

Bakkaá og Reyðará á Tjörnesi

Úttekt á lífverum og umhverfi þeirra vegna fyrirhugaðs álvers á Bakka

Jón S. Ólafsson, Friðbjófur Árnason og
Sesselja G. Sigurðardóttir



Veiðimálastofnun



Náttúrustofa
Norðausturlands

Janúar 2010

Forsíðumynd: Við ósa Bakkaár
Ljósmynd: Jón S. Ólafsson

VMST/10003
NNA-1001

Bakkaá og Reyðará á Tjörnesi

Úttekt á lífverum og umhverfi þeirra vegna
fyrirhugaðs álvers á Bakka

Jón S. Ólafsson¹, Friðbjófur Árnason¹ og
Sesselja G. Sigurðardóttir²

¹Veiðimálastofnun, Keldnaholti, 112 Reykjavík,

²Náttúrustofa Norðausturlands, Hafnarstétt 3, 640 Húsavík.

Reykjavík, janúar 2010

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	1
Útdráttur	2
Inngangur	3
Lýsing á staðháttum	3
Framkvæmd	5
Sýnatökur og mælingar	5
Úrvinnsla gagna	8
Niðurstöður	8
Umræða og ályktanir.....	16
Þakkir	18
Heimildir	18

Útdráttur

Grein er gerð fyrir niðurstöðum rannsókna á lífríki Bakkaár og Reyðarár á Tjörnesi. Rannsóknin fór fram í septemberbyrjun 2008 og náði m.a. til eðlis- og efnaþátta ána, en aðaláherslan var á þörungum, smádýr og fisk í ánum. Rannsóknin er hluti af umfangsmiklum náttúrufarsrannsóknum til að meta megi hugsanleg áhrif framkvæmdar við byggingu og reksturs álvers á Bakka á Tjörnesi á lífrík Bakkaár og Reyðarár. Rannsóknin var gerð á þremur stöðum í hvorri á. Tveir neðstu staðirnir voru innan skilgreinds framkvæmdarsvæðis fyrirhugaðs álvers á Bakka en efstu sýnatökustaðirnir í hvorri á voru valdir þannig að þeir væru töluvert utan þess svæðis.

Báðar árnar hafa mörg einkenni lindarvatna t.a.m. vel gróna árbakka og tiltölulega háa leiðni. Á hinn bóginn var lífmassi þörungum frekar lítil og það sama má segja um fjölbreytni og magn botndýra. Magn blaðgrænu var marktækt meira á neðstu stöðinni í Reyðará en á samsvarandi stöð í Bakkaá, en munur á hinum stöðvunum var ekki marktækur á milli ána. Alls fundust 23–27 tegundir/hópar botndýra í Bakkaá, en 27 í Reyðará. Þéttleik botndýra í Bakkaá var 5.898–10.398 einstaklingar á fermetra, en 7.281–11.801 í Reyðará. Ekki var marktækur munur á þéttleika botndýra á milli einstakra sýnatökustöðva né á milli áa. Stærstur hluti botndýra var rykmý, liðormar og krabbadýr. Hluttur rykmýs var heldur meiri í Bakkaá (64–85%) en í Reyðará (24–56%). Stærstur hluti rykmýsins í Bakkaá heyrði til kulmýs en ívið meira af bogmýi en kulmýi í Reyðará. Krabbadýr og liðormar voru ríkjandi botndýr í Reyðará með samtals á bilinu 43–65% af fjölda botndýra.

Aðeins bleikja veiddist í báðum ánum, á öllum stöðvunum. Vísitala á þéttleika bleikju í ánum var 16,0 – 42,7 einstaklingar á hverja 100 m², ekki var marktækur munur á þéttleika milli ána. Aldur bleikjunnar sem veiddist var frá 0⁺ til 3⁺ og voru flestar í yngstu tveimur aldurshópunum. Lengd fiskanna var 3,5–14,7 cm í Bakkaá en 3,1–12,5 cm í Reyðará.

Inngangur

Líf í ám er að miklu leyti háð hvers eðlis vatnasvið þeirra er og þar með því umhverfi sem árnar renna um (Allan og Castillo 2007). Því getur lengd áa, gróðurþekja á vatnssviðum þeirra og jarðfræði berggrunnins haft mikil áhrif á grósku og fjölbreytni fánu og flóru ána (Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 1996, Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998). Ám má skipta í tvo meginflokka háð uppruna þeirra, jökulár og bergvatnsár. Þær síðarnefndu hafa verið flokkaðar frekar í lindár og dragár (Guðmundur Kjartansson 1945, Arnþór Garðarsson 1979, Hilmar J. Malmquist 1998). Eins og nafnið bendir til eru lindár upprunnar úr lindum og eru yfirleitt nálægt virkum gosbeltum landsins. Dragárnar er hins vegar að finna mun víðar, ekki síst utan virku gosbeltanna, á eldri og þéttari berggrunni (Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998, Hilmar J. Malmquist 1998). Uppruna dragáa má oftast tengja úrkomuvatni sem getur verið blandað grunnvatni er seytlar fram úr fjallshlíðum. Yfirleitt er það vatn ekki eins steinefnaríkt og vatn lindánna (Sigurður Reynir Gíslason 1993), sem m.a. hefur í för með sér að magn og fjölbreytni vatnalífvera í dragám er yfirleitt minni en í lindám (Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 1996, Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998, Jón S. Ólafsson o.fl. 2006).

Meginmarkmið rannsóknar á vatnalífi Bakkaár og Reyðarár í grennd við Bakka, norðan Húsavíkur, var að afla grunnupplýsinga um magn þörunga, magn og fjölbreytni hryggleysingja og fiska. Þær ár verða fyrir beinum eða óbeinum áhrifum fyrirhugaðra álversframkvæmda og álvers í rekstri. Til að ná settum markmiðum var úttekt gerð með sýnatökum og mælingum á nokkrum stöðum í ánum. Til samanburðar voru sömu þættir skoðaðir í Hallbjarnastaðaá (viðmið) sem er töluvert utar á Tjörnesi. Niðurstöður rannsókna á Hallbjarnastaðaá verða ekki kynntar í þessari skýrslu.

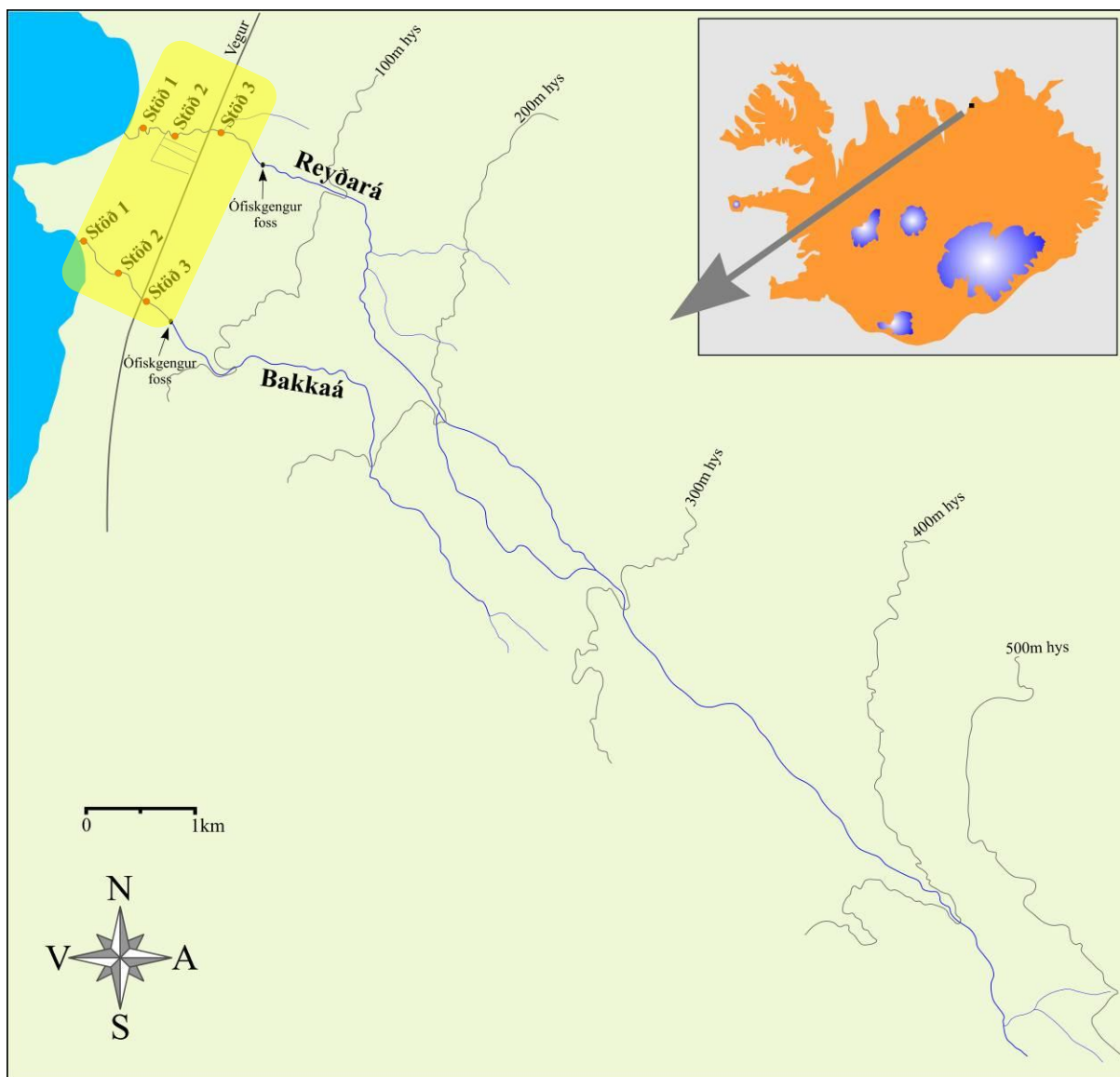
Lýsing á staðhátum

Á vestanverðu Tjörnesi er fjöldi áa, sem flestar bera einkenni dragáa og má rekja uppruna þeirra flestra til gróinna heiða á vestanverðu Tjörnesi. Samkvæmt vatnafarsflokkun Vatnamælinga er þetta svæði sett í flokk yfir lindár af tregleku svæði (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 2006). Um lífríki þessara áa eru litlar eða engar upplýsingar tiltækar, þ.m.t. eru Bakkaá og Reyðará.

Uptök Bakkaár eru í 280–300 m hæð yfir sjávarmáli, norðaustan við Húsavíkurfjall. Áin er rúmlega 4 km löng og rennur um gróin holt og heiðalönd að ósi í Bakkakrók.

Árfarvegurinn er í töluverðum halla innan afmarkaðs rannsóknasvæðis og var nánasta umhverfi árinna s.s. bakkar hennar að mestu grónir. Botn árinna var fremur grófgerður, mestmegnis stórgrýti á efri tveimur sýnatökustöðvunum. Botn neðstu sýnatökustöðvar Bakkaár var hinsvegar fíngerðari, með smágrýti og möl.

Reyðará á upptök í norðanverðum Höskuldsvatnshjúk, í 400–500 m h.y.s, ofan Reyðarárbotna sem er votlent svæði í 377 m hæð yfir sjávarmáli. Áin rennur um vel grónar heiðar alls rúmlega 10 km vegalengd að ósum í Héðinsvík (1. mynd). Árfarvegurinn er í fremur litlum halla innan skilgreinds rannsóknasvæðis. Botn árinna var mun fíngerðari en í Bakkaá og á það við um allar sýnatökustöðvarna. Áin hlykkjast um deiglendi, neðan Þjóðvegur (nr. 85), uns hún rennur út í fjöruna í Héðinsvík. Bakkar árinna voru grasi grónir.



1. mynd. Yfirlistkort sem sýnir farvegi Bakkaár og Reyðarár ásamt staðsetningu sýnatökustöðva og neðstu ófiskgengu fossa. Skyggða svæðið (gult) sýnir rannsóknarsvæðið.

Þrjár sýnatökustöðvar voru valdar í hvorri á, Bakkaá og Reyðará. Miðað var við að tvær þeirra væru innan þess svæðis sem verður fyrir beinum áhrifum af fyrirhuguðum framkvæmdum vegna álvers á Bakka. Efstu sýnatökustöðvarnar voru hinsvegar báðar nokkru ofan við þjóðveginn (nr. 85). Neðsta stöðin í Bakkaá var í um 30 m fjarlægð frá fjöruborði, sýnatökustöðin í miðið var um 440 m ofar og efsta stöðin sem var ofan við þjóðveg, var í u.þ.b. 840 m fjarlægð frá ós árinna (2. mynd a–c).



2. mynd a–c. Sýnatökustöðvar í Bakkaá: a) neðsta sýnatökustöðin (BAK-1), b) miðsýnatökustöðin (BAK-2) og c) efsta sýnatökustöðin (BAK-3). Ljósmyndir: Jón S. Ólafsson.

Neðsta sýnatökustöðin í Reyðará var 239 m ofan við ós árinna, miðsýnatökustöðin var 621 m frá ósnum og sú efsta í rúmlega 1 km fjarlægð frá ós austan þjóðvegar (3. mynd a–c). Allar sýnatökustöðvarnar voru í innan við 40 m h.y.s..



3. mynd a–c. Sýnatökustöðvar í Reyðará: a) neðsta sýnatökustöðin (REY-1), b) miðsýnatökustöðin (REY-2) og c) efsta sýnatökustöðin (REY-3). Ljósmyndir: Jón S. Ólafsson.

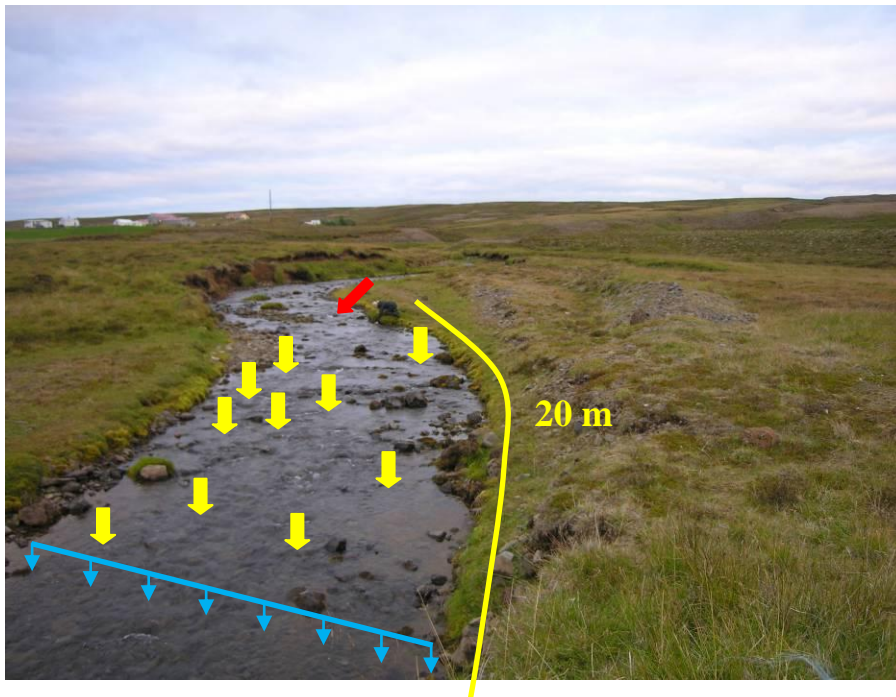
Framkvæmd

Sýnatökur og mælingar

Á hverri sýnatökustöð voru vatnshiti, rafleiðni (leiðni) og pH-gildi mæld með YSI 6600 fjölnema mæli. Bæði leiðnin og pH-gildin voru stöðluð miðað við 25°C. Auk þess var straumhraði og dýpi mælt á hverri sýnatökustöð á sniði þvert yfir ána á þeim stað sem sýnataka fór fram. Til straummælinga var notaður SonTek™ ADV doppler

straumhraðamælir. Út frá mælingum á straumhraða, dýpi og breidd árfarvegsins var rennsli árinna reiknað á hverjum stað.

Við sýnatökur á botndýrum og þörungum var lagt út 20 m málband eftir bakka árinna. Fyrir sýnatökurnar var útbúin listi með hnitum sem fengin voru út frá tilviljanatöflu. Við sýnatöku voru botnsýni og steinar til blaðgrænumælinga teknir á þeim hnitum sem ákvörðuð voru með tilviljunarkenndri aðferð (4. mynd).



4. mynd. Skýringarmynd sem sýnir einstaka rannsóknarþætti. Neðst á myndinni (blátt) er sýnt snið þar sem straumhraði var mældur og rennsli síðan reiknað út frá, gul bogadregin lína sýnir legu málbands sem lagt var á árbakkann til að ákvarða botnsýnatökustöðvar, gular örvar sýna dæmi um hvar botndýra- og blaðgrænumýni voru teknir, rauð ör, ofan við sýnatökusvæði, sýnir hvar mælingar voru gerðar á hita, sýrustigi og leiðni. Rafveiðar voru innan þessa svæðis.

Tilviljanatölurnar gáfu til kynna hvar á skilgreindu 20 m svæði meðfram árbakkanum og hvar í árfarveginum (hornrétt á straumstefnu) ætti að taka hvert sýni. Byrjað var á sýnatökum neðst innan þessa skilgreinda svæðis og farið gegn straumi. Með því móti var komist hjá raski þar sem eftir átti að taka sýni.

Til rannsókna á lífmassa þörunga (mælt sem magn blaðgrænu) voru teknir 10 steinar af botninum á þeim stöðum sem tilviljunartölurnar gáfu til kynna. Hverjum steini var pakkað í álpappír strax eftir að steinninn var tekinn af árbotninum. Steinninn var síðan settur í svartan plastpoka og loks kælikassa. Um leið og komið var heim í bækistöðvar voru steinasýnin sett í frysti við -20°C .

Smádýrasýni voru tekin af sömu stöðum og þörungasýnin. Þau voru tekin með sk. Surber sýnataka, sem er stálrammi (14x14 cm) með áföstum netpoka (200 μ m gatastærð). Rótað er með fingrunum í 30 sek. innan rammans, það sem rótast upp flýtur niður í netpokann. Netpokinn er síðan tæmdur í dollu eftir hverja sýnatöku og 70% etanól sett á sýnið jafnskjótt og heim er komið. Alls voru tekin 10 slík sýni á hverri sýnatökustöð.

Sýnum af fiskstofnum Bakkaár og Reyðarár var safnað með sk. rafveiðum þann 5. september 2008. Sýnatökustöðvar voru þær sömu og fyrir smádýra- og þörungasýni. Tækin sem notuð eru við rafveiðar eru þannig uppbyggð að jafnstraumur (300V, u.þ.b. 0,6A) sem framleiddur með bensínknúinni rafstöð, er leiddur niður í rafskaut (anóða, +) sem er málmhringur festur á enda stafs sem rannsóknarmaður heldur á. Málmotta sem lögð er á botn árinna virkar sem katóða (-). Fiskar sem lenda innan rafsviðs umhverfis anóðuna lamast tímabundið. Þá eru þeir háfaðir upp og geymdir í fötu með vatni., Allir fiskar sem veiddust voru svæfðir og síðan tegundagreindir, lengdarmældir (sílingarlengd, $\pm 0,1$ cm) og vegnir ($\pm 0,1$ g). Hluti fiskanna var drepinn til að greina aldur, kyn og fæðu í maga en öðrum fiskum var sleppt aftur lifandi. Miðað var við að ná u.þ.b. 20 fiskum af hverri stöð í aldurs-, kyn og fæðugreiningar. Sá sýnafjöldi náðist þó ekki á öllum stöðvum. Farin var ein yfirferð með rafveiðum á hverri stöð. Með þeirri aðferð næst þó aðeins hluti af þeim fiskum sem eru á sýnatökusvæðinu og því er fjöldi fiska sem veiðist vísitala á raunverulegan fjölda fiska. Sýnt hefur verið fram á að veiðnin fer m.a. eftir leiðni vatnsins, fjölda fiska, straumþunga, botngerð og gróðri (Zalewski og Cowx 1990). Ein yfirferð í rafveiðum nýtist vel til samanburðar milli staða og tíma þar sem aðstæður til veiða eru svipaðar.

Stærð rafveiðisvæðis var mælt og kornastærð botnefnis metin. Kornastærðin var flokkuð í fimm grófleikaflokka, sandur (þvermál korna < 1 cm), mól (þvermál 1–7 cm), smágrýti (þvermál 7–20 cm), stórgkýti (þvermál > 20 cm) og klöpp. Valin voru 5–6 þversnið með jöfnu millibili eftir endilangri stöðinni og á hverju þversniði var botnefni metið með því að leggja að 20x20 cm álfamma á botninn á þremur stöðum á hverju þversniði. Þessir staðir voru valdir þannig að mælt var í miðju árinna og svo u.þ.b. 20% frá hvorum bakka. Til að auðvelda mat á botngerð var á rammanum kvarði sem sýndi 1 cm og 7 cm. Hundradshlutar hvers grófleikaflokks botnefnis innan rammans var metinn sjónrænt og að auki var dýpi mælt. Breidd árinna á þversniðunum var mæld sem og lengd rafveiðistöðvarinnar og út frá þeim mælingum var flatarmál rafveiðisvæðisins reiknað.

Úrvinnsla gagna

Sýni ætluð til mælinga á magni blaðgrænu voru tekin úr frysti degi áður en mælingar hófust. Fylgt var aðferð sem lýst hefur verið í ritum eftir Lamberti o.fl. (1991) og Steinman o.fl. (2006). Hver steinn var tekin úr álpappírnum. Ef mikill mosi var á steinunum, var hann skafinn af þeim. Hver steinn var látinn í merkt ílát og 96% etanóli hellt yfir hann þannig að steinninn færi á kaf. Lok var sett á ílátið til að varna uppgufun. Steinunum var síðan komið fyrir í myrkvuðum kæli (6°C) í 12 klst. Sýni voru síðan tekin með úr etanóllausninni með pípettu og sett í 10x10 mm kúvettu til mælinga á ljósgleypni. Gleypnin var mæld með HACH Lange DR5000 litrófsmæli við 665 nm og 750 nm bylgjulengdir, en áður hafði mælirinn verið núllstilltur með hreinni lausn af 96% etanóli. Magn þess etanóls sem þurfti til að kaffæra hvern stein var mælt. Yfirborð hvers steins var mælt með því að pakka honum í álpappír. Álpappírinn var síðan þurrkaður og veginn. Til að reikna út flatarmál álpappírsins var ákv. flatarmál álpappírs af sömu rúllu mælt nákvæmlega og vegið. Þannig var hægt að reikna út yfirborðsflöt hvers steins. Í þá tölu sem fékkst út var deilt með 2 til að leiðrétta fyrir þann flöt sem var í snertingu við botninn og þörungar uxu ekki á.

Smádýrdýrasýnin voru fyrst grófflokkuð og helstu hópar smádýra greindir og taldir undir víðsjá við 60–300x stækkun. Meiri stækkun (200–1000x) þarf til að sundurgreina suma hópa t.d. rykmýslirfur og þurfti því að nota smásjá til þeirra greininga. Þar sem fjöldi rykmýslirfa í sýnunum var í flestum tilfellum mikill og tímafrekt er að undirbúa lirfurnar fyrir smásjárskoðun var tekið hlutsýni úr hverju botnsýni. Miðað var við að hvert hlutsýni innihéldi a.m.k. 20 einstaklinga.

Aldur bleikju var greindur út frá vaxtarhringjum í kvörnum. Aldur var skilgreindur sem 0⁺ (sumargömul seiði), 1⁺ (tveggja sumra), 3⁺ o.s.frv.

Niðurstöður

Bakkaá og Reyðará reyndust á margan hátt svipaðar. Rennsli þeirra var nokkuð svipað, 0,07–0,21 m³/sek. í Bakkaá og 0,14–0,16 m³/sek. í Reyðará (1. og 2. tafla). Straumhraðinn var heldur meiri í Bakkaá en Reyðará, einkum á neðri tveimur sýnatökustöðvunum. Þessi munur stafar án efa af því að halli árfarvegarins frá neðstu að efstu sýnatökustöð er meiri í Bakkaá en Reyðará auk þess sem árfarvegur Bakkaár var mun mjórri en Reyðarár (1. og 2. tafla). Leiðni vatnsins, sem er mælikvarði á magn uppleystra jóna í vatninu, var örlítið hærri í Bakkaá (100 µS/cm) en í Reyðará (87–93 µS/cm). Sýrustig (pH-gildi) vatnsins var mjög líkt í

ánum eða 7,8–8 í Bakkaá og 7,7–7,9 í Reyðará (1. og 2. tafla). Vatnshitinn var hins vegar nokkru lægri í Bakkaá (5,2–6,1 °C) en í Reyðará (7–7,6°C).

1. tafla. *Upplýsingar um staðsetningar og helstu umhverfisþætti á hverri sýnatökustöð í Bakkaá 4. og 5. september 2008. Meðaltalsgildi (feitletrað) eru sýnd fyrir dýpi og straumhraða. Hæstu og lægstu gildin eru sýnd innan sviga.*

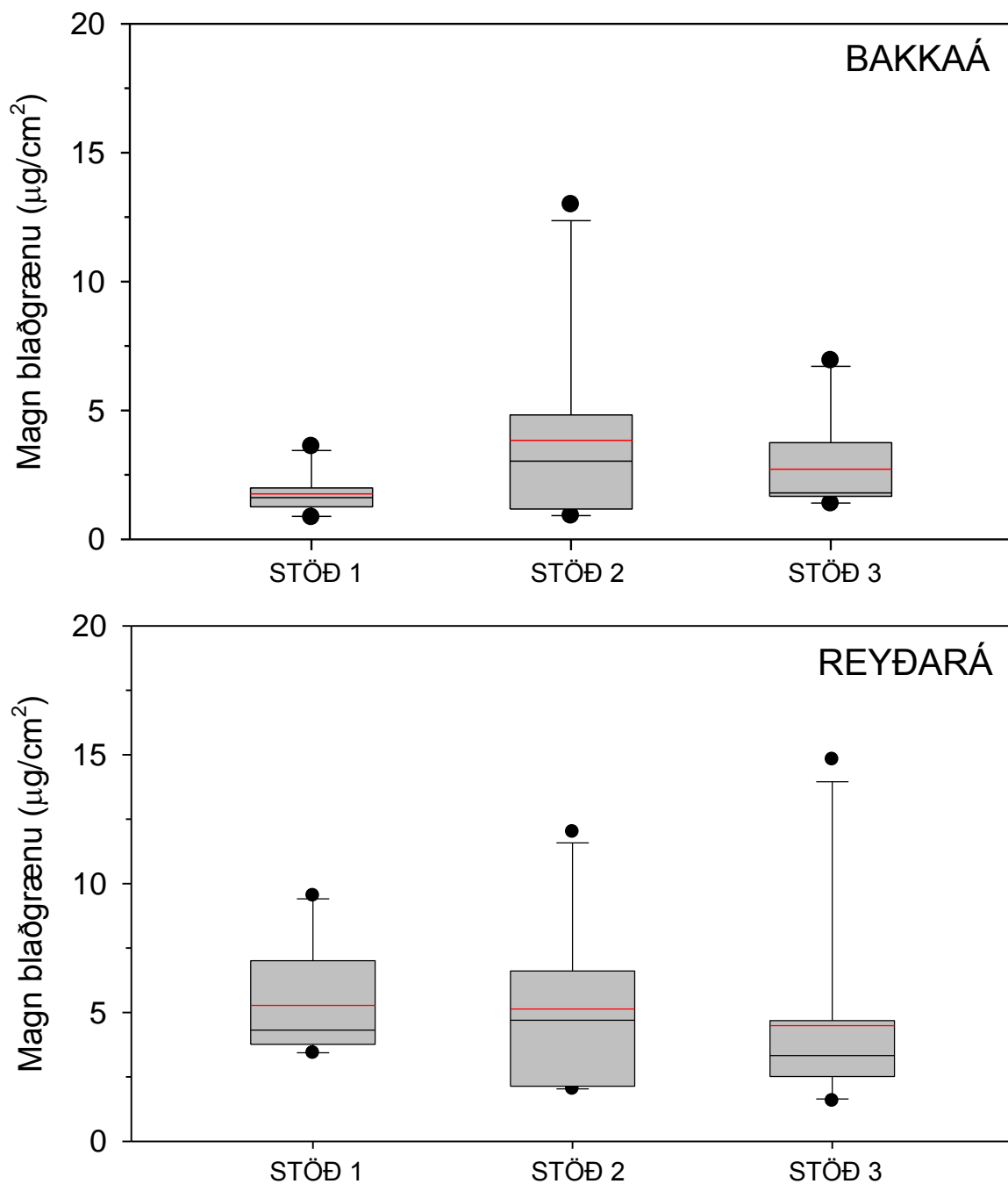
Sýnatökustöð nr.	Bakkaá		
	1	2	3
Hnit N° (WGS 84)	66° 04,317	66° 04,175	66° 04,048
Hnit V° (WGS 84)	17° 20,998	17° 20,617	17° 20,311
Fjarlægð frá ós (m)	30	470	840
Breidd (m)	3,2	1,2	2,1
Dýpi (m)	0,11 (0,08–0,14)	0,17 (0,1–0,26)	0,23 (0,16–0,29)
Straumhraði (m/sek.)	0,56 (0–1,13)	0,64 (0,16–1,16)	0,23 (-0,05–0,52)
Rennsli (m ³ /sek.)	0,21	0,07	0,13
Vatnshiti (°C)	6,1	5,6	5,2
Leiðni (µS/cm við 25°C)	100	100	100
pH-gildi	8,0	7,8	7,8

2. tafla. *Upplýsingar um staðsetningar og helstu umhverfisþætti á hverri sýnatökustöð í Reyðará 4. og 5. september 2008. Meðaltalsgildi (feitletrað) eru sýnd fyrir dýpi og straumhraða. Hæstu og lægstu gildin eru sýnd innan sviga.*

Sýnatökustöð nr.	Reyðará		
	1	2	3
Hnit N° (WGS 84)	66° 04,821	66° 04,789	66° 04,795
Hnit V° (WGS 84)	17° 20,347	17° 20,000	17° 19,485
Fjarlægð frá ós (m)	239	621	1046
Breidd (m)	2,6	3,1	5,4
Dýpi (m)	0,20 (0,09–0,31)	0,13 (0,06–0,18)	0,11 (0,06–0,17)
Straumhraði (m/sek.)	0,30 (0,002–0,68)	0,30 (-0,36–0,68)	0,23 (0,01–0,59)
Rennsli (m ³ /sek.)	0,16	0,14	0,16
Vatnshiti (°C)	7,6	7,2	7,0
Leiðni (µS/cm við 25°C)	93	91	87
pH-gildi	7,9	7,7	7,7

Lífmassi þörungna (magn blaðgrænu) var mjög mismunandi á milli þeirra 10 steinasýna sem tekin voru á hverri sýnatökustöð. Í Bakkaá var 3–4 faldur munur á lægstu og hæstu gildum einstakra sýna á neðstu og efstu sýnatökustöðinni, en 20 faldur munur á miðsýnatökustöðinni í Bakkaá (5. mynd). Magn blaðgrænu var að meðaltali 3,8 µg/cm² á miðsýnatökustöðinni (BAK-2), en 1,7 µg/cm² á neðstu- (BAK-1) og 2,7 µg/cm² efstu sýnatökustöðinni (BAK-3). Munur á magni blaðgrænu var ekki tölfræðilega marktækur milli stöðva (Kruskal-Wallis:

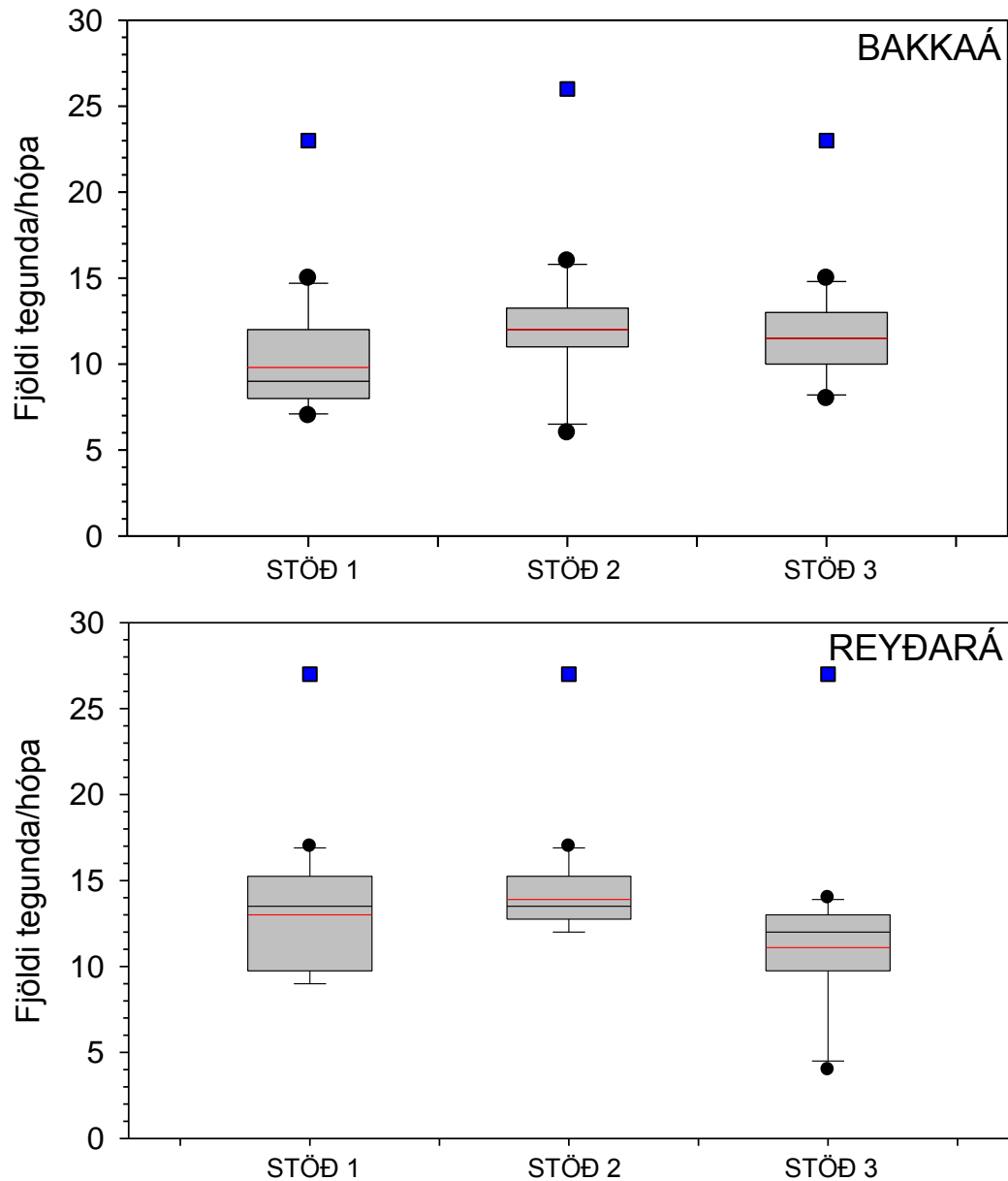
$P=0,264$). Breytileiki á magni blaðgrænu innan stöðva var tæplega fjórfaldur í Reyðará, sem er álfka mikill og hann var á neðstu og efstu sýnatökustöðinni í Bakkaá (5. mynd).



5. mynd. Magn blaðgrænu á steinum á þremur sýnatökustöðvum í Bakkaá og Reyðará 4. og 5. september 2008. Lárétt mörk kassana sýna hvar neðri (25%) og efri (75%) mörk mælinganna liggja. Lóðrétt línan sýnir hvar neðri (5%) og efri (95%) mörk mælinganna liggja, punktarnir sýna síðan útgildi mælinganna. Lárétt svört lína innan hvers kassa sýnir miðgildi, en rauð lárétt lína sýnir meðaltalsgildi mælinga fyrir hverja stöð.

Munur á magni blaðgrænu milli sýnatökustöðva í Reyðará var mun minni en í Bakkaá. Í Reyðará var það á bilinu 4,5-5,3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (5. mynd) og var ekki tölfræðilega marktækur munur

á milli stöðva (Kruskal-Wallis: $P=0,271$). Magn blaðgrænu var mun meira á neðstu sýnatökustöðinni í Reyðará en á samsvarandi stöð í Bakkaá (Mann-Whitney: $P<0,001$). Hins vegar var ekki marktækur munur á magni blaðgrænu á miðsýnatökustöðvunum ($P=0,186$), né efstu sýnatökustöðvunum (Mann-Whitney: $P=104$).



6. mynd. Fjöldi tegunda eða botndýrahópa á þremur sýnatökustöðvum í Bakkaá og Reyðará 4. og 5. september 2008. Lárétt mörk kassanna sýna hvar neðri (25%) og efri (75%) mörk fjöldans liggja. Lóðrétt línan sýnir hvar neðri (5%) og efri (95%) mörk fjöldans liggja, punktarnir sýna síðan útgildin. Lárétt svört lína innan hvers kassa sýnir miðgildin, en rauð lárétt lína sýnir meðaltalsgildi fjölda fyrir hverja stöð. Ferningar ofarlega á hvorri mynd sýna heildarfjölda tegunda eða botndýrahópa á hverri sýnatökustöð.

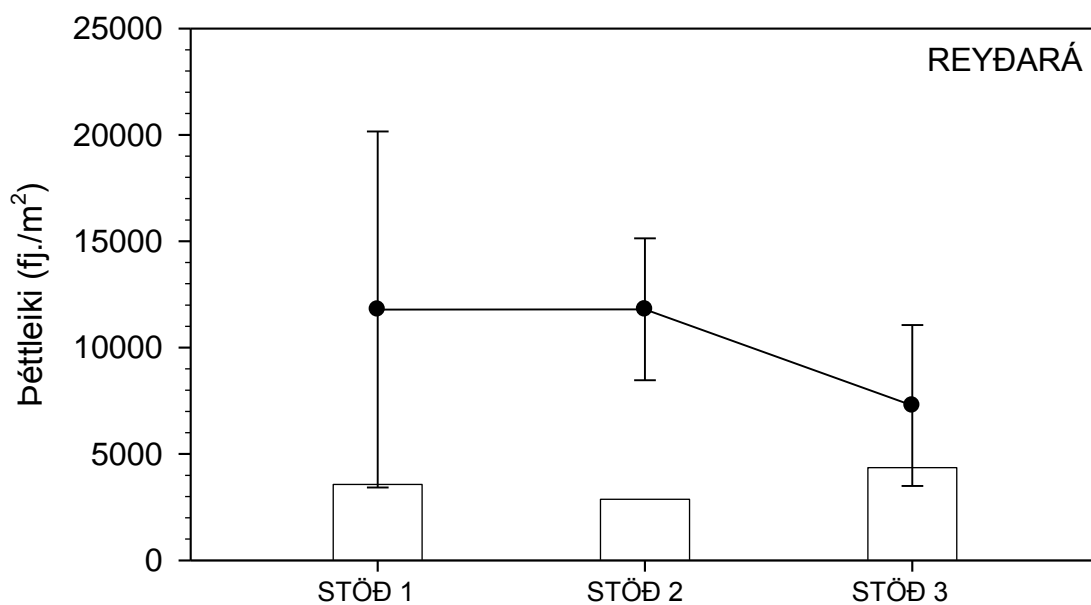
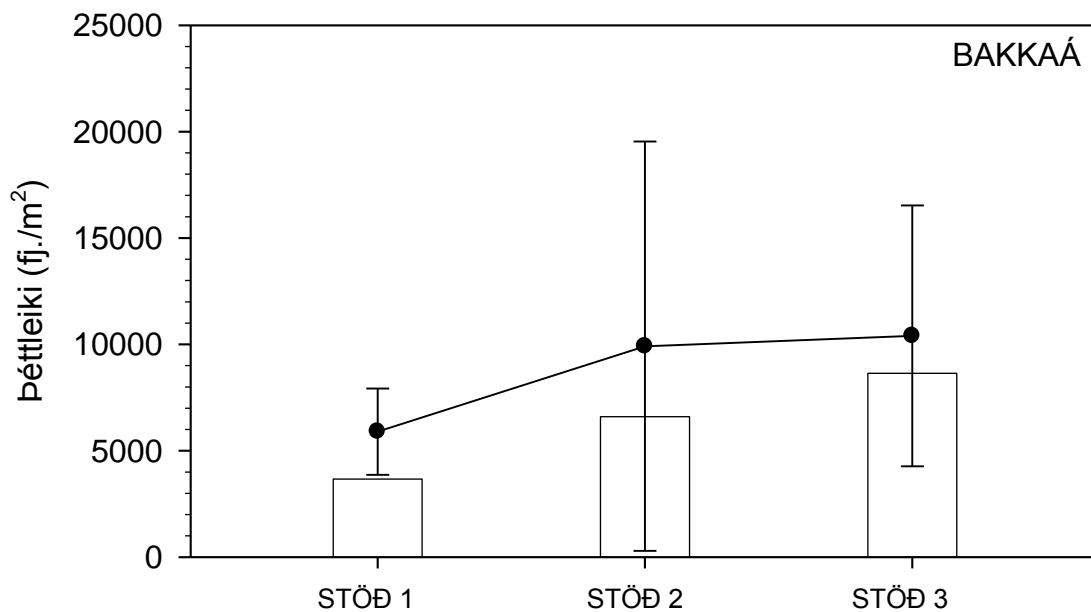
Fjöldi tegunda/hópa botndýra í ánum var ekki marktækt frábrugðin milli sýnatökustaða í Bakkaá (Kruskal-Wallis: $P=0,086$) né í Reyðará (Kruskal-Wallis: $P=0,058$).

Munur milli einstakra sýna í Bakkaá var 2–3 faldur, en allt að fjórfaldur á milli einstakra sýna í Reyðará (6. mynd). Séu árnar bornar saman kom í ljós að marktækt fleiri tegundir/hópar botndýra fundust í Reyðará en í Bakkaá (Mann-Whitney: $P=0,014$). Samanlagður fjöldi tegunda/hópa sem fundust á öllum þremur sýnatökustöðvunum í ánum var 23–26 í Bakkaá en 27 í Reyðará (6. mynd).

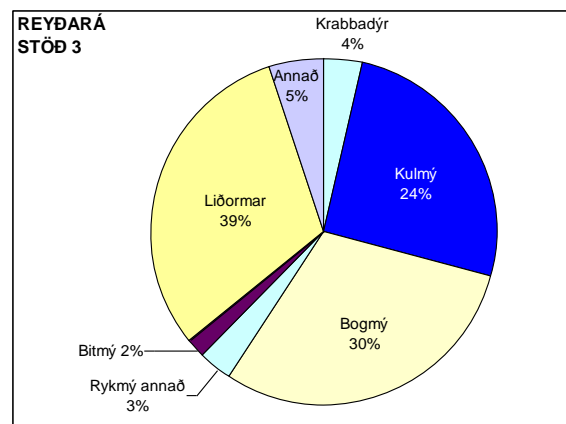
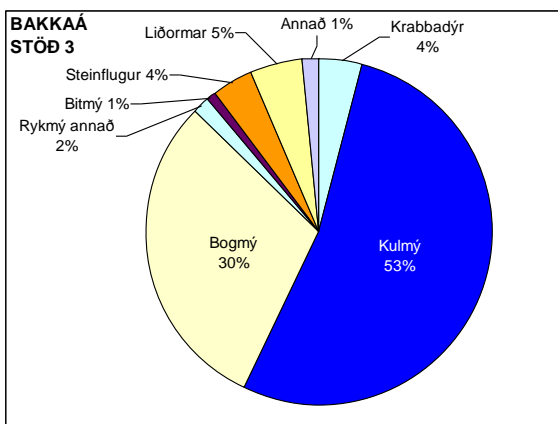
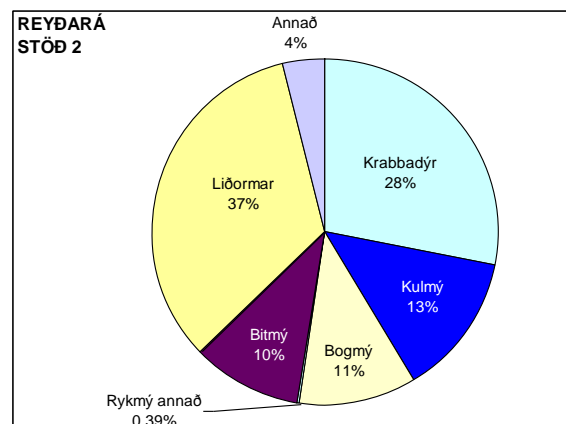
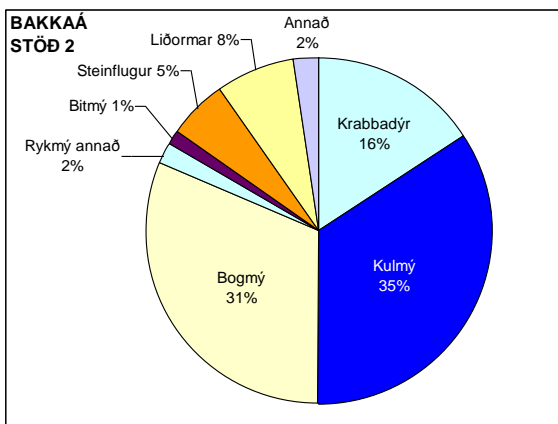
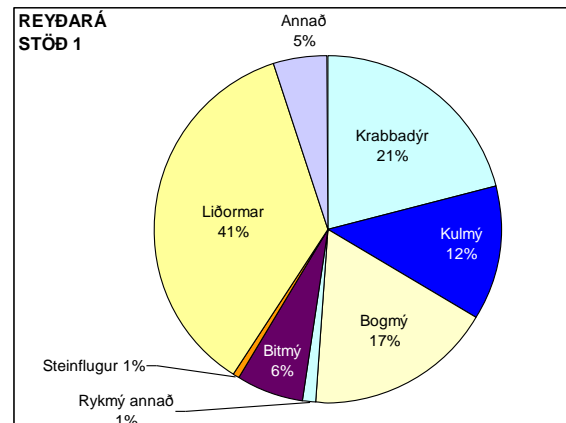
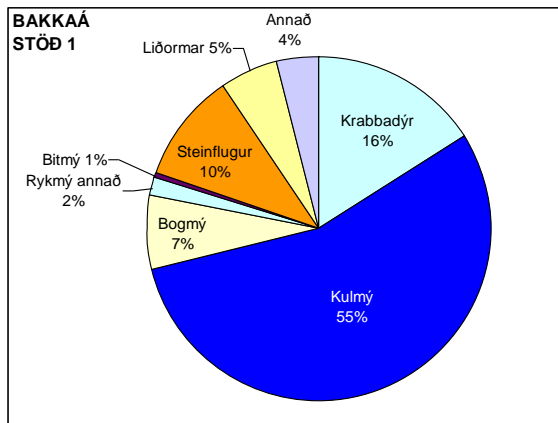
Þéttleiki botndýra í Bakkaá var frá því að vera 5.898 í að vera rúmlega 10.398 einstaklingar á fermetra. Ekki var tölfræðilega marktækur munur á þéttleika botndýra á milli sýnatökustöðva í Bakkaá (Kruskal-Wallis: $P=0,297$). Stór hluti botndýra voru rykmýslirfur, með þéttleika á bilinu 3.668 til 8.638 einstaklingar á fermetra (7. mynd). Í Reyðará var þéttleiki botndýra á bilinu 7.281 til 11.801 einstaklingar á fermetra. Líkt og í Bakkaá var ekki marktækur munur á þéttleika botndýra milli sýnatökustöðva (Kruskal-Wallis: $P=0,055$) Hlutur rykmýs var heldur minni af heildarfjölda botndýra í Reyðará en í Bakkaá. Þéttleiki rykmýs í Reyðará var á bilinu 2.867 til 4.357 einstaklingar á fermetra (7. mynd). Þéttleiki botndýra í ánum tveimur var ekki marktækt frábrugðin (Mann-Whitney: $P=0,084$).

Á bilinu 64–85% botndýra í Bakkaá voru rykmýslirfur (8. mynd). Stærstur hluti þeirra (35–55%) voru kulmýstegundir (Diamesinae). Bogmýstegundir (Orthoclaadiinae) voru um þriðjungur botndýra á efri tveimur sýnatökustöðvunum í Bakkaá, en voru aðeins 7% botndýra á neðstu sýnatökustöðinni (8. mynd). Af öðrum botndýrum bar nokkuð á steinflugum, einkum á neðstu sýnatökustöðinni (BAK-1), þar sem þær voru um 10% botndýra. Krabbadýr voru einnig í töluverðum mæli, einkum á neðstu tveimur sýnatökustöðvunum. Þar voru þau um 16% allra botndýra.

Samsetning botndýrafánunnar í Reyðará var töluvert frábrugðin því sem sást í Bakkaá, til að mynda var hlutur rykmýs mun minni í Reyðará (8. mynd). Þar var hlutur rykmýslirfa á bilinu 24 til 56% af heildarþéttleika botndýra. Hlutfall kulmýstegunda í Reyðará var á bilinu 12 til 24% og hlutur bogmýs á bilinu 11 til 29%. Krabbadýr voru algeng á neðstu tveimur sýnatökustöðvunum í Reyðará (REY-1 og REY-2), þar sem hlutur þeirra var 21–28%. Steinflugur voru í mjög litlum mæli á öllum sýnatökustöðvunum. Einkennandi botndýr í Reyðará, ásamt rykmýi voru liðormar, en hlutfall þeirra var 37–41% af heildarþéttleika botndýra (8. mynd).



7. mynd. Péttleiki botndýra á þremur sýnatökustöðvum í Bakkaá og Reyðará 4.–5. september 2008. Punktarnir sýna meðaltalsgildi heildarpéttleika botndýra fyrir hverja sýnatökustöð og láréttar línur sýna staðalfrávik hvers meðaltals. Súlurnar sýna meðalþéttleika rykmýs á hverri sýnatökustöð.



8. mynd. Hlutföll helstu hópa botndýra á þremur sýnatökustöðvum í Bakkaá og Reyðará 4. og 5. september 2008.

Eingöngu bleikja (*Salvelinus alpinus*) veiddist í Bakkaá og Reyðará. Bleikja veiddist á öllum stöðvunum í báðum ánum. Vísitala á þéttleika bleikju var frá 16,0 einst./100m² til 42,7 einst./100 m² (3. tafla). Ekki var marktækur munur á þéttleiki bleikju milli Reyðarár og Bakkaár (Mann-Whitney: $P=0,513$). Á einstökum stöðvum var þéttleiki mestur á stöð 2 í Bakkaá (3. tafla). Aldur bleikju var frá 0⁺ til 3⁺, og flestar bleikjurnar sem veiddust voru í yngstu tveimur aldurshópunum (4. tafla). Lengdarspönn bleikju var 3,5–14,7 cm í Bakkaá og

3,1–12,5 cm í Reyðará. Ekki var marktækur munur á meðallengd einstakra aldurshópa milli stöðva í Bakkaá eða Reyðará (Kruskal-Wallis: $P > 0,05$). Marktækur munur var á meðallengd 0^+ seiða (t-próf; $P < 0,01$) milli Bakkaár og Reyðará. Ekki var marktækur munur á meðallengd annarra aldurshópa milli ána (1^+ seiði, t-próf: $P=0,151$), (2^+ seiði, Mann-Whitney: $P=0,067$).

3. tafla. Stærð sýnatökustöðva, vísitala á fjölda veiddra bleikja (Fjöldi bl.) og vísitala á fjölda bleikja á hverja 100m^2 botnflatar í Bakkaá og Reyðará í rafveiðum 5. september 2008.

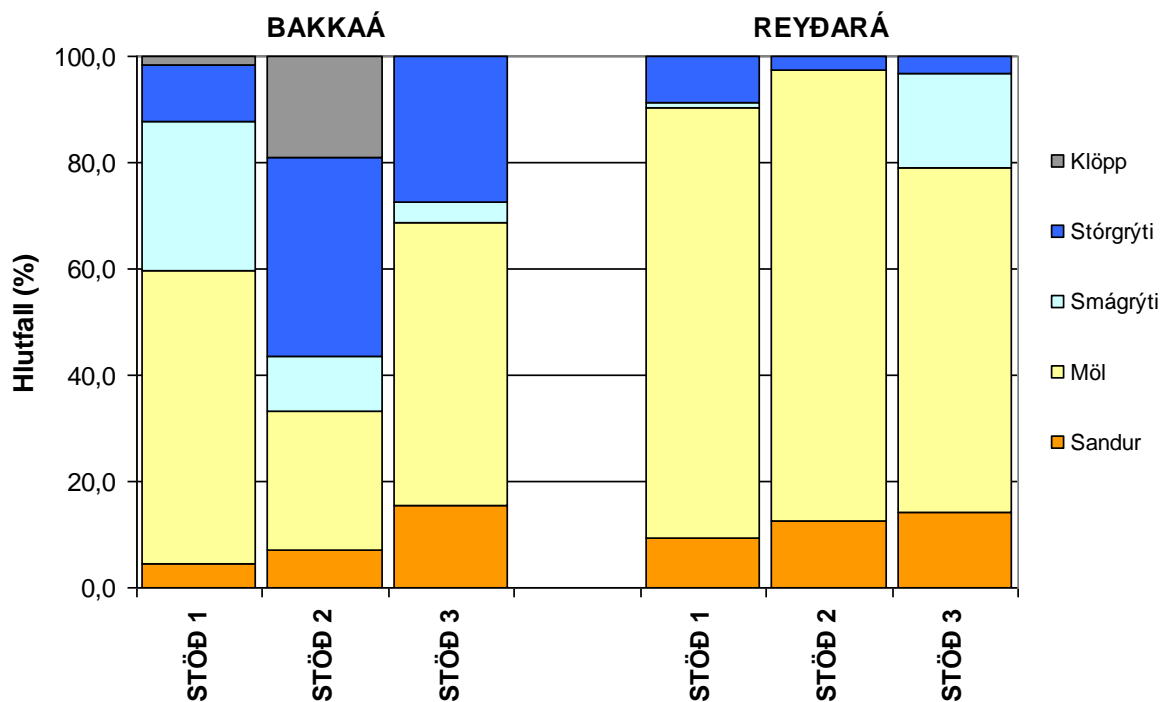
Vatnsfall	Stöð	Lengd (m)	Breidd (m)	Flatarm. (m^2)	Fjöldi bl.	Fjöldi/100 m^2
Bakkaá	1	66,7	1,27	84,7	16	18,9
Bakkaá	2	57,8	1,13	65,3	28	42,9
Bakkaá	3	37,5	2,16	81,0	13	16,0
Samtals:				231,0	57	24,7
Reyðará	1	35,3	2,82	99,5	26	26,1
Reyðará	2	30,5	2,10	64,1	19	29,7
Reyðará	3	15,4	5,48	84,4	29	34,4
Samtals:				248,0	74	29,8

4. tafla. Fjöldi, meðallengd og staðalfrávik meðallengdar (SD) einstakra aldurshópa bleikju í Bakkaá og Reyðará í rafveiðum 5. september 2008.

Aldur	Bakkaá			Reyðará		
	Fjöldi	M. lengd (cm)	SD	Fjöldi	M. lengd (cm)	SD
0^+	25	4,4	0,49	56	4,0	0,41
1^+	21	7,3	0,86	13	6,8	0,90
2^+	6	10,0	0,89	4	11,0	0,43
3^+	5	14,0	0,43	1	12,5	-
Samtals	57	6,9	2,96	74	5,0	2,09

Allar bleikjurnar sem veiddust voru ókynþroska fyrir utan tvo kynþroska hængi á stöð 3 í Bakkaá. Aldur kynþroska hænganna var 3^+ , og lengd þeirra var 13,6 cm og 14,1 cm.

Botnefni á sýnatökustöðvum 1 og 3 í Bakkaá var aðallega möl en á stöð 2 var herra hlutfall af grófara efni og tæplega 20% af botnyfirborðinu þar var klöpp (9. mynd). Á öllum stöðvunum í Bakkaá var auk þess nokkuð hátt hlutfall af smágrýti og stórgrýti. Í Reyðará var botnefni að stærstum hluta möl. Sandur þakti þar um 9–14% botnflatar en stórgrýti var undir 10% botnflatar á öllum stöðvum í Reyðará (9. mynd).



9. mynd. Meðalhlutfall hvers grófleikaflokks botnefnis á rafveiðistöðvum í Bakkaá og Reyðará samkvæmt mati 5. september 2008.

Umræða og ályktanir

Umhverfi Bakkaár og Reyðarár er að mörgu leyti svipað, þrátt fyrir að lengd ána sé mjög mismunandi. Rennsli Bakkaár og Reyðarár er ekki ýkja frábrugðið og bera bakkar beggja ána þess merki að sveiflur í vatnsrennsli eru fremur litlar. Að því leyti eru þessar ár meira í líkingu við lindár en dragár. Leiðni vatnsins var nokkuð há og svipar helst til þess sem mælist í lindám (Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998). Stöðugt rennsli og há leiðni bera vitni um lindaráhrif en treglek jarðlög veita yfirborðsvatni vegna regns og snjóbráðar til ána. Straumhraðinn var nokkru meiri í Bakkaá en Reyðará sem skýrist af meiri halla þeirrar fyrnefndu, auk þess sem þrengingar voru á farvegi Bakkaár á tveimur efri sýnatökustöðvunum, sem eykur straumhraða þar. Botngerð ána bar merki um mismunandi halla og straumhraða, því botnset Reyðarár var mun fíngerðara en í Bakkaá. Vatnshiti Reyðarár var 1–2 gráðum hærri en Bakkaár, sem gæti verið vegna þess að sú fyrnefnda er mun lengri og gæti vatnið því náð að hitna af völdum lofthita á leið sinni af heiðinni niður á láglandi. Sýrustig (pH-gildi) vatnsins var mjög svipað á milli sýnatökustöðva og áa eða tæplega 8. Líkt og hitinn, getur sýrustig vatnsins sveiflast nokkuð yfir daginn, fer það m.a. eftir því hve mikil frumframleiðsla er í ánum. Einnig getur uppruni vatnsins haft mikil áhrif á

sýrustig þess. Að jafnaði er sýrustig á bilinu 8,5–9,5 í lindám en 7–7,5 í dragám og jökulám (Sigurður R. Gíslason og Stefán Arnórsson 1988, Sigurður R. Gíslason 1993).

Magn blaðgrænu er gjarnan notað sem mælikvarði á lífmassa þörungna (Steinman o.fl. 2006). Í báðum ánum var magn blaðgrænu lágt, í Bakkaá innan við $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ á efstu og neðstu sýnatökustöðinni og tæplega $4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ á þeirri í miðjunni. Heldur hærra gildi mældust að jafnaði í Reyðará en í Bakkaá eða á bilinu 4,5 og $5,3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Samanburðarhæfar upplýsingar um magn blaðgrænu í ám hérlendis eru fáar enn sem komið er. Sé miðað við kalda lindalæki í Henglinum, þá sést að þau gildi sem mældust fyrir blaðgrænu í Bakkaá og Reyðará geta vart annað en talist lág (Rakel Guðmundsdóttir o.fl. handrit að grein í undirbúningi).

Fjölbreytni botndýrafánunnar var marktækt meiri í Reyðará en í Bakkaá, en þar fundust samtals 27 tegundir eða hópar botndýra, sem er nokkuð mikið miðað við aðrar lindár af svipaðri stærðargráður t.d. Hengladalsá á Hellisheiði (Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2002). Þéttleiki botndýra var hins vegar mun lægri en þekkist í lindám af svipaðri stærðargráðu s.s. Hengladalsá eða Hamarskotslæknum í Hafnarfirði (Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2002, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001) og svipar meira til þess sem þekkist í dragám t.d. í Reyðarfirði eða Úlfarsá (Þórólfur Antonsson og Jón S. Ólafsson 2000, Jón S. Ólafsson o.fl. 2001). Eins og í flestum vatnsföllum hérlendis var rykmý einn af ríkjandi hópum botndýra í Bakkaá og Reyðará. Bitmý er helst ríkjandi botndýr við útfall úr stöðuvötnum s.s. Laxá í S. Þingeyjarsýslu eða Soginu (Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson 1985, Magnús Jóhannsson o.fl. 2008). Í Bakkaá var hlutfall rykmýs mun hærra en það var í Reyðará, þar sem liðormar voru hlutfallslega algengastir. Af rykmýi var það einkum kulmýið sem einkenndi botndýralíf Bakkaár, en lirlfur þess finnast oftast í mestum mæli í jökulám eða dragám (Gísli Már Gíslason o.fl. 1999, 2001, Stefán Már Stefánsson o.fl. 2006, Þórólfur Antonsson og Jón S. Ólafsson 2000). Steinflugur voru einnig áberandi í Bakkaá og var hlutfall þeirra mun hærra þar en í Reyðará. Athygli vekur hátt hlutfall liðorma og krabbadýra í Reyðará sem má e.t.v. skýra með mun finna botnseti í Reyðará en í Bakkaá. Liðorma er einna helst að finna niðurgrafna í botnseti áa eða innan um botngróður (Ladle 1971, Rae 1985, Ladle og Ladle 1992, Jón S. Ólafsson o.fl. 2004).

Þéttleiki og meðallengd bleikju innan árganga var svipaður í Bakkaá og Reyðará. Í ánum veiddist eingöngu ókynþroska bleikja á aldrinum 0^+ til 3^+ fyrir utan tvo kynþroska hængi í Bakkaá. Ekki verður séð af gögnunum hvort um sjógöngustofna er að ræða en greiður aðgangur að sjó er í báðum ánum þó fiskgegn svæði þeirra sé tiltölulega stutt. Miðað við

aðra bleikjustofna á þessum landshluta má því gera ráð fyrir að a.m.k. einhver hluti bleikjunnar gangi til sjávar yfir sumarmánuðina.

Hugsanlegum áhrifum framkvæmda við byggingu og reksturs álvers á Bakka á lífríki Bakkaár og Reyðarár má skipta gróflega í þrennt. Áhrifin geta verið af eðlislægum toga, m.a. vegna breytinga á farvegum ána eða rennsli þeirra. Í öðru lagi geta komið fram áhrif á lífríki ána vegna frárennslis frá framkvæmdasvæðinu eða verksmiðjunni sjálfri. Í þriðja lagi geta orðið neikvæð áhrif vegna loftborinna efna sem blandast í jarðveg og yfirborðsvatn á svæðinu og leitt geta til breytinga í efnabúskap nærliggjandi vatnavistkerfa. Rannsókn á 30 ám í innan við 30 km radíus frá álverum í Noregi sýndu að styrkur flúors í vatni var innan þeirra marka sem norsk yfirvöld ákvarða (Hydro Aluminium a.s, Elkem Aluminium ANS, Sör-Norge Aluminium 1994), en sú rannsókn virðist fyrst og fremst hafa beinst að áhrifum álvera á landvistkerfi en ekki vatnavistkerfi. Í ljósi þess að nákvæm útfærsla framkvæmdarinnar liggur ekki fyrir (munnl. uppl. Arnór Þ. Sigfússon, HRV) er erfitt að meta nákvæmlega hver áhrifin verða á vistkerfi ána á Bakka. Þó má gera ráð fyrir að bygging og rekstur álvers muni hafa í för með sér nokkur eða jafnvel mikil neikvæð áhrif á vistkerfi Bakkaár og Reyðarár, einkum ef farvegum ána verður breytt eða ef afrennsli frá álverinu eða lóð þess verður látið renna beint út í árnar. Rétt væri að endanlegt mat á áhrifum framkvæmdarinnar á vatnalíf í Bakkaá og Reyðará taki mið af því og áætlanir um vöktun verði unnin í samvinnu við höfunda þessarar skýrslu.

Þakkir

Aðalsteinn Örn Snæþórsson og Þorkell Lindberg Þórarinsson á Náttúrustofu Norðausturlands, Guðni Guðbergsson Veiðimálastofnun aðstoðuðu við sýnatökur. Kristinn Ólafur Kristinsson aðstoðaði við úrvinnslu sýna. Guðni Guðbergsson og Þorkell Lindberg Þórarinsson lögðu á ráðin varðandi skipulagningu rannsóknarinnar. Jóhanna Björk Weissshappel á verkfræðistofunni Mannvit og Arnór Þórir Sigfússon hjá HRV lásu drög að skýrslunni yfir og færðu margt til betri vegar. Öllum þessum aðilum er hér þakkað fyrir framlag sitt til rannsóknarinnar.

Heimildir

- Allan, D. J. og Castillo, M 2007. *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. Önnur útgáfa. Springer-Verlag, 436 bls.
- Arnþór Garðarsson 1979. *Vistfræðileg flokkun íslenskra vatna*. Týli, tímarit um náttúrufræði og náttúruvernd 9:1-10.
- Freysteinn Sigurðsson, Jóna Finndís Jónsdóttir, Stefanía Guðrún Halldórsdóttir og Þórarinn Jóhannsson 2006. *Vatnafarsleg flokkun vatnsfalla á Íslandi*. Orkustofnun, Vatnamælingar. OS-2006/013.

- Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson 1985. *Bitmýið í Laxá í Suður-Þingeyjarsýslu*. Náttúrufræðingurinn 55:175-194.
- Gísli Már Gíslason, Hákon Aðalsteinsson, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson og Kristín Svavarsdóttir 2001. *Longitudinal changes in macroinvertebrate assemblages along a glacial river system in central Iceland*. *Freshwater Biology* 46:1737-1751.
- Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson og Hákon Aðalsteinsson 1999. Macroinvertebrate communities in rivers in Iceland. Í: *Biodiversity in Benthic Ecology* (ritstj. N. Friberg & J.D. Carl). Proceedings from Nordic Benthological Meeting in Silkeborg, Denmark, 13-14 November 1997. NERI Technical Report, No. 266. Bls. 53-61.
- Guðmundur Kjartansson 1945. *Íslenskar vatnsfallategundir*. Náttúrufræðingurinn 15:113-145.
- Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 1996. *Fiskar í ám og vötnum*. Landvernd, Reykjavík, 191 bls.
- Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998. *Áhrif landrænna þátta á líf í straumvötnum*. Náttúrufræðingurinn 68:97-112.
- Hilmar J. Malmquist 1998. Ár og vötn á Íslandi: vistfræði og votlendistengsl. Í: *Íslensk votlendi - verndun og nýting* (ritstj. Jón S. Ólafsson). Háskólaútgáfan, Reykjavík. Bls. 37 - 55.
- Hilmar J. Malmquist, Erlín E. Jóhannsdóttir og Finnur Ingimarsson 2001. *Dýralíf og efnafræði í Hamarskotslæk og Ástjörn*. Náttúrufræðistofa Kópavogs, 34 bls.
- Hydro Aluminium a.s, Elkem Aluminium ANS, Sör-Norge Aluminium 1994. Vegetation, soil and freshwater. Í: *The Norwegian Aluminium Industry and the Local Environment*. Oslo. Bls. 23-39.
- Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason, Sesselja G. Sigurðardóttir og Stefán Már Stefánsson 2001. *Botndýr í Úlfarsá: Könnun í maí 1999*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 54, 31 bls.
- Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2002. *Smádýralíf í vötnum á Hellisheiði, könnun í júlí 2001*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 59, 28 bls.
- Jón S. Ólafsson, Árni Einarsson, Gísli Már Gíslason og Yann Kolbeinsson 2004. *Samhengi botngerðar og botndýra í Laxá í S. Þingeyjarsýslu*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 72, 35 bls.
- Jón S. Ólafsson, Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 2006. *Vistfræði vatnsfalla á Íslandi, flokkun með tilliti til rykmýs*. Orkuþing 2006, bls. 218-223.
- Ladle, M. 1971. *The biology of Oligochaeta from Dorset chalk streams*. *Freshwater Biology* 1:89-97.
- Ladle, M. og R.J. Ladle 1992. *Life history pattern of river invertebrates*. *Hydrobiologia* 248:31-37.
- Lamberti, G.A., Gregory, S.V., Ashkenas, L.R. og Wildman, R.C. 1991. *Stream ecosystem recovery following a catastrophic debris flow*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:196-208.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Jón S. Ólafsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2008. *Fisk- og botndýrarannsóknir í Sogi og Þverám þess árið 2007*. Fjölrit Veiðimálastofnunar VMST/08005, 31 bls.

- Rae, J.G. 1985. *A multivariate study of resource partitioning in soft bottom lotic Chironomidae*. *Hydrobiologia* 126:275-285.
- Sigurður Reynir Gíslason 1993. *Efnafræði úrkomu, jökla, árvatns, stöðuvatna og grunnvatns á Íslandi*. *Náttúrufræðingurinn* 63:219-236.
- Stefán Már Stefánsson, Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2006. *The structure of chironomid and simuliid communities in direct run-off rivers on Tertiary basalt bedrock in Iceland*. *Ver. Int. Verein. Limnol.* 29:2015-2029.
- Sigurður R. Gíslason og Stefán Arnórsson 1988. *Efnafræði árvatns á Íslandi og hraði efnarofs*. *Náttúrufræðingurinn* 58:183-197.
- Steinman, A., Lamberti, G.A. og Leavitt, P.R. 2006. Biomass and pigments of benthic algae. Í: *Methods in stream ecology*, 2. útgáfa, ritstj.: Hauer, F. R. og Lamberti, G.A. Academic Press, bls. 357-379.
- Pórólfur Antonsson og Jón S. Ólafsson 2000. *Rannsóknir á lífríki áa í Reyðarfirði*. Fjölrit Veiðimálastofnunar, VMST-R/0019x, 22 bls.
- Zalewski, M. og Cowx, I.G. 1990. Factors affecting the efficiency of electric fishing. Í: *Fishing with electricity*, ritstj.: Cowx, I.G. og Lamarque, P. Fishing news books, bls. 89-11

