



Fjölrit nr. 1-04

VÖKTUN Á LÍFRÍKI ELLIÐAVATNS: FORKÖNNUN OG RANNSÓKNATILLÖGUR

Greinargerð unnin fyrir Reykjavíkurborg og Kópavogsbæ

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson og Haraldur Rafn Ingvason

Mars 2004



Náttúrufræðistofa Kópavogs

Natural History Museum of Kópavogur

Hamraborg 6 A · IS-200 Kópavogur · Iceland

www.natkop.is

Útdráttur

Greint er frá rúmlega eins árs vöktunarverkefni sem Náttúrufræðistofa Kópavogs framkvæmdi fyrir Reykjavíkurborg og Kópavogsbæ í Elliðavatni á tímabilinu 31. júlí 2002 til 17. september 2003. Fylgst var reglulega með botndýrastofnum í vatninu ásamt efna- og eðlisþáttum.

Markmið verkefnisins var í fyrsta lagi að varpa ljósi á framvindu smádýrastofna á ársgrundvelli, en slíkt hefur ekki áður verið gert í Elliðavatni. Í öðru lagi var athugað notagildi botnkrabba sem vísi (indicator) á álag á vatnavistkerfið af manna völdum, einkum m.t.t. næringarefna og efnamengunar. Í þriðja lagi beindist verkefnið að því að leggja grunn að framtíðarvöktun á lífríki vatnsins.

Mælingar staðfesta að sýrustig og álstyrkur eru óvenju há í Elliðavatni. Sýrustig að sumri til mældist jafnan á bilinu 9,2-9,9. Hár álstyrkur tengist mjög líklega háu sýrustigi, sem aftur er rakið til samspils milli ljóstillífunar og basískra eiginleika lindarvatns sem streymir í vatnið. Hár álstyrkur kann einnig að stafa að hluta til af losun áls úr botni á Engjunum, en Engjarnar fóru á kaf snemma á 20. öld þegar útfall Elliðavatns um Dimmu var stíflað. Þá má búast við að magn álríkra bergagna hafi aukist á Engjunum eftir að Bugða fór að renna inn á þær við stíflun vatnsins.

Samkvæmt mælingum á fosfór, köfnunarefni og fleiri næringarefnum verður ekki séð að ofauðgunar gæti í vatninu.

Á heildina litið er gróður og smádýralíf mjög gróskumikið í Elliðavatni. Þetta er þó mismunandi eftir svæðum. Engjarnar skera sig frá upprunalegu vatnshlutunum tveimur, Vatnsvatni og Vatnsendavatni, með umtalsvert rýrari gróðri og smádýralífi. Botninn á Engjunum er einnig frábrugðinn að því leyti að hann er mun harðari og þéttari og rýrari af lífrænu seti. Engjarnar eru auk þess mjög grunnar (meðaldýpi < 0,8 m).

Ekki verður séð að áhrifa gæti af völdum ofauðgunar eða þungmálma á tegundasamsetningu eða þéttleika botndýra í Elliðavatni. Ekki verður heldur séð að vatnsmiðlun hafi áhrif á smádýralíf í fjörubelti, enda er vatnsborðssveifla vegna miðlunar jafnan innan við 30 cm sem er minna en búast má við vegna brims og ölduróts.

Gárafló (*Alonella nana*) var á heildina litið langalgengasta tegund botnkrabba í Elliðavatni. Há hlutdeild gáraflóar og hjálmflóar (*Acroperus harpae*) í vatninu ásamt lítilli hlutdeild kúluflóar (*Chydorus sphaericus*) og mánaflóarinnar *Alona rectangula*, bendir til þess að vatnsgæði séu mjög góð í Elliðavatni með hliðsjón af næringarefnum.

Stofnar botnkrabbadýranna sveifluðust verulega eftir árstíðum í takt við vatnshita og fæðuframboð. Í nóvember-mars þegar vatnshitinn var 2-5°C voru dýrastofnarnir að mestöllu leyti í dvala á botninum á eggstigi. Í apríl-maí þegar vatnshitinn náði um 6 °C komust fullorðin dýr á kreik. Hámarki í stofnstærð náðu langflestar tegundir krabbadýranna á tímabilinu júlí-ágúst þegar vatnshiti var á bilinu 12-17 °C.

Fiskveiðigögn úr Elliðavatni benda eindregið til þess að bleikjustofninn hafi minnkað umtalsvert á síðastliðnum 15 árum. Bleikjuafli á sóknareiningu hefur minnkað marktækt

á tímabilinu 1984-2000 og hlutdeild bleikju í silungsafla hefur fallið úr 55-85% á tímabilinu 1974-1984 niður í 14-20% á tímabilinu 1998-2002. Lax hefur einnig látið undan síga í vatnakerfinu en urriði virðist halda fyrri stöðu sinni.

Hár álstyrkur ásamt háu sýrustigi kunna að eiga þátt í hnignun bleikjunnar í Elliðavatni. Álstyrkur í vatninu hefur í nokkur skipti mælst nærri hættumörkum fyrir fiska. Sýrustig hefur í nokkur skipti mælst hærra en talið er að laxfiskar þoli til langs tíma. Bleikjan hrygnir nær alfarið í Elliðavatni en urriðinn hrygnir mest í ánum sem renna í vatnið. Álag vegna mikils áls og basíks umhverfis er því að líkindum meira á bleikju en urriða, a.m.k. fyrir hrogn og kviðpokaseiði. Hár vatnshiti um sumar, allt að 20 °C, kann einnig að vera vandamál fyrir bleikjuna.

Ýmislegt bendir þess til að viðstöðutími vatns í Elliðavatni sé misjafn eftir vatnshlutum og að misráðið sé að reikna hann út á einfaldan hátt út frá írennsli og frárennsli eins og tíðkast hefur. Viðstöðutími vatns er líklega minnstur á Engjunum en mestur í Vatnsendavatni. Af því leiðir að þol gagnvart mengun er sennilega mest á Engjunum en minnst í Vatnsendavatni.

Í skýrslunni eru lagðar fram nokkrar tillögur um áframhaldandi vöktun á lífríki vatnsins. Einu þættirnir sem nú þegar eru vaktaðir með skipulegum hætti eru vatnshiti og vatnsborðshæð (skráning á klukkustundarfresti) ásamt árlegum silungsrannsóknum að hausti til. Mikilvægt er að bæta við þáttum þannig að fyllri mynd fái af tengslum og orsakasamhengi í vistkerfinu. Huga þarf jafnt að efna- og eðlisþáttum og líffræðilegum þáttum.

Rannsóknin sem hér um ræðir staðfestir að vöktun á botnkröbbum með gildrum er fremur einföld í sniðum, fljótleg og hagkvæm. Niðurstöðurnar sýna jafnframt að vöktun á botnkröbbunum er bæði gagnleg til að fylgjast með almennum vatnsgæðum og framboði á fæðu fyrir silung. Vegna þess hve mikið er af botnkröbbum í vatninu eru þeir þar að auki mjög þýðingarmiklir í orkuumsetningu vistkerfisins í heild.

Lagt er til að halda áfram vöktun á botnkröbbum en með einfaldara sniði en til þessa. Mælt er til þess að næstu fimm ár verði botnkrabbar vaktaðir í Vatnsendavatni og á Engjunum á tímabilinu apríl-september, einu sinni til tvisvar í mánuði. Samhliða vöktun á botnkröbbunum er mikilvægt að mæla reglulega sýrustig, ál, fosfór, köfnunarefni og blaðgrænu. Mjög brýnt er að fylgjast náið með sýrustigi yfir sumartímann með tíðum mælingum til að ganga úr skugga um hve lengi hátt sýrustig helst í vatninu.

Efnisyfirlit

Útdráttur.....	1
1. Inngangur.....	4
2. Efni og aðferðir.....	6
2.1 Vistkerfið Elliðavatn.....	6
2.1.1 Vatnafræði.....	6
2.1.3 Gróður og smádýralíf.....	10
2.1.4 Fiskur.....	11
2.2 Sýnataka og efniviður.....	14
3. Niðurstöður.....	17
3.1 Eðlisþættir.....	17
3.2 Botnsýni - krabbadýr.....	20
3.3 Botnsýni -Þyrildýr.....	22
3.4 Svifsýni.....	24
4. Umræður og ályktanir.....	27
4.1 Ástand efna- og eðlisþátta.....	27
4.2 Áhrif efna- og eðlisþátta á lífríkið.....	29
4.2.1 Áhrif á smádýr.....	29
4.2.2 Áhrif á fisk.....	30
4.2.3 Áhrif áls og sýrustigs á fisk.....	34
4.3 Viðstöðutími Elliðavatns – þol gagnvart mengun.....	35
5. Tillögur um vöktun og frekari rannsóknir.....	37
5.1 Vöktunarverkefni.....	37
5.2 Afmörkuð rannsóknarverkefni.....	39
6. Heimildir.....	40
Viðaukar I - V eru í fylgiskjali	

1. Inngangur

Í skýrslu þessari er gerð grein fyrir rúmlega eins árs vöktunarverkefni sem Náttúrufræðistofa Kópavogs framkvæmdi fyrir Reykjavíkurborg og Kópavogsbæ í Elliðavatni á tímabilinu 31. júlí 2002 til 17. september 2003. Fylgst var reglulega með botn- og svifdýrum í vatninu í því skyni að varpa ljósi á framvindu dýrastofnana á ársgrundvelli, en engar slíkar rannsóknir hafa áður verið gerðar í vatninu. Þá var fylgst með efna- og eðlisþáttum. Í skýrslunni eru einnig birtar í fyrsta sinn niðurstöður á efnamælingum á sýnum sem safnað var í september 2000.

Markmið verkefnisins var öðrum þræði að athuga notagildi krabbadýra sem vísi (indicator) á ástand vatnavistkerfisins í tengslum við álag á það af manna völdum, einkum m.t.t. ofauðgunar á næringarefnum og efnamengunar.

Í þriðja lagi var verkefnið hugsað sem fyrsta stig í langtíma vöktun á lífríki vatnsins, m.a. með hliðsjón af þéttingu byggðar á vatnasviðinu sem nú þegar er fyrirsjáanleg á Norðlingaholti og í landi Vatnsenda.

Á síðustu öld og fram til þessa hafa ýmsar breytingar orðið á vatnasviði Elliðavatns sem skipta máli fyrir vistkerfi vatnsins. Sérstaklega ber að nefna virkjun vatnsins og stíflugerð, fyrst árið 1924 og síðan endurbætur árið 1978 (Árni Hjartarson o.fl. 1998). Við þær framkvæmdir hækkaði Elliðavatn um nær 1 m og það stækkaði um nær helming (40%). Jafnframt breyttist yfirborðsrennsli í vatnið þannig að Bugða (Hólmsá) fór að renna í það sem hún gerði ekki fyrir virkjun vatnsins.

Íbúða- og sumarbústaðabyggð við Elliðavatn og á ofanverðu vatnasviðinu hefur þéttst umtalsvert á síðastliðinni öld og um vatnasviðið liggur Suðurlandsvegur með miklum umferðarþunga. Búskapur var stundaður við Elliðavatn á framanverðri 20. öld en er nú nær aflagður. Vatnstaka hefur verið stunduð í Gvendarbrunnum allar götur frá 1909 og nemur í dag um 900 l/s. Í Heiðmörk hefur um langt skeið verið stunduð skógrækt og hefur skógur þar aukist umtalsvert.

Af lífríkisrannsóknum á vatnasviði Elliðavatns er langmest til af upplýsingum um laxfiska, einkum þó um lax í Elliðaánum. Frá 1987 hefur Veiðimálastofnun staðið fyrir árlegum athugunum á laxfiskum í vatninu og Elliðaánum ásamt Hólmsá og Suðará (Þórólfur Antonsson 2002; Þórólfur Antonsson & Guðni Guðbergsson 2000). Á vegum Veiðimálastofnunar eru einnig til nokkrar stakar rannsóknir á fiski á vatnasviðinu fyrir árið 1987 (Finnur Garðarsson 1983; Sigurður Már Einarsson 1984). Flestar rannsóknirnar hafa beinst að laxinum í Elliðaánum, en upplýsingar um silung í Elliðavatni og nærliggjandi ám eru einnig umtalsverðar.

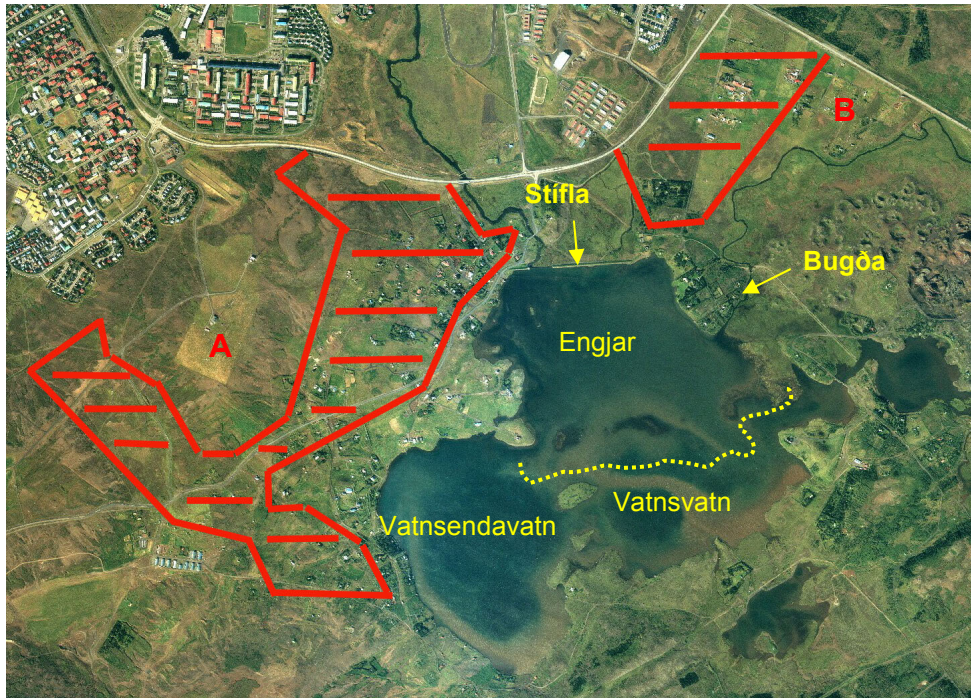
Auk rannsókna Veiðimálastofnunar hafa þrjár rannsóknir verið framkvæmdar á silungi í Elliðavatni af öðrum aðilum. Sú fyrsta fór fram á tímabilinu nóvember 1974 til nóvember 1976 og fólst í ítarlegri úttekt á líffræði og vistfræði bleikju og urriða (Björn Björnsson 2003; 2001a, b). Næsta rannsókn fór fram í ágúst 1993 og er hún liður í *Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna* (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003a). Í þeirri rannsókn var ítarlegra gagna aflað um vistfræði og líffræði bleikju og urriða, auk margvíslegra upplýsinga um smádyralíf og efna- og eðlisþætti vatnsins. Nýjasta

rannsóknin fór fram sumarið 2001 en þá var lagt mat á stofnstærð bleikju og urriða og riðastöðvar fiskanna í vatninu kortlagðar (Jón Kristjánsson 2002b).

Rannsóknir Veiðimálastofnunar gefa til kynna að lax og bleikja hafi látið undan síga í vatnakerfinu á síðustu 15 árum eða svo, en að urriði standi í stað (Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson 2000; Þórólfur Antonsson 2002). Gögn um bleikju í Elliðavatni og Hólmsá benda til að fækkun hafi átt sér stað í bleikjustofninum bæði á seiða- og fullorðinsstigi (Þórólfur Antonsson 2002). Ekki er vitað með vissu um ástæður fyrir hnignun bleikjunnar, en í Elliðavatni hefur hár styrkur áls verið nefndur sem hugsanleg skýring (Sigurður R. Gíslason o.fl. 1998) ásamt fleiri þáttum (Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson 2000). Rannsóknir á botndýralífi í Elliðaánum gefa til kynna að um staðbundin mengunaráhrif sé að ræða sem tengjast útrásum götufrennsla (Jón S. Ólafsson o.fl. 1998; Sigurður R. Gíslason o.fl. 1998; Ólafur Bjarnason 1999).

Í kafla 2 í þessari skýrslu er fyrst gerð grein fyrir helstu einkennum Elliðavatns m.t.t. vatnafræði, efna- og eðlisþátta og lífríkis, en síðan er lýst aðferðafræði í sýnatöku og úrvinnslu sýna í verkefninu. Í kafla 3 eru niðurstöður verkefnisins birtar og í kafla 4 eru þær ræddar og ályktað út frá þeim. Í kafla 5 eru lagðar fram tillögur um 5 ára vöktunarverkefni á völdum þáttum í vistkerfi Elliðavatns.

Áður en útrennsli Elliðavatns um Dimmu var stíflað árið 1924 var Elliðavatn ríflega þriðjungí minna að flatarmáli en nú (1. mynd). Þá skiptist vatnsskálin í Vatnsvatn og Vatnsendavatn og tengdust vötnin með mjóum ál framan við Þingnes. Við stífluframkvæmdir á árunum 1924-1928 hækkaði yfirborð Elliðavatns um einn metra og svokallaðar Elliðavatnsengjar fóru á kaf. Í dag má gróflega skipta vatninu í þrjá hluta, þ.e. í Vatnsvatn, Vatnsendavatn og Engjarnar (2. mynd). Engjarnar eru um 40% af flatarmáli vatnsins.



2. mynd. Loftmynd af Elliðavatni tekin sumarið 2002. Með tilkomu stíflumannvirkja á árunum 1924-1928 hækkaði Elliðavatn um 1,0 m og það flæddi yfir Elliðavatnsengjar. Í dag skiptist Elliðavatn í Vatnsvatn, Vatnsendavatn og Engjar. Bugða sem áður rann utan við vatnið rennur nú í það á Engjunum. Gula punktalínan sýnir nokkurn veginn hvar jaðar Elliðavatnsengja lá fyrir stíflugerð. Rauðstrikuðu svæðin sýna íbúðarhverfin í landi Vatnsenda (A) og á Norðlingaholti (B) sem nú þegar eru í byggingu. Ljósmynd: Loftmyndir ehf.

Vatnsmiðlun í Elliðavatni hefur á undanförunum árum einungis átt sér stað að vetri til eða frá byrjun október til loka apríl. Vatnsborðsveifla á þessu tímabili er lítil eða jafnan innan við 10 cm dag hvern. Að sumri til er vatnsborðinu ekki stjórnað og rennur þá um yfirfall á stíflunni.

2.1.2 Efna og eðlisþættir

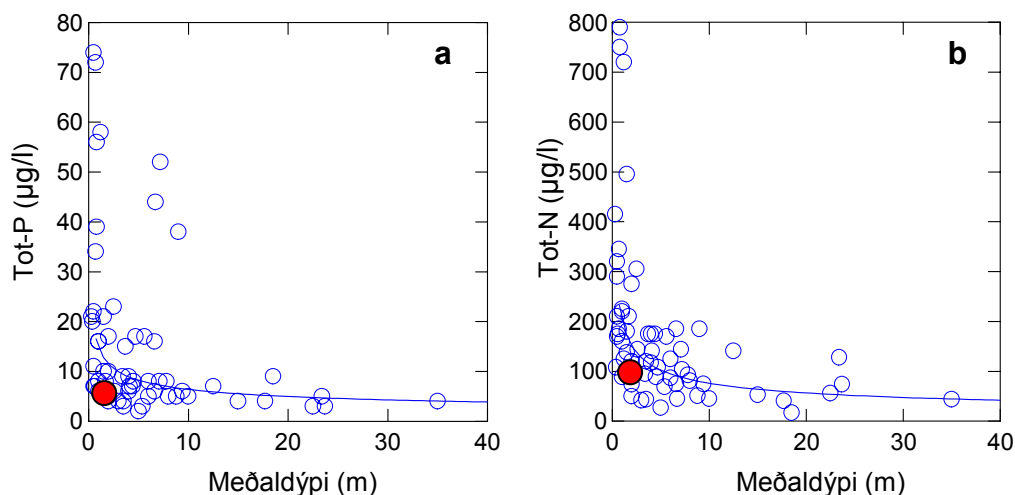
Hvað varðar efna- og eðlisþætti er Elliðavatn að sumu leyti keimlíkt öðrum grunnum stöðuvötnum á landinu, en að öðru leyti frábrugðið.

Rafleiðni í Elliðavatni er á bilinu 80-90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1. tafla), sem er í hærra lagi miðað við vötn almennt í landinu, en ekkert óvenju há, allra síst m.t.t. þess að vatnið er grunnt og undir lindarvatnsáhrifum. Rafleiðni gefur til kynna lífvænleika í vötnum og jafnan er lífríkisgróska meiri í vötnum með háa rafleiðni en lága.

1. tafla. Nokkrir eðlisþættir og helstu næringarsölt ásamt lífrænu kolefni í Elliðavatni og Elliðaá við Vesturlandsveg. Eitt vatnsýni var tekið á hverjum stað á 20-40 cm dýpi undir vatnsborði þ. 13. september árið 2000. Sýnin voru mæld ósíuð af NIVA, Norsk Institutt for Vannforskning, í Kjelsås, Osló.

Stöð	Hitastig °C	Sýrustig pH	Rafleiðni $\mu\text{S}/\text{cm}$	Basavirkni mmol/l	Grugg/860 FNU	Tot-P/L $\mu\text{g}/\text{l P}$	PO4-P $\mu\text{g}/\text{l P}$	Tot-N/L $\mu\text{g}/\text{l N}$	NH4-N $\mu\text{g}/\text{l N}$	NO3-N $\mu\text{g}/\text{l N}$	TOC mg/l C
Vatnsvatn	2,0	8,3	88	0,501	0,9	6	3	104	<5	6	0,29
Vatnsendavatn	2,0	7,9	84	0,484	1,3	6	2	99	<5	<1	0,65
Elliðaá	1,5	7,3	84	0,493	1,3	6	2	63	<5	9	0,42

Styrkur tveggja helstu næringarefnanna, fosförs og köfnunarefnis, er í lægri kantinum í Elliðavatni (1. tafla), en þó innan þeirra marka sem búast má við með hliðsjón af meðaldýpi vatnsins (3. mynd a og b). Jafnan er efnastyrkur meiri í grunnum vötnum en djúpum og hangir það saman við sterkari ölduáhrif og í kjölfarið meiri vatnsblöndun og efnaskipti milli setbotns og vatnsmassa eftir því sem vötn eru grynri.



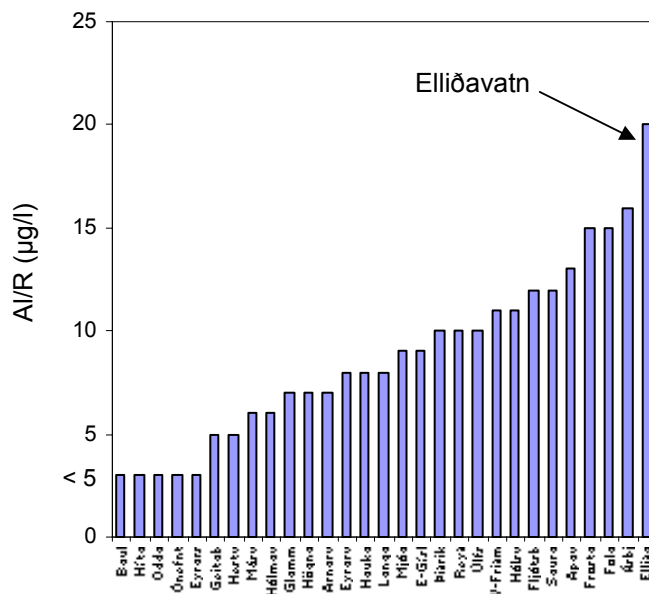
3. mynd. Heildarstyrkur fosförs (a) og heildarstyrkur köfnunarefnis (b) í 62 stöðuvötnum raðað eftir meðaldýpi vatnanna. Styrksgildi fyrir Elliðavatn eru auðkennd með rauðum punktum. Ísölt vötn og jökulvötn eru ekki með í úrtakinu. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna.

Styrkur ammóníaks (NH_4) í Elliðavatni reyndist undir greiningarmörkum ($< 5 \mu\text{g/l}$) og styrkur lífræns kolefnis (TOC) var sömuleiðis lágur (1. tafla). Samkvæmt gögnum í Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003a) var meðalstyrkur lífræns kolefnis í 59 vatna úrtaki 1,18 mg/l, eða frá 0,13 mg/l og upp í 6,00 mg/l.

Hvað varðar uppleyst aðalefni í Elliðavatni (2. tafla) svipar remmu þeirra langflestra til þess sem jafnan mælist í íslenskum stöðuvötnum. Undantekning frá þessu er ál, sem mælist í miklum styrk í vatninu. Samkvæmt gögnum í Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna mælist álstyrkur hvergi hærri en í Elliðavatni (4. mynd).

2. tafla. Aðalefni í Elliðavatni og Elliðaá við Vesturlandsveg. Eitt vatnsýni var tekið á hverjum stað á 20-40 cm dýpi undir vatnsborði þ. 13. september árið 2000. Sýnin voru mæld ósíuð af NIVA, Norsk Institutt for Vannforskning, í Kjelsås, Osló.

Stöð	SiO ₂ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	F mg/l	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	Fe μg/l	Al/R μg/l
Vatnsvatn	11,0	10,7	2	<0,1	4,58	0,36	1,16	10,7	99	18
Vatnsendavatn	4,0	10,2	2	<0,1	4,40	0,33	1,06	10,1	93	22
Elliðaá	8,6	10,6	2	<0,1	4,73	0,37	1,24	10	157	13



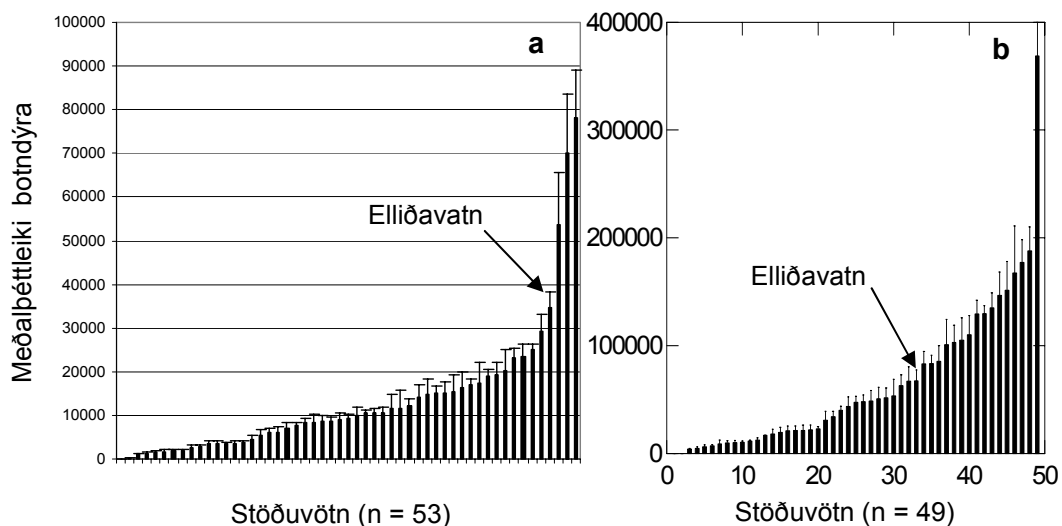
4. mynd. Álstyrkur ($\text{Al/R } \mu\text{g/l}$) í 29 stöðuvötnum (ísólt vötn og jökulvötn ekki með í úrtakinu). Mælt sem virkt ál (reactive aluminium). Eitt vatnsýni úr hverju vatni var tekið úti fyrir því miðju á 20-40 cm dýpi undir vatnsborði. Styrkur áls í Elliðavatni er 20,0 $\mu\text{g/l}$ (meðaltal úr Vatnsvatni og Vatnsendavatni, sbr. 2. töflu). Við samanburð milli vatna ber að hafa í huga að sýni eru tekin á árabílinu 1997-2000 og á tímabilinu 15. ágúst-15. september. Í fimm vötnum var álstyrkur undir greiningarmörkum ($< 5 \mu\text{g/l}$). Sýnin voru mæld ósíuð af NIVA, Norsk Institutt for Vannforskning í Kjelsås, Osló. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna.

2.1.3 Gróður og smádýralíf

Verulegur munur er á botngerð og gróðri í Vatnsendavatni og Vatnsvatni annars vegar og á Engjunum hins vegar. Botninn í fyrrnefndu vatnshlutunum tveimur er að miklu leyti úr gljúpu lífrænu seti sem víðast hvar er a.m.k. 1 m á þykkt (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2002). Jafnframt er botninn þar mjög vel gróinn og ber mikið á hávöxnum síkjamara (*Myriophyllum alterniflorum*) og nykrutegundum (*Potamogeton* spp.), einkum hjartanykru (*P. perfoliatus*).

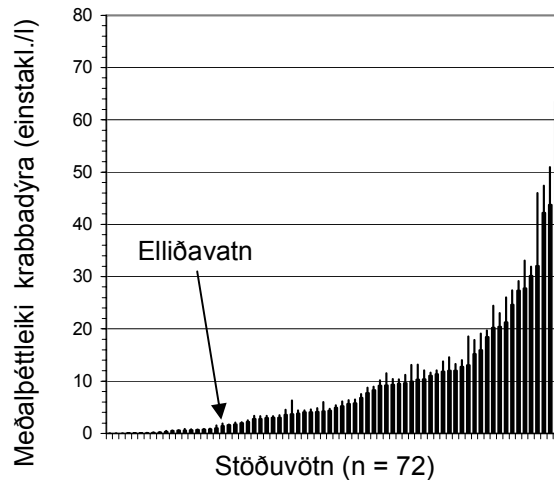
Á Engjunum er botninn grýttur og þéttur og torf og mór eru áberandi (eigin athuganir, Jórunn Harðardóttir o.fl. 2002). Lítið er um lífrænt set og þykkt þess er lítil. Gróðurinn samanstendur mest af smávöxnum tjarnarlauf (*Littorella uniflora*), lágvöxnum síkjamara, nykrutegundum og vatnsnál (*Eleocharis palustris*).

Samkvæmt niðurstöðum í Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna er botndýralíf í Elliðavatni all gróskumikið miðað við önnur vötn á landinu (5. mynd a og b). Sérstaklega á þetta þó við um grýtta fjörubeltið þar sem þéttleiki botndýra er með því mesta sem þekkt hér á landi.



5. mynd. Meðalþéttleiki botndýra (fjöldi einstakl./m²) í grýttu fjörubelti (a) og í mjúku seti (b) í íslenskum stöðuvötnum (raðað eftir vaxandi meðalþéttleika). Meðalþéttleiki í fjörubelti í Elliðavatni 34.821 dýr/m² og er vatnið í fjórða efsta sæti af 53 vötnum. Meðalþéttleiki á setbotni í Elliðavatni er 63.102 dýr/m² og er vatnið í 31. sæti af 49 vötnum. Sýnin eru sigtuð með 250 μ m sigti. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2000; 2003a).

Um svifdýralífriki Elliðavatns í vatnsbolnum gegnir allt öðru máli en um dýralífið á botni vatnsins og er hlutur svifdýra mjög rýr í vatninu (6. mynd). Þetta kemur ekki á óvart miðað við hve vatnið er grunnt og skilyrði fyrir sviflífríki óhagstæð.

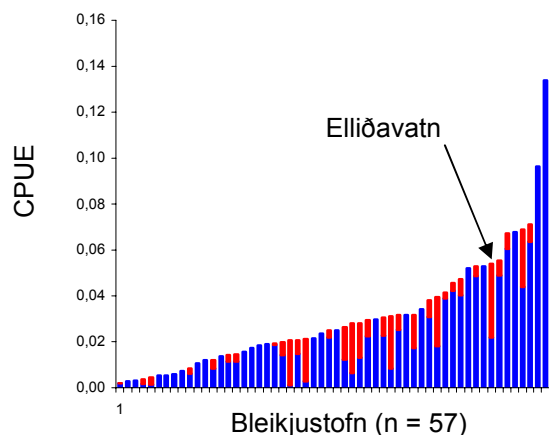


6. mynd. Meðalþéttleiki (+staðalskekkja) krabbadýra í vatnsbol 72 stöðuvatna, raðað eftir vaxandi meðalþéttleika. Elliðavatn er í 18 sæti með meðalþéttleikann 1,0 dýr/l. Heildarmeðaltal allra 72 vatna er 8,6 dýr/l ($\pm 1,00$ dýr/l, 95% öryggismörk). Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna.

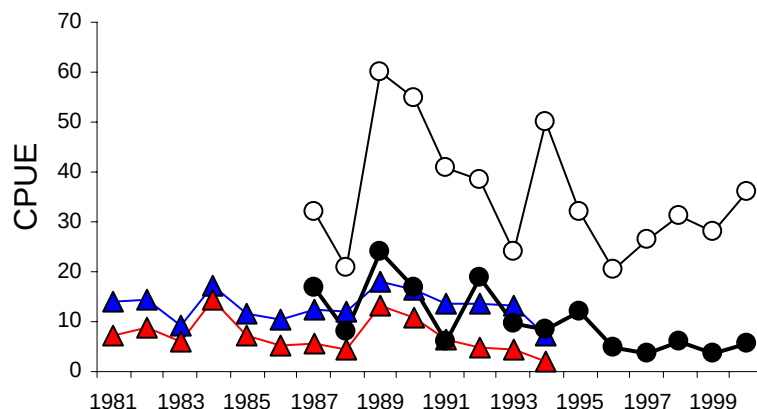
2.1.4 Fiskur

Rannsóknir á fiski eru fyrirferðarmestar af dýralífsathugunum í Elliðavatni. Í vatninu hafa fundist allar fimm tegundir ferskvatnsfiska sem þrífast hér á landi, þ.e. lax, bleikja urriði, hornsíli og áll. Mest er af silungi og hornsíli í vatninu en fremur lítið af laxi og áll er sjaldgæfur.

Silungsaflí á sóknareiningu í netaveiði í Elliðavatni er í hærri kantinum miðað við vötn almennt í landinu (7. mynd). Bleikjuaflí er hins vegar undir meðallagi og nokkuð minni en búast má við með hliðsjón af dýpi, stærð og almennri lífríkisgrósku í vatninu. Fremur rýr hlutur bleikju kemur heim og saman við nýlegt mat á stærð bleikjustofnsins, sem var árið 2002 um 7500 bleikjur fyrir fiska stærri en 23 cm (Jón Kristjánsson 2002a). Þetta svarar til um 10 kg/ha sem þykir fremur lítið.

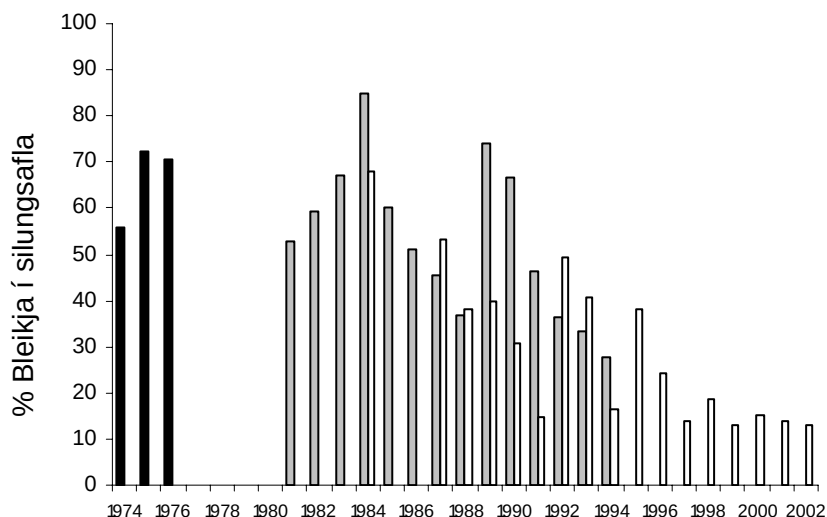


7. mynd. Silungsaflí á sóknareiningu (CPUE, fjöldi fiska á netfermetra á klst.) í 57 stöðuvötnum á Íslandi, raðað eftir vaxandi silungsafla. Blátt er bleikjuaflí og rautt er urriðaaflí. Um er að ræða lagnet á strandgrunni. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar.



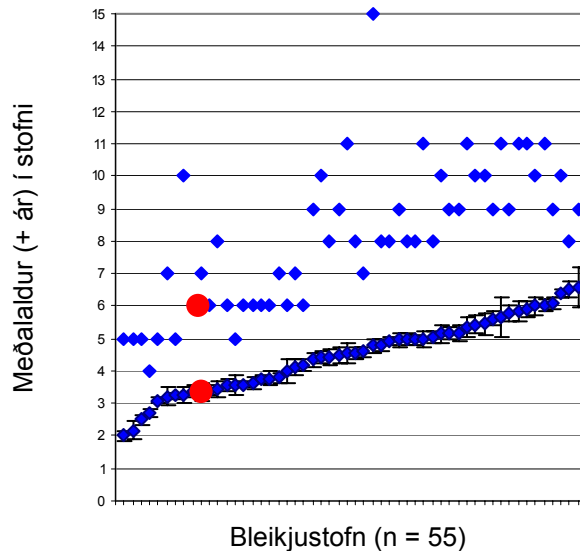
8. mynd. Afli á sóknareiningu (CPUE, fjöldi fiska í net) í september-október í Elliðavatni á tímabilinu 1981-2000. Annars vegar byggt á gögnum veiðimálastofnunar úr tilraunanetveiði (opnir svartir hringir eru silungsafli; svartir fylltir hringir eru bleikjuafli) og hins vegar á gögnum úr netveiði Veiðifélags Elliðavatns (bláir þríhyrningar eru silungsafli; rauðir þríhyrningar eru bleikjuafli). Heimild: Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson (2000). Marktæk minnkun er í bleikjuafli í tilraunanetveiði Veiðimálastofnunar á tímabilinu 1987-2000 (Pearson's $r = -0,68$, $v = 12$, $P < 0.01$).

Bleikjuafli á sóknareiningu hefur minnkað umtalsvert í Elliðavatni á síðastliðnum 15 árum en staðið í stað hjá urriða á heildina litið (8. mynd). Minnkandi hlutdeild bleikju í heildarafla silungs kemur einnig skýrt fram á tímabilinu 1974-2002 (9. mynd). Svo virðist sem að bleikjan fari að láta undan síga um og upp úr miðjum níunda áratugnum.



9. mynd. Hlutfall (%) bleikju af heildarafla bleikju og urriða á tímabilinu 1974-2002. Gögn frá 1974-1976 (svartar súlur) eru byggð á rannsókn Björns Björnssonar (2003). Gögn fyrir tímabilið 1981-1994 (gráar súlur) eru frá Veiðifélagi Elliðavatns (Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson 2000). Hvítar súlur eru byggðar á gögnum frá Veiðimálastofnun (Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 2003; Sigurður Már Einarsson 1984). Allar aflatölur eru úr veiði í september-október.

Hvað lífsögubætti varðar er einkennandi fyrir bleikjustofninn í Elliðavatni hve meðalaldur og hámarksaldur er lágur (10. mynd). Lítill hluti stofnsins nær sex ára aldri og sjö og átta ára gamlar bleikjur hafa verið afar fágætar í netaveiði á tímabilinu 1987-2000 (Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson 2000). Bleikjurnar verða flestar kynþroska 3-4 ára og athygli vekur að stór hluti kynþroska fiska virðist drepast strax eftir fyrstu hrygningu (Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson 2000). Bleikjan hrygnir að mestu í vatninu en urriðinn hrygnir aðallega í ánum sem renna í vatnið.



10. mynd. Meðalaldur ($\pm$ staðalskekkja) og hámarksaldur í 55 bleikjustofnum raðað eftir vaxandi meðalaldri. Elliðavatn (rauðir punktar) er í ellefta sæti með meðalaldurinn 3,5 ár og hámarksaldur 8 ár (sýni tekin 1993). Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna.

Vöxtur bleikju í Elliðavatni er í meðallagi miðað við það sem almennt gerist í vötnum hér á landi. Hún vex nokkuð hratt fyrstu þrjú til fjögur árin og lengist þá árlega um 7 cm. Á þessu aldursbili er bleikjan ívið stærri en urriðinn, eins og þekkt er í mörgum vötnum, en eftir fimm ára aldur vex urriðinn hraðar. Samkvæmt gögnum Veiðimálastofnunar lítur ekki út fyrir að vaxtarhraði bleikju hafi breyst á tímabilinu 1987-2002 (Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 2003). Ekki verður heldur séð að vöxtur bleikju og urriða á árunum 1974-1976 (Björn Björnsson 2001a) sé neitt frábrugðin því sem einkennir tímabilið 1987-2000.

Uppistaðan í fæðu bleikjunnar á tímabilinu 1988-1999 voru rykmýslirfur, kornáta, efjuskeljar og vatnabobbar (Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson 2000). Verulegur áramunur er hins vegar í fæðuvalinu sem jafnframt einkennist af því að oftast er ein fæðutegund allsráðandi hverju sinni.

Fæða urriða er verulega frábrugðin því sem gerist hjá bleikju og eru hornsíli aðalfæða þeirra. Að auki éta þeir lítilsháttar af vatnabobba, kornátu og vorflugu- og rykmýslirfum (Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson 2000). Há hlutdeild kornátu í fæðu urriða

og bleikju á sér stað í sömu árum. Mun minni sveiflur eru í fæðusamsetningu milli ára hjá urriða en bleikju og er hlutdeild hornsíla nokkuð stöðug.

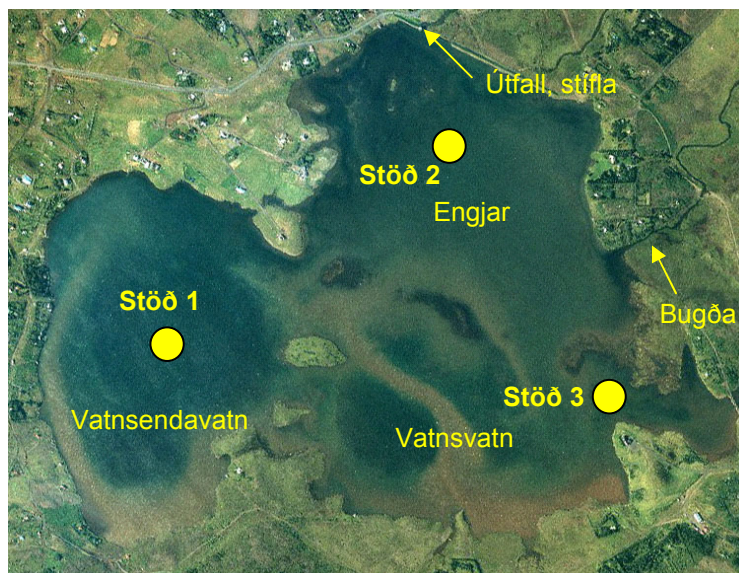
Samkvæmt rannsóknargögnunum frá árunum 1974-1976 (Björn Björnsson 2001a) var fæðuval silunganna með mjög líku móti og lýst er hér að framan. Í rannsókn Björns var fylgst með fæðuvalinu á mismunandi árstímum og át bleikjan einkum rykmýslirfur að vetri og rykmýspúpur fyrirhluta sumars en kornátu síðsumars og um haust (Björn Björnsson 2001a).

2.2 Sýnataka og efniviður

Sýnataka í verkefninu beindist fyrst og fremst að botnlægum krabbadýrum, en einnig voru tekin sýni af sviflægum krabba- og þyrildýrum. Í upphaflegri rannsóknaráætlun var gert ráð fyrir að beina sjónum einvörðungu að svifkröbbum en frá því var horfið strax eftir fyrstu sýnatöku þar sem afar lítið reyndist af dýrum í svifi. Í staðinn var megináhersla lögð á söfnun botnkrabba. Auk þess var mælt hitastig, sýrustig og rafleiðni.

Dýrasýni voru tekin á þremur stöðum í vatninu (11. mynd). Sýnatökustöðvarnar voru valdar með m.t.t. ólíks uppruna vatnshlutanna og með hliðsjón af líklegri skiptingu vatnsskálarinnar m.t.t. írennslis og vatnsskipta. Einnig var horft til sýnatöku Náttúrufræðistofunnar árið 2000 í tengslum við efnagreiningu vatns (sbr. 1. og 2. töflu).

Mælingar á eðlisþáttum voru gerðar á sömu stöðum í vatninu og dýrasýnum var safnað á, en að auki var mælt í Bugðu við Suðurlandsveg og í útfallinu rétt neðan við Elliðavatnsstíflu (11. mynd).

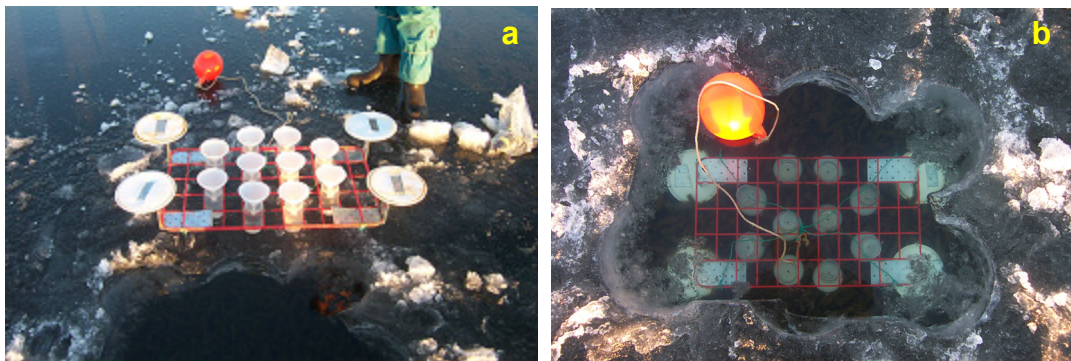


11. mynd. Sýnatöku- og mælistöðvar í Elliðavatni vegna rannsókna á botn- og svifdýrum á tímabilinu 31. júlí 2002 til 17. september 2003. Hitastig, sýrustig og rafleiðni voru mæld á öllum þremur stöðvum og að auki í Bugðu við Suðurlandsveg og í útfallinu rétt neðan við Elliðavatnsstíflu.

Sýnatökuferðir voru alls 19 og sýni ávallt tekin á svipuðum tíma dags milli kl. 12 og 14. Sýni voru tekin á tveggja vikna fresti yfir sumartímann en mánaðarlega yfir veturinn. Sýnataka hófst 31. júlí 2002 og lauk 17. september 2003.

Á hverri sýnatökustöð var safnað botn- og svifkröbbum og eðlisþættir mældir. Við söfnun svifs úr vatnsbol var notaður háfur með 125 μ m möskva. Á stöð 1 voru svifhöl tekin lóðrétt (hallengd 0,8-1,0 m), en á stöð 2 og 3 var dýpi það lítið að svifhölín voru tekin lárétt (hallengd 1,5 m). Við töku svifhala var reynt að snerta ekki botnfastan gróður í því skyni að forðast ásætutegundir og fá sem hreinast svifsýni. Þetta var misjafnlega erfitt eftir stöðvum en einkum erfiðleikum bundið á stöð 1 þar sem gróðurþekja var hvað mest og plöntur hávaxnar. Þrjú hól voru tekin á hverri stöð.

Sýnataka af botndýrum í seti er jafnan gerð með greip eða þar til gerðu röri (Kajak). Sýnataka með þeim hætti er vandkvæðum bundin þar sem botn er mjög þéttur eða botngróður er mikill. Bæði atriðin eiga við um Elliðavatn. Að auki er úrvinnsla sýna úr greip eða röri all tímafrek. Í ljósi þessara atriða var ákveðið að safna botnlægum krabbadýrum með svokallaðri trektargildru (12. mynd). Slíkar gildrur hafa verið notaðar í Mývatni með góðum árangri (Árni Einarsson og Erla Björk Örnólfsdóttir, í prentun).



12. mynd. Trektargildra til að safna botnlægum smádýrum í Elliðavatni. **a:** Trektargildran á hvolfi og verið að fylla plastkrukkurnar tíu með síuðu vatni. **b:** Trektargildran á réttum kili og hvílir á plastfötunum fjórum á botni. Myndirnar eru teknar á Engjunum 24. janúar 2003.

Hver trektargildra samanstendur af málmgrind þar sem komið er fyrir tíu plastkrukkum með áföstum lokum með plasttrektum. Áður en gildrunni er slakað á botn eru krukkurnar fylltar með síuðu vatni af staðnum (45 μ m sigti). Gildran er látin síga til botns þannig að trektaropin snúa niður. Fætur á gildrunni koma í veg fyrir að trektarnar snerti botninn og voru trektaropin höfð 5 cm ofan við fæturnar (3-5 cm frá botni). Heildarflatarmál trekta, þ.e söfnunarflötur í hverri hverri gildru var 790 cm². Einni trektargildru var komið fyrir á hverri stöð og þær látnar liggja í 24 klst.

Við mælingar á vatnshita, rafleiðni og sýrustigi var notað tæki af gerðinni YSI Model 63, sem er handmælir með innbyggðum örgjörva. Tækið mælir hitastig með 0,1 °C

næmni ($\pm 0,1$ °C mælinákvæmni) og sýrustig með $0,01$ næmni ($\pm 0,1$ pH mælinákvæmni). Greiningarhæfni fyrir mælingu á rafleiðni er $0,1$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ og mælinákvæmni $\pm 0,5\%$. Allar mæliniðurstöður á rafleiðni voru leiðréttar fyrir 25 °C. Rafleiðni mælir heildarstyrk hlaðinna jóna og efnasambanda í vatnslausn.

Við meðhöndlun á botnsýnum var innihaldi allra tíu krukknanna í hverri gildru fyrir sig steipt saman í eitt safnsýni og það síað með 45 μm sigti. Við meðhöndlun á háfsýnum var hverju sýni komið fyrir í sýnaglas. Öll sýni vorn varðveitt á staðnum í kalíumjoðlausn (Lugol). Við úrvinnslu sýna á rannsóknastofu voru dýr skoðuð undir víðsjá, þau greind til tegundar eða ættkvíslar og fjöldi einstaklinga talinn í hverjum greiningarhópi. Mest áhersla var lögð á greiningu krabbadýra (Crustacea) en einnig voru greindir helstu hópar og tegundir þyrildýra (Rotifera) og áttfætlumaura (Hydracarina).

3. Niðurstöður

3.1 Eðlisþættir

Ferlar vatnshita, rafleiðni og sýrustigs fylgdust vel að á öllum þremur stöðvum á rannsóknartímabilinu og breyttust í takt við árstíð (14 mynd a-c, sjá einnig Viðauka I). Lægstur mældist vatnshiti 0,5 °C undir ís í janúar í Vatnsvatni en hæstur mældist hann 16,2 °C í ágúst á Engjunum (13. mynd a). Árleg vatnshitasveifla í Elliðavatni á rannsóknartímabilinu var um 13 °C. Lægstur var vatnshiti að jafnaði um 2 °C á tímabilinu nóvember-mars, en hæstur um 15 °C um mánaðamótin júlí-ágúst.

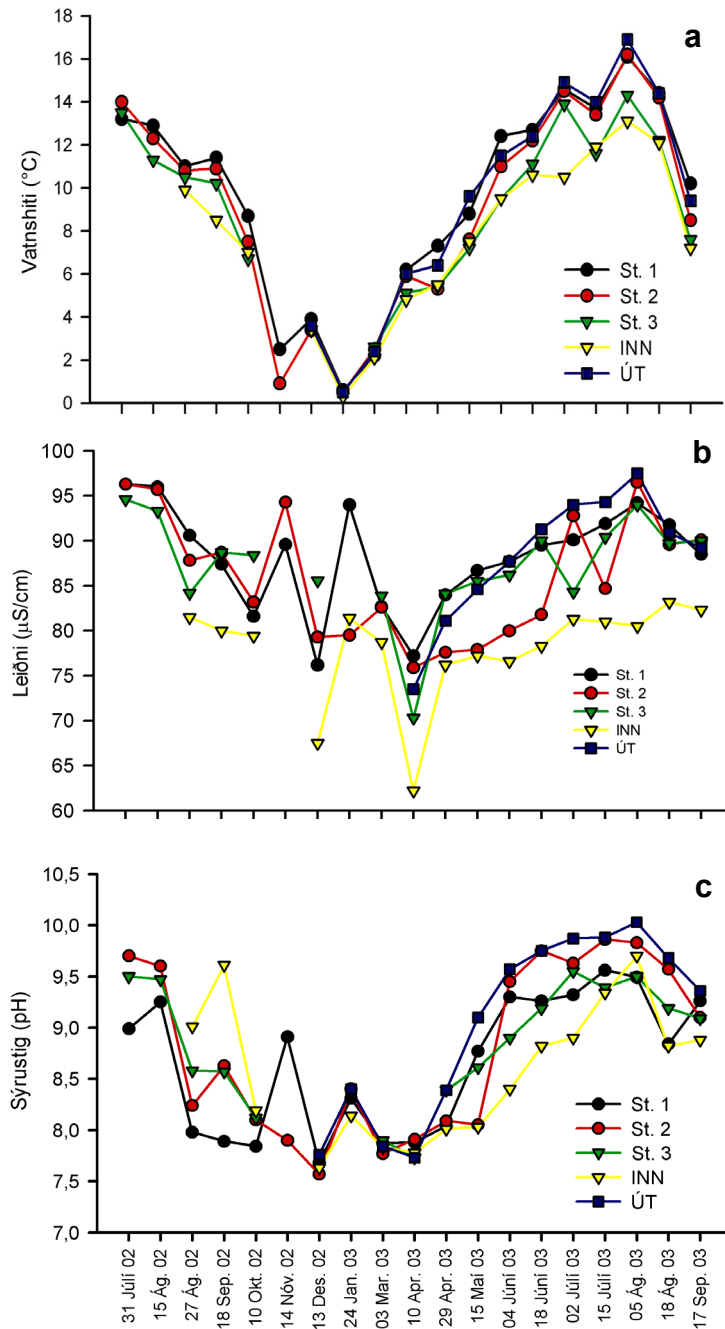
Vatnshiti var mjög svipaður í Vatnsendavatni og á Engjunum, en mældist ávallt lægri í Vatnsvatni. Mestur munur í vatnshita milli Vatnsvatns og hinna stöðvanna tveggja mældist í júlí-ágúst 2003, en þá var vatnshiti í Vatnsvatni um 2 °C lægri. Þessi munur stafar mjög líklega af lindarvatnsáhrifum í Vatnsvatni, en þar gætir hvað mest innstreymis á lindarvatni í Elliðavatni. Lindarvatnsáhrifa í Vatnsvatni má einnig vel merkja á veturna en þá er sá hluti vatnsins sem næstur er Helluvatni jafnan laus við ís á meðan aðrir hlutar vatnsins eru ísi lagðir. Vakir á ís sjást einnig oft í Vatnsvatni við land og skammt undan landi.

Mismunur á vatnshita milli innrennslis með Bugðu og útfalls rétt neðan við stíflu gefur til kynna að vatnið hitni að sumri til (júní-ágúst) um a.m.k. 3 °C þann tíma sem það hefur viðstöðu í vatnsskálinni.

Rafleiðni í vatninu fylgdi vatnshita og sveiflaðist á bilinu 70-97 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (13. mynd b). Ekki er marktækur munur á leiðni milli stöðva og var meðalleiðni fyrir allt vatnið á rannsóknartímabilinu 85 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\pm 0,8$ staðalskekkja). Mismunur á leiðnigildum milli innrennslis með Bugðu og útfalls rétt neðan við stíflu að sumri til (júní-ágúst) gefur til kynna að efnastyrkur í vatninu aukist sem nemur um 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ þann tíma sem vatnið hefur viðstöðu í vatnsskálinni.

Sýrustig mældist yfirleitt mjög hátt í vatninu sveiflaðist í takt við árstíma eins og búast mátti við (13. mynd c). Hámarksgildi, pH 9,0-9,8, mældust á öllum þremur stöðvum á tímabilinu júní-ágúst, en lágmarksgildi, pH 7,6-8,5, mældust á tímabilinu nóvember-apríl. Sýrustigsferlarnir gefa til kynna að ljóstillífun árið 2003 hafi hafist upp úr miðjum apríl.

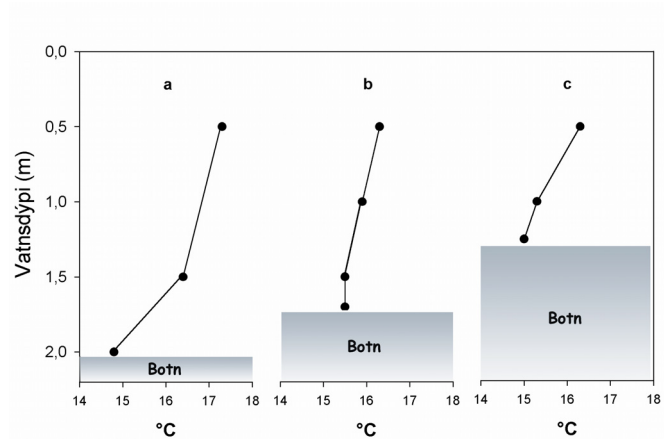
Dagana 6. og 18. ágúst 2003 voru sýrustig og vatnshiti mæld á þremur dýpum á einni stöð í Vatnsendavatni og á tveimur stöðum í Vatnsvatni. Þær mælingar sýna að 6. ágúst var um lagskiptingu að ræða í Vatnsendavatni bæði m.t.t. vatnshita (14. mynd) og sýrustigs (15. mynd). Þennan dag mældist sýrustig 6,8 næst botni á 2,0 m dýpi í Vatnsendavatni, en aðeins 0,5 m ofar í vatnssúlunni (1,5 m dýpi) mældist sýrustigið 9,7 og 9,8 einum metra þar fyrir ofan (0,5 m dýpi). Vatnshiti á sama sniði mældist 17,3 °C á 0,5 m dýpi, 16,3 °C á 1,5 m dýpi og 14,5 °C á 2,0 m dýpi við botn. Þann 18. ágúst varð ekki vart lagskiptingar af neinu tagi í vatninu.



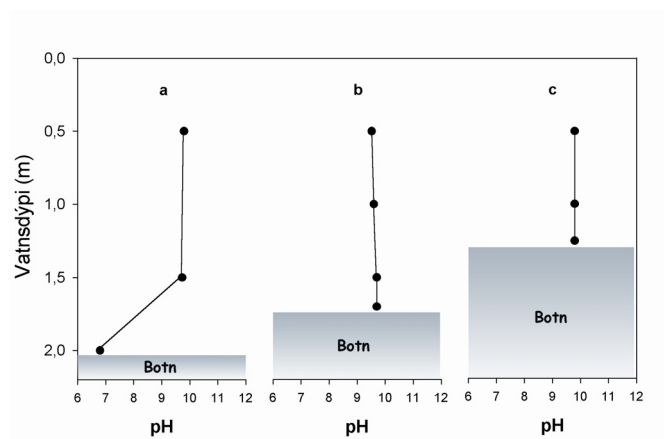
13. mynd. Vatnshiti (a), rafleiðni (b) og sýrustig (c) í Vatnsendavatni (stöð 1), á Engjunum (stöð 2) og í Vatnsvatni (stöð 3), Bugðu við Suðurlandsbraut (INN) og útfalli Elliðavatns (ÚT) á tímabilinu 31. júlí 2002 til 17. september 2003.

Mismunur á sýrustigi milli innrennslis með Bugðu og útfalls rétt neðan við stíflu gefur til kynna að sýrustig að sumri til (júní-ágúst) hækki um nær heila einingu þann tíma sem vatnið hefur viðstöðu í vatnsskálinni.

Samanburður á sýrustigsgildum sem voru mæld að vetri til, annars vegar undir ís (14. nóv. 2002 og 24. jan. 2003) og hins vegar þegar vatnið var íslaut (13. des. 2002), bendir til að ísþekja leiði til hækkunar á sýrustigi.



14. mynd. Vatnshiti í Vatnsendavatni (a, stöð 1) og Vatnsvatni, annars vegar skammt undan Þingneshólma (b) og hins vegar nær Myllulæk (c). Mælt 6. ágúst 2003.



15. mynd. Sýrustig í Vatnsendavatni (a, stöð 1) og Vatnsvatni, annars vegar skammt undan Þingneshólma (b) og hins vegar nær Myllulæk (c). Mælt 6. ágúst 2003.

3.2 Botnsýni - krabbadýr

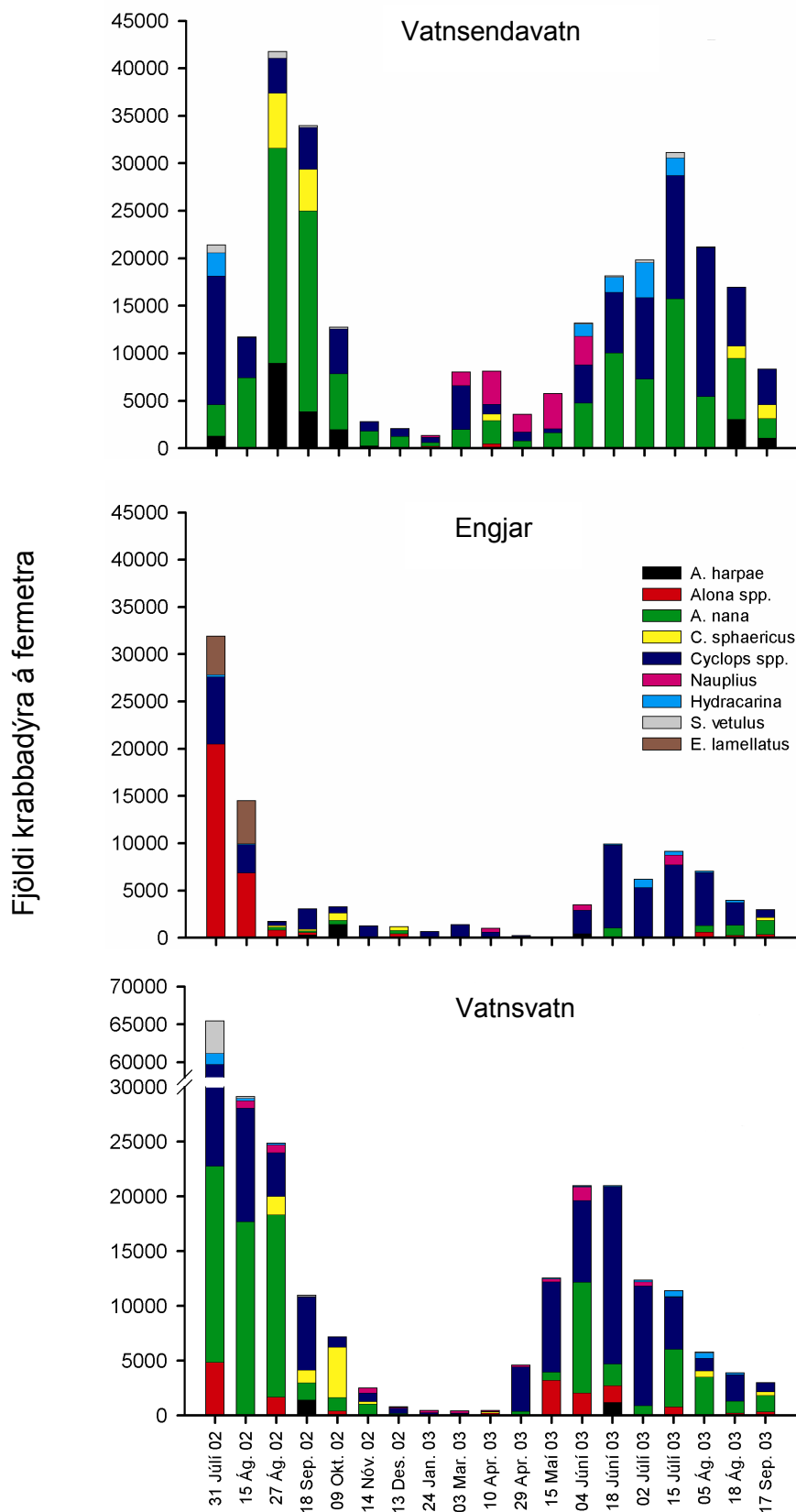
Alls greindust 19 tegundir og hópar af krabbadýrum auk vatnamaura úr trektargildrum af botni Elliðavatns (3. tafla, Viðauki II). Af þessum tegundum og hópum telst um fjórðungur algengur í vatninu. Lang algengustu krabbadýrin voru gárafló og augndíli. Mánaflær og kúlufló voru einnig nokkuð algengar, þó að þéttleikinn hafi verið langtum minni en meðal tveggja fyrstnefndu krabbadýranna. Meðal augndíla virtist vera a.m.k. um tvær tegundir að ræða. Meðal mánaflónna voru greindar þrjár tegundir, *A. affinis*, *A. rectangula* og *A. quadrangularis*, og bar mest á þeirri síðastnefndu.

3. tafla. Meðalþéttleiki krabbadýra og vatnamaura úr trektargildrum í Elliðavatni á tímabilinu 31. júlí 2002 til 17. september 2003. Raðað eftir minnkandi meðalþéttleika meðal vatnaflóa í Vatnsendavatni. Alls byggt á 19 sýnum á hverri stöð. sk. er staðalskekka.

	Vatnsendavatn		Engjar		Vatnsvatn	
	Meðaltal	sk.	Meðaltal	sk.	Meðaltal	sk.
Vatnaflær (Cladocera)						
Gárafló, <i>Alonella nana</i>	6.423,4	1.520,83	398,5	105,65	4.658,0	1.598,48
Hjálmfló, <i>Acroperus harpae</i>	1.262,5	522,74	272,7	93,45	378,2	118,30
Kúlufló, <i>Chydorus sphaericus</i>	915,5	352,65	170,7	47,52	663,3	278,58
Hakafló, <i>Simocephalus vetulus</i>	228,4	77,40	186,7	106,90	572,0	520,96
Granfló, <i>Grabtoleberis testudinaria</i>	218,9	68,91	16,0	3,22	191,6	64,45
Mánafló, <i>Alona rectangula</i>	132,8	33,42	38,0	10,35	545,8	249,01
Hakafló, <i>Simocephalus sp.</i>	123,5	25,37				
Mánafló, <i>Alona quadrangularis</i>	98,0	25,23	721,7	555,54	458,5	192,34
Mánafló, <i>Alona affinis</i>	66,0	22,44	2.978,6	2.906,16	307,1	169,76
Goggfló, <i>Camptocercus rectirostris</i>	62,0	17,77	41,4	11,07	64,6	38,79
Broddfló, <i>Macrothrix hirsuticornis</i>	42,8	30,08	25,2	11,66	52,4	22,04
Ranafló, <i>Bosmina coregoni</i>	32,8	15,11	59,4	23,99		
Kornáta, <i>Eurycerus lamellatus</i>	31,9	9,08	731,3	443,08	109,6	29,74
Glerfló, <i>Sida crystallina</i>	31,6	11,05	70,9	33,46		
Langhalafló, <i>Daphnia longispina</i>	15,8					
Mánafló, <i>Alona spp.</i>	12,5		97,0	33,46	120,5	58,53
Hakafló, <i>Simocephalus serrulatus</i>			12,8	0,20		
Stökkkrabbar (Copepoda)						
Augndíli, <i>Cyclops spp.</i>	5.134,8	1.052,92	2.652,1	650,92	6.671,5	2.208,25
Ungstig <i>Cyclops spp.</i> (nauplius)	1.023,0	303,42	326,5	118,80	333,2	100,09
Skelkrebbs (Ostracoda)	68,8	19,70	14,0		17,2	4,55
Ormdíli (Canthocamptidae)	16,7	3,61			12,9	
Vatnamaurar (Hydracarina)	1.049,6	337,44	201,2	81,30	283,7	118,18

Miklar árstíðasveiflur einkenndu bæði þéttleika og tegundasamsetningu í samfélagi krabbadýranna og einnig var umtalsverður breytileiki á milli stöðva (16. mynd). Flestar tegundir fundust einvörðungu að sumri til og um haust, en fáeinar tegundir, sér í lagi gárafló, kúlufló og augndíli, fundust fullvaxta allt árið þó í litlum mæli væri yfir veturinn. Kúlufló hegðaði sér ólíkt flestum öðrum krabbadýrunum að því leyti til að hún fannst í hvað mestum mæli mjög seint að sumri og um haust.

Heildarþéttleiki krabbadýra var all frábrugðin á milli stöðva. Að jafnaði voru flest dýr í Vatnsendavatni, þá Vatnsvatni en áberandi fæst á Engjunum (16. mynd). Vatnsendavatn var jafnframt eini vatnshlutinn þar sem einhver umtalsverður fjöldi af dýrum fannst snemma vors og að vetri til.



16. mynd. Þéttleiki krabbadýra (fjöldi einstakl./m²) í trektargildrum á sýnastöðvunum þremur í Elliðavatni á tímabilinu 31.júlí 2002 til 17. september 2003. Alls 19 sýni á hverri stöð.

Töluverður áramunur var í heildarþéttleika krabbadýra yfir sumarmánuðina á öllum stöðvum (16. mynd). Almennt var þéttleikinn mun hærri í júlí og ágúst 2002 en sömu mánuði árið 2003. Að auki var umtalsverður munur í tegundasamsetningu, sérstaklega á Engjunum. Þar voru mánaflær og kornáta uppistaðan í veiðinni sumarið 2002, en hvorugur hópurinn náði sér á strik árið 2003, en þá réðu augndíli ríkjum.

Tegundasamsetning og þéttleikahlutföll tegunda voru all breytileg eftir stöðvum og skáru Engjarnar sig frá hinum stöðvunum. Á Engjunum voru mánaflær og augndíli mest áberandi, reyndar hvor á sínu ári. Sumarið 2002 bar einnig töluvert á kornátu á Engjunum. Kornáta var aftur á móti fágæt í Vatnsendavatni og Vatnsvatni en þar voru gárafló ásamt augndílum mjög áberandi allt rannsóknartímabilið. Auk þess bar talsvert á kúlufló síðla sumars bæði árin. Á Engjunum voru bæði gárafló og kúlufló fremur fágætar og sama gildir um granfló. Þá skar Vatnsendavatn sig frá hinum stöðvunum tveimur hvað varðar hjálmfló, en nokkuð bar á þessari tegund að sumri til, einkum sumarið 2002.

Vatnamaurar komu fram í botnsýnum í nokkrum mæli að sumarlagi á öllum þremur stöðvunum (16. mynd). Þeir voru ekki greindir nánar en ljóst að um nokkrar tegundir var að ræða. Skelkrabbar fundust almennt í mjög litlum mæli og nær eingöngu í Vatnsendavatni. Þeir sáust á ýmsum árstímum, einna helst þó sumarið 2003.

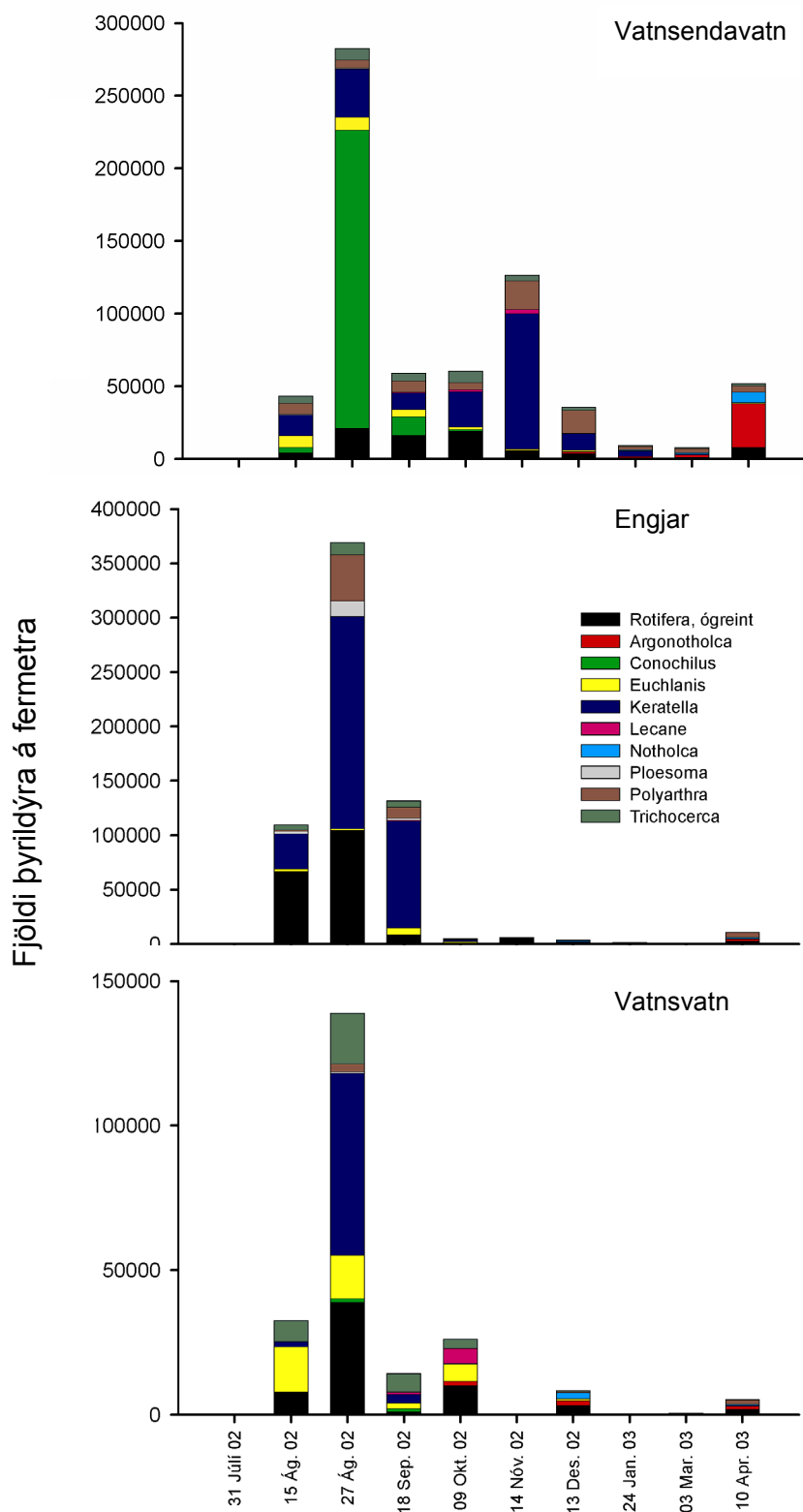
3.3 Botnsýni -Þyrildýr

Gögn um þyrildýr úr trektargildrum byggjast á tíu sýnatökudögum sem ná yfir tímabilið 15. ágúst 2002 til 10 apríl 2003. Alls greindust 13 ættkvíslir og hópar af þyrildýrum úr gildrusýnunum (4. tafla, Viðauki III).

4. tafla. Meðalþéttleiki þyrildýra úr trektargildrum í Elliðavatni á tímabilinu 31. júlí 2002 til 17. september 2003. Raðað eftir minnkandi meðalþéttleika tegunda í Vatnsendavatni. Alls byggt á 10 sýnum á hverri stöð. sk. er staðalskekkja.

	Vatnsendavatn		Engjar		Vatnsvatn	
	Meðaltal	sk.	Meðaltal	sk.	Meðaltal	sk.
Sólþylur, <i>Conochilus</i> sp.	37.254,2	33.649,85			1.182,7	28,02
Spaðaþylur, <i>Keratella</i> spp.	19.231,4	8.926,81	36.562,5	22.642,81	9.745,5	8.866,71
Þyrildýr, ógreind	9.159,1	2.581,15	21.176,6	12.659,17	8.055,1	4.662,28
Svuntþylur, <i>Argonotholca</i> sp.	8.374,3	7.164,92	765,7	462,36	1.042,1	325,89
Fjaðraþylur, <i>Polyarthra</i> spp.?	7.064,9	1.928,92	6.567,9	4.611,99	807,9	426,25
Skottþylur, <i>Trichocerca</i> spp.?	3.767,9	959,42	3.239,4	1.575,25	5.715,9	2.623,98
Sporðþylur, <i>Euchlanis</i> spp.?	3.154,8	1.260,96	1.469,1	792,26	6.462,4	2.898,44
Svuntþylur, <i>Notholca</i> spp.	1.767,5	1.319,62	591,9	325,02	829,5	620,61
Mánaþylur, <i>Lecane</i> spp.?	925,6	451,10	265,8	175,38	2.976,0	2.168,91
<i>Trichotria</i> spp. ?	491,7	297,27			194,6	
<i>Ploesoma</i> spp.?	409,7	132,47	6.101,6	4.002,67	344,2	271,62
<i>Gastropus</i> spp.?	291,6					
Pokaþylur, <i>Asplanchna</i> sp.?			464,4			

Ferlar þyrildýranna eru að sumu leyti fráruðnir því sem gildir um krabbadýrin. Til dæmis koma vaxtartoppar seinna fram og einnig varir hámarksþéttleiki þyrildýra mun skemur en hjá botnkröbbum (17. mynd). Þéttleiki þyrildýra er einnig áberandi minnstur í Vatnsvatni, en þar ásamt Vatnsendavatni voru botnkrabbar í langmestum mæli.



17. mynd. Þéttleiki þyrlidýra (fjöldi einstakl./m²) í trektargildrum á þremur stöðvum í Elliðavatni á tímabilinu 31. júlí 2002 til 10. apríl 2003. Alls 10 sýni á hverri stöð.

Hvað varðar tegundasamsetningu þyrildýra þá skar Vatnsendavatn sig einna helst frá hinum stöðvunum (17. mynd). Í Vatnsendavatni samanstóð vaxtartoppurinn síðla í ágúst að langmestu leyti, eða nær 70% af tegundinni *Conochilus* sp., en hlutdeild þessarar tegundar á hinum stöðvunum var ekki nema 5-10 %. Í Vatnsendavatni var einnig mest af þyrildýrum fram eftir hausti, líkt og átti við um krabbadýrin. Aðallega voru þetta tegundirnar *Keratella cochlearis* og *Polyarthra* sp. Þyrildýrin eru einnig fyrst að ná sér á strik um vorið í Vatnsendavatni eins og sjá má af vaxtartoppi hjá *Argonotholca* sp. Á Engjunum er það tegundin *K. cochlearis* sem var ráðandi og þar mældist einnig mestur heildarþéttleiki í einstakri sýnatökuferð, eða um 370.000 dýr/m² þann 27. ágúst 2002.

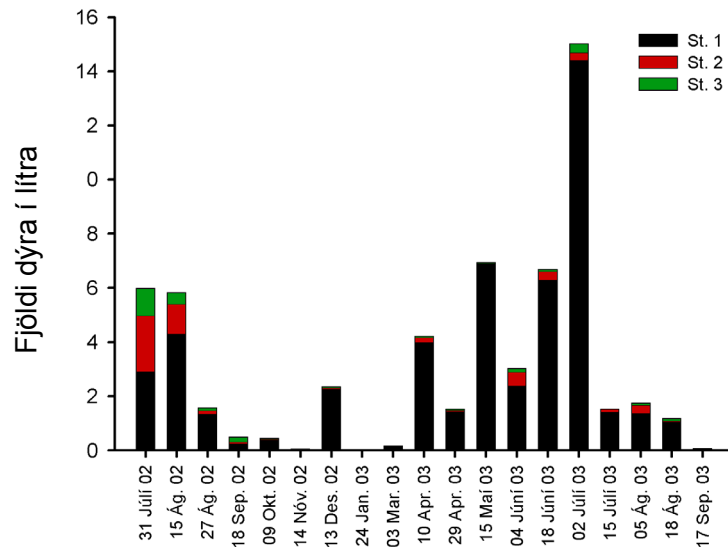
3.4 Svifsýni

Alls greindust 23 tegundir og hópar af krabbadýrum í svifsýnum (5. tafla, viðauki IV og V). Í þessu safni teljast aðeins tvær tegundir til eiginlegra svifkrabba, ranafló og langhalafló. Báðar tegundirnar eru í miklum minnihluta í svifinu og er samanlögð fjöldahlutdeild þeirra aðeins um 10%.

5. tafla. Meðalþéttleiki dýra úr svifhölum í Elliðavatni á tímabilinu 31. júlí 2002 til 17. september 2003. Raðað eftir minnkandi meðalþéttleika tegunda í Vatnsendavatni. Alls byggt á 19 sýnum á hverri stöð. sk. er staðalskekkja.

	Vatnsendavatn		Engjar		Vatnsvatn	
	Meðaltal	sk.	Meðaltal	sk.	Meðaltal	sk.
Vatnaflær (Cladocera)						
Kúlufló, <i>Chydorus sphaericus</i>	4,94	1,787	0,55	0,214	0,70	0,274
Gárafló, <i>Alonella nana</i>	4,39	1,212	0,48	0,110	1,09	0,375
Ranafló, <i>Bosmina coregoni</i>	3,19	1,088	2,67	0,891	0,71	0,212
Hakafló, <i>Simocephalus vetulus</i>	1,78	0,657	0,31	0,109	0,14	
Langhalafló, <i>Daphnia longispina</i>	1,01	0,197	0,82	0,564	0,51	
Goggfló, <i>Camptocercus rectirostris</i>	0,75	0,204	0,27	0,136	0,14	
Hjálmfló, <i>Acroperus harpae</i>	0,61	0,168	0,14	0,000	0,33	0,081
Mánafló, <i>Alona</i> spp.	0,50	0,163	3,62	2,378	0,43	0,295
Mánafló, <i>Alona rectangula</i>	0,47	0,155	0,32	0,187	0,16	0,027
Hakafló, <i>Simocephalus</i> sp.	0,41					
Glerfló, <i>Sida crystallina</i>	0,27	0,136	0,51		0,51	
Broddfló, <i>Macrothrix hirsuticornis</i>	0,27		0,14		0,14	
Granfló, <i>Grabtoleberis testudinaria</i>	0,25	0,069			0,14	
Mánafló, <i>Alona affinis</i>	0,16	0,023			0,14	
Hnoðafló, <i>Polyphemus pediculus</i>	0,14		0,51			
Mánafló, <i>Alona quadrangularis</i>	0,14				0,54	0,375
Kornáta, <i>Eurycerus lamellatus</i>			0,51	0,000	0,51	
Stökkkrabbar (Copepoda)						
Ungstig <i>Cyclops</i> spp. (nauplius)	14,59	3,499	0,91	0,237	0,44	0,138
Augndíli, <i>Cyclops</i> spp.	8,49	2,285	1,33	0,350	0,53	0,120
Rauðdíli, <i>Diaptomus</i> sp.	0,20		0,14			
Skelkrebbs (Ostracoda)						
	0,14					
Vatnamaurar (Hydracarina)						
	0,41	0,067	0,16	0,027	0,26	0,125
Þyrildýr (Rotifera)						
Þyrildýr, ógreind	12,35	2,485	4,82	0,814	2,21	0,535
Spaðaþýrlur, <i>Keratella</i> spp.?	5,70	0,827	2,42	0,509	1,15	0,428
Fjaðraþýrlur, <i>Polyarthra</i> spp.?	4,87	0,820	1,11	0,222	0,53	0,140
<i>Ploesoma</i> spp.?	3,66	0,626	2,99	1,062	1,03	0,389
Pokaþýrla, <i>Asplanchna</i> sp.	2,98	2,120	1,27	0,396	0,68	
<i>Trichocerca</i> spp.?	0,76	0,323	0,33	0,087	0,35	0,075

Heildarþéttleiki krabbadýra í svifi var að meðaltali 0,19 dýr í lítra sem er lítið. Langmestur þéttleiki mældist í Vatnsendavatni eða 0,36 dýr/l, en ekki nema 0,06 dýr/l á Engjunum og aðeins 0,03 dýr/l í Vatnsvatni (18. mynd). Heldur minna var af svifdýrum sumarið 2003 en sumarið 2002, rétt eins og átti við um krabbadýrin í botnsýnunum.



18. mynd. Þéttleiki krabbadýra (fjöldi dýra í lítra) í Vatnsendavatni (st. 1), á Engjunum (st. 2) og í Vatnsvatni (st. 3) á tímabilinu 31. júlí 2002 til 17 september 2003. Sýni úr svifhólum. Alls 19 sýni á hverri stöð.

Helstu tegundahópar af þyrildýrum í svifsýnunum voru *Keratella* spp. (aðallega *K. cochlearis*), *Polyarthra* spp. og *Ploesoma* spp. Heildarþéttleiki þyrildýra í svifi var að meðaltali 0,42 dýr/l. Umtalsverður munur var í þéttleika á milli stöðva og er hann á sama veg og kom fram hjá svifkröbbunum. Mestur mældist þéttleiki 0,65 dýr/l í Vatnsendavatni, 0,28 dýr/l á Engjunum og 0,14 dýr/l í Vatnsvatni. Almennt var mest um þyrildýrin að sumri og hausti, en þó fannst tegundin *Polyarthra* sp. einnig í töluverðum mæli snemma vors.

Ekki varð vart við svifþörungablóma á rannsóknartímabilinu og almennt var lítið af þörungum í svifi. Því þótti ekki ástæða til að greina þá ítarlega á þessu stigi. Mest var af keðjumyndandi kísilþörungum, s.s. *Tabellaria* spp. og *Asterionella* sp., en einnig bar nokkuð á grænþörungum, m.a. *Scenedesmus* sp., *Pediastrum* sp., *Closterium* sp. og *Staurastrum* sp. Þá fannst lítilsháttar af *Anabaena* sp., sem er keðjumyndandi og köfnunarefnisbindandi baktería eða blágrænþörungur. Samkvæmt ljósmyndum sem teknar voru í stafalogni í september 1984 í Vatnsendavatni má glögglega sjá að vatnið er gruggugt og kann það vera vegna blóma *Anabaena* sp. og eða annarra svifþörungum (19. mynd a og b). Þó er ekki hægt að útiloka að gruggið stafi af öðrum orsökum.



19. mynd a og b. Loftmyndir af Þingnesi og Vatnsendavatni teknar 16. september 1984. Líturinn á Vatnsendavatni bendir til þörungablóma í vatninu, hugsanlega vegna blágrænþörungisins *Anabaena* sp. Myndahöfundur: Guðmundur Ólafsson, Þjóðminjasafni Íslands.

4. Umræður og ályktanir

4.1 Ástand efna- og eðlisþátta

Mælingar í þessari rannsókn staðfesta að sýrustig var mjög hátt svo vikum skiptir í Elliðavatni að sumri til. Á tímabilinu júlí-ágúst árið 2002 og frá miðjum júní og fram í miðjan ágúst árið 2003 fór sýrustig aldrei undir 9,2 og hæst mældist það 9,9.

Mjög áþekkar niðurstöður fengust í rannsókn Tryggva Þórðarsonar (2003) þar sem sýrustig og fleiri efna- og eðlisfræðibreytur voru mældar í Elliðavatni einu sinni í mánuði á tímabilinu júlí 2001 til júní 2002. Í júlí-ágúst 2001 mældist pH á bilinu 9,7-10,0 og í júní 2002 mældist pH á bilinu 9,2-9,7.

Framangreindum niðurstöðum ber einnig vel saman við sýrustigsmælingar í rannsókn Sigurðar R. Gíslasonar o.fl. (1998) sem fram fór á vatnasviði Elliðavatns á tímabilinu nóvember 1997 til október 1998. Sýrustig í Elliðaánum mældist víða mjög hátt bæði sumrin, einkum þó í útfallinu rétt neðan við Elliðavatnsstíflu en þar mældist pH 9,8 og 9,0 í júlí og ágúst 1998.

Samkvæmt fyrirliggjandi rannsóknnum á sýrustigi í Elliðavatni bendir ekkert til þess að hátt sýrustig í vatninu sé tilfallandi eða skammlíft fyrirbæri, eins og haldið hefur verið fram (Hytteröd og Poléo 2002). Þvert á móti virðist hátt sýrustig á bilinu 9,0-10,0 vera regla og viðvarandi bróðurpartinn úr sumrinu. Fyrirliggjandi sýrustigsmælingar í Elliðavatni benda jafnframt til þess að það heyri fremur til undantekninga að sýrustig í vatninu mælist undir 7,5.

Varðandi sýrustig er erfitt að fjölyrða hvar Elliðavatn stendur í samanburði við önnur vötn á landinu vegna þess hve mælingar almennt í vötnum eru stopular. Sýrustig hefur í besta falli verið mælt einu sinni í tiltölulega fáum vötnum og nær aldrei með reglulegum hætti eins og í Elliðavatni. Mývatn er undantekning frá þessu og þar sýna mælingar að sýrustigið getur verið um og yfir pH 10 í nokkrar vikur að sumri til (Jón Ólafsson 1979; Sigurður R. Gíslason og Eydís S. Eiríksdóttir 2002; Ingunn M. Þorbergsdóttir 2002).

Í rannsókn okkar mældist sýrustig að sumri til allt að heilli einingu lægra í innrennslinu með Bugðu en í vatninu sjálfu og frárennslinu rétt neðan við Elliðavatnsstíflu. Í rannsókn Sigurðar R. Gíslasonar o.fl. (1998) fengust samsvarandi niðurstöður í sýrustigsmælingum á vatnasviði Elliðavatns. Samkvæmt báðum rannsóknnum má því fullyrða með umtalsverðri vissu að hið háa sýrustig í Elliðavatni stafar ekki af háu pH í yfirborðsrennsli til vatnsins heldur tengist það lindarvatnsírennslinu og eða efnaferlum innan vatnsins.

Fátt bendir til annars en að hið háa sýrustig í Elliðavatni eigi sér náttúrulegar skýringar og stafi annars vegar af háu bakgrunnsgildi í lindarvatnsírennslinu (pH 8,0-9,0, Orkuveita Reykjavíkur 2003), og hins vegar vegna frumframleiðslu þörungna og plantna, en við ljóstillífun hækkar sýrustig vatns. Hátt sýrustig í lindarvatni er vel þekkt hér á landi og er einkennandi fyrir vatnasvið á jarðsögulega ungum berggrunni með lekum hraunmyndum (Árni Hjartarson 1994; Freysteinn Sigurðsson 1993).

Við ljóstillífun plantna og þörungna gengur m.a. á birgðir koltvísýrings (CO_2), bíkarbónats (HCO_3) og fleiri efna en við það hækkar sýrustig vatns. Þar sem gróður í Elliðavatni samanstendur að lagmestu leyti af botnföstum háplöntum, en ekki nema að litlu leyti af svif- og botnþörungum, stafar sýrustigshækkunin um sumarið fyrst og fremst af vexti háplantna. Að Engjunum undanskildum þekja háplöntur víða stór svæði í Elliðavatni og gróðurbreiðurnar eru mjög þéttar og ná frá botni upp á yfirborð. Þessi plöntugróska í Elliðavatni stuðlar að enn meiri ljóstillífun og sýrustigshækkun en ella.

Mælingarnar á næringarefnum á vegum Náttúrufræðistofunnar ásamt rannsókn Sigurðar R. Gíslasonar o.fl. (1998) og Tryggva Þórðarsonar (2003) benda ekki til þess að um ofauðgun sé að ræða í Elliðavatni, a.m.k. ekki hvað varðar fosfór, köfnunarefni eða kísil, sem eru helstu næringarsölt frumframleiðenda. Styrkur langflestra næringarefna, sem og styrkur flestra aðalefna, er yfirleitt lágur í Elliðavatni miðað við vötn almennt á landinu og eða í samræmi við það sem búast má við með hliðsjón af vatnsdýpi.

Munur í efnastyrk milli fyrrnefndra þriggja rannsókna er almennt lítill og endurspeglar mjög líklega mismunandi árferði. Ágætt dæmi um þetta kemur fram í styrksgildum fosförs (P_{tot}), ammóníaks (NH_4) og lífræns kolefnis (TOC) í september 2000 annars vegar (rannsókn Náttúrufræðistofunnar) og hins vegar í september 2001 (Tryggvi Þórðarson 2003). Í september 2000 mældist fosfór 6 $\mu\text{g/l}$, ammóníak < 5 $\mu\text{g/l}$ og lífrænt kolefni 0,29-0,65 mg/l, en samsvarandi efnastyrksgildi í september 2001 voru 14,1 $\mu\text{g/l}$, 20,6 $\mu\text{g/l}$ og 4,8 mg/l.

Eina efnið í Elliðavatni sem sker sig úr í samanburði við önnur vötn er ál, eins og fram kemur á 4. mynd á bls. 9. Rétt er að benda á að vatnssýnin sem liggja til grundvallar 4. mynd voru langflest tekin síðla sumars eða snemma hausts, en þá má búast við að álstyrkur sé minni en um hásumar, einkum vegna minni frumframleiðslu og lægra sýrustigs í kjölfarið. Tengsl álstyrks og sýrustigs eru á þann veg að leysni áls er lítil á bilinu pH 6,0-8,0 en hækkar bæði við lækkandi pH undir 6,0 og hækkandi pH ofan við pH 8,0 (Driscoll og Postek 1996; Sparling og Lowe 1996). Því má búast við álstyrkurinn í vötnunum sem liggja að baki 4. mynd séu í lægri kantinum og gefi ekki til kynna hámarksgildi. Eftir stendur að álstyrkur í Elliðavatni er hlutfallslega hár miðað við önnur vötn. Í nýlegri rannsókn á áli í Mývatni kemur fram að styrkur áls er þar um tíu sinnum minni en í Elliðavatni (Sigurður R. Gíslason 2001). Skýringin á muninum milli vatnanna felst líklega í því að í Mývatni liggur þykkt setlag úr kísilgúr víðast hvar á botninum sem einangrar bergið frá vatninu og torveldar að ál gangi í vatnslaun (Sigurður R. Gíslason 2001). Í Elliðavatni er einnig töluvert um botnset í Vatnsendavatni og Vatnsvatni, en á Engjunum er það nánast ekki til staðar.

Hár álstyrkur bæði í Elliðavatni og Elliðaánum hefur nýlega verið staðfestur. Í rannsókn Tryggva Þórðarsonar (2003) mældist álstyrkur 20,3-150,0 $\mu\text{g/l}$ í alls 18 sýnum á þremur stöðum í Elliðavatni, þ.e. í Vatnsvatni, Vatnsendavatni og á Engjunum. Meðalstyrkur allra 18 mælinga var 89,2 $\mu\text{g/l}$ ($\pm$ 34,6, staðalfrávik), en hæstur álstyrkur mældist á Engjunum, að meðatali 100,7 $\mu\text{g/l}$, sem er um fimmtungi hærri styrkur en í Vatnsvatni og Vatnsendavatni.

Í rannsókn Sigurðar R. Gíslasonar o.fl. (1998) mældist hár álstyrkur í Elliðaánum á nokkrum stöðum, sérstaklega þó í útfallinu rétt neðan við Elliðavatn. Á tímabilinu júní-

september 1998 var álstyrkur skammt neðan við Elliðavatnsstíflu að jafnaði 104,4 µg/l, en mestur 235,0 µg/l um miðjan júní 1998. Styrkur áls í Hólmsá mældist langtum minni en í Elliðaánum (Sigurður R. Gíslason o.fl. 1998), en ekki varð vart við aukningu í álstyrk niður eftir vatnavegi Elliðaánna. Þetta bendir til þess að álið sé upprunnið innan Elliðavatns eða a.m.k. að innan vatnsins sé að finna orsakir fyrir háum álstyrk þar.

Varðandi uppruna áls og ástæðu fyrir háum álstyrk í Elliðavatni berast böndin að Engjunum og Bugðu. Fyrst ber að horfa til þess að meginuppspretta áls almennt í vatni er af jarðrænum toga, en ál er þriðja algengasta efni í jarðskorpunni og berst í vatn einkum í formi veðrunarsteinda úr bergi og jarðvegi. Þegar berg og jarðvegur fer á kaf í vatn leysast málmar og fleiri efni upp og ganga í vatnslausn. Þetta er vel þekkt úr rannsóknum á áhrifum miðlunarlóna þar sem gróður og jarðvegur er kaffærður (Verdon o.fl. 1991; Bodaly o.fl. 1984; Lodenius o.fl. 1983; Þráinn Friðriksson o.fl. 2000). Enda þótt Engjarnar hafi verið kaffærðar fyrir hartnær 80 árum er ekki ólíklegt að ál sé enn að losna þar úr bergi og jarðvegi, enda nóg af báðu í þessum hluta Elliðavatns, gagnstætt Vatnsvatni og Vatnsendavatni. Jafnframt má telja fullvíst að innflutningur á gruggi og uppsöfnun á álríku bergögnum hafi aukist á Engjunum eftir að Elliðavatn var stíflað og Bugða fór að renna inn á Engjarnar (sjá einnig Sigurð R. Gíslason 2001).

4.2 Áhrif efna- og eðlisþátta á lífríkið

4.2.1 Áhrif á smádýr

Ekki verður séð að stofnar botnlægra smádýra sem fylgst var með í þessari rannsókn í Elliðavatni séu undir álagi eða líði fyrir vegna ofauðgunar eða efnamengunar eða annarra áhrifa af manna völdum, s.s. vegna vatnsmiðlunar. Tegundasamsetning, þéttleiki og fjöldahlutdeild tegunda meðal botnkrabba og þyrildýra í Elliðavatni svipar mjög til þess sem þekkt er í Mývatni og mörgum öðrum grunnum vötnum hér á landi. Önnur gögn um smádýr benda heldur ekki til merkjanlegra áhrifa af manna völdum. Til dæmis er tegundasamsetning og þéttleiki fjörudýra í Elliðavatni í hærri kantinum meðal íslenskra stöðuvatna, sem gengur þvert á það sem búast má við með hliðsjón af áhrifum vatnsmiðlunar (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003b).

Samkvæmt viðamikilli erlendri rannsókn (de Eyto o.fl. 2003), þar sem notagildi vatnaflóa sem vísitægundir fyrir vatnsgæði var könnuð m.t.t. ýmissa umhverfisþátta, bendir há hlutdeild gáraflóar (*Alonella nana*) og hjálmflóar (*Acroperus harpae*) til þess að viðkomandi vatn sé hreint og ómengað. Há hlutdeild mánaflóarinnar *Alona rectangula* og einkum kúluflóarinnar (*Chydorus sphaericus*) gefa aftur á móti til kynna að vatnsgæði séu af verri endanum, einkum m.t.t. ofauðgunar á næringarefnum. Há hlutdeild *A. rectangula* er einnig talin til merkis um að viðkomandi vatn sé fremur basískt (de Eyto o.fl. 2003) og sama gildir um gárafló (Smirnow 1996). Gárafló er auk þess talin þola vel fremur hátt hitastig (de Eyto o.fl. 2003).

Allar fjórar framangreindar vatnaflóategundir finnast í Elliðavatni og þegar horft er á hlutföll þeirra í ljósi rannsókna de Eyto o.fl. (2003) gefa þau til kynna að vatnsgæði séu góð í vatninu, í það minnsta með hliðsjón af næringarefnum. Hér ber þó að hafa í huga að samfélag vatnaflónna í Elliðavatni var mismunandi eftir vatnshlutum. Þannig skera

Engjarnar sig úr en þar var gárafló mjög fágæt á heildina lítið, en í Vatnsendavatni og Vatnsvatni var gáraflóin allsráðandi meðal vatnaflóartegunda bæði sumrin og var hlutdeild þeirra af heildarfjölda vatnaflóa á bilinu 18-93%. Vægi kúluflóa af heildarfjölda vatnaflóa í Vatnsendavatni og Vatnsvatni var lítið á heildina lítið, eða á bilinu 1-15% yfir bæði sumur, en á Engjunum náðu þær þó mest 27% hlutdeild, en reyndar við mjög lítinn heildarþéttleika. Hlutdeild mánaflóarinnar *A. rectungula* var almennt lágt í vatninu, 0,3-2,3%, en náði þó mest tæpum 10% í Vatnsvatni í ágúst 2002 og 2003.

Fullvíst má telja að lífskilyrði fyrir botnkrabba séu mun lakari á Engjunum en í Vatnsendavatni og Vatnsvatni, einkum vegna þess hve botninn á Engjunum er þéttur í sér og efjusnauður, en einnig vegna þess hve þar er grunnt. Einnig gætir ölduhreyfinga meira á Engjunum en annars staðar, bæði vegna þess hve grunnt er og lítið af hávöxnum botngróðri. Þessi atriði skýra að öllum líkindum af hverju gárafló er jafn hlutfallslega fágæt á Engjunum og raun ber vitni, sem og af hverju þéttleiki botnkrabba almennt er þar minnstur. Þessu til frekari stuðnings má benda á að hlutdeild kornátu og mánaflóarinnar *A. affinis* er hlutfallslega há á Engjunum (sbr. 3. töflu), en báðar tegundirnar eru eindregin botndýr og því bitna óhentugar aðstæður síður á þeim en tegundum á borð gárafló og hjálmfló sem nokkuð svíflægar.

Almennt má segja um bæði krabba- og þyrildýrin sem fylgst var með í Elliðavatni að stofnsveiflur þeirra endurspegli fyrst og fremst árstíðasveiflur í vatnshita og fæðuframboði (sólarbirtu), en báðir þessir þættir ráða jafnan mestu um vöxt og viðgang krabbadýra (de Eyto og Irvine 2001; Duigan & Birks 2000). Aðrir þættir sem oft ráða miklu um magn krabbadýra eru gerð háplöntusamfélaga (Stansfield o.fl. 1989) og afránsþrýstingur frá fiskum (Jeppesen o.fl. 2002; Jeppesen o.fl. 2001; Miskimmin o.fl. 1995).

Hvað varðar vatnshitann í Elliðavatni þá bendir flest til þess að hámarksútslag á ári sé á bilinu 13-15 °C, með lágmark um 0,5 °C yfirleitt í desember-janúar og hámark jafnan í júlí-ágúst á bilinu 16-17 °C. Í einstaka tilfalli hefur vatnshiti að sumri til í Elliðavatni mælst enn hærri, eða allt að 20 °C (Orkustofnun, Vatnamælingar 2004). Samkvæmt þessu er Elliðavatn í hlýrri kantinum meðal stöðuvatna hér á landi eins og búast má við m.t.t. þess hve vatnið er grunnt. Þó ber að hafa í huga að vegna lindaráhrifa er vatnshiti að sumarlagi í Vatnsvatni allt að tveimur gráðum lægri en í Vatnsendavatni og á Engjunum. Á tímabilinu nóvember-mars eru stofnar botnkrabbana í lágmarki í takt við lágt hitastig og mjög lítið ber á fullorðnum dýrum. Stofnar krabbadýranna eru þá mestallir á eggstigi og liggja í dvala á botninum. Upp úr miðjum apríl og maíbyrjun, þegar vatnshiti hefur náð um 6 °C, færist líf í aukana á flestum sviðum og fullorðin krabbadýr komast á kreik á ný. Hámark í stofnstærð krabbadýranna fellur svo saman við tímabilið með hæstum vatnshita, þ.e. í júlí-ágúst.

4.2.2 Áhrif á fisk

Samantektin sem gerð er í þessari rannsókn á fiskigögnum frá veiðimálastofnun og fleiri aðilum bendir eindregið til þess að bleikju hafi fækkað í Elliðavatni á síðastliðnum 15 árum eða svo. Niðurstaðan er á sömu lund og fiskifræðingar á Veiðimálastofnun hafa

nýlega komist að (Þórólfur Antonsson 2002; Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 2003).

Fyrirliggjandi gögn um bleikjuaflla á sóknareiningu og hlutfall bleikju í silungsafla sýna að um er að ræða tölfraðilega mjög marktæka minnkun frá miðjum níunda áratug síðustu aldar. Urriðinn virðist aftur á móti hafa haldið í horfinu. Samkvæmt veiðigögnum sem ná til hartnær 30 ára á tímabilinu 1974-2002 hefur hlutdeild bleikju í silungsafla í Elliðavatni minnkað úr því að vera 55-85% á árunum 1974-1984 niður í 14-20% á árunum 1998-2002. Nýlegt stofnstærðarmat á silungi í Elliðavatni gefur einnig til kynna að bleikjan sé um 25% af heildarfjölda silunga (Jón Kristjánsson 2002a). Stofnstærðarmatið bendir einnig til þess að minna er af bleikju í Elliðavatni en búast má við með hliðsjón af stærð, dýpi og frjósemi vatnsins (Jón Kristjánsson 2002a). Svipaða ályktun má draga þegar gögn frá 1993 um bleikjuaflla á sóknareiningu í Elliðavatni eru borin saman við aflabrögð í fjölmörgum vötnum víðs vegar um landið (sbr. 7. mynd).

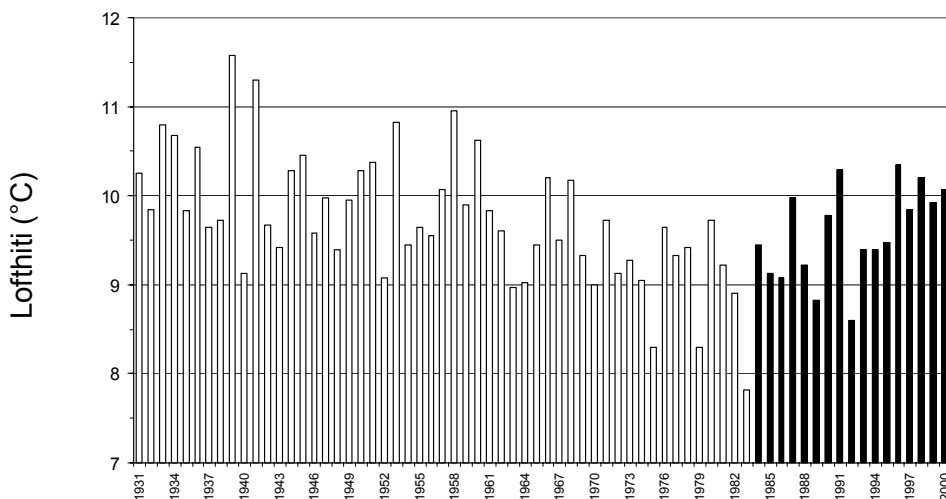
Auk fækkunar á bleikju í Elliðavatni hefur bleikjuseiðum fækkað umtalsvert í Hólmsá og Suðará frá því sem var fyrir 10-15 árum (Þórólfur Antonsson 2002; Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 2003). Sömu sögu er að segja um laxaseiði, einkum í ánum ofan vatnsins, en þar hefur þeim fækkað verulega frá því sem var fyrir 10-15 árum (Þórólfur Antonsson 2002). Þróunin í laxaseiðabúskap Hólmsár og Suðarár er að nokkru leyti í takt við minnkandi laxveiði í Elliðaánum (Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 2002). Allt öðru máli virðist gegna um urriða og er ekki annað að sjá en að hann haldi stöðu sinni almennt í vatnakerfinu og jafnvel að honum hafi fjölgað í Hólmsá og Suðará.

Að vonum hefur athygli manna verið vakin á hnignun bleikju og lax í Elliðavatni og vatnakerfi Elliðaánna og menn velt fyrir sér hugsanlegum ástæðum að baki þessari þróun (Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 1998, 2000, 2002 og 2003; Þórólfur Antonsson 2002; Ólafur Bjarnason 1999). Ljóst er að umhverfisálag á vatnakerfið í heild hefur vaxið allar götur frá því að byggð fór að þéttast á vatnasviðinu um og upp úr þriðja áratug síðustu aldar. Margskonar álagspættir hafa steðjað að vatnakerfinu í gegnum tíðina sem þrengt hafa að vexti og viðgangi fiskistofnana og má lesa um þetta í nýlegri samantekt um vistfræðirannsóknir á vatnasviði Elliðaánna (Ólafur Bjarnason 1999). Augu manna hafa einkum beinst að laxi og meðal helstu álagspáttum sem talið er að hafi haft áhrif á afkomu hans má nefna þverun fiskvega (Árbæjarstífla og Elliðavatnstífla), breyttir rennslishættir (rýrnun á búsvæðum), röskun á ósasvæði með landfyllingu og afrennsli á menguðu ofanvatni í árnar. Þá hefur eldislax numið Elliðaár og kýlaveiki hefur höggvið skarð í laxastofninn.

Vöxtur og viðkoma laxins eru háð því að hann komist í sjó þar sem hann dvelur um tíma. Viðkoma laxins er einnig háð því að hrygning og þroskun hroga fari fram í straumvatni. Þessu er ólíkt farið með bleikju og urriða en hvorug tegundin er háð sjógöngu og dafna vel sem landluktir stofnar bæði í straum- og stöðuvötnum. Hrygning bleikju og þroskun hroga getur þar að auki farið fram í stöðuvatni engu að síður en í straumvatni. Urriðinn er aftur á móti eins og laxinn háður straumvatni í hrygningu og hrogaþroskun. Í ljósi þessara atriða og með hliðsjón af helstu álagspáttum í vatnakerfi

Elliðaáanna er e.t.v. ekki við öðru að búast en að laxinn hafi orðið fyrir meiri skakkaföllum en bleikjan og urriðinn.

Hvað varðar Elliðavatn og skýringar á hnignun bleikjunnar þar, sem virðist hefjast um og upp úr 1985, er ekki hægt með neinni vissu að benda á einn orsakavald umfram annan. Ljóst er að tilkoma Elliðavatnsstíflu hefur takmarkað möguleika bleikjunnar á að sækja í Elliðaárna, sem fullvíst má telja að hún hafi gert, hvort sem var til að nærast eða hrygna, eða til að nota Elliðaárna sem afdrep af öðrum ástæðum. Þar sem rúm 70 ár eru liðin frá tilkomu stíflunnar skýrir þessi þáttur hins vegar ekki þróunina sem á sér stað upp úr miðjum níunda áratugnum. Svipað má segja um áhrif vatnsniðlunar, en vatnsborðssveifla vegna niðlunar hefur lengst af verið fremur lítil og jafnframt minnkað með árunum. Aðrir þættir hljóta því að koma við sögu og huga verður bæði að náttúrulegum þáttum og þáttum af manna völdum.



20. mynd. Meðallofthiti í Reykjavík á tímabilinu júní-september 1931-2000. Gögn fengin frá Veðurstofu Íslands (2004). Svarta súlur sýna meðallofthitann á tímabilinu 1984-2000, en á þessu tímabili er um marktæka hækkun í lofthita að ræða (Pearson's fylgnistuðull $r = 0,52$, $n = 16$, $P < 0,05$).

Í fljótu bragði verður ekki séð að neinar augljósar, náttúrulegar breytingar hafi átt sér stað í vatninu eða umhverfi þess, t.d. hvað varðar vatnshita og fæðuframboð, sem skýrt gæti hnignun bleikjunnar frá miðjum níunda áratugnum. Reglulegar mælingar á vatnshita í Elliðavatni hafa aðeins verið stundaðar síðastliðin fjögur ár, eða frá því um áramótin 2000-2001 (Orkustofnun, Vatnamælingar 2004) sem gagnast ekki til að álykta um hugsanlegar hitabreytingar í vatninu til langs tíma. Hins vegar má benda á að samkvæmt langtíma veðurfarsgögnum hefur lofthiti að sumarlagi á höfuðborgarsvæðinu farið hækkandi eftir 1983, en það ár var óvenjukalt og markaði lokin á hægfare kólnun allar götur að því er virðist síðan mælingar hófust árið 1931 (20. mynd). Úr lofthitagögnum má einnig lesa að fremur kalt hafi verið í kringum 1974-1975. Jafnframt má lesa að á nokkrum áraskeiðum fyrir 1974 hefur lofthiti verið álíka hár og hærri en á áraskeiðinu 1984-2000. Vatnshiti er töluvert háður lofthita, sérstaklega í

grunnum vötnum eins og Elliðavatni og því er ekki ólíklegt að vatnið hafi hlýnað samhliða lofthitanum á tímabilinu 1984-2000. Ef svo er þá er það aftur annað mál hvort hlýnunin hafi verið nægjanleg til að hafa áhrif á bleikjuna.

Burtséð frá því hvort Elliðavatn hafi hlýnað á umræddu tímabili eða ekki, er vert að benda á að vatnshiti að sumarlagi í Elliðavatni hefur á allra síðustu árum, m.a. í þessari rannsókn, mælst mjög hár einstaka daga, eða á bilinu 17-20 °C. Ef það er tilfellið að vatnshitinn sé af þessari stærðargráðu samfleytt í nokkra daga eða heila viku, eins og gögn Vatnamælinga Orkustofnunar frá sumarinu 2002 staðfesta, má búast við að bleikjan geti átt í vandræðum. Efri mörk í vatnshita fyrir kjörvöxt hjá fullorðnum bleikjum er við 12 °C og strax fyrir ofan 14 °C dregur úr vaxtarhraða (Jobling 1983; Lyytikainen o.fl. 2002). Kjörhitastig fyrir þroskun hroga og seiða er enn lægra en hjá fullorðnum bleikjum (Jobling 1983). Kjörhitastig fyrir vöxt urriða er hinsvegar umtalsvert hærri en hjá bleikju og efri mörkin í kringum 17 °C. Lax hefur svo enn hærri kjörhita en urriði, eða að hámarki um 20 °C (Elliott 1994).

Að framansögðu má gera að því skóna að Elliðavatn henti urriða og laxi betur en bleikju með hliðsjón af vatnshita í heitum sumrum. Þar sem vatnshiti er mismunandi eftir svæðum í Elliðavatni og jafnan lægstur í Vatnsvatni þar sem kalt lindarvatn streymir inn er ekki ólíklegt að bleikjan sæki þangað sérstaklega þegar mjög heitt er annars staðar í vatninu. Einnig má búast við að bleikjan sæki inn í Helluvatn, en þar gætir líka sterkra lindavatnsáhrifa. Innstreymi á köldu og súrefnisríku lindarvatni í Vatnsvatni og Helluvatni er einnig án efa aðalskýringin á því að á þessum stöðum eru helstu riðastöðvar bleikjunnar í Elliðavatni (Jón Kristjánsson 2002b). Seiðarannsóknir Veiðimálastofnunar benda jafnframt til þess að langmestur þéttleiki bleikjuseiða er í fyrrgreindum tveimur vatnshlutum (Þórólfur Antonsson 2002). Leiða má að því líkur að viðgangur bleikjustofnsins í Elliðavatni, einkum á hroga- og seiðastigi, sé töluvert háður vatnshitaskilyrðum í Vatnsvatni og Helluvatni.

Hvað varðar hugsanlegar breytingar á fæðuframboði og áhrif á bleikjustofninn er nær ómögulegt að segja til um því aðeins eru til upplýsingar um magainnihald bleikju en ekki hvað henni stóð til boða í vatninu. Af magainnihaldi bleikjunnar má hins vegar ráða að verulegur áramunur er í fæðuvalinu þann tíma sem gögn ná yfir (1988-1999). Þannig var kornáta t.d. allsráðandi í fæðunni árin 1988, 1989 og 1992, en í afar litlum mæli í öðrum árum og stundum var hún alls ekki étin. Á hinn bóginn voru rykmýslirfur áberandi í fæðunni flest ár, einkum þó 1990 og 1999, en lítið étin 1988 og 1989. Þá var hlutur efjuskelja mjög hár á tímabilinu 1994-1998 en lítill í öðrum árum. Gögn okkar um magn botnkrabba á tímabilinu júlí 2002 til ágúst 2003 sýna einnig að miklar sveiflur geta átt sér stað á ekki lengri tíma en einu ári. Þetta á t.d. við um kornátu og þó einkum mánafló sem fundust í umtalsverðum mæli á Engjunum sumarið 2002 en í afar litlum mæli næsta sumar.

Niðurstöðurnar um fæðu bleikju staðfesta fyrst og fremst að bleikjan er sveigjanleg í fæðunámi og að hún éti líklega það sem mest er af hverju sinni. Fæðuskortur verður aftur á móti að teljast fremur ólíkleg skýring á hnignun bleikjunnar, bæði í ljósi sveigjanlegra fæðuhátta og hins, að afar ólíklegt er að sú staða komi upp í vatninu að allir helstu fæðuhópar bleikjunnar séu samtímis í lægð. Þar sem gögn skortir um fæðuframboð og magainnihald bleikju samtímis í vatninu er hins vegar ekki hægt að

alhæfa um hugsanlegan fæðuskort. Sérstaklega á þetta við um seiðastigið, þegar fæðunám er hvað viðkvæmast á æviskeiðinu og háð því að fæðudýr af réttri stærð standi til boða í nægjanlegu magni.

4.2.3 Áhrif áls og sýrustigs á fisk

Þar sem ráðist hefur verið í sérstaka rannsókn á áhrifum áls á fisk í tengslum við áhyggjur út af háum álstyrk í Elliðavatni (Sigurður R. Gíslason o.fl. 1998) er ástæða til að fjalla um það mál í sérstökum kafla. Full ástæða er einnig til að rýna í niðurstöður ál-rannsóknarinnar vegna þess að í skýrslu höfundanna (Hytteröd og Poléo 2002) sem afhent var verkkaupum (Kópavogsbær og Reykjavíkurborg) gætir misskilnings á mikilvægum efna- og eðlisþætti í Elliðavatni.

Áhyggjur út af háum álstyrk í Elliðavatni voru fyrst settar fram eftir að mælingar í júní og júlí 1998 sýndu mjög háan álstyrk á nokkrum stöðum í Elliðaánum (Sigurður R. Gíslason o.fl. 1998). Álstyrkurinn mældist á bilinu 93-235 µg/l og var bent á að það væri nærri hættumörkum fyrir fiskseiði og vísað til niðurstaðna á tilraunum með fiskseiði, þ.m.t. á lindableikju (*Salvelinus fontinalis*). Þær tilraunir gefa tilefni til að ætla að lífslíkur laxfiskaseiða minnki um 25-50% eftir tveggja vikna dvöl í vatni með álstyrk á bilinu 200-300 µg/l (Driscoll o.fl. 1980). Tilraun Driscoll og félaga fór fram í súru vatni (pH 5,2), en eituráhrif áls á fisk í súrum vötnum hafa mikið verið rannsökuð enda um umfangsmikið vandamál að ræða bæði í N-Ameríku og Evrópu. Í Elliðavatni ríkja allt aðrar aðstæður en í súrum vötnum þar sem vatnið er mjög basískt og því er spurning hvaða áhrif hár álstyrkur hefur á fisk undir slíkum kringumstæðum.

Til að varpa ljósi á spurninguna um áhrif hás álstyrks á fisk undir basískum kringumstæðum var ráðist í tilraun á vegum Kópavogs og Reykjavíkur. Í tilrauninni var eins árs laxaseiðum haldið í rennandi vatni við hátt sýrustig (pH 9,5) og háan álstyrk (350 µg Al/l) í þrjár vikur (Hytteröd og Poléo 2002; Poléo og Hytteröd 2003). Tilraunin fór fram í Osló í Noregi og notast við 9 °C kalt vatn með lága rafleiðni (um þriðjungur af ríkjandi rafleiðnigildum í Elliðavatni). Í stuttu máli sagt staðfestir rannsóknin að laxaseiðin urðu fyrir eituráhrifum af áli eftir þriggja vikna dvöl við framangreindar tilraunaaðstæður. Ekki varð vart við bráðadauða (acute toxicity) en laxaseiðin urðu fyrir lífeðlisfræðilegu álagi svipuðum þeim sem kunn eru hjá laxfiskum þegar um er að ræða áhrif áls í súrum vötnum (aukning í glúkósa og frumustyrk (haemacrit) í blóði og minnkun klórs í blóðvökva). Í samræmi við þessar niðurstöður ályktuðu höfundarnir að náttúrulega hár álstyrkur hafi áhrif á lax við basískar aðstæður („*Thus, aluminium at naturally relevant concentrations does have an effect on Atlantic salmon under alkaline conditions.*“) (Poléo og Hytteröd 2003; Hytteröd og Poléo 2002). Einnig var ályktað að ástæða væri til að ætla að stöðugt áreiti í meira en þrjár vikur við svipaðar kringumstæður og giltu í tilraun þeirra hefði á endanum drepit laxaseiðin („*It is reason to believe that a continous exposure for similar conditions as in our study will finally lead to mortality in the fish.*“) (Hytteröd og Poléo 2002).

Skýrsluhöfundar (Hytteröd og Poléo 2002) benda á að þar sem ekki hafi verið um bráðaáhrif að ræða eða dauðsföll, heldur væga truflun á lífeðlisfræði, sé erfitt að spá fyrir um langtíma afleiðingar af völdum áleitrunarinnar á fiskistofnana í Elliðavatni. Hér er enda erfitt um vik vegna þess hve rannsóknir eru fáar og almennt lítið vitað um áhrif

áls á laxfiskategundir undir langvarandi basískum kringumstæðum, þ.e. þegar sýrustig er á bilinu 9,0-10,0 svo vikum skiptir í sumum árum eins og virðist gilda um Elliðavatn og Mývatn. Ekki bætir heldur úr skák að þekking á áhrifum áleitrunar á hrogn- og kviðpokastig fiska, sem jafnan eru viðkvæmustu æviskeið fiska, er langtum takmarkaðri en á eldri vaxtarstigum. Ársgamlir laxfiskar og þaðan af eldri eiga þar að auki jafnan auðveldara með að forðast óhagstæðar kringumstæður í umhverfinu með því að flytja sig um set heldur en kviðpokaseiði og hvað þá heldur en hrogn, sem flytja sig ekki um set.

Hvað sem síðastnefndu vanköntum líður ályktuðu Hytteröd og Poléo (2002) engu að síður að fisktegundunum í Elliðavatni yrði ekki meint af álinu og stafaði engin hættu af því, að því gefnu, og vel að merkja þetta er þýðingarmikil forsenda, að sýrustig vatnsins héldist ekki hátt um lengri tíma, þ.e. talsvert lengur en í þrjár vikur. Athygli vekur að Hytteröd og Poléo (2002) draga upp þá mynd af Elliðavatni að sýrustig vatnsins sé vanalega um 7,5, en að hátt pH um 9,5 sé undantekning og vari í stuttan tíma. Þetta er athyglisverð lýsing á sýrustigi í vatninu vegna þess að þegar ál-skýrsla höfundanna var samin lágu ekki neinar sýrustigsmælingar fyrir sem réttlæta slíka lýsingu. Slíkar mælingar voru fyrst gerðar í rannsókn Náttúrufræðistofunnar þar sem mælt var tvisvar í mánuði að sumarlagi og í rannsókn Tryggva Þórðarsonar (2003) þar sem mælt var einu sinni í mánuði. Eins og fram hefur komið gefa þær mæliniðurstöður til kynna allt aðra og gagnstæða mynd af sýrustigi vatnsins heldur en lýst er í fyrrnefndri ál-skýrslu. Eða með öðrum orðum að sýrustig í Elliðavatni sé jafnan hátt að sumri til, þ.e. á bilinu 9,0-10,0 í tvo mánuði og jafnvel lengur.

Samkvæmt öllum sólarmerkjum benda því tilraunir á eituráhrifum áls (Poléo og Hytteröd 2003; Hytteröd og Poléo 2002) og mælingar á áli, sýrustigi og bleikjuafli til þess að full ástæða sé til að ætla að hár álstyrkur eigi þátt í fækkun bleikjunnar í Elliðavatni. Einnig er full ástæða í þessu sambandi að benda á að hátt sýrustig út af fyrir sig getur valdið fiskum erfiðleikum. Hér er reyndar um nær óplægðan akur að ræða og við mjög fáar rannsóknir að styðjast. Þær fáu vísbendingar sem fyrir hendi eru benda aftur á móti til þess að laxfiskar þoli illa við í vötnum ef sýrustigið er viðvarandi á bilinu 9,5-10,0 (Poléo og Hytteröd 2003; Hytteröd og Poléo 2002). Mikilvægt er að fylgja eftir rannsóknunum sem nú liggja fyrir á sýrustigi með framhaldsmælingum, m.a. til að taka af vafann um það hve lengi hátt sýrustig helst samfleytt í vatninu. Þá þyrfti einnig að mæla ál oftar en gert hefur verið.

4.3 Viðstöðutími Elliðavatns – þol gagnvart mengun

Því hefur verið haldið fram að Elliðavatn sé þolið gagnvart hugsanlegri mengun þar sem viðstöðutími vatnsins sé mjög stuttur, eða aðeins um fimm til níu dagar, og að ör endurnýjun vatnsins valdi því að mengunarefni skolist hratt út (Tryggvi Þórðarson 2003; Jón Kristjánsson 2002c). Eins og bent er á í kafla 2.1.1 og 2.1.3 í þessari skýrslu hníga ýmis rök að því að það sé ónákvæmt að reikna út viðstöðutíma vatnsins með einföldum hætti út frá inn- og útrennsli í vatnið eins og tíðkast hefur.

Þegar botndýpi og lögun vatnsskálarinnar er skoðuð ásamt staðsetningu inn- og útrennslis liggur nánast í augum uppi að vatnið er tví- og jafnvel þrískipt. Í fyrsta lagi

rennur um helmingur af írennsli Elliðavatns með Bugðu inn á Engjarnar, en þeim hallar frá Vatnsvatni og Vatnsendavatni að útrennslinu við Elliðavatnsstíflu. Vatnið úr Bugðu kann því að fara skemmstu leið um Engjarnar án þess að blandast öðrum vatnshlutum að neinu marki. Í þessu sambandi má benda á að samkvæmt loftmyndum má greina farveg á Engjunum meðfram landi við Norðlingaholt, sem gæti einmitt bent til þess að vatnið úr Bugðu renni jafnan í fremur afmarkaðri rás, en dreifist ekki um allt Elliðavatn.

Hinn helmingurinn á móti írennslinu með Bugðu berst aðallega í Vatnsvatn með Suðurá um Helluvatn og með lindum sem spretta fram meðfram suðausturströndinni. Úr Vatnsvatni liggur fremur greið leið inn á Engjarnar, í stefnu að útrennslinu. Vatnsendavatn virðist aftur á móti vera tiltölulega einangrað frá bæði Vatnsvatni og Engjunum, og rennur úr því mjög líklega inn á Engjarnar að mestu leyti gegnum álinn í gamla farvegi Dimmu, sem enn sést móta vel fyrir meðfram Vatnsendalandi og að Elliðavatnsstíflu.

Þegar framangreind atriði eru höfð í huga ásamt því að á Engjunum er mjög takmarkaður hágróður og því lítil fyrirstaða gegn vatnsstreymi, öfugt við það sem gegnir um Vatnsvatn og einkum þó Vatnsendavatn, þá má telja víst að viðstöðutími vatns sé frábrugðin milli vatnshlutanna. Reikna má með að viðstaða vatns sé hvað mest í Vatnsendavatni og minnst á Engjunum. Ef þetta er tilfellið má búast við með hliðsjón af endurnýjunartíma vatns að þol gagnvart hugsanlegri mengun eða sviþörungablóma sé minnst í Vatnsendavatni og mest á Engjunum.

Straummælingar hafa nýlega verið gerðar í Elliðavatni (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2002), en þær fóru fram í mars þegar vatnið var ísi lagt og mældist straumur þá hverfandi lítill hvarvetna í vatninu. Mjög forvitnilegt væri að endurtaka strauummælingarnar á öðrum árstímum til að sannreyna hvort vatnsstreymi og viðstaða vatns sé mismuandi eftir vatnshlutum eins og hér hefur verið reifað. Við útsetningu mælipunkta á Engjunum væri æskilegt að taka mið af því að írennsli Bugðu kann að liggja nálægt landi í fremur afmarkaðri botnrás.

5. Tillögur um vöktun og frekari rannsóknir

Hér á eftir eru settar fram tillögur um framhaldsvöktun og afmarkaðar, sértækar rannsóknir á völdum þáttum í vistkerfi Elliðavatns og byggjast þær á helstu niðurstöðum rannsóknarinnar. Einnig er tekið mið af niðurstöðum og ábendingum í öðrum rannsóknarverkefnum, en eins og fram hefur komið hafa all margar rannsóknir verið gerðar í vatnakerfi Elliðaánna sem tengjast ástandi þess m.t.t. mengunar og annarskonar álags af völdum manna.

Val á vöktunarbreytum og útfærsla á framkvæmd vöktunarinnar miðast við það að vöktunin veiti upplýsingar um hvað er gerast á helstu stigum vistkerfisins í heild. Með því móti á að fást nokkuð heildstæð mynd af vistkerfinu þar sem hægt verður að rekja og tengja saman mikilvæga grundvallarþætti og segja til um orsakir og afleiðingar í vistkerfinu.

Þar sem ýmsar rannsóknastofnanir hafa staðið að rannsóknunum sem og vegna þess að vatnasvið Elliðaánna tilheyrir lögsögu þriggja sveitarfélaga (Kópavogur, Mosfellssveit og Reykjavík), er mikilvægt m.t.t. skilvirkni og hagkvæmni að samræma eins og kostur er fyrirhugaðar framhaldsrannsóknir á svæðinu.

5.1 Vöktunarverkefni

Efna- og eðlisþættir

- Vatnsborðshæð og vatnshiti í Elliðavatni. Þessir þættir eru þegar mældir af Orkustofnun. Mælt er nokkrum sinnum á dag allt árið. Vatnshitamælingin veitir mikilvægar upplýsingar um grundvallarþátt í vistkerfinu í mikilli tímaupplausn þannig að bera má saman vatnahita við stöðu annarra þátta í vatninu með mikilli nákvæmni eftir þörfum. Auk þess er með mælingunum lagður traustur grunnur að langtímaupplýsingum um hitafar vatnsins.
- Lagt er til að mæla sýrustig, fosfór (Ptot), köfnunarefni (Ntot) og ál á þremur stöðum í vatninu (Vatnsvatni, Vatnsendavatni og Engjunum) átta sinnum árlega (tvisvar á mánuði á tímabilinu júní-ágúst og einu sinni í apríl-maí og september-október). Vísbendingar liggja þegar fyrir um að sýrustigsgildi og álstyrkur séu óvenjuleg í vatninu og því er ástæða til að fylgjast sérstaklega með þessum breytum. Næringarefnin tvö skipta miklu máli fyrir frumframleiðslu í vatninu og veita einnig vísbendingar um ákomu í tengslum við þéttingu byggðar á svæðinu. Mjög æskilegt er að taka sýni í öllum þremur vatnshlutunum til að varpa ljósi á uppsprettu viðkomandi mæliþátta. Samtímis mælingum og sýnatöku á ofangreindum breytum yrði vatnshiti og rafleiðni mæld.

Ofangreindar tillögur eru hugsaðar til fimm ára. Alls er um að ræða 24 vatnssýni í átta ferðum á hverju ári. Þetta er all þétt sýnataka en hún er talin nauðsynleg til að leggja grunn að einföldun á vöktunarverkefninu að fimm árum liðnum. Einföldun og hagræðing gæti falist í því að blaðgrænumælingar (sjá að neðan) komi að veruleg leyti í stað mælinga á fosfór og köfnunarefni, t.d. þannig að

aðeins nægði að taka vatnssýni til mælinga á næringarefnum einu sinni ári (sbr. Tryggva Þórðarson 2003).

Blaðgræna og svifþörungar

- Lagt er til að mæla blaðgrænu (chlorophyll-a) en blaðgrænumagn gefur góðar vísbendingar um magn svifþörungum og tengist allnáið styrk næringarefna í vatninu. Blaðgrænan segir því til um hvernig næringarefni í vatninu nýtast svifþörungum og veitir haldgóðar vísbendingar ef um grundvallarbreytingar er að ræða í vistkerfinu (t.d. ef upp kemur þörungablómi). Mælingum er best að haga í samræmi við sýnatöku á efna- og eðlisþáttum eins og greint er frá hér að ofan. Alls er um að ræða 15 mælingar í átta ferðum (sbr. sýnatökuferðir vegna efna- og eðlisþátta).
- Samhliða sýnatöku fyrir blaðgrænumælingar er lagt til að taka vatnssýni til greiningar á svifþörungum. Um grófgreiningu yrði að ræða og hugað m.a. tilvist blágrænþörungsins *Anabaena* sp. Alls er um að ræða 15 vatnssýni í átta ferðum (sbr. sýnatökuferðir vegna efna- og eðlisþátta).

Ofangreindar tillögur eru hugsaðar til fimm ára en að þeim loknum yrði vöktunarpátturinn endurskoðaður með það í huga að einfalda hann enn frekar.

Smádýr

- Lagt er til að vakta botnlæg krabbadýr með gildrum eins og gert var í rannsókninni en með töluvert einfaldari hætti. Nokkrar tegundir botnkrabba í vatninu nýtast vel sem vísbendlar um vatnsgæði m.t.t. magns næringarefna og jafnframt skiptir kornáta miklu máli í fæðu bleikjunnar.

Lagt er til að fylgjast með botnkröbbunum í Vatnsendavatni og á Engjunum, en sleppa Vatnsvatni þar sem krabbadýrafáan þar líkist mjög því sem er í Vatnsendavatni. Þá er lagt til að fækka sýnatökum og samræma þær við mælingar á efna- og eðlisþáttum (sbr. tillögur að ofan), þ.e. að taka sýni átta sinnum á tímabilinu apríl-október (tvisvar á mánuði á tímabilinu júní-ágúst og einu sinni í apríl-maí og september-október). Alls er um að ræða 16 smádyrasýni í átta ferðum á hverju ári.

Ofangreindar tillögur eru hugsaðar til fimm ára en að þeim loknum yrði vöktunarpátturinn endurskoðaður með það í huga að einfalda hann enn frekar.

Fiskar

Mikilvægt er að halda áfram þeim rannsóknum sem Veiðimálastofnun hefur stundað á silungi og laxi í vatninu um árabil. Fyrir liggja dýrmæt langtímagögn sem aflað hefur verið með stöðluðum hætti sem segja heilmikið um sögu og þróun fiskistofnana í vatninu, ekki aðeins hvað varðar magn og tegundasam-setningu heldur ekki síður um lífsögubætti fiskanna og fæðuval. Sýnatakan fer fram einu sinni ári að hausti til og er um að ræða lágmarksátak sem ekki má draga úr.

Varðandi seiðarannsóknir mætti að ósekju framkvæma þær oftár en einu sinni á ári, enda um tiltölulega einfalda framvæmd að ræða, a.m.k. hvað varðar mælingu á þéttleika og lengd og þyngd seiða. Þá væri æskilegt að kanna betur fæðuval seiðanna, m.a. í tengslum við fæðuframboð í vatninu.

5.2 Afmörkuð rannsóknarverkefni

Hér á eftir verða tíunduð nokkur rannsóknarverkefni sem talin eru mikilvæg og hafa það að markmiði að veita svör við afmörkuðum spurningum í tengslum við ástand Elliðavatns. Um er að ræða skammtíma verkefni sem vara ekki lengur en tvo til þrjá mánuði hið mesta.

- Mælingar á sýrustigi. Mikilvægt og mjög áhugavert er að rannsaka nánar ferli sýrustigs í vatninu að sumri til. Mælingarnar hingað til hafa verið tiltölulega stopular, þ.e. í mesta lagi mælt tvisvar í sumarmánuði. Til að staðreyna að pH sé viðvarandi hátt í vatninu í langan tíma væri æskilegt að mæla t.d. einu sinni í viku á tímabilinu júní-ágúst. Samhliða slíkum mælingum er mjög forvitnilegt að afla upplýsinga um dægursveiflu í pH, en þekkt er að pH breytist í takt við ljóstillífunarferli sem aftur er háð hita- og einkum birtustigi. Slíka mælingu mætti framkvæma t.d. í þrjú skipti að sumri til, á tveggja tíma fresti í tvo sólarhringa í senn.
- Hornsíli eru stór þáttur í fæðu urriða, en lítið er um þau vitað í Elliðavatni. Fæða hornsíla eru ýmis krabbadýr, mýlirfur o.fl. og vera má að þau geti að einhverju leyti keppt um fæðu við bleikjuna (Björn Björnsson 2001a). Líkur benda til að mikið sé af hornsílum í Elliðavatni og því geti þau haft mikil áhrif á vistkerfi vatnsins. Full ástæða er því til að kanna stöðu þeirra innan vistkerfisins.
- Fornvistfræði Elliðavatns. Mjög áhugavert er að ná í setkjarna úr Vatnsendavatni og eða Vatnsvatni til að kanna þróunarsögu vatnavistkerfisins frá árdögum þess. Hægt er að greina skeljaleifar kísilþörunga eða vatnaflóa, einnig mýlirfuhausa, úr kjörnunum og getur slík könnun varpað ljósi á margvíslegar breytingar í vistkerfinu, jafnt náttúrulegar og af manna völdum, sem hafa átt sér stað í tímans rás. Rannsóknir af þessu tagi hafa t.d. verið notaðar til að segja til um umhverfisbreytingar m.t.t. hitastigs, næringarefna og sýrustigs (Meriläinen o.fl. 2000; Jeppesen o.fl. 2001). Náttúrufræðistofa Kópavogs er í nánú samstarfi við vatnalíffræðideild Umhverfisstofnunar Danmerkur (NERI, Silkiborg) sem hefur sérhæft sig rannsóknum á þessu sviði.

6. Heimildir

Árni Einarsson & Erla Björk Örnólfsdóttir. 2003. Long-term changes in benthic Cladocera populations in Lake Myvatn, Iceland. *Aquatic Ecology*. 0: 1-10. Í prentun.

Árni Hjartarson. 1994. Vatnsveitur og vatnsból. Samantekt um vatnsveitumál. Orkustofnun. OS-93061/VOD-04. 50 s.

Árni Hjartarson, Helgi M. Sigurðsson (ritstjóri) & Reynir Vilhjálmsson. Elliðaárdalur, land og saga. Bls 66-67. Mál og mynd, í samstarfi við Árbæjarsafn og Borgarskipulag Reykjavíkur, Reykjavík 1998.

Axel Valur Birgisson, Kristinn Einarsson, Snorri Zóphóniasson & Árni Snorrason. 1999. Vatnasvið Elliðaánna - vatnafar og rennslishættir.

Björn Björnsson. 2001a. The trophic ecology of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta*) in Ellidavatn, a small lake in southwest Iceland. *Limnologia* 31: 199-207.

Björn Björnsson. 2001b. Diel changes in the feeding behaviour of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta*) in Ellidavatn, a small lake in southwest Iceland. *Limnologia* 31: 281-288.

Björn Björnsson. 2003. Fæðuvistfræði bleikju (*Salvelinus alpinus*) og urriða (*Salmo trutta*) í Elliðavatni. Lífæðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 67. 56 s.

Bodaly, R.A., Hecky, R.E., & Fudge, R.J.P. 1984. Increases in fish mercury levels in lakes flooded by the Churchill river diversion, Northern Manitoba. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 682-691.

de Eyto, E. & 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, Slaved., Salujõe, J., Frandsen, R., Stephins, D., & 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.

Driscoll, C.T. & Postek, K.M. 1996. The chemistry of aluminium in surface waters. Í: The Environmental Chemistry of Aluminium (G. Sposito ritstj.). Lewis Publishers, New York. 363-418.

Driscoll, C.T., Jr., Baker, J.P., Bisogni, J.J., Jr. & Schofield, C.L. 1980. Effect of aluminium speciation on fish in dilute acidified waters. *Nature* 284: 161-164.

Duigan, C. & Birks, H. 2000. The late-glacial and early-holocene paleoecology of cladoceran microfossil assemblages at Kråkenes, western Norway, with a reconstruction of temperature changes. *J. Paleolim.* 23: 67-76.

Elliott, J. M. 1994. *Quantitative ecology and the brown trout*. Oxford University Press, Oxford.

Finnur Garðarsson. 1983. Tetthed, vekst og produksjon av laksyngel (*Salmo salar* L.) I elven Ellidaar og Holmsa på Island. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Oslo. 75 s.

Freysteinn Sigurðsson. 1993. Groundwater chemistry and aquifer classification in Iceland. Í: Hydrology of hard rocks (Banks, S. & Banks, D. ritstj.). International Association of Hydrologists Memoires, XXIV, part 1, Oslo, Norway.

- Hilmar J. Malmquist, Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason. 2003a. Vistfræði- og verndarflokkun íslenskra stöðuvatna. Verkefni unnið fyrir Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Áfangaskýrsla. Fjölrit nr. 1-03, Náttúrufræðistofa Kópavogs. 33 s.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson & Haraldur Rafn Ingvason. 2003b. Áhrif vatnsmiðlunar á vatnalífriki Skorradalsvatns: Forkönnun og rannsóknatillögur. Greinargerð unnin fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Fjölrit nr. 2-03, Náttúrufræðistofa Kópavogs. 34 s.
- Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason. 2000. Biodiversity of macroinvertebrates on rocky substrate in the surf zone of Icelandic lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 121-127.
- Hytterød, S. & Poléo, A. B.S. 2002. The effect of high pH (9.5) and aluminium in Atlantic salmon (*Salmo salar*) – with relevance to the occasionally alkaline Lake Ellidavatn, Iceland. University of Oslo. Handrit. 26 s.
- Ingunn M. Þorbergsdóttir. 2002. Exchange of solutes across the sediment-water interface in the shallow eutrophic Lake Mývatn, Iceland. Meistararitgerð. Jarðfræðiskor Háskóla Íslands. 314 s.
- Jeppesen, E., Leavitt, P., De Meester, L. & Jensen, J.P. 2001. Functional ecology and paleolimnology: using cladoceran remains to reconstruct anthropogenic impact. *Trends. Ecol. Evol.* 16: 191-198.
- Jeppesen, E., Christoffersen, K., Malmquist, H.J., Faafeng, B. & Hansson, L.-A. 2002. Ecology of five Faroese lakes: summary and synthesis. *Ann. Soc. Sci. Færoensis Suppl.* 36: 126-139.
- Jobling, M. 1983. Influence of body weight and temperature on growth rates of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture* 22: 471-475.
- Jón Kristjánsson. 2002a. Stofnstærðarmæling silungs í Elliðavatni 2001. Fiskirannsóknir og ráðgjöf. Framvinduskýrsla. 5 s.
- Jón Kristjánsson. 2002b. Kortlangin riða bleikju í Elliðavatni 2001. Fiskirannsóknir og ráðgjöf. Framvinduskýrsla. 4 s.
- Jón Kristjánsson. 2002c. Lífriki og vistfræði Elliðavatns. Kafli 5, bls. 11-19. Í: Vatnsendahverfi. Greinargerð um áhrif byggðar á umhverfi og lífríki Elliðavatns á Elliðaár og hreinsun ofanvatns í settjörnum. Hönnun og Fiski-Rannsóknir og ráðgjöf.
- Jón Ólafsson. 1979. The chemistry of the Lake Mývatn and River Laxá. *Oikos* 32: 82-112.
- Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir & Gísli Már Gíslason. 1998. Botndýralíf í Elliðaánum. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 41 s.
- Jórunn Harðardóttir, Sverrir Óskar Elefsen, Jóna Finndís Jónsdóttir, Helga P. Finnsdóttir & Svava Björk Þorlákssdóttir. 2002. Mælingar á dýpi, straumum, botngerð og gróðurþekju í Elliðavatni. Orkustofnun, vatnamælingar. Unnið fyrir umhverfis- og tæknisvið Reykjavíkurborgar og Tæknideild Kópavogs. OS-2002/050. 20 s.
- Lodenius, M., Seppanen, A. & Herranen, M. 1983. Accumulation of mercury in fish and man from reservoirs in Northern Finland. *Water, Air and Soil Pollution* 19: 237-246.
- Lyytikainen, T., Pylkk, P., Ritolac, O. & Lindstrom-Sepp, P. 2002. The effect of acute stress and temperature on plasma cortisol and ion concentrations and growth of Lake Inari Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Environ. Biol. Fish.* 64: 195-202.

- Meriläinen, J. J., Hynynen, J., Teppo, A., Palomäki, A., Granberg, K. & Reinikainen, P. 2000. Importance of diffuse nutrient loading and lake level changes to the eutrophication of an originally oligotrophic boreal lake: a palaeolimnological diatom and chironomid analysis. *J. Paleolimnol.* 24: 251–270.
- Miskimmin, B.A., Leavitt, P. & Schindler, D.W. 1995. Fossil record of cladoceran and algal response to fishery management practices. *Freshw. Biol.* 34: 172-190.
- Orkustofnun, Vatnamælingar. 2004. Gagnabanki á netinu. <http://vmvefur.os.is/cgi-bin/Vatn/Vatn.exe?Station=v180>
- Orkuveita Reykjavíkur. 2003. Umhverfisskýrsla 2002. Reykjavík. Orkuveita Reykjavíkur. 26 s.
- Ólafur Bjarnason. 1999. Skýrsla um vistfræðirannsóknir á vatnasviði Elliðaánna. Lagt fram af stýrihópi um vistfræðirannsóknir í Elliðaánum. Embætti Borgarverkfræðings. 9 s.
- Poléo, A. B. S. & Hytterød, S. 2003. The effect of aluminium in Atlantic salmon (*Salmo salar*) with special emphasis on alkaline water. *J. Inorg. Biochem.* 97: 89-96.
- Sigurður Már Einarsson. 1984. Fiskisrannsóknir í Elliðavatni sumarið 1984. Veiðimálastofnun, skýrsla. 21 s.
- Sigurður R. Gíslason. 2001. Kísilgúrtaka úr Ytriflóa Mývatns. Greinargerð. Ljósrit. 23 s.
- Sigurður R. Gíslason & Eydís S. Eiríksdóttir. 2002. Efnasamsetning vatns og aurburður í útfalli Mývatns 1999-2000. Rannsóknastöð við Mývatn. Fjölrit nr. 9.
- Sigurður Reynir Gíslason, Björn Þór Guðmundsson & Eydís Salome Eiríksdóttir. 1998. Efnasamsetning Elliðaánna 1997-1998. Fjölrit nr. RH-19-98, Raunvísindastofnun Háskólans, Dunhaga 3, 107 Reykjavík. 100 s.
- Smirnow, N.N. 1996. Cladocera: the chydoridae and saycinae (Chydoridae) of the world. Í: *Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world* (Dumont, H.J.F. ritstj.). No. 11. SPB Academic Publishing, The Netherlands. 197 s.
- Sparling, D.W. & Lowe, T.P. 1996. Environmental hazards of aluminium to plants, invertebrates, fish and wildlife. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 145: 1-127.
- Stansfield, J., Moss, B. & Irvine, K. 1989. The loss of submerged plants with eutrophication III. Potential role of organochlorine pesticides: a paleoecological study. *Freshw. Biol.* 22: 109-132.
- Tryggvi Þórðarson. 2003. Mengunarstaða Elliðavatns 2001-2002. Unnið fyrir Umhverfis- og heilbrigðisstofu Reykjavíkur. Háskólasetrið í Hveragerði. 60 s.
- Verdon, R., Brouard, D., Demers, C., Lalumière, R., Laperle, M. & Schetagne, R. 1991. Mercury evolution (1978-1988) in fishes of the La Grande Hydroelectric Complex, Quebec. *Water, Air and Soil Pollution* 56: 405-417.
- Þórólfur Antonsson. 2002. Seiðabúskapur í vatnakerfi Elliðaána, framvinda frá 1987-2001. VMST-R/0203. 21 s.
- Þórólfur Antonsson & Sigurður Guðjónsson. 2003. Rannsóknir á fiskistofnum vatnasviðs Elliðaánna 2002. Veiðimálastofnun, VMST-R/0305. 33 s. (Handrit - í prentun)
- Þórólfur Antonsson & Sigurður Guðjónsson. 2002. Rannsóknir á fiskistofnum vatnasviðs Elliðaánna 2001. Veiðimálastofnun, VMST-R/0215.

Þórólfur Antonsson og Guðni Guðbergsson. 2000. Silungur í Elliðavatni. Samantekt rannsókna 1987-1999. Veiðimálastofnun, VMST-R/0018.

Þórólfur Antonsson & Sigurður Guðjónsson. 2000. Rannsóknir á fiskistofnum vatnasviðs Elliðaárna 1999. Veiðimálastofnun, VMST-R/005.

Þórólfur Antonsson & Sigurður Guðjónsson. 1998. Rannsóknir á fiskistofnum vatnasviðs Elliðaárna 1997. Veiðimálastofnun, VMST-R/99012.

Þráinn Friðriksson, Ragnar Jóhannsson, Karyn L. Rogers & Elsa Þ. Eysteinsdóttir. 2000. Kvikasilfur í uppistöðulónum á grónu landi. *Náttúrufræðingurinn* 70: 27-36.