinu, en það skýrist líklega af nálægð vatnsins við sjó. Klórstyrkur í Hafravatni var áþekkur því sem mælt hefur í Elliðavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2004) og Rauðavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006b). Styrkur kísils í Hafravatni var nær því sem gerist í meðallagi meðal vatna á landinu og svipaða sögu er að segja af súlfati sem þó var heldur í lægri kantinum (Skjelkvale o.fl. 2001, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003).

Styrkur þungmálma í Hafravatni mældist almennt mjög lítil (tafla 4) og var að áli undanskildu undir viðmiðunarmörkum fyrir flokk A samkvæmt reglugerð nr. 796/1999. Hið sama var uppi á teningnum árið 2003 (Tryggvi Þórðarson 2004a). Ál fellur ekki undir reglugerð nr. 796/1999 en styrkur áls (Al/R) í Hafravatni árið 2007 mældist í hærri kantinum miðað við það sem þekktist í stöðuvötnum hér á landi (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003, 2004). Álstyrkur í Hafravatni er þó langtum minni en nýlega

hefur mælst í Rauðavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006b) og ívið lægri en í Þingvallavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008b), Reykjavíkurtjörn (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008c) og í stöðuvötnum á Mýrum í Borgarbyggð (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008d).

**Tafla 3.** Aðalefni í yfirborðsvatni á stöð 1 í Hafravatni árið 2007 (sjá mynd 2).

Dags.	Kísill SiO <sub>2</sub> mg/l	Klór Cl mg/l	Súlfat SO <sub>4</sub> mg/l	Flúor F µg/l	Kalsíum Ca mg/l	Járn Fe mg/l	Kalíum K mg/l	Magnesíum Mg mg/l	Natríum Na mg/l
3.5.2007	3,53	14,10	1,95	29	4,89	67	0,31	2,09	9,19
9.8.2007	3,51	13,60	1,80	34	5,46	68	0,27	2,13	9,35
20.9.2007	3,62	14,10	1,94	29	5,53	70	0,42	2,16	9,29
Meðaltal	3,55	13,93	1,90	31	5,29	68	0,33	2,13	9,28
Staðalfrávik	0,059	0,289	0,084	2,9	0,351	1,4	0,078	0,035	0,081

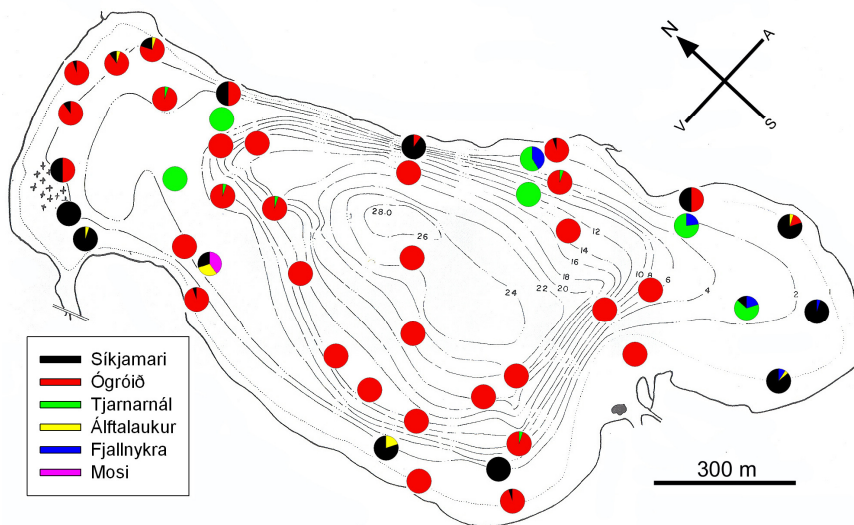
**Tafla 4.** Þungmálmar í yfirborðsvatni á stöð 1 í Hafravatni árið 2007 (sjá mynd 2).

Dags.	Ál Al/R µg/l	Ál Al/ICP µg/l	Kopar Cu µg/l	Sínk Zn µg/l	Kadmíum Cd µg/l	Blý Pb µg/l	Króm Cr µg/l	Nikkel Ni µg/l	Arsen As µg/l
3.5.2007	22	<5	0,313	0,20	<0,005	0,010	<0,1	<0,05	<0,05
9.8.2007	16	<5	0,270	0,43	<0,005	0,026	<0,1	<0,05	<0,05
20.9.2007	16	<5	0,421	0,81	<0,005	0,047	<0,1	<0,05	<0,05
Meðaltal	18	<5	0,335	0,48	<0,005	0,028	<0,1	<0,05	<0,05
Staðalfrávik	3,5		0,078	0,31		0,019			

### 3.2 Þörungar og háplöntur

Gróðurþekja í Hafravatni mældist lítil og nánast enginn botngróður fannst þar sem dýpi var meira en 6 m (mynd 7, viðauki 1). Alls fundust þrjár tegundir af vatnaháplöntum; síkjamari (*Myriophyllum alterniflorum*), fjallnykra (*Potamogeton alpinus*) og álftalaukur (*Isoetes echinospora*). Einnig fannst mosi í litlum mæli á takmörkuðu svæði nærri útfallinu við Úlfarsá, en jurtin hefur ekki verið greind til tegundar.

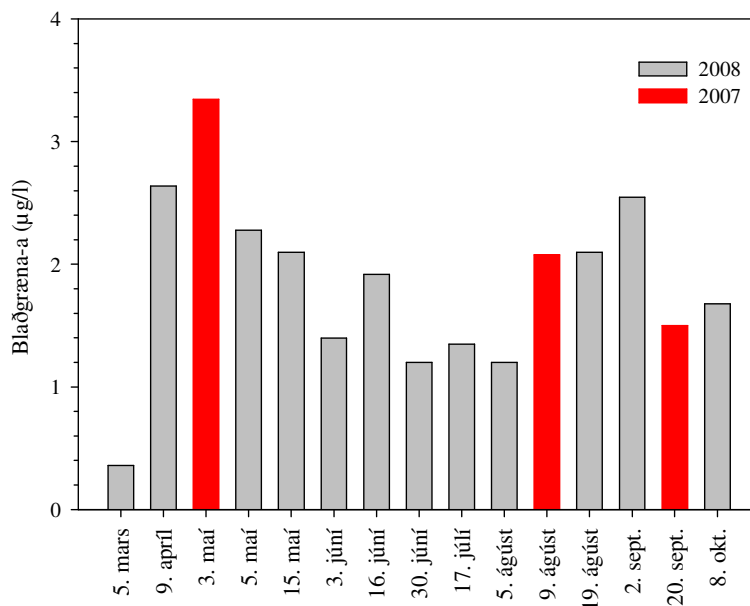
Af háplöntunum bar mest á síkjamara sem óx á strandgrunninu á 0,5–6 m dýpi. Kransþörungurinn tjarnarnál (*Nitella opaca*) fannst á 2–12 m dýpi í vatninu norðan- og suðaustanverðu. Tjarnarnál er algeng í fremur djúpum og tærum vötnum og myndar sumstaðar þéttvaxið gróðurbelti á dýptarbilinu 10–20 m, eins og þekkest t.d. í Þingvallavatni (Gunnar Steinn Jónsson o.fl. 2002). Líklegt má telja að fremur lítið sjóndýpi í Hafravatni, þ.e.a.s. að birta nær tiltölulega skammt niður í vatnið, sé meginástæðan fyrir því að tjarnarnál nær ekki lengra niður en raun ber vitni.



Mynd 7. Gróðurþekja í Hafravatni. Mælt 14. ágúst 2007.

Magn blaðgrænu-a í Hafravatni var fremur lítið (tafla 1, mynd 8) og svipar til þess sem mælt hefur í djúpum vötnum á borð við Hvalvatn (Tryggvi Þórðarson 2004b) og Þingvallavatn (Hilmar J. Malmquist 2008b). Þetta bendir til þess að frumframleiðsla og eða lífþyngd svifþörungna úti í vatnsbolnum sé ekki mikil.

Greina má árstíðamun í magni sviflægra þörungna í Hafravatni með hámarki um vor og aftur að hausti (mynd 8). Slíkt tvítoppa framleiðsluhámark meðal svifþörungna þekist vel í Þingvallavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008b).



Mynd 8. Magn blaðgrænu-a í Hafravatni. Rauðar súlur eru mælingar frá 2007 (meðaltal sýna af öllum þremur stöðvum) og gráar súlur eru mælingar frá 2008 (við útfall vatnsins). Úr gagnagrunni Náttúrufræðistofu Kópavogs.

### 3.3 Smádýralíf

#### 3.3.1 Grýtt fjörubelti – steinasýni

Alls fundust 36 tegundir og hópar af hryggleysingjum á fjörugrjóti í Hafravatni í sýnatökunni árið 2007 og lék meðalþéttleiki allra dýra á bilinu 12.627–62.247 dýr/m<sup>2</sup> (töflur 5–7, viðauki 5). Þéttleikinn var að jafnaði minnstur á stöð 1 nálægt útfallinu (tafla 5) og mestur á stöð 3 í suðaustanverðu vatninu (tafla 7). Á stöðvum 1 og 3 var mestur þéttleiki dýra í byrjun ágúst en á stöð 2 í september (tafla 6).

**Tafla 5.** Þéttleiki dýra (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) á fjörugrjóti á steinastöð 1 í Hafravatni árið 2007. St.sk. er staðalskekkja (n = 5). Bandstrik merkir að viðkomandi dýrahópur var ekki greindur nánar.

	4.5.2007		9.8.2007		21.9.2007	
	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.
<b>Vatnabobbi, <i>Radix balthica</i></b>	0	0	22	22	23	23
<b>Ánar (Oligochaeta)</b>						
Sundánar (Naididae)	-	-	-	-	387	219
Aðrir ánar	-	-	-	-	695	272
Samtals ánar	<b>1.434</b>	<b>407</b>	<b>5.208</b>	<b>1.371</b>	<b>1.082</b>	<b>249</b>
<b>Rykmý (Chironomidae) lifur</b>						
Ránmý (Tanytopodinae)	360	183	1.031	164	794	242
Vatnsmý (Orthocladinae)	1.122	349	4.324	708	1.709	261
Slæðumý (Tanytarsini)	0	0	386	115	0	0
Toppmý (Chironomini)	0	0	17	17	0	0
Samtals rykmýslifur	<b>1.482</b>	<b>462</b>	<b>5.758</b>	<b>944</b>	<b>2.504</b>	<b>412</b>
<b>Vatnaflær (Cladocera)</b>						
Hjálmfló, <i>Acroperus harpae</i>	-	-	-	-	82	37
Mánaflær, <i>Alona</i> teg.	-	-	-	-	3.840	940
Aðrar vatnaflær	-	-	-	-	269	94
Samtals vatnaflær	<b>5.244</b>	<b>2.255</b>	<b>3.921</b>	<b>926</b>	<b>4.190</b>	<b>1.010</b>
<b>Árfætlur (Copepoda)</b>						
Ormdfli (Canthocamptidae)	-	-	-	-	6.231	2.597
Aðrar árfætlur	-	-	-	-	91	67
Samtals árfætlur	<b>3.013</b>	<b>1.207</b>	<b>11.691</b>	<b>3.595</b>	<b>6.323</b>	<b>2.568</b>
<b>Vatnamaurar (Hydracarina)</b>	488	124	645	175	63	45
<b>Örmlur (Hydra)</b>	51	51	457	208	23	23
<b>Þráðormar (Nematoda)</b>	522	344	1.202	422	2.516	848
<b>Annað</b>	393	209	158	70	238	136
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>12.627</b>	<b>4.517</b>	<b>29.062</b>	<b>6.626</b>	<b>16.961</b>	<b>4.309</b>

Samanburður við fjörusýni sem tekin voru í Hafravatni 1998 sýnir að þéttleiki nær allra dýrahópa var minni þá en nú (tafla 8). Þéttleikinn nú er um þrisvar sinnum meiri. Marktækur munur er á heildarþéttleika allra dýra á öllum stöðvunum þremur milli ára (stöð 1;  $t = -2,50$ , ft. = 8,  $p = 0,037$ ; stöð 2;  $t = -3,98$ , ft. = 8,  $p = 0,004$ ; stöð 3;  $t = -9,08$ , ft. = 8,  $p < 0,001$ ). Hugsanlega má rekja þennan mun til betri lífsskilyrða í vatninu nú í seinni tíð og er hér skírskotað til aukningarinnar sem orðið hefur í rafleiðni í vatninu. Í þessu sambandi ber þó að hafa í huga að sýnin árið 1998 voru tekin um mánuði fyrr en haustið 2007.

**Tafla 6.** Þéttleiki dýra (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) á fjörugrjóti á steinastöð 2 í Hafravatni árið 2007. St.sk. er staðalskekkja (n = 5). Bandstrik merkir að viðkomandi dýrahópur var ekki greindur nánar.

	4.5.2007		9.8.2007		21.9.2007	
	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.
<b>Vatnabobbi, <i>Radix balthica</i></b>	771	315	10	10	147	66
<b>Ánar (Oligochaeta)</b>						
Sundáanar (Naididae)	238	84	2.664	400	-	-
Aðrir ánar	311	184	406	154	-	-
Samtals ánar	<b>549</b>	<b>175</b>	<b>3.070</b>	<b>443</b>	<b>3.470</b>	<b>858</b>
<b>Rykmý (Chironomidae) lirlur</b>						
Ránmý (Tanypodinae)	772	369	814	146	1.101	179
Vatnmý (Orthoclaadiinae)	3.702	521	3.028	643	4.459	1.072
Slæðumý (Tanytarsini)	16	16	155	48	22	22
Toppmý (Chironomini)	0	0	0	0	0	0
Samtals rykmýslirlur	<b>4.489</b>	<b>877</b>	<b>3.997</b>	<b>541</b>	<b>5.582</b>	<b>1.098</b>
<b>Vatnaflær (Cladocera)</b>						
Hjálmló, <i>Acroperus harpae</i>	559	225	201	72	-	-
Mánaflær, <i>Alona</i> teg.	1.147	205	3.322	498	-	-
Aðrar vatnaflær	927	505	69	32	-	-
Samtals vatnaflær	<b>2.632</b>	<b>902</b>	<b>3.592</b>	<b>515</b>	<b>12.397</b>	<b>1.774</b>
<b>Árfætlur (Copepoda)</b>						
Ormdfli (Canthocamptidae)	3.938	2.129	3.024	801	-	-
Aðrar árfætlur	51	34	429	146	-	-
Samtals árfætlur	<b>3.989</b>	<b>2.110</b>	<b>3.453</b>	<b>927</b>	<b>16.785</b>	<b>3.066</b>
<b>Vatnamaurar (Hydracarina)</b>	366	88	333	82	761	226
<b>Örmlur (Hydra)</b>	125	63	379	82	848	161
<b>Þráðormar (Nematoda)</b>	5.451	2.913	3.349	1.647	6.274	632
<b>Annað</b>	157	37	143	47	53	34
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>18.531</b>	<b>6.706</b>	<b>18.326</b>	<b>3.149</b>	<b>46.317</b>	<b>5.743</b>

Hvað flokkunarfræðilega samsetningu varðar voru árfætlur, vatnaflær, rykmýslirlur og ánar fjórir algengustu dýrahóparnir í fjörubelti Hafravatns (töflur 5–7). Að teknu tilliti til stærðar dýranna, þ.e. þyngd þeirra, er aftur á móti ljóst að rykmýslirlur tróna efst á toppinum meðal framangreindra dýrahópa í fjörubelti Hafravatns. Rykmýslirlur ásamt vatnabobbum eru jafnan mikilvæg fæða fyrir silung og ýmsa fugla.

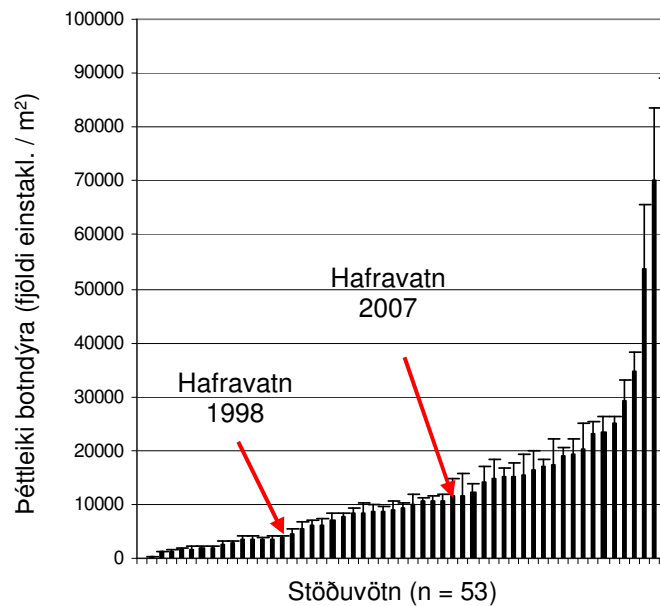
Ekki varð vart við sjaldgæfar tegundir í sýnunum úr fjörubeltinu.

**Tafla 7.** Þéttleiki dýra (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) á fjörugrjóti á steinastöð 3 í Hafravatni árið 2007. St.sk. er staðalskekkja (n = 5). Bandstrik merkir að viðkomandi dýrahópur var ekki greindur nánar.

	4.5.2007		9.8.2007		21.9.2007	
	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.
<b>Vatnabobbi, <i>Radix balthica</i></b>	93	42	316	139	516	53
<b>Ánar (Oligochaeta)</b>						
Sundáanar (Naididae)	-	-	-	-	424	141
Aðrir ánar	-	-	-	-	62	42
Samtals ánar	<b>1.684</b>	<b>447</b>	<b>4.648</b>	<b>1.303</b>	<b>486</b>	<b>171</b>
<b>Rykmý (Chironomidae) lirlur</b>						
Ránnmý (Tanytopodinae)	374	119	1.586	157	1.086	141
Vatnsmý (Orthoclaadiinae)	3.947	677	7.265	1.376	6.095	467
Slæðumý (Tanytarsini)	93	48	798	183	17	17
Toppmý (Chironomini)	0	0	11	11	0	0
Samtals rykmýslirlur	<b>4.415</b>	<b>825</b>	<b>9.660</b>	<b>1.522</b>	<b>7.199</b>	<b>406</b>
<b>Vatnaflær (Cladocera)</b>						
Hjálmló, <i>Acroperus harpae</i>	-	-	-	-	690	221
Mánaflær, <i>Alona</i> teg.	-	-	-	-	16.131	724
Aðrar vatnaflær	-	-	-	-	176	73
Samtals vatnaflær	<b>5.002</b>	<b>841</b>	<b>24.291</b>	<b>2.021</b>	<b>16.998</b>	<b>493</b>
<b>Árfætlur (Copepoda)</b>						
Ormdfli (Canthocamptidae)	-	-	-	-	7.772	481
Aðrar árfætlur	-	-	-	-	238	66
Samtals árfætlur	<b>4.861</b>	<b>780</b>	<b>17.448</b>	<b>2.730</b>	<b>8.010</b>	<b>448</b>
<b>Vatnamaurar (Hydracarina)</b>	802	136	1.305	370	541	125
<b>Örmlur (Hydra)</b>	20	20	59	38	96	64
<b>Þráðormar (Nematoda)</b>	1.238	299	4.141	1.282	4.718	670
<b>Annað</b>	97	34	378	92	240	41
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>18.212</b>	<b>1.543</b>	<b>62.247</b>	<b>7.621</b>	<b>38.803</b>	<b>1.706</b>

**Tafla 8.** Þéttleiki dýra (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) á fjörugrjóti á steinastöðvum í Hafravatni árin 1998 og 2007. St.sk. er staðalskekkja (n = 5). Bandstrik merkir að viðkomandi dýrahópur var ekki greindur nánar. Krabbadýr (vatnaflær og árfætlur) voru ekki athuguð sérstaklega árið 1998 og er þeim því sleppt úr mælingunum 2007.

	Stöð 1				Stöð 2				Stöð 3			
	19.8.1998		21.9.2007		19.8.1998		21.9.2007		19.8.1998		21.9.2007	
	meðalt.	st.sk.	meðalt.	st.sk.	meðalt.	st.sk.	meðalt.	st.sk.	meðalt.	st.sk.	meðalt.	st.sk.
<b>Vatnabobbi, <i>Radix balthica</i></b>	18	18	23	23	0	0	147	66	54	35	516	53
<b>Ánar (Oligochaeta)</b>												
Sundáanar (Naididae)	1.054	364	387	219	2.147	298	-	-	1.236	278	424	141
Aðrir ánar	51	35	695	272	494	186	-	-	43	27	62	42
Samtals ánar	<b>1.105</b>	<b>395</b>	<b>1.082</b>	<b>249</b>	<b>2.641</b>	<b>408</b>	<b>3.470</b>	<b>858</b>	<b>1.279</b>	<b>263</b>	<b>486</b>	<b>171</b>
<b>Rykmý (Chironomidae) lirlur</b>												
Ránnmý (Tanytopodinae)	16	16			111	56			17	17		
Ránnmý (Tanytopodinae)	53	53	794	242	772	143	1.101	179	553	43	1.086	141
Vatnsmý (Orthoclaadiinae)	828	221	1.709	261	2.154	575	4.459	1.072	1.899	223	6.095	467
Þeymý (Chironominae)	18	18	0	0	710	420	22	22	64	41	17	17
Samtals rykmýslirlur	<b>914</b>	<b>258</b>	<b>2.504</b>	<b>412</b>	<b>3.747</b>	<b>615</b>	<b>5.582</b>	<b>1.098</b>	<b>2.533</b>	<b>274</b>	<b>7.199</b>	<b>406</b>
<b>Vatnamaurar (Hydracarina)</b>	90	48	63	45	36	22	761	226	77	20	541	125
<b>Örmlur (Hydra)</b>	0	0	23	23	375	60	848	161	300	100	96	64
<b>Þráðormar (Nematoda)</b>	31	31	2.516	848	379	104	6.274	632	330	43	4.718	670
<b>Annað</b>	158	47	238	136	201	86	53	34	195	58	240	41
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>2.315</b>	<b>720</b>	<b>6.448</b>	<b>1.491</b>	<b>7.379</b>	<b>1.081</b>	<b>17.135</b>	<b>2.201</b>	<b>4.768</b>	<b>354</b>	<b>13.796</b>	<b>929</b>



**Mynd 9.** Meðalþéttleiki botndýra (fjöldi einstakl./m<sup>2</sup>, + st.sk.) í grýttu fjörubelti í ágúst–september í íslenskum stöðuvötnum raðað eftir vaxandi meðalþéttleika. Gögn fyrir Hafravatn eru byggð á sýnum frá 19.8.1998 og 21.9.2007. Úr gagnagrunni *Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna* (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2000, 2003).

Þéttleiki fjörudýra í Hafravatni árið 2007 er í meðallagi miðað við það sem gengur og gerist í fjöruvist íslenskra stöðuvatna (mynd 9). Magn fjörudýranna í Hafravatni er á því reki sem búast má við með hliðsjón af yfirborðsáferð fjörugrjótsins sem þar er að finna. Yfirborð fjörugrjótsins í Hafravatni er fremur slétt og þvegið, en jafnan er fjöldi tegunda og magn dýra minna á slíku grjóti en á lítt veðruðu og hrufóttu hraungrýti (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2000, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003, 2006a).

Fjöldi tegunda og tegundahópa í fjörubelti Hafravatns er einnig í meðallagi miðað við það sem þekktist í fjörubúsvæði íslenskra stöðuvatna (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2000). Ef hins vegar einvörðungu er horft til vatna sem eru álíka djúp og Hafravatn og mynduð eru á sama hátt sem jökulgrafnar skálar á gömlum berggrunni, er tegundaríki í Hafravatni nokkuð yfir meðallagi.



### 3.3.2 Mjúkur setbotn – Kajaksýni

Alls voru greindar 25 tegundir og dýrahópar í Kajaksýnum af mjúkum setbotni í Hafravatni árið 2007 og var meðalþéttleiki dýra á bilinu 10.794–116.190 dýr/m<sup>2</sup> (tafla 9). Athygli vekur hve þéttleiki dýra á stöð 2 var miklu meiri en á hinum stöðvunum tveimur. Stöð 2 er lang grynsta stöðin og dýpið einungis um 3,5 m (tafla 1). Líklegt er að lítið dýpi á stöð 2 valdi miklu um hversu mikil gróska er þar, en lífverurnar þar njóta mun betri birtuskilyrða en á hinum stöðvunum.

**Tafla 9.** Þéttleiki dýra (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) á setbotni í Hafravatni 20. september 2007. St.sk. er staðalskekkja (n = 3).

	Stöð 1		Stöð 2		Stöð 3	
	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.
<b>Vatnabobbi</b> , <i>Radix balthica</i>	0	0	952	476	0	0
<b>Ertuskel</b> , <i>Pisidium</i> teg.	159	159	317	159	1.429	727
<b>Ánar</b> (Oligochaeta)						
Sundáanar (Naididae)	952	476	9.841	4.444	476	0
Róránar (Tubificidae)	1.270	692	23.016	7.244	2.063	1.145
Samtals ánar	<b>2.222</b>	<b>420</b>	<b>32.857</b>	<b>11.589</b>	<b>2.540</b>	<b>1.145</b>
<b>Rykmý</b> (Chironomidae) lirlfur						
Ránmý (Tanytopodinae)	159	159	476	476	159	159
Vatnsmý (Orthocladinae)	159	159	11.429	8.819	159	159
Slæðumý (Tanytarsini)	0	0	159	159	159	159
Toppmý (Chironomini)	317	159	2.540	692	0	0
Samtals rykmýslirlfur	<b>635</b>	<b>159</b>	<b>14.603</b>	<b>9.429</b>	<b>476</b>	<b>275</b>
<b>Vatnaflær</b> (Cladocera)						
Hjálmló, <i>Acroperus harpae</i>	159	159	3.175	2.940	0	0
Mánaflær, <i>Alona</i> teg.	2.540	884	952	727	1.270	1.041
Aðrar vatnaflær	635	159	952	727	0	0
Samtals vatnaflær	<b>3.333</b>	<b>825</b>	<b>5.079</b>	<b>3.546</b>	<b>1.270</b>	<b>1.041</b>
<b>Árfætlur</b> (Copepoda)						
Ormdíli (Canthocamptidae)	0	0	1.429	991	0	0
Svifdíli, <i>Diaptomus</i> teg.	159	159	159	159	317	317
Augndíli (Cyclopidae)	5.238	1.455	10.000	7.148	3.175	2.698
Samtals árfætlur	<b>5.397</b>	<b>1.356</b>	<b>11.587</b>	<b>8.017</b>	<b>3.492</b>	<b>3.016</b>
<b>Skelkrabbar</b> (Ostracoda)	6.190	550	49.683	13.531	1.270	1.041
<b>Annað</b>	476	275	1.111	159	317	159
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>18.413</b>	<b>1.563</b>	<b>116.190</b>	<b>40.670</b>	<b>10.794</b>	<b>6.514</b>

Samanburður við gögn frá 1998 sýnir að einnig þá var mun meiri þéttleiki botndýra á stöð 2 en á stöð 1 (tafla 10). Segja má að í stórum dráttum sé um sömu flokkunarfræðilegu samsetningu botndýra að ræða á stöðvum 1 og 2 árin 1998 og 2007. Hjá allflestum hópum á stöð 1 er þéttleiki þó öllu minni 2007 en 1998 og er heildarþéttleiki botndýra marktækt minni nú en árið 1998 ( $t = 5,65$ , ft. = 6,  $p = 0,001$ ).

**Tafla 10.** Þéttleiki dýra (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) á setbotni í Hafravatni 1998 og 2007. St.sk. er staðalskekkja (n = 5 fyrir 1998 og 3 fyrir 2007). Ekki voru tekin sýni á stöð 3 árið 1998.

	Stöð 1				Stöð 2			
	19.8.1998		20.9.2007		19.8.1998		20.9.2007	
	meðalt.	st.sk.	meðalt.	st.sk.	meðalt.	st.sk.	meðalt.	st.sk.
<b>Vatnabobbi, <i>Radix balthica</i></b>	0	0	0	0	0	0	952	476
<b>Ertuskel, <i>Pisidium</i> teg.</b>	571	178	159	159	1.048	628	317	159
<b>Ánar (Oligochaeta)</b>								
Sundáanar (Naididae)	0	0	952	476	95	95	9.841	4.444
Röráanar (Tubificidae)	1.619	873	1.270	692	23.619	6.308	23.016	7.244
Pottormar (Enchytraeidae)	2.857	1.242	0	0	7.619	2.932	0	0
Samtals ánar	<b>4.476</b>	<b>971</b>	<b>2.222</b>	<b>420</b>	<b>31.333</b>	<b>8.995</b>	<b>32.857</b>	<b>11.589</b>
<b>Rykmý (Chironomidae) lirlfur</b>								
Ránmý (Tanytopodinae)	571	278	159	159	0	0	476	476
Vatnsmý (Orthocladiinae)	0	0	159	159	762	323	11.429	8.819
Þeymý (Chironominae)	0	0	317	159	2.095	762	2.698	692
Samtals rykmýslirlfur	<b>571</b>	<b>278</b>	<b>635</b>	<b>159</b>	<b>2.857</b>	<b>1.075</b>	<b>14.603</b>	<b>9.429</b>
<b>Vatnaflær (Cladocera)</b>	6.286	697	3.333	825	11.238	1.908	5.079	3.546
<b>Árfætlur (Copepoda)</b>	16.190	2.239	5.397	1.356	12.000	1.531	11.587	8.017
<b>Skelkrabbar (Ostracoda)</b>	7.714	1.575	6.190	550	33.905	7.632	49.683	13.531
<b>Annað</b>	95	95	476	275	857	278	1.111	159
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>35.905</b>	<b>2.159</b>	<b>18.413</b>	<b>1.563</b>	<b>93.238</b>	<b>18.122</b>	<b>116.190</b>	<b>40.670</b>

### 3.3.3 Mjúkur setbotn – gildrusýni

Alls fundust 17 tegundir og hópar af krabbadýrum í trektagildrunum í Hafravatni og var meðalþéttleiki allra dýra í vettvangsferðunum þremur 13.101–50.341 dýr/m<sup>2</sup> (tafla 11, viðauki 2). Hámarki náði þéttleiki krabbadýranna í maí, en þar var fyrst og fremst um ungvíði árfætlana að ræða.

Þéttleiki vatnaflóa fór vaxandi eftir því sem leið á sumarið og náði hámarki í september. Þéttleiki árfætlanna var hins vegar mestur í maí og minnstur í ágúst, þótt litið sé framhjá ungvíðum. Athygli vekur að mikill breytileiki var í fjölda krabbadýra meðal gildranna sem lýsir sér í hárrí staðalskekkju (tafla 11). Þessi mikli breytileiki stafar væntanlega af mismunandi umhverfi, þar sem dýpi vegur trúlega þyngst.

Hinar margvíslegu tegundir krabbadýra velja sér mismunandi búsvæði eftir þörfum, t.d. úti í vatnsbol eða á grónum leðjubotni. Lífsöguþættir krabbadýranna eru einnig misjafnir og stofnar vaxa og þroskast á mismunandi tímabilum. Af framangreindum ástæðum er mjög algengt að mikill breytileiki sé í stofnum krabbadýra í vötnum bæði í tíma og rúmi. Sá þéttleiki botnlægra krabbadýra sem um ræðir í Hafravatni má teljast all hár og er svipaður því sem fundist hefur í Elliðavatni og Rauðavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2004, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006b).

**Tafla 11.** Þéttleiki helstu krabbadýra (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) í trektagildrum á setbotni í Hafravatni árið 2007. St.sk. er staðalskekkja (n = 3).

	3.5.2007		10.8.2007		21.9.2007	
	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.
<b>Vatnaflær (Cladocera)</b>						
Hjálmfló, <i>Acroperus harpae</i>	1.027	1.027	1.169	1.149	3.406	3.358
Mánafló, <i>Alona affinis</i>	63	30	168	116	146	25
Mánafló, <i>Alona intermedia</i>	0	0	84	44	9	5
Mánafló, <i>Alona quadrangularis</i>	78	78	0	0	0	0
Gárafló, <i>Alonella nana</i>	3.798	3.427	3.756	3.577	7.701	7.606
Ranafló, <i>Bosmina coregonii</i>	24	24	4.130	1.972	1.025	492
Goggfló, <i>Camptocercus rectirostris</i>	0	0	0	0	5	5
Kúlufló, <i>Chydorus sphaericus</i>	1.616	1.507	115	101	959	925
Langhalafló, <i>Daphnia galeata</i>	285	180	281	171	978	632
Kornáta, <i>Eurycercus lamellatus</i>	5	5	18	12	60	17
Granfló, <i>Graptoleberis testudinaria</i>	0	0	0	0	74	37
Glerfló, <i>Sida crystallina</i>	14	8	0	0	0	0
Hakafló, <i>Simocephalus vetulus</i>	5	5	0	0	4	4
<b>Samtals</b>	<b>6.915</b>	<b>5.780</b>	<b>9.721</b>	<b>2.883</b>	<b>14.366</b>	<b>10.992</b>
<b>Árfætlur (Copepoda)</b>						
Svifdéli, <i>Diaptomus</i> teg.	415	187	699	321	1.188	590
Augndéli (Cyclopidae)	3.832	906	2.003	1.226	1.998	712
Ormdéli (Canthocamptidae)	140	133	124	110	51	44
Ungviði, ógreint	39.034	9.198	494	56	1.177	498
<b>Samtals</b>	<b>43.421</b>	<b>9.308</b>	<b>3.319</b>	<b>1.063</b>	<b>4.415</b>	<b>375</b>
<b>Skelkrabbar (Ostracoda)</b>						
	5	5	61	36	9	5
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>50.341</b>	<b>4.205</b>	<b>13.101</b>	<b>3.921</b>	<b>18.790</b>	<b>10.705</b>

Á meðal vatnaflónna voru gárafló (*Alonella nana*), hjálmfló (*Acroperus harpae*) og ranafló (*Bosmina coregonii*) hvað algengastar í Hafravatni (tafla 11). Kúlufló (*Chydorus sphaericus*) og halafló (*Daphnia galeata*) komu einnig fyrir í umtalsverðum mæli. Þá var nokkuð um árfætlurnar augndéli (Cyclopidae) og svifdéli (*Diaptomus* teg.) en eins og nafnið gefur til kynna þá er svifdélið sviflægt krabbadýr. Þá vekur mikill fjöldi árfætlungviða nokkra athygli en í maí voru þau yfir 80% af heildarfjöldanum.

Tegundasamsetning krabbadýranna í Hafravatni er með nokkuð öðrum hætti en í öðrum vötnum á höfuðborgarsvæðinu og helgast það af fjölda sviflægra tegunda, þ.e. ranafló, halafló og svifdéli. Helsta skýringin á þessum mun er að Hafravatn er mun dýpra en flest ef ekki öll önnur vötn á höfuðborgarsvæðinu og þar eru lífsskilyrði fyrir tegundir sem eru aðlagðar að lífi í svifvist. Svifdýrin eru síarar og lifa fyrst og fremst á smásæjum sviflægum þörungum. Botnlæg krabbadýr lifa aftur á móti í meira mæli á lífrænu groti og botnþörungum.

Samfélög vatnaflóa geta gefið vísbendingar um næringarefnaástand viðkomandi vatna (sjá t.d. de Eyto og Irvine 2001, de Eyto o.fl. 2003). Há hlutdeild gáraflóar og hjálmflóar ásamt lágri hlutdeild mánaflóarinnar *Alona rectangula* er gjarnan tekin sem vísbending um að vatnsgæði séu mikil með hliðsjón af næringarefnum, þ.e.a.s. að ekki gæti áhrifa vegna ofauðgunar af völdum fosfórs og eða köfnunarefnis. Hins vegar er há hlutdeild kúluflóar oft talin til marks um aukna ákomu næringarefna. Miðað við þessar forsendur er ljóst að vatnsgæði Hafravatns eru með besta móti, þar eð gárafló og

hjálmfló hafa jafnan yfirgnæfandi vægi á við kúlufló. Auk þess finnst mánaflóin *A. rectangula* ekki í vatninu. Rétt er að taka fram að þessar forsendur byggjast á erlendum rannsóknum, en þau gögn sem aflað hefur verið hér á landi benda til að þessar tegundir séu einnig vel nothæfar sem vísitægu á næringarefnaástand í íslenskum vötnum (Jón S. Ólafsson og Sesselja G. Sigurðardóttir 2003, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006a, b, 2008c).

Alls fundust 18 tegundir og hópar þyrildýra í sýnum úr trektagildum á botni (tafla 12, viðauki 3). Fjöldi dýra var langmestur í ágúst, en uppistaðan í þeim fjölda eru stakar sólþyrllur sem jafnan eru í sambýlum. Ljóst er að mikill breytileiki er í stofnum þyrildýra bæði í tíma og rúmi, enda um að ræða dýr með skamman kynslóðatíma sem svara breytingum í umhverfi mjög fljótt.

Þegar kemur að samanburði við önnur vötn er fátt um fína drætti, þar eð þessi dýrahópur hefur gjarnan orðið útundan í lífríkisathugunum. Upplýsingar eru til um botnlæg þyrildýr í Elliðavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2004). Þar kemur einnig fram mjög mikill breytileiki í fjölda og tegundasamsetningu í tíma og rúmi. Þéttleiki þyrildýra er að jafnaði meiri í Elliðavatni, en tegundafjöldi er hins vegar meiri í Hafravatni.

**Tafla 12.** Þéttleiki (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) helstu tegunda og hópa þyrildýra í trektagildrum á setbotni í Hafravatni árið 2007. St.sk. er staðalskekkja (n = 3). Í maí var unnið úr tveimur af þremur sýnum.

	3.5.2007		10.8.2007		21.9.2007	
	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.
<b>Þyrildýr (Rotifera)</b>						
Pokabyrlla, <i>Asplanchna priodonta</i>	750		3.116	1.625	2.196	773
Sólþyrlla, <i>Conochilus</i> teg. stakar	0		159.450	159.450	479	479
Sólþyrlla, <i>Conochilus</i> teg. sambýli	0		5.449	5.239	250	250
Sporðþyrlla, <i>Euchlanis</i> cf. <i>incisa</i>	116		119	119	125	125
Sporðþyrlla, <i>Euchlanis</i> teg.	289		0	0	0	0
Slóðabyrlla, <i>Filinia terminalis</i>	634		4.370	2.622	0	0
Spjótþyrlla, <i>Kellicottia</i> teg.	58		464	413	253	140
Spaðabyrlla, <i>Keratella coclearis</i>	16.076		1.903	1.563	6.730	3.677
Spaðabyrlla, <i>Keratella quadrata</i>	1.382		0	0	0	0
Mánaþyrlla, <i>Lecane</i> teg.	405		0	0	0	0
Svuntþyrlla, <i>Notholca foliacea</i>	28.837		0	0	0	0
Svuntþyrlla, <i>Notholca</i> teg.	4.046		0	0	74	74
<i>Ploesoma</i> teg.	0		4.446	2.445	453	227
Fjaðraþyrlla, <i>Polyarthra</i> teg.	0		1.867	451	3.391	1.738
Eyraþyrlla, <i>Synchaeta</i> cf. <i>oblonga</i>	0		0	0	73	36
Skottþyrlla, <i>Trichocerca</i> teg.	3.414		107	107	1.758	1.626
<i>Trichotria</i> teg.	810		0	0	461	384
Rotifera ógr.	9.773		3.535	2.488	4.563	3.447
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>66.590</b>		<b>184.826</b>	<b>161.177</b>	<b>20.805</b>	<b>2.977</b>

### 3.3.4 Vatnsbolur – svifsýni

Í svifsýnum úr vatnsbol Hafravatns fundust 12 tegundir og hópar af krabbadýrum og var meðalþéttleiki allra dýra samanlagt 25–184 dýr/10 l (tafla 13, viðauki 4). Allar 12 tegundirnar, utan mánaflóartegundarinnar (*Alona guttata*), komu einnig fyrir í trektagildrunum (tafla 11). Einungis tvær vatnaflóategundir, þ.e. halafló og ranafló, og svifdéli fundust í umtalsverðum mæli í svifsýnunum.

**Tafla 13.** Þéttleiki helstu tegunda og hópa krabbadýra (fjöldi einstaklinga/10 l) í svifsýnum í Hafravatni árið 2007. St.sk. er staðalskekka ( $n = 3$ ).

	3.5.2007		9.8.2007		20.9.2007	
	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.
<b>Vatnaflær (Cladocera)</b>						
Ranafló, <i>Bosmina coregonii</i>	1,2	0,3	18,5	5,6	6,3	0,8
Langhalafló, <i>Daphnia galeata</i>	1,1	0,3	19,5	6,2	12,4	2,2
Aðrar vatnaflær	0,5	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
<b>Samtals</b>	<b>2,8</b>	<b>0,6</b>	<b>38,3</b>	<b>9,0</b>	<b>18,8</b>	<b>2,8</b>
<b>Árfætlur (Copepoda)</b>						
Svifdéli, <i>Diaptomus</i> teg.	15,5	5,0	48,0	8,7	21,7	3,6
Augndéli (Cyclopidae)	4,1	0,7	6,0	1,6	8,3	1,8
Ormdéli (Canthocamptidae)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ungviði, ógreint	72,1	17,9	2,8	0,7	30,1	2,7
<b>Samtals</b>	<b>91,8</b>	<b>23,1</b>	<b>56,8</b>	<b>9,2</b>	<b>60,1</b>	<b>6,6</b>
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>94,7</b>	<b>23,6</b>	<b>95,1</b>	<b>17,9</b>	<b>78,9</b>	<b>6,7</b>

Heildarþéttleiki krabbadýra var svipaður allt tímabilið, þótt hann væri heldur tekinn að dala um haustið. Þéttleiki vatnaflóa var þó greinilega mestur í ágúst og minnstur í maí.

Af árfætlum var langmest af svifdéli, eins og við var að búast úti í vatnsbolnum. Mest var af því í ágúst en í september var þéttleikinn fallinn um rúman helming. Ungviði árfætlna voru allsráðandi í maí sem endurspeglar þroskun eggja eftir vetrardvala. Fjölgun árfætlungviða aftur um haustið vekur athygli. Hugsanleg skýring á þessu getur verið að um sé að ræða tvær kynslóðir sömu tegundar árfætlna með mismunandi lífsögu eftir árstíma. Einnig gæti verið um að ræða mismunandi tegundir árfætlna, en ungvíðin voru ekki greind í ættir.

Þegar þéttleiki krabbadýra úr þessari rannsókn er borinn saman við rannsóknina sem gerð var árið 1998 kemur í ljós verulegur munur. Þéttleiki krabbadýra árið 1998 var mun minni og á það bæði við um vatnaflær og árfætlur (tafla 14). Það skýtur skökku við að þéttleikinn skuli vera meiri síðla hausts en um hásumar. Erfitt er að fullyrða nokkuð í þessum efnum þar sem fáar mælingar liggja að baki svifdýrunum. Hugsanlega má tengja þennan mun við þær breytingar sem virðast hafa átt sér stað í rafleiðni vatnsins og batnandi lífsskilyrðum í kjölfar hlýnunar á veðurfari á höfuðborgarsvæðinu eins og vikið hefur verið að hér að framan.

**Tafla 14.** Þéttleiki (fjöldi einstaklinga/10 l) helstu tegunda og hópa krabbadýra í svifsýnum í Hafravatni 1998 og 2007 á sýnastöð 1. St.sk. er staðalskekkja (n = 3). Árið 2007 voru tekin tvö svifsýni.

	19.8.1998		20.9.2007	
	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.
<b>Vatnaflær (Cladocera)</b>				
Ranafló, <i>Bosmina coregonii</i>	0,27	0,01	6,41	
Langhalafló, <i>Daphnia galeata</i>	0,26	0,04	12,37	
Gárafló, <i>Alonella nana</i>	0,00	0,00	0,08	
<b>Samtals</b>	<b>0,53</b>	<b>0,05</b>	<b>18,86</b>	
<b>Árfætlur (Copepoda)</b>				
Svifdéli, <i>Diaptomus</i> teg.	1,12	0,15	25,22	
Augndéli (Cyclopidae)	0,10	0,00	6,41	
Ungviði, ógreint	0,00	0,00	23,02	
<b>Samtals</b>	<b>1,22</b>	<b>0,15</b>	<b>54,65</b>	
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>1,75</b>	<b>0,18</b>	<b>73,51</b>	

Þéttleiki sviflægra þyrildýra í Hafravatni reyndist mestur í ágúst og minnstur í maí (tafla 15, viðauki 4). Algengustu tegundirnar voru sólþyrlur (*Conochilus* teg.), en í september var pokabyrta (*Asplanchna priodonta*) álíka algeng. Sólþyrlur mynda kúlulaga sambýli nokkurra einstaklinga sem sitja í hlaupmassa. Þessi sambýli eru viðkvæm og virðast oft brotna upp við meðhöndlun og því eru einstaklingar einnig taldir þegar þeir koma fyrir.

**Tafla 15.** Þéttleiki helstu tegunda og hópa þyrildýra (fjöldi einstaklinga/10 l) í svifsýnum í Hafravatni árið 2007. St.sk. er staðalskekkja (n = 3).

	3.5.2007		9.8.2007		20.9.2007	
	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.	meðaltal	st.sk.
<b>Þyrildýr (Rotifera)</b>						
Pokabyrta, <i>Asplanchna priodonta</i>	5	1	4	0	29	4
Sólþyrlur, <i>Conochilus</i> teg. stakar	1	1	104	34	32	7
Sólþyrlur, <i>Conochilus</i> teg. sambýli	2	0	39	9	8	4
Slóðabyrta, <i>Filinia terminalis</i>	9	2	4	2	0	0
Spjótþyrlur, <i>Kellicottia</i> teg.	1	0	3	1	9	2
Önnur þyrildýr	1	0	1	0	0	0
Ógreind þyrildýr	4	1	5	1	14	1
<b>Heildarþéttleiki</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>160</b>	<b>30</b>	<b>92</b>	<b>5</b>

Í samanburði við önnur djúp vötn þar sem upplýsingar liggja fyrir um þéttleika þyrildýra, þ.e. í Kleifarvatni og Þingvallavatni, er þéttleiki þyrildýra í Hafravatni ívið meiri en í Kleifarvatni (upplýsingar í gagnagrunni Náttúrufræðistofu Kópavogs), en langtum minni en í Þingvallavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2008b).

### 3.4 Fiskar

#### 3.4.5 Hornsíli

Þéttleiki hornsíla í Hafravatni var lítill og afli á sóknareiningu aðeins 0,01–1,71 hornsíli/klst. (tafla 16). Vegna dræmrar veiði á djúpstöðvum (3–28 m dýpi) voru lagðar gildirur á strandgrunninu (1–2 m dýpi) til að kanna hvort sílin héldu sig frekar þar. Veiði á strandgrunninu var hins vegar síst meiri en á djúpstöðvunum.

**Tafla 16.** Fjöldi veiddra hornsíla í gildirur í Hafravatni með hliðsjón af veiðistað og tíma. ASE er afli á sóknareiningu (fjöldi hornsíla í gildru á klst.). Dagsetning gefur til kynna daginn sem gildirur voru teknar upp en þær lágu í vatninu yfir nótt.

Dags.	Djúpstöð	Strandstöð	Alls	ASE
4.5.2007	1		2	0,03
4.5.2007	2		72	1,71
4.5.2007	3		4	0,06
10.8.2007	1		1	0,01
10.8.2007	2		1	0,01
10.8.2007	3		5	0,07
21.9.2007	1		8	0,11
21.9.2007	2		1	0,02
21.9.2007	3		2	0,03
9.10.2007		1	1	0,01
9.10.2007		2	9	0,12
9.10.2007		3	8	0,11
<b>Samtals</b>			<b>114</b>	

Í samanburði við önnur vötn lítur út fyrir að þéttleiki hornsíla í Hafravatni sé lítill. Nefna má Rauðavatn sem dæmi en þar hefur afli á sóknareiningu mælst 0,32–9,02 síli/gildru/klst. (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006b). Afli í Ástjörn í Hafnarfirði hefur mælst 1,4–10,7 síli/gildru/klst. (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001). Þá virðist mikill þéttleiki vera á hornsílum í Urriðavatni í Garðabæ (Bjarni Jónsson o.fl. 2005). Í nokkrum vötnum á Mýrum í Borgarbyggð hefur hornsílaafli mælst að meðaltali 0,08–8,23 síli/gildru/klst. (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2007). Þess ber að geta að framangreind vötn eru öll grunn og rík af botngróðri og því verulega frábrugðin Hafravatni.

#### 3.4.6 Laxfiskar

Haustið 2007 veiddust alls 261 fiskur þar af 127 bleikjur (49%) og 134 urriðar (51%) (tafla 17). Í samanburði við veiðigögn frá 1998 úr gagnagrunni *Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna* vekur bæði athygli að silungsafla á sóknareiningu er umtalsvert meiri nú árið 2007, sem og að hlutdeild bleikju er mun meiri nú en 1998, þegar hún var 12%. Í veiði árið 2005 reyndist hlutdeild bleikju í silungsafla um 25% (Katrín Sóley Bjarnadóttir 2007). Framangreind gögn benda til þess að bleikjustofninn í Hafravatni hafi stækkað á sl. tíu árum.

**Tafla 17.** Afli á sóknareiningu (ASE) fyrir bleikju og urriða í Hafravatni árið 1998 og 2007.

	19.–20.8.1998		18.–19. 9.2007	
	Fjöldi	ASE	Fjöldi	ASE
Bleikja	13	0,003	127	0,027
Urriði	95	0,019	134	0,028
<b>Alls</b>	<b>108</b>		<b>261</b>	

Athygli vekur hve gríðarlegur munur var á hlutfalli kynþroska fiska milli tegundanna, en eingöngu 4% urriðanna voru kynþroska miðað við 88% bleikjanna (tafla 18). Í ágúst 1998 reyndust 25% urriðanna og 67% bleikjanna kynþroska (*Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna*, óbirt gögn). Þar sem veiðarnar árið 2007 fóru fram seinnipart september, eða mánuði síðar en árið 1998, kann skýringin á þessum mun að liggja í hrygningaratferli urriðanna, en aðal hrygningartími þeirra er jafnan á tímabilinu september–nóvember (Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 1996). Hugsanlegt er að haustið 2007 hafi kynþroska urriðar verið farnir á hrygningarstöðvar í Úlfarsá og eða Seljadalsá. Riðastöðvar bleikjunnar eru að líkindum fyrst og fremst í vatninu sjálfu.

**Tafla 18.** Kynþroskahlutfall bleikju og urriða í Hafravatni 18.–19. september 2007.

	Bleikja		Urriði	
	Fjöldi	Hlutfall (%)	Fjöldi	Hlutfall (%)
Kynþroska	76	88	3	4
Ókynþroska	10	12	78	96
<b>Alls</b>	<b>86</b>	<b>100</b>	<b>81</b>	<b>100</b>

Meðalaldur bleikja í veiðinni árið 2007 var sex ár en tæp fjögur ár hjá urriða (tafla 19) og er munurinn mjög marktækur meðal fisktegundanna ( $U = 1040$ ,  $ft. = 164$ ,  $p < 0,001$ ). Hér ber líklega að sama brunn og er varðar kynþroskahlutfallið, þ.e. að eldri urriðar hafi verið horfnir til æxlunar í nærliggjandi ám. Elsta bleikjan árið 2007 var níu ára og elsti urriðinn var sjö ára (mynd 10).

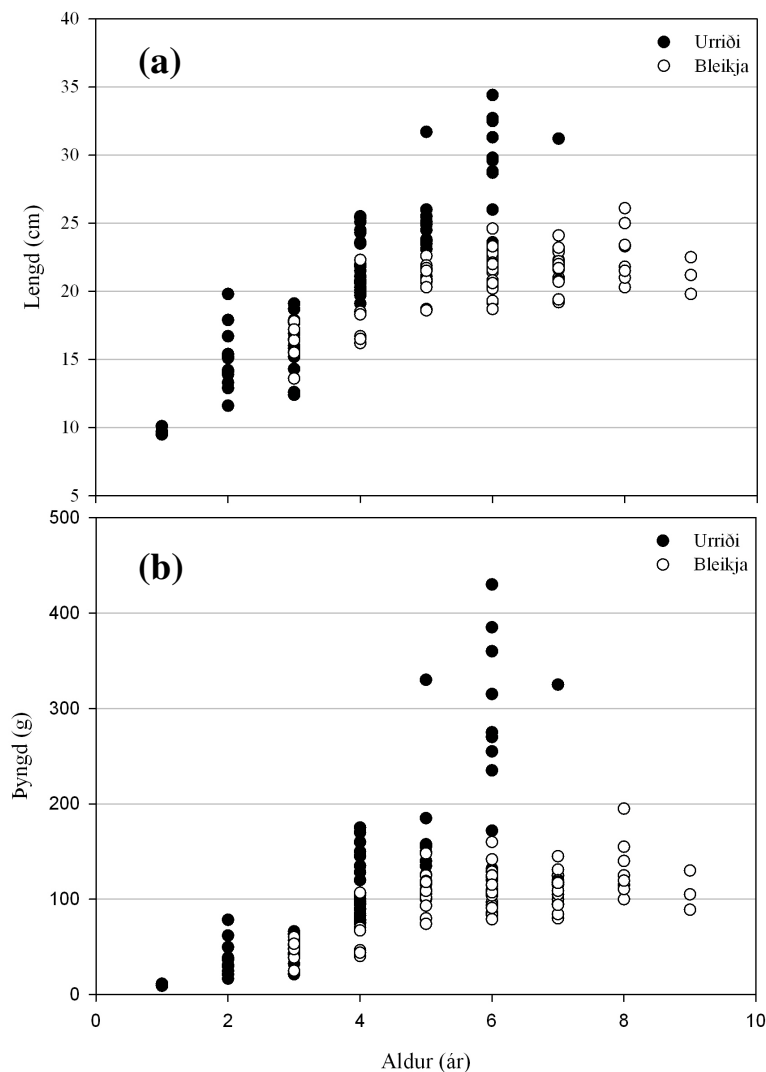
**Tafla 19.** Lengd, þyngd og aldur bleikju og urriða í Hafravatni 1998 og 2007. Tölur eru meðaltöl ásamt staðalskekkju (í sviga).

	19.–20.8.1998			18.–19.9.2007		
	Lengd (cm)	Þyngd (g)	Aldur (+ ár)	Lengd (cm)	Þyngd (g)	Aldur (+ ár)
Bleikja	18,3 (± 0,9)	62,2 (± 8,4)	4,0 (± 0,4)	21,6 (± 0,2)	104,5 (± 3,1)	6,0 (± 0,16)
Urriði	24,9 (± 0,6)	181,0 (± 22,2)	5,5 (± 0,3)	21,2 (± 0,7)	128,1 (± 17,1)	3,9 (± 0,16)



Hvað varðar vöxt virðast bleikjurnar í Hafravatni ná hámarksstærð við fimm ára aldur, en þá eru þær rúmlega 20 cm langar og um 100 g að þyngd (mynd 10). Urriðinn heldur hins vegar áfram að vaxa á meðan hann lifir. Bleikja og urriði í Urriðavatni í Garðabæ (Bjarni Jónsson o.fl. 2005) vaxa bæði ívið hraðar en tegundirnar gera í Hafravatni. Aftur á móti er vöxturinn svipaður meðal beggja tegundanna í Hafravatni og Elliðavatni (Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson 2000).

Árið 1998 var bleikjan allt í senn yngri, styttri og léttari en árið 2007 (tafla 19) og var munurinn mjög marktækur í öllum tilfellum (aldur;  $U = 154$ , ft. = 96,  $p < 0,001$ , lengd;  $U = 205$ , ft. = 96,  $p < 0,001$ ; þyngd;  $U = 148$ , ft. = 96,  $p < 0,001$ ). Þessu var algerlega öfugt farið með urriðann. Hann var marktækt eldri í veiðinni 1998 ( $U = 740$ , ft. = 118,  $p < 0,001$ ), lengri ( $U = 2446$ , ft. = 173,  $p < 0,001$ ) og þyngd ( $U = 2580$ , ft. = 173,  $p < 0,001$ ). Þetta verður þó að túlka með varúð þar sem fáar bleikjur veiddust 1998 og veiðin fór ekki fram á sama tíma árin tvö.



**Mynd 10.** Dreifing lengdar (a) og þyngdar (b) eftir aldri meðal bleikju og urriða í Hafravatni haustið 2007. Hver puntur táknar einn fisk. Einum urriða hefur verið sleppt úr vegna útlagagilda (7+ ára hrygna, 49 cm, 1230 g).

Holdastuðull bleikju í Hafravatni spannaði bilið 0,94–1,45 og var að meðaltali 1,09 ( $\pm$  0,009). Holdastuðull urriða lék á bilinu 0,94–1,15 og var að meðaltali 1,04 ( $\pm$  0,006). Framangreind gildi á holdastuðlum gefa ekki tilefni til annars en að ætla að fiskarnir séu í góðum holdum og hafi það ágætt.

Tvær tegundir af bandormum voru greindar í fiskunum í Hafravatni, þ.e. *Diphyllobothrium* teg. og *Eubothrium salvelini* (tafla 20). Báðar tegundirnar eru algeng sníkjudýr í silungi hér á landi (Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 1996). Bandormurinn *Diphyllobothrium* teg. er háður árfætlum, m.a. augndfli (*Cyclops* teg.) sem fyrsta hýsil, en hornsíli og fleiri fisktegundir eru millihýslar og dýr með heitt blóð á borð við fugla eru lokahýslar (Hilmar J. Malmquist o.fl. 1986, Frandsen o.fl. 1989). Smitleið *Eubothrium salvelini* er hin sama nema hvað fiskar eru lokahýslar.

Í veiðinni 2007 voru bæði bleikja og urriði aðallega sýkt af *Diphyllobothrium* teg. Ljóst er að tíðni og byrði á sýkingu á *Diphyllobothrium* teg. er svipuð meðal bleikju og urriða bæði árin 1998 og 2007. Aftur á móti var munur milli ára meðal fisktegundanna, þannig að tíðni og byrði sýkingar á *Diphyllobothrium* teg. var meiri 1998 en 2007. Gera má ráð fyrir að léttari sýkingarbyrði og lægri sýkingartíðni hafi í för með sér að fiskarnir í Hafravatni hafi það betra en ella hvað varðar vöxt og viðgang.

**Tafla 20.** Sníkjudýrabyrði og sýkingartíðni tveggja bandormategunda í bleikju og urriða í Hafravatni árin 1998 og 2007. Fjöldi merkir fjölda fiska sem voru rannsakaðir. Gögn frá 1998 eru úr gagnagrunni *Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna*, óbirt gögn í fórum Náttúrufræðistofu Kópavogs.

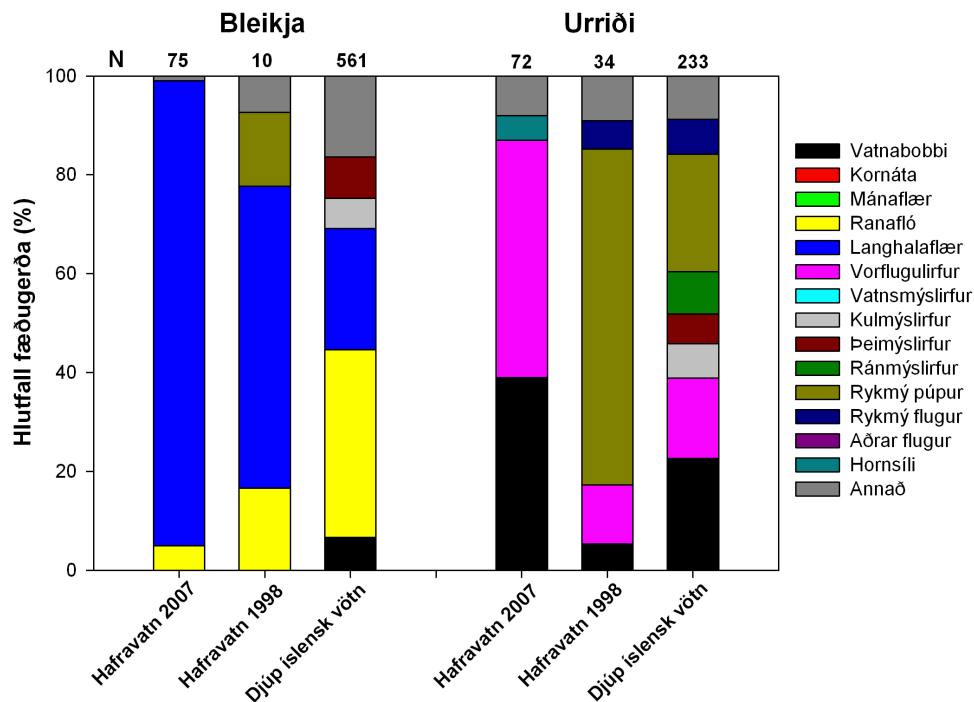
		1998			2007		
		Fjöldi	<i>Diphyllob.</i>	<i>Eubothrium</i>	Fjöldi	<i>Diphyllob.</i>	<i>Eubothrium</i>
Bleikja	Tíðni (%)	12	92	0	86	56	10
	Sýking		2,36	0,00		2,18	1,89
Urriði	Tíðni (%)	40	100	40	81	60	4
	Sýking		2,18	1,06		1,63	1,00

Aðalfæða bleikju í Hafravatni í veiðinni árið 2007 var hin smágerðu krabbadýr ranaflær og þó einkum halaflær (mynd 11). Fæða bleikjunnar í veiðinni 1998 var keimlík, en auk vatnaflónna átu bleikjurnar þá rykmýspúpur og aðra hryggleysingja.

Aðalfæða urriða í Hafravatni árið 2007 var af allt öðrum toga en meðal bleikjanna og voru fæðudýrin í stærri kantinum miðað við stærð fæðubita hjá bleikjunum. Mest bar á vatnabobbum, vorflugulirfum og hornsílum í urriðamögunum (mynd 11). Fæða urriða í veiðinni árið 1998 var með nokkrum öðrum hætti en 2007. Árið 1998 var hlutdeild rykmýspúpa mjög mikil og kann það að endurspeglar að veiðar árið 1998 fóru fram í ágúst, um mánuði fyrr en árið 2007. Margar tegundir rykmýs fljúga upp á svipuðum tíma og verða púpurar þá mjög aðgengileg fæða sem fiskar nýta sér óspart og kann það að hafa átt sér stað í ágúst 1998.

Magafylli var svipuð meðal beggja fisktegundanna í Hafravatni árið 2007, eða að meðaltali 2,21 hjá bleikjunum og 1,96 hjá urriðunum.

Fæðu bleikju og urriða í Hafravatni svipar mjög til þess sem gengur og gerist meðal þessara tegunda þar sem þær lifa saman í öðrum djúpum vötnum á landinu (mynd 11). Þar sem fisktegundirnar þrífast saman í djúpum vötnum sem bjóða upp á eiginlega vatnsbolsvist og strandgrunnsvist, nærst urriði iðulega í meira mæli á fæðu sem finnst á strandgrunninu.



**Mynd 11.** Fæða bleikju og urriða í Hafravatni 18.–19.9.2007 og 19.–20.8.1998 auk fæðu bleikju úr 14 djúpum vötnum og fæðu urriða úr 9 djúpum vötnum á Íslandi (meðaldýpi  $\geq 6$  m, mesta dýpi  $\geq 16$  m). Gögn úr djúpum vötnum eru fengin úr gagnagrunni *Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna* (óbirt gögn). Súlurnar sýna fjöldahlutfall (%) fæðugerða. N er fjöldi maga sem innihélt greinanlega fæðu.

## 4. Samantekt

### 4.1 Vatnafræði, efna- og eðlisþættir

Hafravatn er fremur lítið vatn (1,08 km<sup>2</sup>) og í meðallagi djúpt (meðaldýpi 8 m, mesta dýpi 28 m). Rúmtak vatnsins er um 8,2 Gl. Helsta írennsli á yfirborði er um Seljadalsá en aðal frárennsli er um Úlfarsá (~ 1,3 m<sup>3</sup>/s). Fræðilegur viðstöðutími vatnsins er um 73 dagar.

Ástand Hafravatns var mjög gott m.t.t. næringarefna og þungmálma. Næringarefnastyrkur var lítill og fellur Hafravatn í flokk næringarefnasnaudra (oligotrophic) vatna, rétt eins og virðist gilda um djúp og meðaldjúp vötn á landinu. Heildarstyrkur fosfórs (Tot-P) mældist 4–5 µg/l og köfnunarefnis (Tot-N) 66–93 µg/l. Hlutfall PO<sub>4</sub>:NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub> var nær 1,0, sem bendir til þess að köfnunarefni fremur en fosfór sé takmarkandi næringarefnaþáttur í frumframleiðslunni, a.m.k. meðal plöntusvifsins. Hvað varðar N:P hlutfallið sver Hafravatn sig í ætt við það sem almennt virðist gilda um stöðuvötn á landinu.

Styrkur þungmálma (Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni, As) var lítill og jafnan undir greiningarmörkum og langt undir viðmiðunarmörkum fyrir flokk A skv. reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

Sjónkýpi mældist fremur lítið í vatninu, eða 5,8 m (± 0,48), sem kemur á óvart m.t.t. þess hve lítið mældist af gruggi (0,96 ± 0,23 FNU), blaðgrænu-a (2,3 ± 0,27 µg/l) og lífrænu kolefni (0,72 ± 0,05 mg/l). Lítið magn blaðgrænu-a kemur ágætlega heim og saman við lítinn næringarefnastyrk í vatninu.

Vatnshiti mældist 7,3–12,7° C sem er fremur lágt miðað við hitastig í grunnnum vötnum. Dýpi Hafravatns og mikil varmarýmd ráða mestu um að vatnið er í kaldari kantinum. Sýrustig mældist á bilinu pH 7,6–8,7 og magn súrefnis 10,5–12,6 mg O<sub>2</sub>/l. Ekki varð vart við neina lagskiptingu í vatninu m.t.t. vatnshita eða súrefnismettunar og bendir það til þess að vatnsmassinn hafi verið vel blandaður frá yfirborði og niður á botn.

Rafleiðni mældist á bilinu 87–99 µS/cm og að meðaltali 95 µS/cm (± 1,3, n=9). Þetta er í meðallagi fyrir vötn almennt á landinu og í samræmi við það sem búast má við með hliðsjón af dýpi vatnsins, en dýpi vatna ræður miklu um heildarstyrk uppleystra efna í þeim. Samkvæmt langtímagögnum Náttúrufræðistofunnar og fyrri rannsóknum á vegum annarra aðila hefur rafleiðnin aukist marktækt í Hafravatni um 10–15 µS/cm á sl. tíu árum eða svo. Þetta bendir til þess að ákoma efna í vatnið hafi aukist og eða að yfirborðslag vatnsins hafi hlýnað. Aukningin í rafleiðni gefur tilefni til að ætla að lífsskilyrði hafi almennt batnað í vatninu.

### 4.2 Lífríki

Háplöntugróður var rýr í Hafravatni. Mest bar á síkjamara (*Myriophyllum alterniflorum*) en mun minna á fjallnykru (*Potamogeton alpinus*) og álftalauki (*Isoetes echinospora*).

Nokkuð fannst af kransþörungnum tjarnarnál (*Nitella opaca*) á 2–12 m dýpi. Tiltölulega lítið sjóndýpi á líklega mestan þátt í því að tjarnarnálin nær ekki niður á meira dýpi en raun ber vitni.

Umtalsverð gróska var í smádýralífi Hafravatns. Í grýttu fjörubelti fundust 36 tegundir og tegundahópar af hryggleysingjum og var þéttleikinn 12.677–62.247 dýr/m<sup>2</sup>. Árfætlur, vatnaflær, rykmýslirfur og ánar voru algengustu dýrahóparnir. Bæði magn fjörudýranna í Hafravatni og fjölbreytileiki er um og yfir meðallagi miðað við það sem þekktist í öðrum vötnum sem eru álíka djúp og sömu gerðar m.t.t. lögunar vatnsskálar og yfirborðsáferðar fjörugrjótsins (slétt og þvegið).

Ofan í mjúkum setbotni fundust 25 tegundir og tegundahópar hryggleysingja og var þéttleikinn 10.794–116.190 dýr/m<sup>2</sup>. Ánar, skelkrabbar, árfætlur og rykmýslirfur voru algengustu dýrahóparnir. Á meðal vatnaflóa ofan á setbotninum og nærri honum bar langmest á gárafló (*Alonella nana*), hjálmfló (*Acroperus harpae*) og ranafló (*Bosmina coregonii*). Kúlufló (*Chydorus sphaericus*) og halafló (*Daphnia galeata*) komu einnig fyrir í umtalsverðum mæli. Há hlutdeild gáraflóar og hjálmflóar gefur til kynna að vatnsgæði í Hafravatni eru mikil með hliðsjón af næringarefnum, þ.e.a.s. að ekki gætir áhrifa af völdum ofauðgunar.

Í vatnsbol Hafravatns fundust 12 tegundir og tegundahópar krabbadýra og var þéttleikinn 25–184 dýr/10 l. Allsráðandi tegundir voru halafló (*Daphnia galeata*), ranafló (*Bosmina coregonii*) og svifdéli (*Diaptomus* teg.).

Samanburður við gögn frá 1998 staðfestir að árið 2007 var þéttleiki hryggleysingja í grýttu fjörubelti nær þrisvar sinnum meiri. Sömu sögu var að segja um magn smádýra í setbotnsvistinni og í vatnsbolnum – þéttleiki dýra var umtalsvert meiri 2007 en 1998. Þessar breytingar má skýra í tengslum við þá aukningu sem hefur átt sér stað í rafleiðni í vatninu, sem kann að endurspeglar aukið framboð á næringarefnum og betri lífsskilyrði.

Lítið var af hornsílum í vatninu en afli bleikju og urriða var umtalsverður og álíka mikið af hvorri tegund. Bleikjan náði hámarksstærð við 5+ ára aldur og var þá um 20 cm á lengd og 100 g. Urriðinn óx bæði hraðar og varð stærri en bleikja. Aðalfæða bleikju voru sviflægar vatnaflær, en vatnabobbar, vorflugulirfur og hornsíli voru aðalfæða urriða. Magafylli var töluverð hjá bæði bleikju og urriða og fiskarnir almennt í góðum holdum (holdastuðull Fultons > 1,0).

Samanburður við fyrri rannsóknir í Hafravatni bendir til þess að bleikjustofninn hafi stækkað á sl. tíu árum, sem og að lengdar- og þyngdarvöxtur einstaklinga hafi aukist og lífslíkur vaxið. Sömu tilhneigingar gætir í grósku smádýra í grýttu fjörubelti og í vatnsbolnum – þéttleiki dýra er meiri nú en fyrir um tíu árum. Þessar breytingar kunna að standa í sambandi við víðtækari breytingar á umhverfispáttum sem virðast eiga sér stað á vatnasviði Hafravatns og á höfuðborgarsvæðinu öllu, þ.e.a.s. í hlýnandi veðurfari.

## 5. Þakkir

Sabrinu Scholz, fyrrum starfsmanni á Náttúrufræðistofu Kópavogs er þökkun vettvangsvinna og úrvinnsla á sýnum í verkefninu. Þóra Hrafnisdóttir og Rakel Júlía Sigursteinsdóttir, starfsmenn Náttúrufræðistofu Kópavogs, aðstoðuðu við vettvangsvinnu og eru þeim færðar bestu þakkir fyrir.

## 6. Heimildir

- Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson. 1993. Vatnafarskort, Vífilsfell 1613 III SA-V, 1:25.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnarnesbær og Reykjavíkurborg.
- Árni Hjartarson, Freysteinn Sigurðsson og Kristján Sæmundsson. 1998. Mat á framtíðar- eða varavatsnbólum fyrir Vatnsveitu Reykjavíkur. OS-98016, Orkustofnun, Reykjavík, 17 bls. + kort.
- Bagenal, T.B. og Tesch, F.W. 1978. Age and growth. Bls. 101-137. Í: Methods for assessment of fish production in freshwater. (Bagenal, T.B. ritstj.). IBP handbook no 3. 3. útg. Blackwell Sci. Publ. Oxford.
- Bjarni Jónsson, Eik Elfarsdóttir og Karl Bjarnason. 2005. Fiskistofnar Urriðavatns – lífshættir og sérstaða. Veiðimálastofnun Norðurlandsdeild, Skagafirði. VMST-N/0504. 32 bls.
- de Eyto, E. og Irvine, K. 2001. The response of three chydorid species to temperature, pH and food. *Hydrobiologia*, 459: 165–172.
- 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. *Arch. Hydrobiol.*, 156, 2: 181 – 202.
- Frandsen, F., H.J. Malmquist og S.S. Snorrason. 1989. Ecological parasitology of polymorphic arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), in Lake Thingvallavatn, Iceland. *J. Fish Biol.* 34: 281–297.
- Friðþjófur Árnason. 2004. Þéttleiki, ástand seiða og laxveiði í Úlfarsá árin 2002–2004. Veiðimálastofnun. VMST-R/0424, 23 bls.
- Friðþjófur Árnason. 2008. Seiðaástand, stangveiði og fiskteljari í Úlfarsá árið 2007. Veiðimálastofnun. VMST/08022. 15 bls.
- Friðþjófur Árnason og Þórólfur Antonsson. 2001. Úlfarsá 2000. Seiðabúskapur og laxveiðin. Veiðimálastofnun. VMST-R/0102. 19 bls.
- Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson. 1996. Fiskar í ám og vötnum. Landvernd, Reykjavík. 191 bls.
- Gunnar Steinn Jónsson, Karl Gunnarsson og Pétur M. Jónasson. 2002. Gróður og dýralíf á botni. Bls. 159–176. Í: Þingvallavatn – undraheimur í mótun (Pétur M. Jónasson og Páll Hersteinsson ritstj.) Mál og menning.
- Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson, Stefán Már Stefánsson og Hilmar J. Malmquist. 2007. Áhrif Mýraelda á smádýralíf í vötnum sumarið 2006. Fræðaping landbúnaðarins 2007: 440–445.
- Hákon Aðalsteinsson. 1989. Stöðuvötn á Íslandi - skrá um vötn stærri en 0,1 km<sup>2</sup>. Skýrsla Orkustofnunar, OS-89004/VOD-02. 48 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Sigurður S. Snorrason og Skúli Skúlason. 1986. Bleikjan í Þingvallavatni. II. Bandormasýking. *Náttúrufræðingurinn*. 56: 77–87.
- Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason og Sigurður S. Snorrason. 2000. Biodiversity of macroinvertebrates on rocky substrate in the surf zone of Icelandic lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 27: 121–127.

Hilmar J. Malmquist, Erlín E. Jóhannsdóttir og Finnur Ingimarsson. 2001. Smádýralíf og efnaþættir í Hamarkotslæk og Ástjörn. Bls. 45-79. Í: *Náttúrufar á vatnasvæðum í landi Hafnarfjarðar. Umhverfisúttekt* (Ingibjörg Kaldal ritstj.). Orkustofnun, OS-2001/064. Unnið fyrir Hafnarfjarðarbæ. 140 bls.

Hilmar J. Malmquist, Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Skúli Skúlason og Sigurður S. Snorrason. 2003. Vistfræði- og verndarflokkun íslenskra stöðuvatna. Verkefni unnið fyrir Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Áfangaskýrsla. Fjölrit nr. 1-03, Náttúrufræðistofa Kópavogs. 33 bls.

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson og Haraldur Rafn Ingvason. 2004. Vöktun á lífríki Elliðavatns: Forkönnun og rannsóknatillögur. Greinargerð unnin fyrir Reykjavíkurborg og Kópavogsbæ. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-04. 43 bls.

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson og Haraldur Rafn Ingvason. 2006a. *Grunnrannsókn á lífríki Urriðavatns*. Unnið fyrir Garðabæ og Þekkingarhúsið ehf. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-06. 44 bls.

Hilmar J. Malmquist, Haraldur Rafn Ingvason og Finnur Ingimarsson. 2006b. *Grunnrannsókn á lífríki Rauðavatns*. Unnið fyrir Umhverfissvið Reykjavíkurborgar. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 3-06. 41 bls.

H. J. Malmquist, Þ. Antonsson, H.R. Ingvason, F. Ingimarsson og F. Árnason. 2008a. Salmonid fish and warming of shallow Lake Elliðavatn in SW-Iceland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 30: (samþykkt handrit, 12 bls., 2 töflur og 3 myndir).

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason og Stefán Már Stefánsson. 2008b. Vöktun á vatnsgæðum og lífríki Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2007. Verkháttur nr. 2: Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol. Unnið fyrir Umhverfisstofnun, Þjóðgarðinn á Þingvöllum, Orkuveitu Reykjavíkur og Landsvirkjun. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 2-08. 38 bls.

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason og Stefán Már Stefánsson. 2008c. Mengunarflokkun á Reykjavíkurtjörn. Unnið fyrir Umhverfis- og samgöngusvið Reykjavíkurborgar. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-08. 47 bls.

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason og Stefán Már Stefánsson. 2008d. Áhrif Mýraelda vorið 2006 á eðlis- og efnaþætti vatns sumarið 2007. *Fræðaping landbúnaðarins 2008*: 422-430.

Jón S. Ólafsson og Sesselja G. Sigurðardóttir. 2003. Botn- og svifdýr í Reykjavíkurtjörn. Könnun í ágúst 2002. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 68. 18 bls.

Katrín Sóley Bjarnadóttir. 2007. Vistfræði bleikju (*Salvelinus alpinus* (L.)) og urriða (*Salmo trutta* (L.)) í Elliðavatni, Hafravatni og Vífilsstaðavatni. Ritgerð til 4. árs náms. Líffræðiskor Háskóla Íslands. 39 bls.

Sigurjón Rist. 1975. Stöðuvötn. Orkustofnun, Vatnamælingar. OS-Vatn 7503, OS-ROD 7519.

Skjelkvale, B.L., Henriksen, A., Gunnar St. Jónsson, Jensen, J.M., Wilander, A., Jenssen, J.P., Fjeld, E. og Lien, L. 2001. Chemistry of lakes in the Nordic region – Denmark, Finland with Åland, Iceland, Norway with Svalbard and Bear Island, and Sweden. NIVA, Oslo. SNO 4391-2001, Acid Rain Research Report 53/2001. 39 bls.

Skógræktarfélag Mosfellsbæjar. 2005. 50 ára afmælisrit Skógræktarfélags Mosfellsbæjar. <http://www.internet.is/skogmos/50net.pdf>.

Tryggvi Þórðarson. 2003. Mengunarstaða Elliðavatns 2001-2002. Unnið fyrir Umhverfis- og heilbrigðissvið Reykjavíkur. Háskólasetrið í Hveragerði. 60 bls.



Tryggvi Þórðarson. 2004a. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Hafravatn. Háskólasetrið í Hveragerði. 31 bls.

Tryggvi Þórðarson. 2004b. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Hvalvatn. Háskólasetrið í Hveragerði. 27 bls.

Tryggvi Þórðarson. 2006. Mengunarflokkun á Urriðakotsvatni og ofanverðum Stórárókslæk. Háskólasetrið í Hveragerði. 59 bls.

Tryggvi Þórðarson. 2008. Mengunarflokkun á Rauðavatni og Reynisvatni. Háskólasetrið í Hveragerði. 57 bls.

Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson. 2000. Silungur í Elliðavatni. Samantekt rannsókna 1987–1999. VMST-R/0018. 33 bls.

## 7. Viðaukar

Viðauki 1. Þekjumæling vatnagróðurs þann 14. ágúst 2007.

Stöð	Lengd	Breidd	Dýpi m	Tegund	Þekja %	Tog m. gróðurkröku
1	N64 08 03.4	W21 40 20.6	1,3	Mari	100	Mari
	-	-	-	Álftalaukur	5	Álftalaukur
2	N64 08 05.3	W21 40 20.5	1,1	Mari	100	
3	N64 08 08.2	W21 40 16.9	2,5	Mari	50	
4	N64 08 11.0	W21 40 10.8	2,3	Mari	10	
5	N64 08 13.1	W21 40 06.5	1,1	Mari	5	
6	N64 08 11.9	W21 40 00.5	3,3	Mari	10	Mari
	-	-	-	Álftalaukur	5	
7	N64 08 11.3	W21 39 54.6	1,6	Mari	20	
	-	-	-	Álftalaukur	5	
8	N64 08 08.0	W21 39 57.7	4,3	Nitella	5	Nitella
9	N64 08 03.2	W21 40 03.8	5,1	Nitella	100	Nitella
10	N64 07 59.1	W21 40 08.6	2,9		0	
11	N64 07 55.9	W21 40 12.4	0,9	Mari	5	
12	N64 07 57.2	W21 40 07.0	4,7	Mari	30	
	-	-	-	Álftalaukur	30	
	-	-	-	Mosi	40	
13	N64 08 00.4	W21 39 59.0	7,3	Nitella	5	Nitella
14	N64 08 02.7	W21 39 56.3	13,3		0	
15	N64 08 04.5	W21 39 52.8	5,4	Nitella	100	Nitella
16	N64 08 05.9	W21 39 48.2	2,1	Mari	50	
17	N64 08 01.8	W21 39 50.2	14,3		0	
18	N64 07 57.8	W21 39 53.0	12,2	Nitella	5	Nitella
19	N64 07 53.0	W21 39 56.7	13,3		0	
20	N64 07 46.8	W21 39 58.7	12		0	
21	N64 07 43.6	W21 40 00.2	12,9		0	
22	N64 07 40.1	W21 40 01.1	1,5	Mari	80	
	-	-	-	Álftalaukur	20	
23	N64 07 36.7	W21 40 01.3	0,8		0	
24	N64 07 40.3	W21 39 55.8	11,6		0	
25	N64 07 45.1	W21 39 48.5	21,5		0	
26	N64 07 49.3	W21 39 41.3	25,4	x	x	x
27	N64 07 54.2	W21 39 33.5	18,5		0	
28	N64 07 55.4	W21 39 30.8	6	Mari	90	
29	N64 07 39.2	W21 39 44.6	17,7		0	
30	N64 07 35.1	W21 39 48.8	1,6	Mari	100	
31	N64 07 32.1	W21 39 51.2	1	Mari	5	
32	N64 07 36.2	W21 39 43.8	5,7	Nitella	5	Nitella
33	N64 07 38.8	W21 39 39.2	19		0	
34	N64 07 48.6	W21 39 19.2	12	Nitella	100	Nitella
35	N64 07 49.8	W21 39 17.9	2,5	Fjallnykra	70	
	-	-	-	Nitella	100	
36	N64 07 50.6	W21 39 15.3	0,8	Mari	5	
37	N64 07 48.3	W21 39 16.3	7,2	Nitella	?	Nitella
38	N64 07 44.7	W21 39 17.9	14		0	
39	N64 07 37.9	W21 39 21.7	13,1		0	
40	N64 07 35.2	W21 39 22.6	0,5	Þráðnykra séð	0	
41	N64 07 36.6	W21 39 15.1	7		0	
42	N64 07 40.0	W21 39 05.2	1,7	Nitella	100	
	-	-	-	Fjallnykra	30	
43	N64 07 41.5	W21 39 01.3	0,7	Mari	50	
44	N64 07 35.3	W21 39 02.5	2,2	Nitella	100	
	-	-	-	Mari	20	
	-	-	-	Fjallnykra	30	
45	N64 07 28.6	W21 39 05.7	0,6	Mari	95	
	-	-	-	Álftalaukur	5	
	-	-	-	Fjallnykra	10	
46	N64 07 30.6	W21 38 56.6	1,2	Mari	100	
	-	-	-	Fjallnykra	5	
47	N64 07 36.0	W21 38 51.0	1,3	Mari	80	
	-	-	-	Álftalaukur	5	

x = ógreindur gróðurvottur

Viðauki 2. Þéttleiki krabbadýra (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) í trektagildrum.

	Hjálmfró, <i>Acroporus harpae</i>	Mánafró, <i>Alona affinis</i>	Mánafró, <i>Alona internedia</i>	Mánafró, <i>Alona quadrangulata</i>	Gátarfró, <i>Alonella nana</i>	Ranarfró, <i>Bosmina coregonii</i>	Goggrfró <i>Camplocercus rectirostris</i>	Kilufurfró, <i>Chydorus sphaericus</i>	Langhafurfró, <i>Daphnia galeata</i>	Kornáta, <i>Eurycerus lamellatus</i>	Garnfró, <i>Graptoleberis tesudhanata</i>	Glerfró, <i>Sida crystallina</i>	Hakarfró, <i>Simonephalus veitulus</i>	Vannafær samtals	Svíðfró <i>Diapomus</i> sp.	Augnfró (Cyclopidae)	Ormfíli (Canthocamptidae)	Ungviði, ógreint	Árteitur samtals	Skelkrabbi (Ostracoda) samtals	Heildarþéttleiki krabbadýra
3.5.2007	1	0,0	0,0	0,0	158,4	72,0	0,0	100,8	619,1	0,0	0,0	14,4	0,0	979,1	748,7	2778,8	14,4	53906,1	57448,0	0,0	58427,0
3.5.2007	2	3081,4	0,0	0,0	10647,4	0,0	0,0	4629,3	0,0	14,5	0,0	28,9	14,5	18473,8	101,3	3081,4	405,1	22220,6	25808,3	14,5	44296,6
3.5.2007	3	0,0	0,0	234,8	587,0	0,0	0,0	117,4	234,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1291,5	396,3	5635,7	0,0	40976,0	47007,9	0,0	48299,4
	<b>Meðaltal</b>	<b>1027,1</b>	<b>0,0</b>	<b>78,3</b>	<b>3797,6</b>	<b>24,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1615,8</b>	<b>284,6</b>	<b>4,8</b>	<b>0,0</b>	<b>14,4</b>	<b>4,8</b>	<b>6914,8</b>	<b>415,4</b>	<b>3831,9</b>	<b>139,8</b>	<b>39034,2</b>	<b>43421,4</b>	<b>4,8</b>	<b>50341,0</b>
	<b>SE</b>	<b>1027,1</b>	<b>0,0</b>	<b>78,3</b>	<b>3427,1</b>	<b>24,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1506,7</b>	<b>180,5</b>	<b>4,8</b>	<b>0,0</b>	<b>8,4</b>	<b>4,8</b>	<b>5780,2</b>	<b>187,1</b>	<b>906,1</b>	<b>132,7</b>	<b>9198,2</b>	<b>9308,0</b>	<b>4,8</b>	<b>4204,9</b>
10.8.2007	1	0,0	39,3	0,0	39,3	6089,0	0,0	13,1	589,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6848,5	916,6	942,8	13,1	510,7	2383,2	130,9	9362,7
10.8.2007	2	3468,2	397,1	172,1	10907,6	185,3	0,0	317,7	0,0	39,7	0,0	0,0	0,0	15487,7	66,2	4447,8	344,2	582,4	5440,6	13,2	20941,5
10.8.2007	3	40,2	26,8	40,2	321,9	6116,2	0,0	13,4	254,8	13,4	0,0	0,0	0,0	6827,1	1113,3	617,0	13,4	389,0	2132,6	40,2	8999,9
	<b>Meðaltal</b>	<b>1169,5</b>	<b>167,5</b>	<b>83,9</b>	<b>3756,3</b>	<b>4130,2</b>	<b>0,0</b>	<b>114,7</b>	<b>281,4</b>	<b>17,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>9721,1</b>	<b>698,7</b>	<b>2002,5</b>	<b>123,6</b>	<b>494,0</b>	<b>3318,8</b>	<b>61,5</b>	<b>13101,4</b>
	<b>SE</b>	<b>1149,4</b>	<b>115,8</b>	<b>44,1</b>	<b>3576,6</b>	<b>1972,4</b>	<b>0,0</b>	<b>101,5</b>	<b>170,6</b>	<b>11,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2883,3</b>	<b>321,3</b>	<b>1226,2</b>	<b>110,3</b>	<b>56,5</b>	<b>1063,3</b>	<b>35,6</b>	<b>3921,5</b>
21.9.2007	1	41,4	110,5	13,8	69,0	1560,4	0,0	27,6	2181,8	69,0	110,5	0,0	0,0	4184,1	1380,9	1477,6	0,0	1408,5	4267,0	13,8	8464,9
21.9.2007	2	10121,9	194,7	0,0	22913,4	41,7	13,9	2808,6	41,7	83,4	111,2	0,0	0,0	36330,6	83,4	3406,4	139,0	222,5	3851,3	13,9	40195,8
21.9.2007	3	53,5	133,8	13,4	120,4	1472,1	0,0	40,1	709,3	26,8	0,0	0,0	13,4	2582,9	2101,2	1110,8	13,4	1900,4	5125,7	0,0	7708,7
	<b>Meðaltal</b>	<b>3405,6</b>	<b>146,3</b>	<b>9,1</b>	<b>7701,0</b>	<b>1024,8</b>	<b>4,6</b>	<b>958,8</b>	<b>977,6</b>	<b>59,7</b>	<b>73,9</b>	<b>0,0</b>	<b>4,5</b>	<b>14365,9</b>	<b>1188,5</b>	<b>1998,3</b>	<b>50,8</b>	<b>1177,1</b>	<b>4414,7</b>	<b>9,2</b>	<b>18789,8</b>
	<b>SE</b>	<b>3358,2</b>	<b>25,1</b>	<b>4,5</b>	<b>7606,2</b>	<b>492,2</b>	<b>4,6</b>	<b>924,9</b>	<b>632,2</b>	<b>17,0</b>	<b>37,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,5</b>	<b>10992,1</b>	<b>590,4</b>	<b>712,0</b>	<b>44,3</b>	<b>498,0</b>	<b>375,2</b>	<b>4,6</b>	<b>10705,2</b>

Viðauki 3. Þéttleiki þyrildýra (fjöldi einstaklinga/m<sup>2</sup>) í trektagildrum.

3.5.2007	1	2879,6	1036,7	0,0	0,0	0,0	0,0	28680,8	2649,2	0,0	40429,5	1958,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78670,6	
3.5.2007	2	16665,5	462,9	0,0	0,0	578,7	231,5	3472,0	115,7	810,1	17244,1	6133,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6828,2	1620,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54509,9	
3.5.2007	3																											
	<b>Meðaltal</b>	<b>9772,5</b>	<b>749,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>289,3</b>	<b>115,7</b>	<b>634,3</b>	<b>57,6</b>	<b>16076,4</b>	<b>1382,5</b>	<b>405,1</b>	<b>28836,8</b>	<b>4046,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3414,1</b>	<b>810,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>66590,3</b>	
	<b>SE</b>																											
10.8.2007	1	523,8	3876,0	0,0	0,0	15923,2	0,0	3352,2	104,8	5028,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1990,4	2304,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33103,4
10.8.2007	2	8471,9	0,0	0,0	0,0	423,6	357,4	423,6	0,0	357,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2012,1	2329,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14375,8
10.8.2007	3	1609,5	5472,4	0,0	0,0	0,0	0,0	9335,2	1287,6	321,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9335,2	965,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	506999,7
	<b>Meðaltal</b>	<b>3535,1</b>	<b>3116,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5448,9</b>	<b>0,0</b>	<b>4370,4</b>	<b>464,1</b>	<b>1902,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4445,9</b>	<b>1866,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>184826,3</b>
	<b>SE</b>	<b>2488,2</b>	<b>1624,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5238,6</b>	<b>0,0</b>	<b>2622,5</b>	<b>412,9</b>	<b>1562,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2444,7</b>	<b>450,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>161177,4</b>
21.9.2007	1	1215,2	2761,8	1436,1	0,0	0,0	0,0	0,0	276,2	13367,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	662,8	6462,6	110,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26292,3
21.9.2007	2	11456,7	667,4	0,0	0,0	0,0	375,4	0,0	0,0	667,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	444,9	0,0	5005,4	1223,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20063,1
21.9.2007	3	1017,1	3158,4	0,0	0,0	749,5	0,0	0,0	481,8	6156,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	695,9	3265,5	107,1	267,7	160,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16059,8
	<b>Meðaltal</b>	<b>4563,0</b>	<b>2195,9</b>	<b>478,7</b>	<b>0,0</b>	<b>249,8</b>	<b>0,0</b>	<b>125,1</b>	<b>0,0</b>	<b>6730,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>452,9</b>	<b>3391,0</b>	<b>72,5</b>	<b>1757,7</b>	<b>461,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>20805,1</b>
	<b>SE</b>	<b>3447,3</b>	<b>772,8</b>	<b>478,7</b>	<b>0,0</b>	<b>249,8</b>	<b>0,0</b>	<b>125,1</b>	<b>0,0</b>	<b>3677,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>226,7</b>	<b>1738,3</b>	<b>36,3</b>	<b>1625,7</b>	<b>383,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2977,1</b>



