

Mengunarflokkun á Urriðakotsvatni og ofanverðum Stórákrókslæk



Ágúst 2006



Háskólaþrið í Hveragerði

Háskólasetrið í Hveragerði.
 Reykjum, Pósthólf 122, 810 Hveragerði
 Sími 433 5326
 Fax: 433 5309
 Netfang: setrid@nedrias.is
 Veffang: www.nedrias.is

Framkvæmdaraðili Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis	Fulltrúi Tore Skjenstad	Tölvupóstfang tore@heilbrigdiseftirlit.is
Verktaki Háskólasetrið í Hveragerði	Fulltrúi Tryggvi Þórðarson	Tölvupóstfang tryggvi@nedrias.is
Útgefandi Háskólasetrið í Hveragerði	Fjármögnun Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis	Skýrslan tekur til Urriðakotsvatns og Stórárókslækjar innan Garðabæjar
Höfundur Tryggvi Þórðarson	Ár 2006	Blaðsíðufjöldi 59
Íslenskur titill Mengunarflokkun á Urriðakotsvatni og ofanverðum Stórárókslæk.	Enskur titill Environmental quality of lake Urridakotsvatn and the upper reaches of Stórárókslækur brook.	
<p>Úrdráttur</p> <p>Gerð var úttekt á mengunarstöðu vatnsins og efri hluta lækjarins og þau flokkuð m.t.t. ákvæða í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Yfirlit um flokkunina er gefið á næstu síðum.</p> <p>Urriðakotsvatn er frekar lítið (0,13 km²) og grunnt vatn (0,7 m) með lítið vatnasvið (2,1 km²). Vatnið er sennilega í flokki hálfnáringarríkra vatna, þéttvaxið vatnplöntum og með fremur hraða útskolun. Augljós merki mengunar voru ekki sjáanleg nema fyrir heildarköfnunarefni (t-N) (376,5 µg/l) en að því er virðist má líklega að talsverðu leyti rekja styrk þess í vatninu til áburðarnotkunar á túninu í Oddsmýrardal. Styrkur ammóníaks (NH₄-N) var í hærri kantinum (15,7 µg/l) en styrkur fosfórs (t-P) (5,2 µg/l) lítill. Styrkur blaðgrænu α (3,0 µg/l) var meiri en búast má við af svifþörungum í svo grunnu vatni og stafar því sennilega að mestu af áhrifum frá upphvirfluðum ásætu- og botnþörungum. Súrefnismettun á mælitímabilinu (apríl-sept.) mældist ætíð um og vel yfir 100%.</p> <p>Stórárókslækur fellur úr Urriðakotsvatni og rennur í skurði að sýnatökustaðnum, um golfvöllinn Setberg. Efnastyrkur lækjarins er að sumu leyti ólíkari efnastyrk í Urriðakotsvatni en vænta hefði mátt á ekki lengri leið vatnsins. Hugsanlega stafar það af lindum sem vatn rennur úr í lækinn. Styrkur fosfórs (8 µg/l) var meiri en í Urriðakotsvatni en styrkur köfnunarefnis (195,8 µg/l) minni. Styrkur ammóníaks (44,6 µg/l) var auk þess nærri þrisvar sinnum hærri í læknum en vatninu og mjög stöðugur allt árið.</p> <p>Summary</p> <p>A survey of the environmental quality of lake Urridakotsvatn and the upper reaches of Stórárókslækur brook is presented. The lake and the brook were also categorized according to provisions in the regulation on the prevention of water pollution. An overview (in Icelandic) of the classification is presented on the next pages.</p> <p>Urridakotsvatn is a rather small (0,13 km²) and shallow lake (0,7 m) with a small watershed (2,1 km²). The lake is probably mesotrophic, with massive macrophyte growth and a rather high flushing rate. Except for total nitrogen (t-N) there were no obvious signs of anthropogenic loading to the lake. The concentration of total nitrogen was relatively high (376,5 µg/l), apparently to a large degree due to fertilizer application on the hayfield in Oddsmýrardal. The concentration of phosphorus (t-P) (5,2 µg/l) was low but the concentration of ammonium (NH₃-N) was rather high (15,7 µg/l). The chlorophyll a concentration was higher (3,0 µg/l) than would be expected for phytoplankton in a lake so shallow and is probably strongly effected by suspended epiphytic and benthic algae. During the measurement period (Apr.-Sep.) the values for the oxygen saturation were always close to or well above 100%.</p> <p>Stórárókslækur has its source in the outflow from Urridakotsvatn and runs in a ditch through a golf course towards the sampling point. The chemical composition of the stream water is in certain ways less like the chemical composition of the lake water than could be expected. This might be linked to the discharge of in connection to the stream. The concentration of phosphorus (t-P) (8,0 µg/l) was higher than in the lake but the concentration of nitrogen (t-N) (195,8 µg/l) was lower. The concentration of ammonia (44,6 µg/l) was almost threefold the concentration in the lake and very stable all year long.</p>		
Efnisorð Urriðakotsvatn, Stórárókslækur, efnasamsetning vatns, vatnsmengun, mengunarflokkun, vatnsgæði, grunnt vatn.	Subject words Lake Urridakotsvatn, Stórárókslækur brook, water chemistry, water pollution, classification of pollution, water quality, shallow water.	

Samantekt fyrir Urriðakotsvatn

Mat á ástandi, mengunarflokkun og tillögur um markmið og vöktun fyrir Urriðakotsvatn. Fyrstu tveir dálkarnir sýna meðaltöl mældra gilda og umhverfismarkaflokka þeirra (rautt letur). Næstu tveir dálkarnir sýna áætluð náttúruleg gildi og umhverfismarkaflokka þeirra (blátt letur). Fimmti dálkurinn sýnir flokkun árinna eftir mengunarástandi. Fjórir næstu sýna tillögur að langtímamarkmiðum, fyrsti það markmið sem lagt er til, næsti þau umhverfismörk sem vatnið þarf þá að falla undir, sá þriðji þann efnastyrk sem vatnið þarf að uppfylla og sá fjórði hversu langur vegur er frá því að markmiðin séu uppfyllt. Tveir þeir síðustu eru tillögur um vöktun, sá fyrri sýnir æskilega tíðni en sá síðari hvenær næsta vöktun er lögð til.

	Raunverulegt ástand		Náttúrulegt ástand		Mengunarflokkun	Tillaga að langtímamarkmiðum				Tillaga að vöktun	
	Meðaltal mældra gilda	Umhverfismarkaflokkur	Áætluð nátt.leg gildi	Umhverfismarkaflokkur		Mengunarflokkur	Umhverfismörk	Styrkur	Athugasemdir	Æskileg tíðni (ár)	Næsta vöktun
Saurkólí í 100 ml	4*	I	8	I	A	A	I	<14	Uppfyllt	1	2007
Saurkokkar í 100 ml	1*	I	4	I	A	A	I	<14	Uppfyllt	1	2007
t-P (mg/l)	5,2	I	7	I	A	A	I	<20	Uppfyllt	1	2007
t-N (mg/l)	376,5	II	280	I	B	A	I	<300	Úr 376,5	1	2007
NH ₄ -N (mg/l)	<15,7	II	15	II	A	A	II	<25	Uppfyllt	1	2007
Blaðgræna α (mg/l)	3,0	I	2,2	I	A	A	I	<8	Uppfyllt	1	2007
TOC (mg/l)	3,17	III	3,2	III	A	A	III	<6	Uppfyllt	1	2008
Cu (µg/l)	0,611	II	0,6	II	A	A	II	<3	Uppfyllt	2	2008
Zn (µg/l)	6,708	II	6,4	II	A	A	II	≤ 20	Uppfyllt	2	2008
Cd (µg/l)	<0,014	II	0,02	II	A	A	II	≤ 0,1	Uppfyllt	2	2008
Pb (µg/l)	<0,157	I	0,1	I	A	A	I	≤ 0,2	Uppfyllt	2	2008
Cr (µg/l)	0,694	II	0,6	II	A	A	II	<5	Uppfyllt	2	2008
Ni (µg/l)	0,850	II	0,9	II	A	A	II	≤ 15	Uppfyllt	2	2008
As (µg/l)	<0,093	I	0,05	I	A	A	I	≤ 0,4	Uppfyllt	2	2008

* Geometriskt meðaltal fyrir saurkólí og saurkokka.

Samantekt fyrir Stórárókslæk

Mat á ástandi, mengunarflokkun og tillögur um markmið og vöktun fyrir Stórárókslæk. Fyrstu tveir dálkarnir sýna meðaltöl mældra gilda og umhverfismarkaflokka þeirra (rautt letur). Næstu tveir dálkarnir sýna áætluð náttúruleg gildi og umhverfismarkaflokka þeirra (blátt letur). Fimmti dálkurinn sýnir flokkun árinna eftir mengunarástandi. Fjórir næstu sýna tillögur að langtímamarkmiðum, fyrsti það markmið sem lagt er til, næsti þau umhverfismörk sem lækjarvatnið þarf þá að falla undir, sá þriðji þann efnastyrk sem vatnið þarf að uppfylla og sá fjórði hversu langur vegur er frá því að markmiðin séu uppfyllt. Tveir þeir síðustu eru tillögur um vöktun, sá fyrri sýnir æskilega tíðni en sá síðari hvenær næsta vöktun er lögð til.

	Raunverulegt ástand		Náttúrulegt ástand		Mengunarflokkun	Tillaga að langtímamarkmiðum				Tillaga að vöktun	
	Meðaltal mældra gilda	Umhverfismarkaflokkur	Áætluð nátt.leg gildi	Umhverfismarkaflokkur		Mengunarflokkur	Umhverfismörk	Styrkur	Athugasemdir	Æskileg tíðni (ár)	Næsta vöktun
Saurkólí í 100 ml	5*	I	8	I	A	A	I	<14	Uppfyllt	1	2007
Saurkokkar í 100 ml	1*	I	4	I	A	A	I	<14	Uppfyllt	1	2007
t-P (mg/l)	8,0	I	8	I	A	A	I	<20	Uppfyllt	1	2007
PO ₄ -P (mg/l)	2,9	I	7	I	A	A	I	<10	Uppfyllt	1	2007
t-N (mg/l)	195,8	I	160	I	A	A	I	<300	Uppfyllt	1	2007
NH ₄ -N (mg/l)	44,6	III	20	II	B	A	II	<25	Úr 44,5	1	2007
TOC (mg/l)	2,56	II	2,3	II	A	A	II	<3	Uppfyllt	1	2007
Cu (µg/l)	0,726	II	1,0	II	A	A	II	≤ 3	Uppfyllt	2	2008
Zn (µg/l)	1,004	I	2,5	I	A	A	I	≤ 5	Uppfyllt	2	2008
Cd (µg/l)	<0,011	II	0,015	II	A	A	II	≤ 0,1	Uppfyllt	2	2008
Pb (µg/l)	0,06	I	0,1	I	A	A	I	≤ 0,2	Uppfyllt	2	2008
Cr (µg/l)	0,73	II	0,8	II	A	A	II	≤ 5	Uppfyllt	2	2008
Ni (µg/l)	0,454	I	0,5	I	A	A	I	≤ 0,7	Uppfyllt	2	2008
As (µg/l)	<0,120	I	0,15	I	A	A	I	≤ 0,4	Uppfyllt	2	2008

* Geometriskt meðaltal fyrir saurkólí og saurkokka.

Efnisyfirlit

Töflulisti	8
Myndalisti.....	9
Inngangur.....	11
Verkefni.....	11
Mengunarflokkun vatna.....	11
Forsendur mengunarflokkunar.....	11
Aðferðir	12
Rannsóknáættingir	12
Val sýnatökustaða.....	13
Sýnataka	14
Meðhöndlun, geymsla og flutningur sýna	14
Mælingar og efnagreiningar	14
Næmni efnagreininga og skekkjumörk.....	15
Meðferð gagna og túlkun.....	15
Eðli rannsóknáættinga	16
Næringarefni.....	16
Lífrænt efni.....	18
Blaðgræna α	18
Örverumengun.....	18
Málmar	19
Aðrir þættir	19
Efni í úrkomu.....	19
Grunn stöðuvötn	19
Efnaferlar næringarefna.....	19
Vistkerfi grunnra vatna.....	20
Urriðakotsvatn og Stórakrókslækur.....	21
Lýsing og helstu stærðir	21
Gróðurfar	24
Mannleg umsvif og mengunarálag	25
Hugsanleg viðbrögð við mengunarálagi.....	26
Niðurstöður og umfjöllun	27
Niðurstöður.....	27
Aðrar efnagreiningar	36
Vægi fosförs og köfnunarefnis	36
Flokkun Urriðakotsvatns og Stórakrókslækjarvatns.....	39
Næringarástand.....	39
Náttúrulegt ástand.....	40
Mengunarflokkun	45
Tillaga að langtíamarkmiðum.....	46
Tillaga að vöktun.....	48
Sérstök verndun, viðkvæm svæði og aðgerðaráætlanir	49
Heimildir	50
Viðauki	55

Töflulisti

Tafla 1.	Mengunarflokkar vatns.....	11
Tafla 2.	Umhverfismarkaflokkar.....	12
Tafla 3.	Efnagreiningaraðferðir og efnagreiningartæki.....	15
Tafla 4.	Shapiro-Wilk W-prófun á normaldreifingu ($\alpha=0,01$), frávikshlutföll og gerð miðsæknigilda sem notuð var.....	16
Tafla 5.	Kjörlendi tegunda vatnplantna m.t.t. næringarástands vatns.....	25
Tafla 6.	Niðurstöður annarra efnagreininga frá árunum 2003 og 2005.....	36
Tafla 7.	Ýmiss viðmiðunargildi N/P hlutfalla (vikt) sem notuð eru til að meta hvort fosfór eða köfnunarefni er líklegra til að vera takmarkandi fyrir þörungavöxt í vötnum.....	38
Tafla 8.	Meðalstyrkur næringarefna og hlutfall köfnunarefnis og fosfórs í 5 vötnum á Suðvesturlandi.....	41
Tafla 9.	Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Urriðakotsvatns.....	44
Tafla 10.	Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Stórákrókslækjar.....	45
Tafla 11.	Mengunarflokkun Urriðakotsvatns.....	46
Tafla 12.	Mengunarflokkun Stórákrókslæks.....	46
Tafla 13.	Svigrúm til mengunar í Urriðakotsvatni innan flokks A.....	48
Tafla 14.	Svigrúm til mengunar í Stórákrókslæk innan flokks A.....	48
Tafla 15.	Tillaga að vöktun Urriðakotsvatns og Stórákrókslækjar vegna ákvæða reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.....	49

Myndalisti

Mynd 1.	Sýnatöku- og mælistaðir í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	13
Mynd 2.	Vatnshitastig í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	27
Mynd 3.	Þéttleiki saurkólí í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	27
Mynd 4.	Þéttleiki saurkokka í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	28
Mynd 5.	pH í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	28
Mynd 6.	Leiðni í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	28
Mynd 7.	Mettunarhlutfall súrefnis í Urriðakotsvatni.	29
Mynd 8.	Grugg í Urriðakotsvatni.	29
Mynd 9.	Fosfórstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	30
Mynd 10.	Fosfatstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	30
Mynd 11.	Köfnunarefnisstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	30
Mynd 12.	Ammóníaksstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	30
Mynd 13.	Nítratstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	31
Mynd 14.	Styrkur blaðgrænu α í Urriðakotsvatni.	31
Mynd 15.	Heildarstyrkur lífræns kolefnis í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	31
Mynd 16.	Koparstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	32
Mynd 17.	Zinkstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	32
Mynd 18.	Blýstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	32
Mynd 19.	Krómstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	33
Mynd 20.	Nikkelstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	33
Mynd 21.	a) Heildarstyrkur fosfórs (t-P) og fosfats ($\text{PO}_4\text{-P}$) í Urriðakotsvatni apríl- september 2005. b) Heildarstyrkur köfnunarefnis (t-N), nítrats ($\text{NO}_3\text{-N}$) og ammóníaks ($\text{NH}_4\text{-N}$) í Urriðakotsvatni á sama tíma.	37
Mynd 22.	Hlutfall köfnunarefnis og fosfórs (N/P, vikt) á tímabilinu mars 2005-mars 2006 í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.	39

Inngangur

Verkefni

Verkefni það sem hér er kynnt er samstarfsverkefni Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæði og Háskólasetursins í Hveragerði. Markmiðið með verkefninu er að meta náttúrulegt og núverandi ástand Urriðakotsvatns, mengunarflokka það í samræmi við flokkunarkerfi reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns og gera tillögur um langtímamarkmið fyrir ástand þess og umfang og tíðni áframhaldandi vöktunar.

Mengunarflokkun vatna

Í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns eru ákvæði sem gera heilbrigðisnefndum að flokka vatn (grunnvatn og yfirborðsvatn¹) og setja langtímamarkmið í því skyni að viðhalda náttúrulegu ástandi þess. Í reglugerðinni er enn fremur kveðið á um að langtímamarkmið fyrir vötn skuli koma fram á skipulagsuppdráttum svæðis- og aðalskipulags og að sýna skuli flokkun þeirra á skýringaruppdráttum við gerð deiliskipulags.

Mengunarflokkar reglugerðarinnar eru sýndir í töflu 1.

Tafla 1. Mengunarflokkar vatns.

Flokkur	Mengunarástand	Litamerking á skipulagsuppdráttum
A	Ósnortið vatn	Blátt
B	Lítið snortið vatn	Grænt
C	Nokkuð snortið vatn	Gult
D	Verulega snortið vatn	Appelsínugult
E	Ófullnægjandi vatn	Rautt

Forsendur mengunarflokkunar

Mengunarflokkunina skal gera með hliðsjón af umhverfismörkum fyrir örverumengun, málma, næringarefni og lífræn efni í vatni, sbr. gr. 8.1 og fylgiskjal með reglugerð nr. 796/1999 og byggja á mati á því hversu miklum áhrifum vatnið hefur orðið fyrir af völdum mannglegrar starfsemi. Mengunarflokkunin byggir í meginatriðum á því hve mikið tiltekið vatn víkur frá náttúrulegu ástandi þess (sjá gr. 10.1 og 10.2) eða skilgreindum almennum náttúrulegum bakgrunnsgildum (sjá gr. 10.1).

Samkvæmt Handbók um aðgerðaráætlanir og flokkun vatns (Umhverfisstofnun 2004) ber að leggja álagsgreiningu viðkomandi vatns til grundvallar við mengunarflokkunina en álagsgreiningin er skipulögð könnun á mannlegum umsvifum á vatnsviði vatnsins ásamt mati á því hve mikils álags er að vænta frá umsvifunum.

¹ Yfirborðsvatn = Kyrrstætt eða rennandi vatn á yfirborði jarðar, straumvötn, stöðuvötn og jöklar, svo og strandsjór.

Bakgrunnsgildi sem að gagni kæmu við mengunarflokkun á vötnum hafa ekki verið skilgreind. Í handbókinni kemur þó fram að umhverfismörk fyrir saurmengun vísi til bakgrunnsgildis og megi því nota þau við mengunarflokkun hvar sem er á landinu. Það merkir að náttúrulegt ástand m.t.t. saurbaktería jafngildir umhverfismörkum I eða <14 bakteríur í 100 ml.

Á meðan eiginleg bakgrunnsgildi hafa ekki verið skilgreind þarf að meta náttúruleg gildi fyrir hvert vatn sérstaklega. Ýmsar leiðir koma til greina til að afla upplýsinga til þess. Venjulega liggja mælingar snortinna vatna ekki fyrir frá því áður en mannlegra áhrifa tók að gæta en hinsvegar eru allmörg vötn á landinu enn ósnortin eða lítt snortin og því samanburðarhæf að teknu tilliti til gerðar og svæðisbundinna einkenna. Þannig geta rannsóknir sem gerðar eru sérstaklega til að mengunarflokka vötn sem með sæmilegri vissu geta talist ósnortin eða nánast ósnortin veitt mikilvæga vitneskju um náttúruleg bakgrunnsgildi. Sömuleiðis má stundum leita upplýsinga um efnaeiginleika ósnortinna vatna í niðurstöðum annarra tiltækra rannsókna á íslenskum vötnum. Einnig er hægt að meta ástand stöðuvatna frá fyrri tíð með rannsóknum á setkjörnum úr botni þeirra. Að síðustu má nefna rannsóknir á náttúrulegu afrennsli flokkunarefnanna af vatnasviðinu en ef umfang þess er þekkt má með útreikningum meta líklegan styrk flokkunarefnanna í viðkomandi vötnum áður en mannlegra áhrifa tók að gæta. Í þeim tilvikum sem beinar upplýsingar um sambærileg ósnortin vötn skortir má bæði styðjast við þá vitneskju sem til er um mannlegar athafnir á vatnsviði viðkomandi vatns og gera samanburð við önnur sambærileg vötn þótt ekki séu ósnortin.

Sá rammi sem settur hefur verið upp í reglugerðinni til að fást við flokkunina felst í umhverfismörkunum. Þau eru notuð til að setja fram bæði náttúrulegt og raunverulegt (mælt) ástand. Umhverfismarkaflokkar eru sýndir í töflu 2. Orðalagið er tekið úr reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

Tafla 2. Umhverfismarkaflokkar.

Umhverfismörk	Útskýringar		
	Saurmengun	Málmar í vatni	Næringarefni/lífræn efni í stöðuvötnum og ám
I	Mjög lítil eða engin hætta á saurmengun.	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum.	Næringarfátækt (oligotrophy).
II	Lítil saurmengun.	Lítil hætta á áhrifum.	Lágt næringarefnagildi (oligo-/mesotrophy).
III	Nokkur saurmengun.	Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki.	Næringarefnaríkt (meso-/eutrophy).
IV	Mikil saurmengun.	Áhrifa að vænta.	Næringarefnaauðugt (eutrophy).
V	Ófullnægjandi ástands vatns/þynningarsvæði.	Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði.	Ofauðugt (hypertrophy).

Aðferðir

Rannsóknabættir

Eftirfarandi efnaþættir voru rannsakaðir og notaðir við mengunarflokkunina: Saurkólí, blaðgræna α , heildarfosfór (t-P), fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$), heildarköfnunarefni (t-N), ammóníak ($\text{NH}_4\text{-N}$), heildar lífrænt kolefni (TOC), heildarmagn málmanna kopars (Cu), zinks

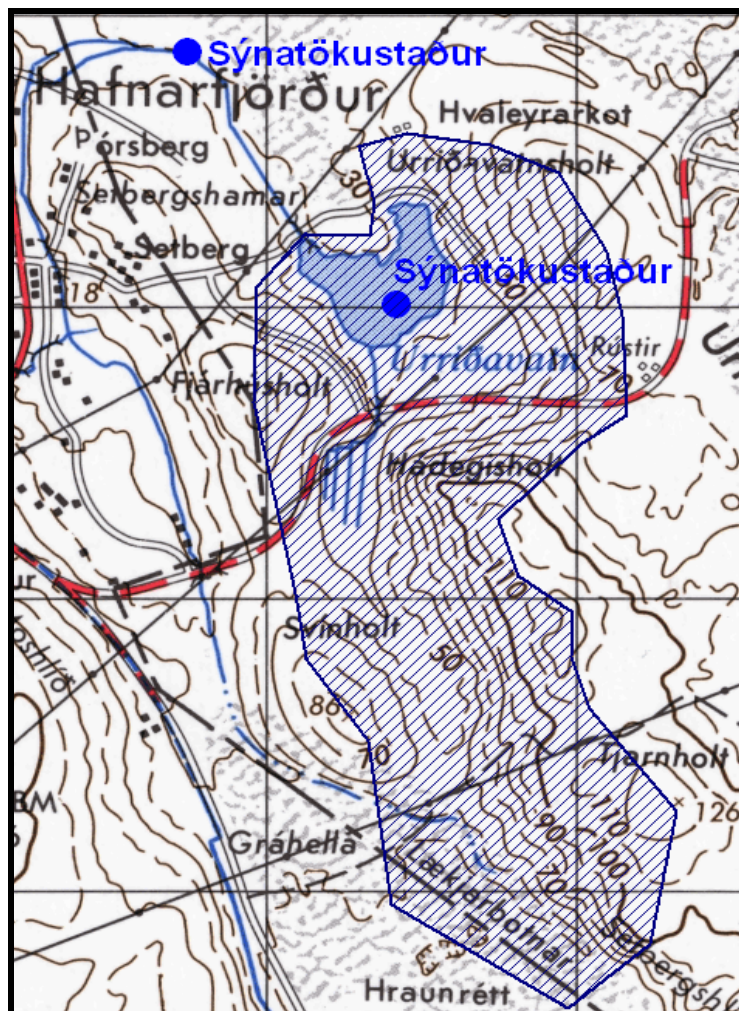
(Zn), kadmíums (Cd), blýs (Pb), króms (Cr), nikkels (Ni) og arsens (As). Auk þess var hitastig, pH, leiðni, súrefni, grugg og níturat ($\text{NO}_3\text{-N}$) mæld. Blaðgræna α er einungis notuð til flokkunar stöðuvatna og fosfat einungis til flokkunar fallvatna.

Val sýnatökustaða

Urriðakotsvatn: Þar sem dýpi hafði ekki verið mælt í Urriðakotsvatni þegar rannsóknin var hafin var sýnatökustaðurinn valinn þar sem einna mest dýpi virtist vera nálægt miðju vatni. Dýpi vatnsins er þó allstaðar svipað.

Stórákrókslækur: Sýnatökustaðurinn í Stórákrókslæk var valinn neðarlega á þeim kafla sem er innan Garðabæjar. Við valið var hugað sérstaklega að því að straumur væri góður, dýpi nægjanlegt til að ná sýni án botngruggs og að ekki væri sjáanlegt innstreymi rétt ofan sýnatökustaðarins.

Sýnatökustaðirnir eru sýndir á korti á mynd 1 ásamt vatnasviði Urriðakotsvatns. Á mynd 2a og 2b eru sýnatökustaðirnir sýndir nánar.



Mynd 1. Sýnatöku- og mælistaðir í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.

Urriðakotsvatn : $N64^{\circ}04,022'$, $V21^{\circ}54,796'$. Stórákrókslækur: $N64^{\circ}04,484'$, $V21^{\circ}55,646'$.
Vatnasviðið Urriðakotsvatns er rissað inn á kortið (skástrikað).

Sýnataka

Urriðakotsvatn: Sýni voru tekin rétt undir yfirborði (0,2 m dýpi) beint í sýnatökuflokskur en vatn í fötu til mælinga. Mælingar á súrefni (O₂) voru gerðar á sama dýpi. Súrefni og hitastig var mælt öll 6 skiptin, leiðni og pH í 5 skipti og grugg í 4 skipti. Sýni til greiningar á blaðgrænu α voru síuð á staðnum (MFS GF75). Tekin voru alls 6 sýni til efnagreininga á 6 mánaða tímabili (18. apríl - 26. september 2005) og 12 sýni til bakteríugreininga á 12 mánaða tímabili (11. mars 2005 - 13. mars 2006). Sýnatöku önnuðust Tryggvi Þórðarson, Tore Skjenstad og Sveinn Aðalsteinsson.

Um miðjan apríl, sennilega rétt áður en sýnataka hófst í vatninu þann 18. apríl, mun hafa verið losuð stífla sem myndast hafði í afrennslinu fyrri hluta vetrar (Árni Hjartarson 2006). Við það lækkaði að sögn um 40-50 cm í vatninu og hefur vatnsborðið því hugsanlega ennþá verið í hærri kantinum þegar fyrstu sýnin voru tekin.

Stórakrókslækur: Sýni voru tekin nokkurn veginn í miðjum læknum, beint í sýnaflöskur og upp í straumstefnuna. Reynt var að forðast að fá sýnileg "óhreinindi" með í flöskuna, s.s. slý, flugur o.þ.h. Tólf sýni voru tekin úr Stórakrókslæk með um mánaðarmillibili. Sýnatöku annaðist Tore Skjenstad.

Báðir sýnatökustaðirnir: Sýnataka fór fram fyrir hádegi. Sýnatökudagar voru ekki fyrirfram ákveðnir heldur valdir jafnóðum þannig að um mánuður væri milli sýnatökuskipta. Sýni til flestra efnagreininganna voru tekin í tvær 50 ml polypropylen flöskur. Önnur flaskan (m.a. til málgreiningar) var sýrupvegin fyrir sýnatökuna og í hana var bætt 100 μ l af saltpéturssýru (65%, suprapur[®]) strax að henni lokinni (pH<2). Sýni voru ekki síuð. Bakteríusýni voru tekin í gerilsneiddar plastflöskur. Áður en sýni til efnagreininga voru tekin voru flöskurnar skolaðar þrisvar upp úr vatninu sem sýnið var tekið úr. Bakteríusýnaflöskur voru ekki skolaðar áður en sýni var tekið.

Meðhöndlun, geymsla og flutningur sýna

Sýnin voru geymd kæld þar til hægt var að frysta þau (efnasýni og blaðgræusýni) eða greina (bakteríusýni). Strax að sýnatöku lokinni var sýnum til bakteríugreininga komið til rannsóknastofu Umhverfisstofnunar og efnasýnum í frysti. Bakteríusýni voru tekin til ræktunar innan 24 klst. Blaðgræusýni voru fryst innan klukkustundar frá sýnatöku. Styrkur blaðgrænu α var greindur á rannsóknastofu Háskólasetursins í Hveragerði, venjulega innan tveggja daga. Efnagreiningar fóru fram hjá rannsóknastofu Skógvistfræðistofnunar Landbúnaðarháskólans í Umeå í Svíþjóð. Sýnin voru send þangað með hraðsendingarþjónustu í þurrís sem hélt þeim frosnum á leiðinni. Geymslutími þeirra í frysti frá sýnatöku að efnagreiningu var allt að 7 mánuðir fyrir sýni úr Urriðakotsvatni og allt að 13 mánuðir fyrir sýni úr Stórakrókslæk. Sýnin voru tekin úr frysti 24 tímum fyrir greiningu.

Mælingar og efnagreiningar

Staðarákvarðanir (GPS) voru gerðar með Garmin Etrex Summit (Urriðakotsvatn) og Magellan SporTrak Map (Stórakrókslækur) staðarákvörðunartækjum með WGS 84 viðmiðun. Súrefni var mælt með WTW Oxi 197-S súrefnismæli. Lofthiti var mældur með einföldum stafrænum mæli (Precision Multi-Thermometer). Hitastig vatnsins var mælt með hitastigsmæli súrefnistækisins (Urriðakotsvatn). pH og leiðni var mæld

á staðnum með Oakton pH/Con 300 handmæli. Bæði pH- og leiðnimælir voru kvarðaðir fyrir hvert sýnatökuskipti. Sjálfvirk leiðrétting mælanna miðast við 25°C.

Gerð er grein fyrir aðferðum og tækjum sem notuð voru til efnagreininga á efnarannsóknastofum í töflu 4.

Tafla 3. Efnagreiningaraðferðir og efnagreiningartæki.

Mælipáttur	Efnagreiningaraðferð	Efnagreiningartæki
Köfnunarefni, fosfat:	FIA	Tecator 5012, Foss Tecator, Sollentuna, Sverige.
Fosfór	ICP/MS-DRC	Elan 6100, PerkinElmer, Norwalk, Connecticut, USA.
Katjónir	ICP/MS-DRC	Elan 6100, PerkinElmer, Norwalk, Connecticut, USA.
Lífrænt kolefni (TOC):		TOC-5000, Shimadzu, Kyoto, Japan.
Blaðgræna α	Litrósmæling. Útreikningar skv. H.L. Golterman o.fl. 1978.	AquaMate UV/Visible Spectrophotometer.

Næmni efnagreininga og skekkjumörk

Skekkjumörk efnagreininganna eru gefin sem 95% öryggismörk í samræmi við leiðbeiningar Alþjóðlegu staðlasamtakanna (ISO) (GUM 1995). Næmni ákvarðast út frá skekkjumörkum þannig að ef efnagreining er lægri en skekkjumörkin þá er talan framsett sem <skekkjumörkin. Skekkjumörk og næmni geta því verið mismunandi frá einni mælingu sama efnis til annarrar jafnframt því að þau hækka með hækkandi mæligildi.

Meðferð gagna og túlkun

Úrtök þar sem koma fyrir einstök gildi sem eru margfalt hærri en meðaltal annarra gilda sama efnis eru líklegri til að vera lognormaldreifð en normaldreifð. Sérstaklega getur þetta átt við um torleyst efni, s.s. málma. Ástæða slíkrar dreifingar geta verið margar, m.a. vatnavextir en samfara þeim er meira um landræn efni og gruggagnir í ánum. Ef notað er meðaltal til að lýsa miðsækni fyrir slík gildi vege einstök fráviksgildi of mikið og leiða þannig til villandi niðurstöðu og oft lakari flokkunar en efni standa til. Sérstaklega á þetta við þegar tiltölulega fá sýni eru lögð til grundvallar flokkuninni eins og hér er gert.

Gerð var Shapiro & Wilk W-tölfræðiprófun á talnagildum þeirra niðurstaðna sem notuð voru til flokkunarinnar til að meta hvort frekar væri um normal- eða lognormaldreifð þýði að ræða. Gæfi prófunin til kynna lognormaldreifingu ($\alpha=0,01$) og frávikshlutfall² viðkomandi gilda var 1,2 eða meira (R.O. Gilbert 1987) var miðsækni ákvörðuð út frá geómetrísku meðaltali³. Væri frávikshlutfallið hinsvegar lægra eða prófunin benti til normaldreifingar var meðaltal notað.

Bakteríustyrkur eru jafnan lognormal dreifður (Gareth Rees o.fl. 2000) og er því notast við geómetrískt meðaltal fyrir saurkólí og saurkokka óháð útkomu prófunarinnar. Þessi sérregla fyrir bakteríur breytti meðferð gagna fyrir saurkólí á báðum stöðunum og fyrir saurkokka í Stórákrókslæk þar sem almenna reglan um frávikshlutfallið hefði átt að leiða til notkunar á meðaltali.

² Frávikshlutfall (e. coefficient of variation) = Staðfrávik deilt með meðaltali.

³ Geómetrískt meðaltal = $10^{((\sum \log x)/n)}$ eða $10^{((\sum \log(x+1))/n)}$ -1 ef núllgildi koma fyrir. Lítið x er mæligildi og n er fjöldi mæligilda.

Í öðrum tilvikum var notast við meðaltal, m.a. þegar ekki var hægt að ákvarða líklega dreifingu vegna hás hlutfalls gilda undir greiningarmörkum (kadmíum á báðum stöðum og blý og arsen í Urriðakotsvatni) og þar sem tölfræðiprófunin gaf ekki marktæka niðurstöðu (króm og nikkell í Urriðakotsvatni).

Geometriskt meðaltal er lægra en hefðbundið meðaltal, sérstaklega þegar einstaka mjög há gildi koma fyrir.

Í töflu 4 er gefið yfirlit yfir niðurstöður W-prófunar Shapiro & Wilk, frávikshlutföll og þau miðsæknigildi⁴ sem notuð voru.

Við útreikninga í skýrslunni eru mæligildi sem eru undir greiningarmörkum meðhöndluð sem talnagildi greiningarmarkanna.

Tafla 4. Shapiro-Wilk W-prófun á normaldreifingu ($\alpha=0,01$), frávikshlutföll og gerð miðsæknigilda sem notuð var.

logN=lognormal dreifing, N=normal dreifing, GM=geómetriskt meðaltal, M=meðaltal

	Urriðakotsvatn				Stórárókslækur			
	Besta samsvörun	W	Frávikshlutfall	Miðsóknargildi	Besta samsvörun	W	Frávikshlutfall	Miðsóknargildi
Blaðgræna α	N	0,953	0,43	M				
Saurkólí	logN	0,922	1,15	GM	logN	0,918	1,07	GM
Saurkokkar	logN	0,858	1,66	GM	logN	0,898	1,13	GM
t-P	N	0,850	0,23	M	logN	0,890	0,31	M
PO4-P	log	0,835	0,25	M	logN	0,936	0,20	M
t-N	logN	0,838	0,33	M	logN	0,900	0,13	M
NH4-N	logN	0,761	0,82	M	logN	0,883	0,04	M
TOC	logN	0,958	0,36	M	logN	0,934	0,21	M
Cu	logN	0,723	0,81	M	logN	0,941	0,22	M
Zn	logN	0,928	0,35	M	logN	0,866	0,27	M
Cd			0,00	M				M
Pb			1,04	M	logN	0,958	0,34	M
Cr	logN*	0,671	0,77	M	N	0,959	0,16	M
Ni	logN*	0,639	1,72	M	logN	0,971	0,25	M
As			0,11	M	N	0,972	0,18	M

* Ekki marktækt

Eðli rannsóknabátta

Næringarefni

Næringarefni geta sagt til um vistfræðilegt ástand vatna og eru þau einnig góður mælikvarði á ýmsar tegundir mengunar. Mikilvægustu næringarefni vatnagróðurs eru fosfór (P) og köfnunarefni (N) en þau er að finna í þörungum í hlutföllunum 7,2:1 (vikt) (Steven C. Chapra 1997).

⁴ Miðsæknigildi = Gildi sem best lýsir miðsækni í tilteknu þýði. Hægt er m.a. að áætla miðsæknigildi með meðaltali, geómetrisku meðaltali, miðgildi eða tíðasta gildi.

Náttúrulegur fosfór er upprunninn úr bergi en náttúrulegt köfnunarefni að langmestu leyti úr andrúmsloftinu. Fosfór leysist upp við efnaveðrun en náttúrulegt köfnunarefni verður aðallega til við köfnunarefnisbindingu vissra lífvera sem geta breytt köfnunarefni andrúmsloftsins í vatnsleysanleg köfnunarefnissambönd. Á Íslandi er efnaveðrun meiri en víðast annarsstaðar (Sigurður R. Gíslason & Stefán Arnórsson 1988) en á móti kemur styttri tími til efnaveðrunar og meiri úrkoma sem þynnir efnin út (Sigurður Reynir Gíslason 1993).

Í ósnortnum vötnum er styrkur nítríts ($\text{NO}_2\text{-N}$) nær alltaf lítill og efnið ekki mælanlegt. Styrkur ammóníaks ($\text{NH}_4\text{-N}$) er í flestum tilvikum einnig lítill í slíkum vötnum. Ammóníak myndast þó í stöðuvötnum þar sem mikil umsetning er af lífrænu efni. Sérstaklega má búast við þessu í grunnum vötnum þar sem eru breiður vatnplantna því niðurbrot er oft talsverð í slíkum breiðum (B. Moss 1998, Marten Scheffer 1998).

Næringarefnamengun er oft af völdum skólplösunar og notkunar og meðferðar á lífrænum og ólífrænum áburði í landbúnaði. Ofanvatn í þéttbýli getur einnig tekið með sér talsvert af næringarefnum af götum, úr görðum og opnum svæðum og úrkoma ber með sér næringarefnamengun, aðallega köfnunarefni. Mikill styrkur ammóníaks ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) og fosfats ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) getur stundum gefið vísbendingu um nálægar uppsprettur næringarefnamengunar.

Ammóníak myndast við niðurbrot próteina og þvagefnis og er t.d. mikið af því í skólpi og húsdýraáburði eða þar sem leifar jurta eru að brotna niður. Bæði þörungar og plöntur geta notað ammóníak sem næringarefni en ójónað ammóníak ($\text{NH}_3\text{-N}$) er hinsvegar eittrað vatnalífverum í litlum styrk (V.P. Evangelou 1998). Hlutfall ójónaðs ammóníaks af uppleystu ammóníaki er því hærra sem pH og hitastig er hærra. Þegar súrefni er til staðar oxast ammóníak fljótlega af völdum örvera yfir í nítrat (NO_3^-).

Efnasambönd fosfórs (P) eru torleyst í vatni en köfnunarefnis fremur auðleyst. Mun meira getur því verið af köfnunarefni en fosfór í vatni. Fosfat er það form fosfórs sem vatnagróðurinn getur helst nýtt sér. Þegar fosfór er takmarkandi fyrir þörungavöxt er venjulega lítið sem ekkert af fosfati í uppleystu formi ($<2,2 \mu\text{g/l}$) því það er notað jafnóðum af þörungunum. Fosfat (PO_4) er torleyst þegar nægt súrefni er til staðar og botnfellur sem efnasambönd kalsíums (Ca), járns (Fe) og áls (Al). Sé súrefni ekki til staðar í vatninu getur fosfór hinsvegar leysts upp að nýju. Í mörgum vötnum með langvarandi mikla næringarefnaíkomu verður til næringarefnaforði á botninum sem stöðugt sér þörungum og vatnplöntum fyrir næringu (Marten Scheffer 1998).

Fosfór og köfnunarefni (N) geta verið takmarkandi fyrir vöxt vatnaþörunga við venjulegar aðstæður. Þar sem bæði fosfór og köfnunarefni er að finna í skólpi, eru notuð til áburðar, t.d. við túnærkt og finnast í ofanvatni frá byggð, eykst framboð þeirra í vatninu þegar mannglegra áhrifa gætir. Aukningin hleypir vexti í þörunga- og plöntugróðurinn og getur valdið neikvæðum breytingum á vistkerfi vatna verði hún of mikil (ofauðgi). Neikvæðu breytingarnar felast venjulega í offjölgun þörunga og einhæfara vistkerfi og gangi þær langt getur orðið árstíðabundið súrefnisleysi í neðri lögum stöðuvatna með tilheyrandi dauða og útilokun sumra lífvera. Þá leysist uppsafnaður fosfór úr setinu sem getur þá orðið viðvarandi fosfórupspretta í stað þess að vera fosfórgildra þegar súrefni var nægt. Af þessum ástæðum sýna stundum

mikið menguð grunn stöðuvötn einkenni ofauðgunar löngu eftir að upprunalegu mengunaruppsprettarnar hafa verið upprættar.

Lífrænt efni

Öll efnasambönd sem eru að grunnuppbyggingu úr kolefni (C) og vetni (H) teljast lífræn efni. Náttúrulegt lífrænt efni er upprunalega tilkomið vegna myndunar þess af frumbjarga lífverum. Þaðan hefur það gengið inn í fæðukeðjuna og getur borist í vötn frá hvað hluta hennar sem er, einnig af landi og með mengun frá mannlegri starfsemi. Til lífrænna efna teljast ennfremur ýmis “gerviefni” s.s. plast- og jarðolíuefni. Tilvist þeirra í vötnum er nær eingöngu vegna mengunar frá mannlegri starfsemi og athöfnum. Í skólpi er mjög mikið af lífrænu efni. Mengun af völdum lífrænna efna felst m.a. í auknu álagi á vistkerfið þegar þau brotna niður. Við niðurbrotið er súrefni vatnsins notað en það endurnýjar sig yfirleitt hægt. Fosfór og köfnunarefni berst þá einnig út í vatnið og örva frumframleiðslu gróðurs á enn meira lífrænu efni. Heildar lífrænt kolefni (TOC) er kolefnishluti lífræns efnis.

Blaðgræna α

Blaðgræna α gerir plöntum og þörungum kleift að ljóstillífa. Styrkur blaðgrænnar segir óbeint til um lífmassa svifþörunganna en þeir geta lagt talsvert til lífrænna efna í vatninu. Hún er því nokkuð næmur mælikvarði á næringarauðgi vatna, sérstaklega þegar frumframleiðnin er aðallega hjá svifþörungunum. Í djúpum vötnum sem eru síblönduð yfir vaxtartímann getur styrkur blaðgrænu mælst minni á hverjum tíma en styrkur næringarefna gefur tilefni til og aukist seinna að vori og minnkað fyrr að hausti. Ástæðan er reglubundin ferðalög þörunganna með vatninu niður í dimmari lög stöðuvatnsins þar sem dregur úr frumframleiðni þeirra vegna ónógs aðgangs að birtu. Afát svifdýra getur einnig tímabundið haldið þörungunum niðri og þar með styrk blaðgrænu.

Í grunnnum vötnum eins og Urriðakotsvatni þar sem búast má við að frumframleiðslan sé að mestu af völdum háplantna, ásætubörunga og botnlægra þörunga gefur blaðgræna α hinsvegar takmarkaðar upplýsingar um lífmassa frumframleiðenda í vatninu.

Örverumengun

Saurbakteríur eiga uppruna sinn í saur manna og dýra með heitt blóð. Magn þeirra í vatni er því beinn mælikvarði á saurmengun vatnsins. Vatnið er hins vegar ekki kjörlendi saurbaktería og þær týna ört tölunni eftir að iðrunum sleppir. Magn saurbaktería getur því hafa minnkað talsvert þegar þær eru lengi að berast frá upprunastaðnum á sýnatökustaðinn. Þeir þættir sem helst eiga þátt í dauða saurbaktería í vatni eru sólarljósið, selta, hitastig og afát. Dauðatíðni er að jafnaði meiri að sumarlagi vegna meiri birtu og hitastigs. Venjulega er lítið um saurbakteríur í ómenguðu yfirborðsvatni. Villt spendýr eru fá á Íslandi og því ólíklegt að saurbakteríur frá þeim mælist oft í vatni. Fuglar eru mun algengari og sumar tegundir þeirra halda sig á vötnum eða við vötn. Líklegra er því að finna saurbakteríur úr fuglum í vötnum sem eru ósnortin af mönnum. Hinsvegar þarf mikið fuglalíf eða óvenju vatnslítið vatn eða vatn með mjög lítinn endurnýjunnartíma til að saurbakteríur fugla mælist í einhverjum mæli. Ef ekki eru sérstakar aðstæður við tiltekið vatn hvað þetta varðar má ætla að saurbakteríurnar stafi að lang mestu leyti af saurmengun af manna völdum, ýmist frá mönnunum sjálfum eða hús- og gæludýrum þeirra.

Málmar

Málmar eru fremur torleystir í vatni og því frá náttúrunnar hendi í litlum styrk í upplausn og teljast því flestir snefilefni. Þeir geta hinsvegar verið til staðar í föstu formi, yfirleitt bundnir öðrum efnum. Náttúrulegur styrkur þeirra ræðst að talsverðu leyti af jarðfræði og jarðvegsgerð viðkomandi svæðis en sýrustig og magn lífrænna efna í vatninu hafa einnig áhrif á styrk þeirra svo og á eiturvirkni. Þótt sumir málmar séu nauðsynlegir lífverum hafa margir þeirra eituráhrif á vatnalífverur jafnvel í tiltölulega lágum styrk og geta auk þess safnast fyrir í fiskum.

Málmar geta verið í margföldum náttúrulegum styrk þar sem iðnaðarmengun er til staðar, s.s. frá málmhúðunarfyrirtækjum. Mikið af málmamenguninni tengist hinsvegar bifreiðum. Zink og blý koma m.a. við dekkjaslit, úr vélaolíu og vélafeiti en zink kemur einnig af zinkhúðuðu járni, s.s. bárujárni og blý auk þess við leguslit og úr kælivökvum. Kopar kemur við slit lega, vélarhluta og bremsuborða en einnig úr kælivökvum og vissum fúavarnarefnum sem innihalda kopar. Kadmíum kemur við dekkjaslit og úr tilbúnum áburði. Króm kemur m.a. við slit á vélarhlutum og bremsuborðum. Nikkel kemur úr díselolíu og bensíni, smurolíu, malbiki og við slit bremsuborða. Arsen kemur m.a. úr eldsneyti. Málmamengun getur einnig borist sem aukaefni úr salti sem borið er á götur. Mengunin getur bæði verið í formi uppleystra og fastra málma og málmsambanda. Í föstu formi geta þeir safnast fyrir í seti og borist þaðan upp í vatnið að nýju, m.a. við upprót eða í gegnum fæðukeðjuna.

Aðrir þættir

Aðrir þættir sem mældir voru, pH, leiðni, súrefni (O_2), grugg og hitastig, eru ekki flokkunarþættir heldur er þeim fyrst og fremst ætlað að gefa gleggri mynd af eiginleikum og efnasamsetningu Urriðakotsvatns. pH ræðst aðallega af ferli upprunavatnsins, jarðefnafræðilegum þáttum og lífrænum efnaskiptaferlum í vatninu (frumframleiðni og öndun). Leiðni er mælikvarði á heildarstyrk uppleystra jóna í vatninu og ræðst af jarðefna- og vatnafræðilegri sögu vatnsins, fjarlægð frá sjó og mengunarálagi. Súrefni er mælikvarði á ástand vatnsins því verði aldrei veruleg minnkun súrefnis í vatninu eða hlutum þess er ástand þess m.t.t. lífrænnar mengunar og ofauðgunar gott. Grugg er mælikvarði á tærleika vatnsins, þ.e. svifagnir sem í vatninu eru, s.s. svifþörungur og aur.

Efni í úrkomu

Í úrkomu eru ýmiss þeirra efna sem flokkun vatna byggist á. Ofanvatn sem hripar um jarðveg losar sig við talsvert af uppleystu efnunum sem fylgja úrkomunni en bætir við sig öðrum. Hversu mikið hverfur er m.a. háð eiginleikum efnanna, jarðvegi, gróðurfari, árstíma, tímanum sem vatnið er í snertingu við bergið og jarðveginn og tímanum sem það hefur verið í viðkomandi vatni. Tíminn frá því að vatn í tilteknu sýni úr vötnum féll sem úrkoma er að jafnaði því styttri sem lektin á vatnasviðinu er minni og vatnasviðið minna.

Grunn stöðuvötn

Efnaferlar næringarefna

Það magn næringarefna sem berst í stöðuvatn yfir ákveðið tímabil er hér kallað næringarefnaikoma. Aðflutningsleiðirnar eru í meginatriðum fjórar, niðurburður

andrúmslofts, flutningur fallvatna og ofanvatns, flutningur grunnvatns og bein losun. Mest berst með flutningi fallvatna a.m.k. þar sem bein losun er ekki fyrir hendi. Næringarefnin eru tekin upp og nýtt af gróðrinum, þörungum og vatnablöntum og binst í vefum þeirra. Yfir vaxtartíma ljóstillifandi vatnalífvera er því stór hluti næringarefnanna bundinn í gróðri og afætum hans og ekki aðgengilegur öðrum gróðri. Þau losna hinsvegar stöðugt aftur við rotnun eða át gróðursins og meltingu ofar í fæðukeðjunni. Jafnframt sökkva þörungar og lífrænar agnir til botns og næringarefni tapast þannig úr vatnsmassanum. Á sama tíma skolast næringarefni einnig úr vatninu í útrennsli þess. Það skapast því ákveðið jafnvægi milli íkomu og uppróts næringarefnanna í vatnið og notkunar, botnfalls og útskolunar þeirra úr vatninu auk fleiri þátta og ræður það jafnvægi miklu um styrk þess í vatninu á hverjum tíma.

Stór hluti næringarefnanna sem losna við niðurbrot svifþörunga og vatnaplantna á botni grunnra vatna berst ýmist reglulega eða stöðugt upp í vatnið að nýju (E. Jeppesen o.fl. 1999). Í hvassviðri og ölduróti getur allstór hluti efstu botnlaganna rótast upp þar sem grynnt er en sest þess á milli á botninn aftur.

Vatnablöntur stilla vatnið og vinna gegn ölduróti. Það veldur því að í breiðum þeirra setjast agnir í vatninu frekar út. Þessar agnir eru bæði lífrænar og ólífrænar. Lífrænu agnirnar eru t.d. svifþörungar, eldri blöð vatnaplantna sem falla af og saur vatnadýra. Niðri við botn á þessum breiðum eru vatnsskipti að jafnaði hægari og því hægari sem plönturnar eru stærri og breiðurnar þéttari. Þar rotnar lífræna efnið og skilar til baka næringarefnum. Í sæmilega næringarríkum, grunnum vötnum leiðir rotnunin stundum af sér súrefnisleysi við botninn í plöntubreiðunum, væntanlega sérstaklega á myrkum nóttum þegar ekki gætir ljóstillifunar. Þess á milli berst nægilegt súrefni niður að botninum vegna vindhreyfingar og frumframleiðni.

Súrefnisleysið hefur tvennskonar áhrif, annars vegar veldur það upplausn þess fosfats ($\text{PO}_4\text{-P}$) sem lausbundið hefur verið í torleystum efnasamböndum og hins vegar afnitrun en það er umbreyting af völdum baktería á nitrati (NO_3) yfir í loftkennt köfnunarefni (N_2) sem ekki nýtist gróðrinum sem næringarefni. Afnitrun er háð því að nægilegt framboð sé á nitrati en til þess að það megi verða þarf einnig reglulega að skapast súrefnisríkt ástand. Ástæðan er sú að ammóníak (NH_4), sem myndast við rotnun, getur ekki breyst yfir í nítrat (nitrun) nema súrefni sé til staðar. Í grunnum vötnum með mikinn vöxt vatnaplantna eru bestu aðstæðurnar fyrir þetta helst á síðsumrum þegar stærð plantnanna er í hámarki (Marten Scheffer 1998). Þegar þannig er ástatt í grunnum vötnum eykst sem sagt styrkur fosfórs en styrkur köfnunarefnis minkar.

Ofangreindir ferlar eiga sér einnig stað í grunnum vötnum sem eru án vatnaplantna en þó sennilega í minna mæli vegna tíðari vindblöndunar.

Vistkerfi grunnra vatna

Grunn vötn má skilgreina sem vötn grynri en 15 m en vötn sem eru grynri en 0,5 m má allt eins kalla votlendi.

Einkennandi fyrir mörg grunn vötn er að mestur hlutur framleiðslunnar fer fram af völdum botngróðurs, s.s. vatnaplantna. Sérstaklega á þetta við um vötn grynri en um 3-5 m. Þegar ákoma næringarefna eykst geta grunn vötn oft myndað tvennskonar jafnvægi sem bæði eru stöðug (I. Blindow o.fl. 1993, B. Moss 1998, Marten Scheffer

1998). Annað þeirra felst í áframhaldandi ríkjandi framleiðslu vatnplantna með tæru vatni og litlum lífmassa svifþörungum. Þar eru stórar vatnaflær (Cladocera) fremur algengar. Vötn í hinu ástandinu hafa jafnan mikinn lífmassa svifþörungum, mikið af fiskum sem éta svifdýr, lítið af svifdýrum og þau gruggast oft. Eftir því sem íkoman er meiri er auðveldara fyrir vatnið að skipta frá tæru vatni yfir í gruggugt. Það þarf þó yfirleitt einhverja sérstaka atburðarrás sem veldur truflun í vistkerfinu til að vatnið skipti á milli þessara tveggja stöðugleikastiga (Marten Scheffer 1998). Til að skipta frá vatnplöntustigi yfir í svifþörungastig gæti t.d. nægt að mikil röskun eða eyðilegging verði í vatnplöntubreiðunni, t.d. í stormi eða ef vatnsborð hækkar eða svifdýr og/eða afætum þörungum fækka mikið, sem gæti t.d. orðið vegna óvarkárar notkunar skordýraeiturs á vatnasviðinu. Til að þessi umskipti geti orðið þarf vatnið fyrst að hafa ná ákveðnu stigi mengunar af völdum næringarefna. Ef ná á vatninu aftur í fyrra horf þarf íkoman að minnka talsvert niður fyrir það sem var áður en umskiptin urðu og jafnframt er oftast nauðsynlegt að gera inngríp í vistkerfið, s.s. að fækka verulega fiskum sem nærast á svifdýrum og jafnvel planta út vatnplöntum.

Það sem veldur því að þessi tvö ólíku jafnvægi eru stöðug skal skýrt í fáum orðum. Aðallega er stuðst við B. Moss 1998 og Marten Scheffer 1998. Tæra ástandið er stöðugt vegna þess að vatnplönturnar stilla hreyfingar í vatninu og stuðla þannig að því að agnir setjast út, m.a. svifþörungur, veita skjól stórum krabbadýrum, sem m.a. nærast á svifþörungum, gefa frá sér efni sem hemja vöxt svifþörungum og valda auk þess skugga í vatninu, sérstaklega þegar blöð þeirra eru í yfirborðinu. Grugguga ástandið er stöðugt vegna þess að svifþörungur og upphvirflað grugg veldur skuggaáhrifum sem aukast þegar framboð á næringarefnum eykst, fiskar halda niðri stóru dýrasvifi sem ekki hefur lengur skjól af plöntubreiðum en við það minnkar beitarálag á svifþörungana, plöntur sem gefa frá sér efni sem dregur úr vexti svifþörungum eru fáar og svifþörungarnir botnfalla síður vegna meiri hreyfingar í vatninu sem stafar af því að plönturnar vantar til að stilla vatnið.

Urriðakotsvatn og Stórákrókslækur

Lýsing og helstu stærðir

Urriðakotsvatn

Urriðakotsvatn er í landi Urriðavatns og Setbergs. Það er 29-30 m.y.s., vatnasviðið er 2,1 km² og flatarmál vatnsins er 0,13 km² en allt upp að 0,14 km² þegar hátt stendur í því (Árni Hjartarson 2006). Meðaldýpi Urriðakotsvatns er nálægt 0,7 m en mesta dýpi 0,95 m (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006).

Vatnið er myndað með hraunstíflu norðvestantil í vatninu og er afrennsli þess í Stórákrókslæk suðvestan megin við hraunið.

Holtin í kring um vatnið eru úr fremur leku bergi (Árni Hjartarson o.fl. 1992). Á þeim er ósamfelldur jökulruðningur en í Hádegisholti neðanverðu er einnig að finna ósamfellt þunnt veðrunarset (Helgi Torfason o.fl. 1993). Ofan við Dýjamýri og niður með Stórákrókslæk er þunnt strandset (Skúli Víkingsson o.fl. 1995). Bergið undir Stórákrókslæk er allþétt og umhverfis vatnið og í Oddsmýrardal er þétt set (Árni Hjartarson o.fl. 1992).

Vatnasvið Urriðakotsvatns afmarkast af Urriðaholti og Hádegisholti í austri og Setbergsholti og Svínholti í vestri. Vatnssvið sýnatökustaðarins í Stórárókslæk er heldur stærra og tekur á yfirborði m.a. til austurhluta Urriðaholts og sennilega að einhverju leyti til Urriðakotsvatnshraunsins þar handan við auk austurhlíða Setbergsholtsins. Líklegt má þó telja að ofanvatn þaðan berist ekki í lækinn heldur fari með grunnvatnsstraumi undir hrauninu.

Við vatnið er víða mýrlendi. Dýjamýri er stærst en hún er í Dýjakrókum suðaustan við vatnið. Suður af vatninu gengur Oddsmýrardalur inn á milli holtanna. Þar hefur verið mýri sem nú er framræst og nýtt sem tún.

Hefðbundið yfirborðsrennsli berst eingöngu í vatnið um lítinn mýrarlæk, Þurramýrarlæk, sem á uppruna í framræsluskurðum í Oddsmýrardal (Oddsmýrarlækur) og úr smáuppsprettum efst í Dýjamýri (Dýjamýrarlækur) (Björn S. Hallsson o.fl. 1988, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006) og rennur það í vatnið sunnanvert. Mestur hluti þess vatns sem í Urriðakotsvatn fellur er talið komið úr uppsprettunum í Dýjamýri (Björn S. Hallsson o.fl. 1988). Rennslið í Dýjakrókalæk er aðeins áætlað 10-20 l/s en Oddsmýrarlækur getur orðið allmikill í leysingum en síðan þornað í þurrkatíð (Árni Hjartarson 2006). Í aftakaleysingum berst auk þess í vatnið vatn af Urriðaholti austan- og norðanverðu sem rennur þá meðfram hraunjaðri Vífilstaða- og Urriðakotsvatnshrauns en eftir að byggt verður þar nær vatnið ekki lengur til Urriðakotsvatns (Asle Aasen o.fl. 2005).

Úrkoman í Reykjavík árið 2005 var 743 mm (Veðurstofa Íslands 2006). Að því gefnu að úrkoman við Urriðakotsvatn sé 50% meiri en í Reykjavík og vatnasviðið sé 2,1 km² (Árni Hjartarson 2006) hefur úrkoman þar árið 2005 verið um 1.115 mm. Það jafngildir að jafnaði um 74 l/s fyrir allt vatnasviðið.

Samkvæmt mælingum árið 2005 runnu að meðaltali 55 l/s af vatni úr Urriðakotsvatni í Stórárókslæk (Árni Hjartarson 2006). Minnst reyndist rennslið í ágúst, 15 l/s, en mest í desember 170 l/s.

Á grundvelli ofangreindra rennslis- og úrkomugilda má áætla hlut grunnvatnsrennslis út af vatnasviðinu. Notast er hér við sömu forsendur og Árni Hjartarson gerði um að mælatap úrkomu sé það sama og uppgufun af vatnasviðinu (Árni Hjartarson 2006). Þannig fæst að 19 l grunnvatns sem upprunnið var á vatnasviðinu runnu út af því á sekúndu. Við þá tölu bætist svo það utanaðkomandi grunnvatn sem rennur í gegn um vatnasviðið. Magn þess er óþekkt en giskað hefur verið á 5 l/s (Árni Hjartarson 2006). Heildargrunnvatnsrennsli út af vatnasviðinu 2005 gæti því hafa verið 24 l/s eða 32% af rennslinu í gegn um vatnasviðið. Óþekkt er hve stór hluti þess rennslis hefur runnið um Urriðakotsvatn en sennilega hefur þó megnið af grunnvatnsstraumnum ýmist runnið framhjá vatninu eða undir það því ekki er ósennilegt að lektin í botnkarga hraunsins sé meiri en þegar kemur upp í þéttari hluta þess. Þykkt hraunsins norðan við Urriðakotsvatn er 6-11 m (Árni Hjartarson 2006) og er botnkargi þess því talsvert neðar en botn vatnsins.

Miðað við ofangreint meðalrennsli út í Stórárókslæk (55 l/s) árið 2005 er fræðilegur meðaluppistöðutími vatnsins væntanlega um 19 sólarhringar. Ef talið er með rennsli úr vatninu í grunnvatn er uppistöðutíminn minni, allt niður að 13 sólarhringum ef gert er ráð fyrir að allt áætlað grunnvatnsrennsli vatnasviðsins hafi farið í gegn um vatnið.

Hinsvegar er giskað á að einungis um 8 l/s eða fjórðungur þeirra 24 l/s sem runnu undir eða í gegn um hraunið 2005 hafi haft viðkomu í vatninu. Samkvæmt því hefur rennslið í gegn um vatnið verið 63 l/s og uppistöðutíminn um 17 sólarhringar.

Uppistöðutíminn getur þó verið breytilegur á milli ára ef úrkoman er breytileg. Skv. upplýsingum á vefsíðu Veðurstofunnar (Veðurstofa Íslands 2006) hefur minnsta ársúrkoma árána 1961-2005 miðað við sömu forsendur um 50% meiri úrkomu við Urriðakotsvatn en í Reykjavík verið 915 mm og sú mesta 1.643 mm. Það jafngildir því að rennsli í gegn um vatnasviðið geti verið frá 61 l/s til 109 l/s Miðað við sömu forsendur um að 68% rennslisins í gegn um vatnasviðið renni um Urriðakotsvatnið í Stórárókslæk og 25% þess sem fer sem grunnvatn út af svæðinu fari einnig um vatnið má gera ráð fyrir að uppistöðutími einstakra ára gæti legið á bilinu 13-23 sólarhringar.

Reiknaður uppistöðutími Urriðakotsvatns er fremur stuttur miðað við mörg önnur stöðuvötn. Algengast er þó að uppistöðutími vatna sem eru grynri en 5 m sé ekki meiri en eitt ár (Deborah Chapman 1996). Til samanburðar er uppistöðutími Þingvallavatns um 330 sólarhringar (H. Haflidason o.fl. 1992), Hafravatns 61 sólarhringar (Hákon Aðalsteinsson o.fl. 1989, Gagnabanki Vatnamælinga 1996), Mývatns 27 sólarhringar (Jón Ólafsson 1979) og Elliðavatns um 5 sólarhringar (Tryggvi Þórðarson 2003k).

Engin byggð er nú á vatnasviði Urriðakotsvatns en áður var stundaður hefðbundinn búskapur á Urriðavatni og á tímum heimsstyrjaldarinnar síðari voru einhverjar byggingar og mannvirki á vegum setuliðsins, m.a. á Urriðaholti. Sumarbústaður stóð einnig vestan megin í hrauninum framam við vatnið (Friðþjófur Einarsson 2006). Hann er löngu horfinn. Oddsmýrin hefur verið ræst fram og er notuð til grasræktar. Nokkrir hestar hafa jafnan verið hafðir í haga í votlendinu sunnan við vatnið.

Botn Urriðakotsvatns er nær eingöngu lífræn gljúp efja, allt að 6,3 m þykk en undir henni er svo mólág (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006). Skortur á grófara ólífrænu efni stafar án efa af því að rennsli og straumhraði þess yfirborðsvatns sem hefur borist í vatnið hefur verið svo lítið að það hefur ekki getað borið með sér aur eða sand. Harðan botn er ekki að finna ef frá er talið fjöruborðið í hrauninu (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006).

Lífríki Urriðakotsvatns var einnig kannað 2005 (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006). Langalgengasta vatnaplantan var síkjamari (*Myriophyllum alterniflorum*) sem þakti 72% botnsins. Dýralíf í vatninu var ríkt, tegundafjöldi og þéttleiki einstaklinga var mikill. Þéttleikahlutföll botnkrabbadýra þóttu benda til að vatnsgæði með hliðsjón af næringarefnum væru góð í vatninu. Talsverður fjöldi fugla heldur til við vatnið yfir sumarið og sást stundum fugladrit á botninum á meðan á rannsóknunum stóð. Aðallega eru það mávar en einnig m.a. kríur endur og álfir.

Talsverð umskipti hafa orðið í vistkerfi Urriðakotsvatns í seinni tíð. Í skrá um votlendi sem birt var á vegum undirnefndar á vegum Náttúruverndarráðs um náttúruminjar (NN 1975) er Urriðakotsvatni lýst svo: Hallamýrar og blautir flóar, kaldavermsl, örgrunnt stöðuvatn vaxið vatnsnál, fergin og stór. Ekki er minnst á síkjamara sem nú er ríkjandi tegund. Ferginið (*Equisetum fluviatile*) var slegið og nýtt sem skepnufóður fram til 1972 (Friðþjófur Einarsson 2006). Í dag er fergin

nánast ekki að finna í vatninu, aðeins lítilsháttar leifar þess eru við útrennslið (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006). Er talið líklegt að þessi afgerandi breyting tengist vatnsborðsbreytingum sem urðu í Urriðavatni á síðari hluta síðustu aldar þótt aukin áburðarnotkun á tún um svipað leyti kunni kunnir einnig að hafa haft áhrif.

Samkvæmt munnlegum upplýsingum frá Friðþjófi Einarssyni á Setbergi (Friðþjófur Einarsson 2006) var skurður sá sem Stórakrókslækur rennur um í dag grafinn árið 1958 til að tryggja vatnsöflun fyrir eldi regnbogasilungs í Kaplakrika. Náði skurðurinn upp undir Urriðavatn en breytti þó ekki útrennslinu og hafði engin áhrif á vatnsborð þess. Að sögn Friðþjófs hófst svo malar- og sandnám neðan við útrennsli vatnsins árið 1965 og stóð til ársins 1975. Byrjað var að taka mölina fjarst vatninu en um 1970 var farið að taka mól næst því. Þá var mold flett af mölinni og ýtt ofan í Urriðavatnið. Yfirborð malarnámunnar varð fljótlega talsvert lægra en vatnið og því átti grunnvatn greiða leið inn í gryfjurnar. Í malarnáminu mynduðust tjarnir sem höfðu afrennsli í skurðinn sem Stórakrókslækur rann í. Telur Friðþjófur að við þetta hafi smá saman lækkað í vatninu um u.þ.b. 10 cm. Samtímis tók ferginið að hverfa og var alveg horfið árið 1980. Árið 1982 var jarðvegsstíflu ýtt upp milli malargryfjunnar og vatnsins og yfirfall þess sett í stökk. Við það segir Friðþjófur vatnsborðið hafa hækkað að nýju og þá um u.þ.b. 20 cm þannig að síðan hefur það staðið um 10 cm hærra en fyrir breytingarnar. Í febrúar 1984 var svo stíflugarðurinn hækkaður og styrktur þegar hann var við það að bresta í vatnavöxtum og komst hann þá í núverandi form.

Urriðakotsvatn ásamt hraunjaðri og mýrlendi er á náttúruminjaskrá (Umhverfisstofnun ríkisins 2003) og bæjarstjórn Garðabæjar hefur samþykkt að vinna að friðlýsingu þess og svæðis umhverfis það (Garðabær 2006). Urriðakotsvatn er auk þess bæjarverndað svæði (Garðabær 2000).

Stórakrókslækur

Stórakrókslækur fellur úr Urriðakotsvatni um stökk í stíflu í vatninu. Hann rennur í skurði í gegn um 9 holu golfvöll Golfklúbbsins Setbergs. Þótt aðalvatn lækjarins komi úr Urriðakotsvatni fær lækurinn einnig vatn frá lindum í hraunjaðrinum (Árni Hjartarson 2006). Í framræsluskurði sem liggur samsíða læknum hraunmegin er nokkuð vatnsmikil lind sem sér honum fyrir vatni þótt hætti að renna í hann úr Urriðakotsvatni í þurrkatíð (Friðþjófur Einarsson 2006). Gera má ráð fyrir að hluti áburðarefna sem notuð eru á golfvöllinum geti borist í lækinn, væntanlega aðallega með grunn- og jarðvatni.

Gróðurfar

Gróðurfar Urriðakotsvatns

Vatnplöntur mynduðu þéttar breiður á botni Urriðakotsvatns og fylltu nær allt vatnið er líða tók á sumarið. Þær vantaði þó við ósa Oddsmýrarlækjar þar sem oft eru vakir vegna lindarvatns úr Dýjamýri (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006). Væntanlega er vindálag á veturna meira þar vegna ísleysis og plöntur eiga þá erfiðara uppdráttar. Einnig skiptir máli að vatnið er opnast fyrir norðvestlægum áttum sem munu valda mestu ölduróti suðaustan til í vatninu. Víða um vatnið voru einnig minni gróðurlausir blettir sem sennilega eru vegna álfta í ætisleit.

Þótt síkjamari (*Myriophyllum alterniflorum*) hafi verið nær allsráðandi er þar þó einnig að finna þráðnykru (*Potamogeton filiformis*) og fjallanykru (*P. alpinus*) (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006).

Umfang framleiðslu vatnaplantna og botn- og ásætubörunga er ekki þekkt í Urriðakotsvatni en talið er fullvíst að hún sé miklu meiri en framleiðsla svifþörunga.

Í töflu 5 eru gefið það næringarástand sem algengast er í vötnum þar sem plöntutegundirnar í Urriðakotsvatni er að finna. Taflan byggir á upplýsingum frá (S. M. Haslam 1978).

Tafla 5. Kjörlendi tegunda vatnaplantna m.t.t. næringarástands vatns .

Tegund	Næringarástand
Síkjamari (<i>Myriophyllum alterniflorum</i>)	Hálfnáringarrík til næringarrík vötn.
Þráðnykra (<i>Potamogeton filiformis</i>)	Næringarrík vötn (e: eutrophic), oft ísölt.
Fjallanykra (<i>Potamogeton alpinus</i>)	Næringarlítill (e: oligotrophic) og upp í lítilliga næringarrík vötn.

Gróðurfar vatnasviðs

Vatnið er umlukið lítt grónum og uppblásnum holtum á þrjá vegu. Í holtunum hefur verið plantað lúpínu og sumsstaðar birkitrjám og er gróðurhula víða í örri framför. Við vatnið neðst í Urriðaholti er eyðibýlið Urriðavatn, sem áður hét Urriðakot en þar eru gömul tún. Við vatnsbakkana eru víða mýrarflákar, sérstaklega við vatnið austanvert. Eins og áður sagði eru í Oddsmýrardal tún á framræstri mýri. Votlendi er einnig vestan við vatnið niður með læknum ofanverðum og hefur það að hluta verið framræst. Næst læknum og sunnan hans er einnig ræktað land (golfvöllurinn).

Mannleg umsvif og mengunarálag

Áhrif umsvifa á vatnasviði

Eiginleikar vatna ráðast að talsverðu leyti af eiginleikum vatnasviða þeirra. Úrkoma sem fellur á vatnasviðinu endar venjulega að nokkru í viðkomandi vatni og ber um leið með sér ýmiss efnasambönd af vatnasviðinu í vatnið. Þau efni sem jafnan hafa mest áhrif á vistkerfi vatna eru næringarefni og lífræn efni. Næringarefnin eru undirstaða frumframleiðni í vötnunum en auk þess lífræna efnis sem þannig myndast fá vötnin lífrænt efni sem orðið hefur til á landi. Fosfór (P) er jafnan fremur torleystur í vatni og berst því greiðlegast í vötn sem fast efni eða viðloðandi fastar efnisagnir. Köfnunarefni (N) er aftur á móti tiltölulega vel uppleysanlegt. Þegar úrkomuvatn seytlar ekki niður í jarð- eða berggrunninn heldur rennur á yfirborði getur það hriðið með sér fast efni, jarðvegsagnir, gras eða laufblöð. Mikill landhalli getur einnig ýtt undir burtskolunina (R.G. Wetzel 1995) vegna hraðara rennslis og meiri rofmáttar vatnsins. Sé jarð- og berggrunnur vatnasviðsins hinsvegar gljúpur verður lítil burtskolun á yfirborði en vatnið hefur þess í stað möguleika á að losa sig við ýmiss vatnsleysanleg efni sem ýmist setjast á jarðvegsagnir eða brotna niður á leið sinni sem oft liggur að talsverðu leyti í nálægt yfirborðsvatn.

Á vatnasviðum með þéttbýli hefur hlutfall þéttra yfirborðsflata aukist frá því sem var áður en uppbygging hófst. Jafnframt hefur framboð á mengunarefnum sem ofanvatn getur borið með sér aukist. Má þar nefna laufblöð, grasafklippur, áburð og eiturefni frá gördum, sótagfir og olíu frá útblæstri bifreiða, þvotta- og bónefni frá bílaþvotti,

agnir frá sliti hjólbarða og malbiks, hunda- og kattaskít og –hland, rotnandi drasl og efni úr málningu og ýmsum byggingarefnum mannvirkja.

Ef beitt er hefðbundnum lausnum í frárennismálum, þ.e. ef ofanvatn er leitt í ofanvatnskerfi sem leiðir það skemmstu leið í viðtaka, eiga þessi efni greiða leið af þéttum flötum í næsta vatn, þ.e. af götum, gangstéttum, bílastæðum, heimtröðum og þökum. Sé ekki unnið markvisst gegn því mun uppbygging þéttbýlis á vatnasviði viðkomandi vatns því auka verulega íkomu mengunarefna.

Til að sporna gegn mengun er æskilegt að á vatnasviðinu verði beitt svokölluðum “Low Impact Development (LID)/Sustainable Urban Drainage System (SUDS)” aðferðum við þróun byggðar. Þær aðferðir ganga út á að draga úr vatnsmengun með því að nýta náttúrulega ferla í hringrás vatnsins og koma ofanvatninu niður í berggrunninn sem næst þeim stað þar sem það myndast, þ.e. þar sem það hefur fallið sem úrkoma. Þetta er m.a. gert með því að halda öllum þéttum flötum í lágmarki, t.d. með notkun grassteina, leku malbiki eða steypu, mjórri húsagötum og með því að leiða ofanvatnið skemmstu leið út af þéttu flötunum og halda því þar á meðan það seytlar niður í berggrunninn. Við það verða föst efni eftir á yfirborði þar sem þau ýmist brotna niður eða verða skaðlaus og mörg uppleystu efnin brotna að verulegu leyti niður á leið vatnsins um jarð- og berglögin þar til það kemur aftur fram á yfirborði.

Bein losun

Bein losun mengunarefna á sér hvorki stað í Urriðakotsvatn né Stórákrókslæk.

Dreifð mengun

Ofanvatn af þéttum manngerðum flötum er enn ekki fyrir hendi á vatnasviði Urriðakotsvatns. Áburður er borin á golfvöllinn og túnið í Oddsmýrardal og lúpína í nálægum holtum framleiðir köfnunarefnisáburð sem að einhverju leyti kann að berast í vatnið og lækinn.

Hugsanleg viðbrögð við mengunarálagi

Urriðakotsvatn verður að teljast hafa fremur litla mótstöðu gegn áhrifum næringarefna mengunar. Það stafar fyrst og fremst af því hversu grunnt vatnið er en grunn vötn hafa minni möguleika á að koma næringarefnum úr umferð nema útskolun sé mjög hröð.

Svifþörungur sökkva stöðugt til botns og eru flestir háðir því að hreyfing sé á vatninu til að halda þeim á floti. Gróflega er talið að í alveg kyrru vatni falli gruggagnir að meðaltali um 1 m á sólarhring og jafnvel smæstu svifþörungur um 0,25 m á sólarhring (Marten Scheffer 1998). Í alveg kyrrum vötnum tapast þörungarnir því fyrir úr grunnu vatni en djúpu.

Því er væntanlega lítil hættu á að offjölgun svifþörungur valdi vandamálum í Urriðakotsvatni með aukinni mengun. Hugsanleg vandamál vegna næringarauðgi í vatninu eru líklegri til að tengjast botnlægum þörungum sem m.a. gætu myndað slýbreiður.

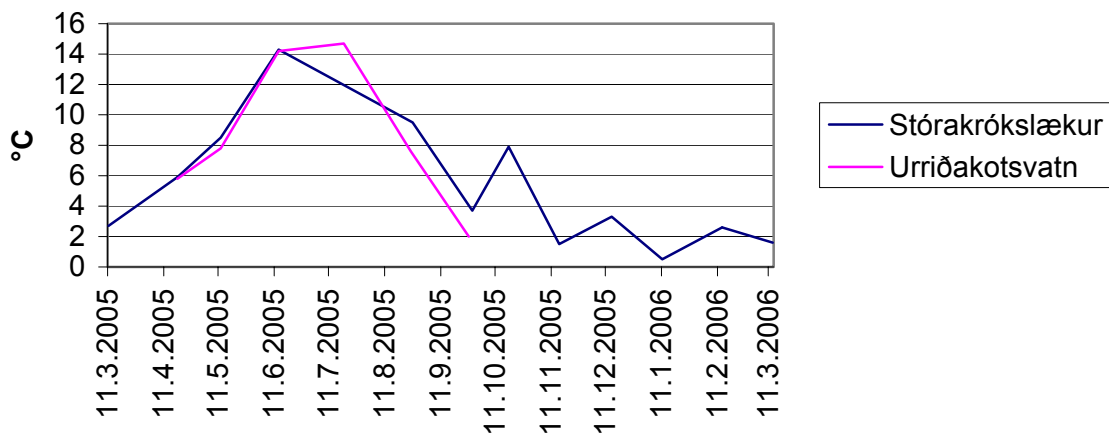
Vatnið er einnig viðkvæmt fyrir mengun af völdum fastefna, þ.e. framburði eins og uppspændu malbiki eða rofefni vegna tímabundins jarðvegsrofs, t.d. af völdum

ofanvatns. Ástæðan er aðallega sú hve grunnt vatnið er en það gæti hæglega fyllst upp á tiltölulega skömmum tíma. Auk þess munu slík fastefni breyta botngerðinni smám saman en þar sem þau vantar nú alveg í vatnið, eins og að framan er greint, er líklegt að slík breyting á vistkerfinu geti haft viðtæk áhrif þegar til lengdar lætur. Viðkvæmasti tíminn hvað þetta varðar er á meðan nærliggjandi svæði eru að byggjast upp en það hefur ekki tíðkast á Íslandi að gera ráðstafanir á byggingarsvæðum til að hindra jarðveg í að berast út af svæðunum, t.d. með farartækjum yfir á malbikaða vegi þaðan sem ofanvatn berst venjulega beint í næsta yfirborðsvatn.

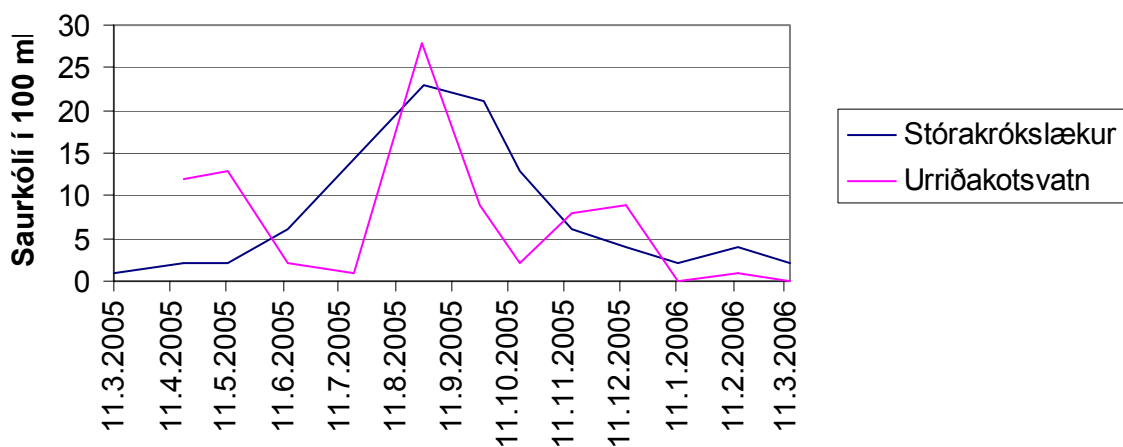
Niðurstöður og umfjöllun

Niðurstöður

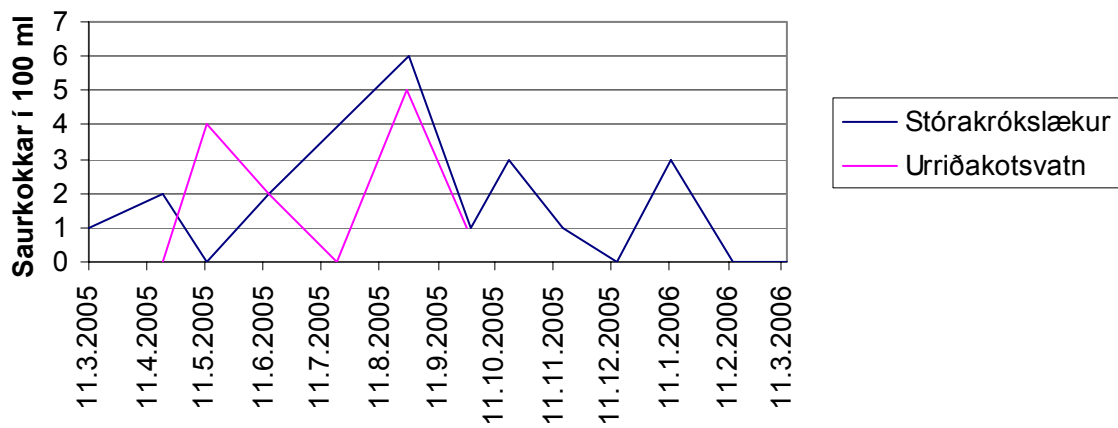
Niðurstöður mælinga og efnagreininga eru birtar í heild sinni í viðaukum við skýrsluna. Þær eru einnig flestar sýndar á myndum 2-20.



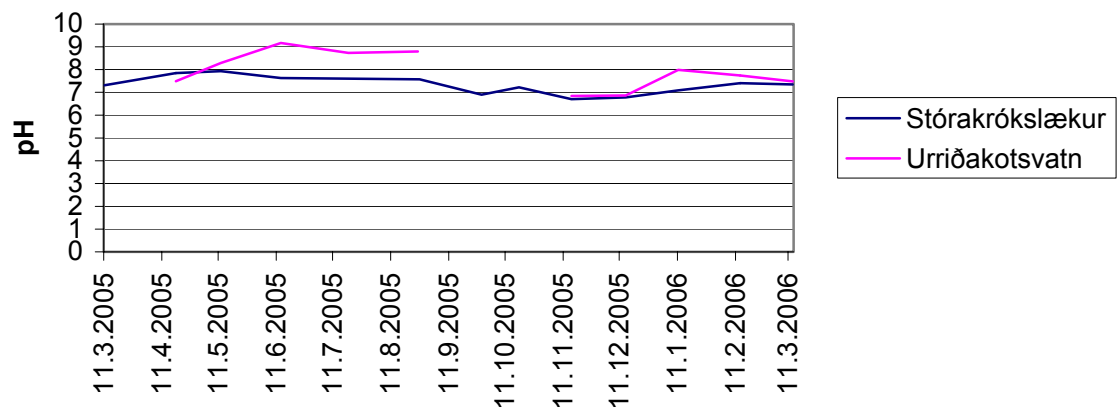
Mynd 2. Vatnshitastig í Urriðakotsvatni og Stórárókslæk.



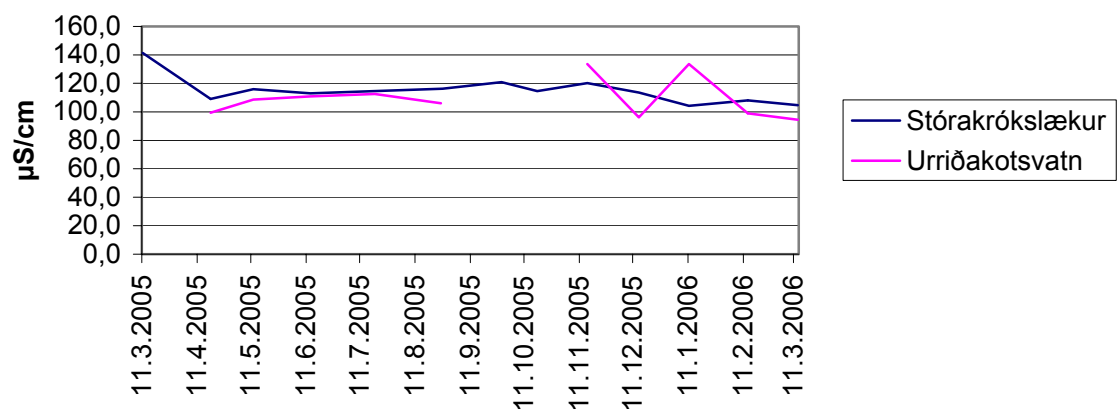
Mynd 3. Þéttleiki saurkólí í Urriðakotsvatni og Stórárókslæk.



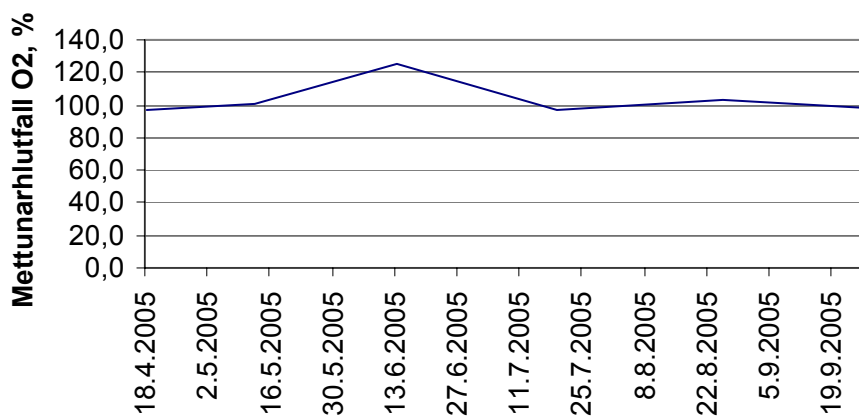
Mynd 4. Þéttleiki saurkokka í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



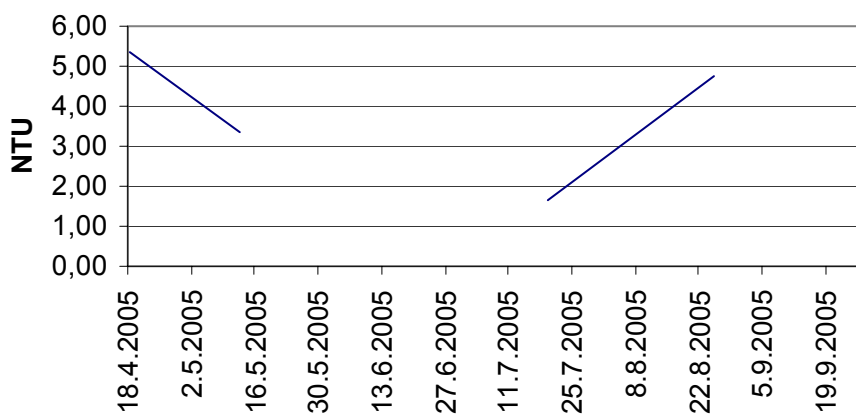
Mynd 5. pH í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



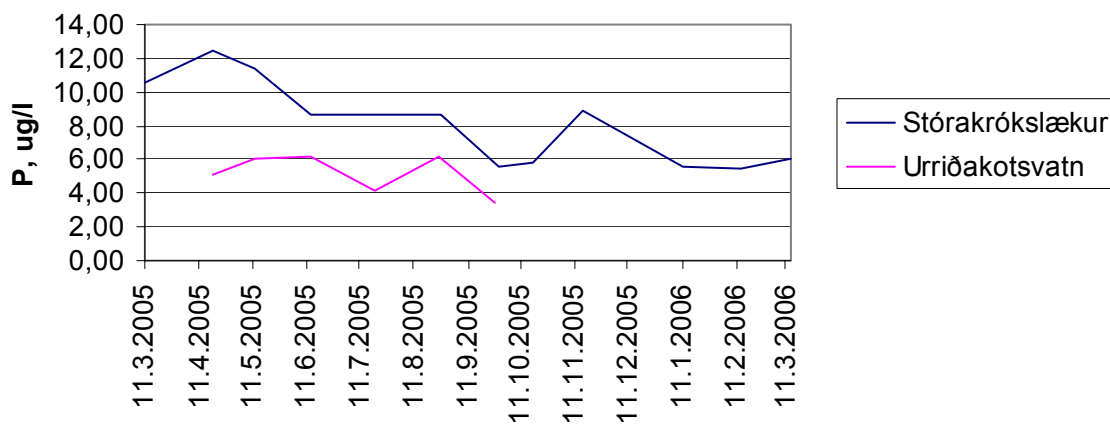
Mynd 6. Leiðni í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



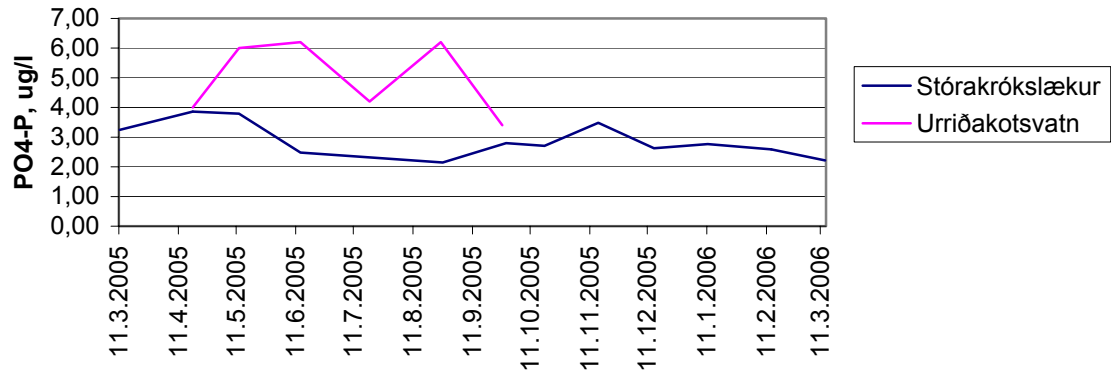
Mynd 7. Mettunarhlutfall súrefnis í Urriðakotsvatni.



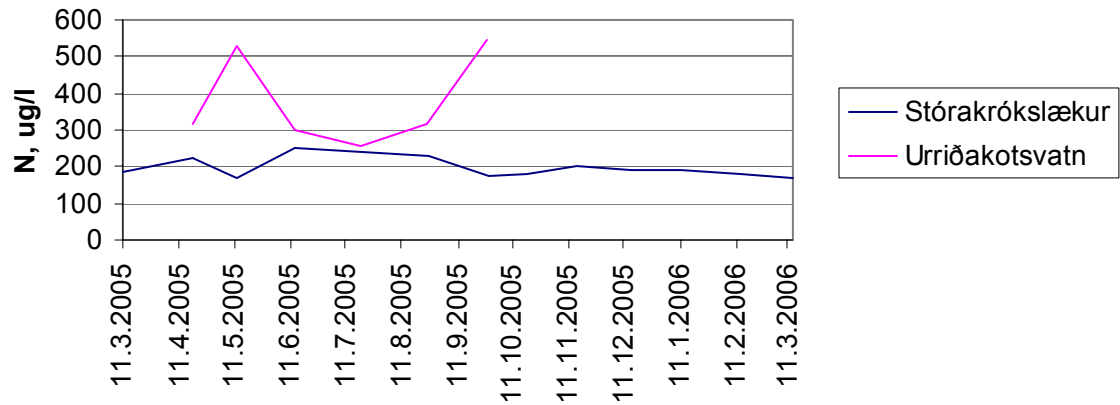
Mynd 8. Grugg í Urriðakotsvatni.



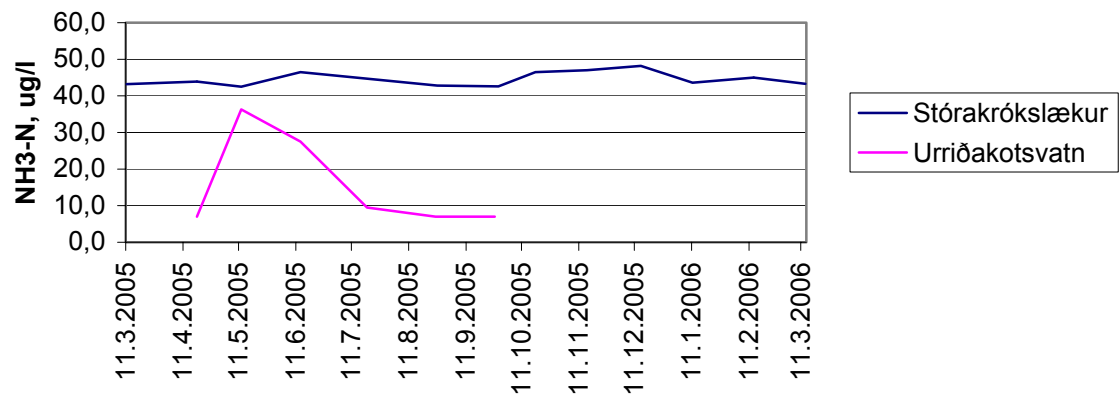
Mynd 9. Fosfórstyrkurur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



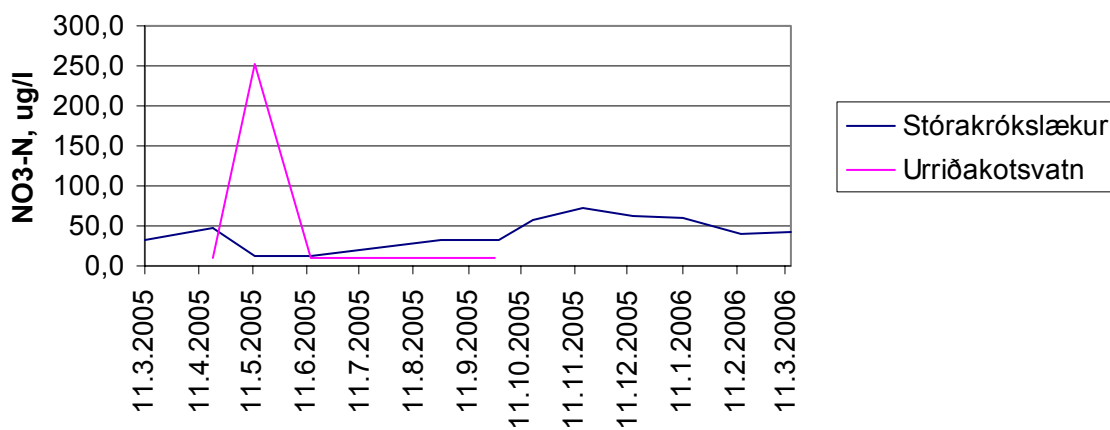
Mynd 10. Fosfatstyrkurur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



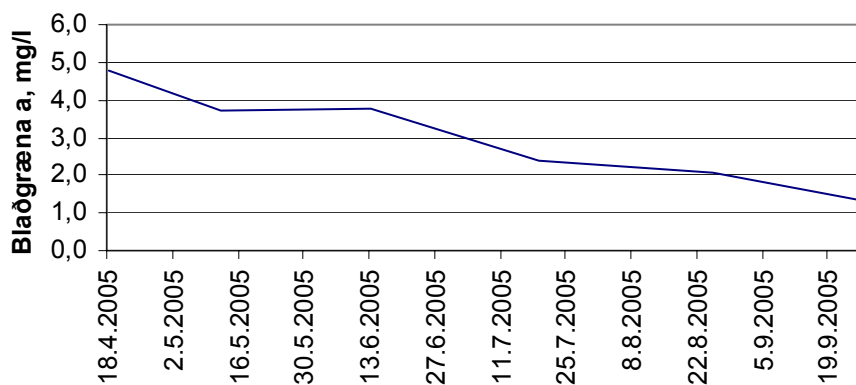
Mynd 11. Köfnunarefnisstyrkurur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



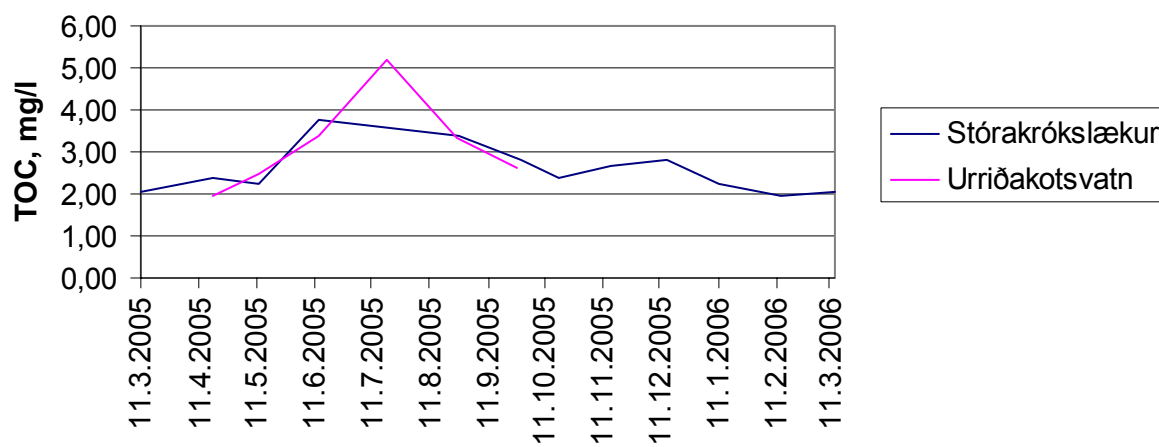
Mynd 12. Ammóníaksstyrkurur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



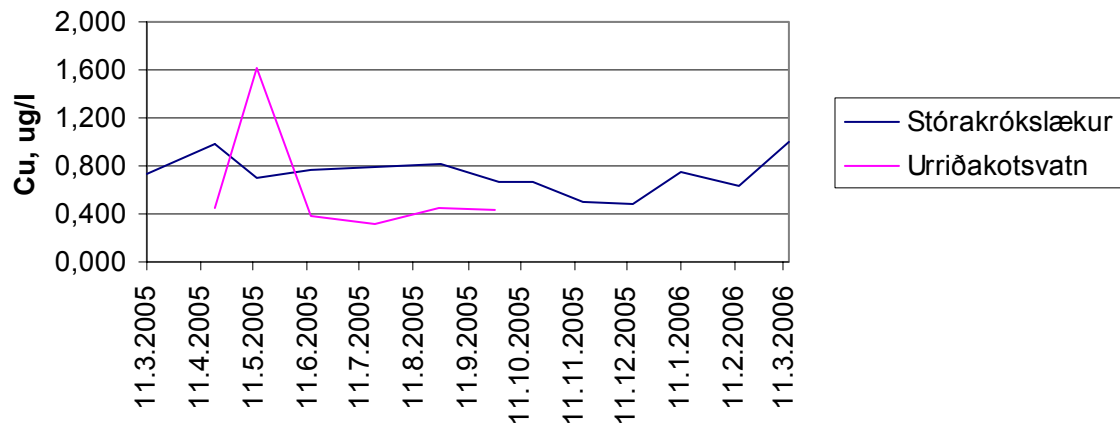
Mynd 13. Nítratstyrkurur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



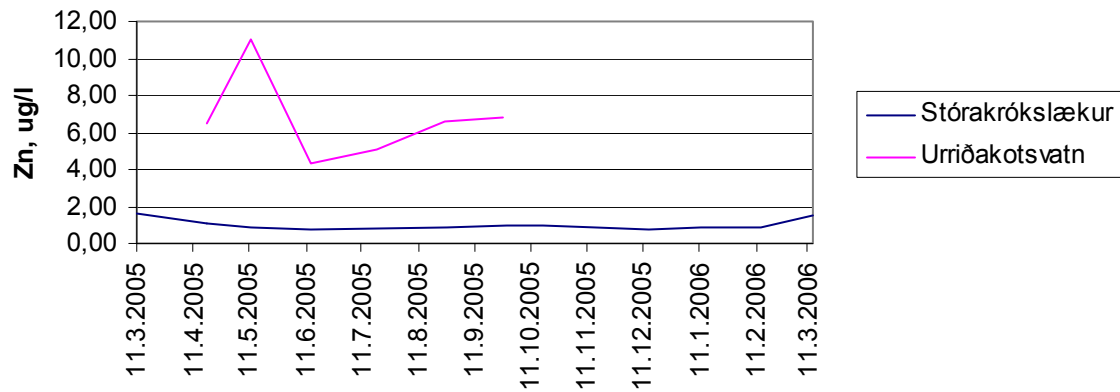
Mynd 14. Styrkur blaðgrænu α í Urriðakotsvatni.



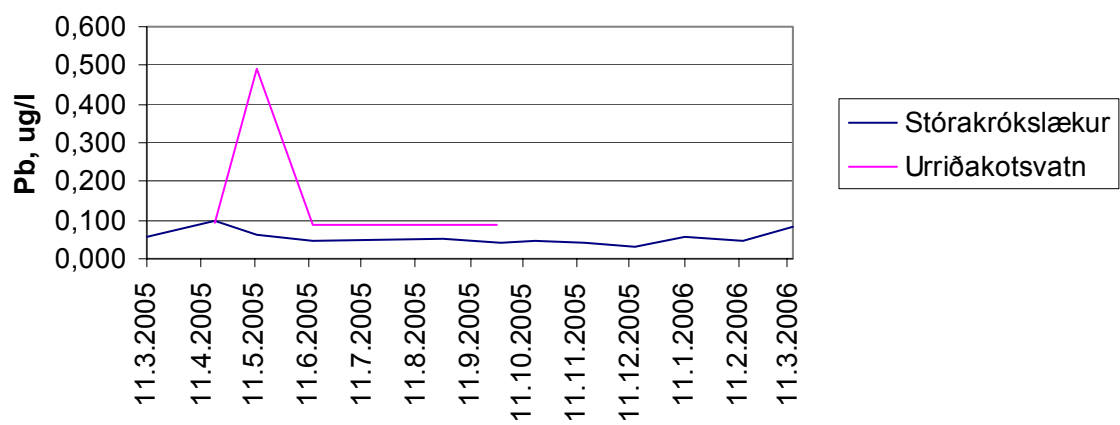
Mynd 15. Heildarstyrkurur lífræns kolefnis í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



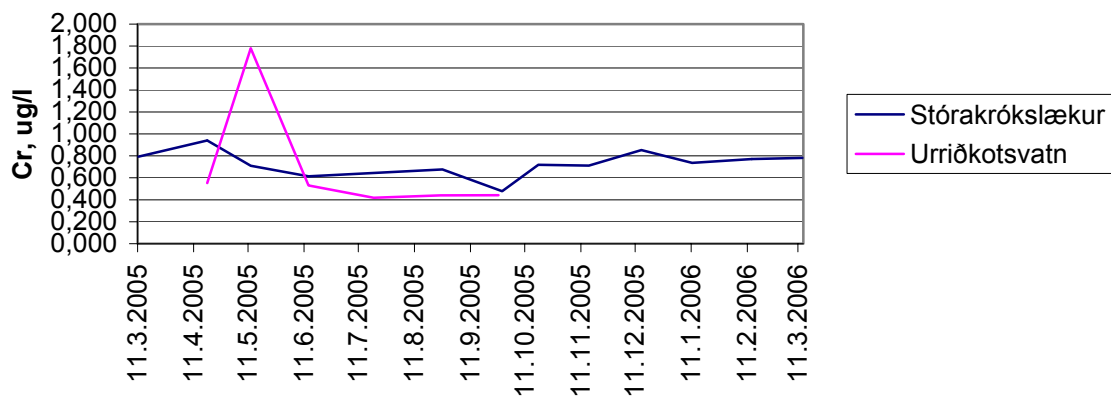
Mynd 16. Koparstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



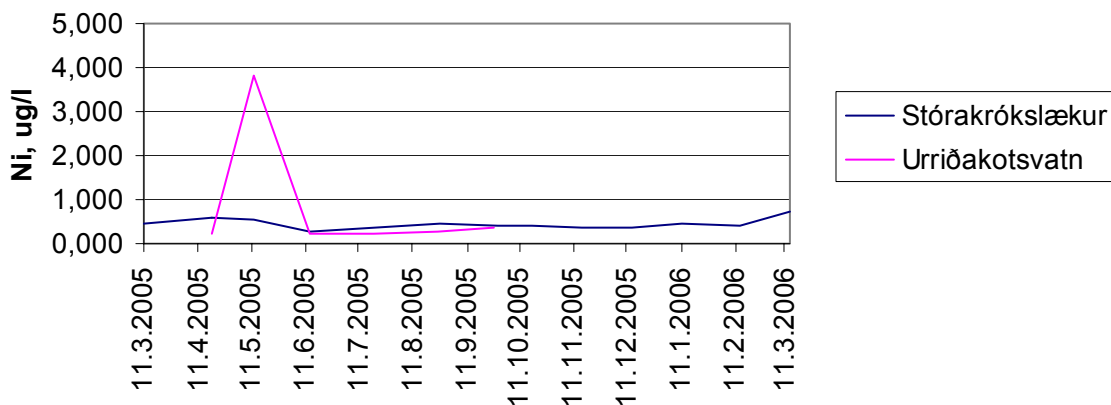
Mynd 17. Zinkstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



Mynd 18. Blýstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



Mynd 19. Krómstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.



Mynd 20. Nikkelstyrkur í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.

Ekki var fylgst nákvæmlega með ísalögum á vatninu en eini dagurinn þar sem skráð var að ís væri á vatninu þegar sýnataka fór fram var 15. nóvember 2005. Þá var ísþykktin 7-10 cm.

Dagana fyrir sýnatökuna í Urriðakotsvatni þann 18. apríl 2005 var búið að vera hvasst og var vatnið sumsstaðar greinilega gruggugt. Á sýnatökustaðnum var þó ekki mikið grugg að sjá. Engu að síður mældust yfirleitt hæstu gildin í Urriðakotsvatni þennan dag.

Hitastig í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk var svipað þá daga sem mælingar í báðum vötnunum liggja fyrir. Hæst mældist það rúmlega 14 °C í júní og júlí 2005. Lægstur varð hitinn í Stórákrókslæk í janúar 2006, 0,5 °C. Í öðrum rannsóknum þetta ár mældist mesta hitastig vatnsins í Stórákrókslæk 18 °C í seinni hluta júlí (Árni Hjartarson 2006) og 19,3 °C í Urriðakotsvatni þann 26. júlí (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006).

Þéttleiki saurbaktería var ætíð lítill, sérstaklega saurkokka. Þéttleikinn var hinsvegar greinilega árstíðabundinn og mestur síðsumars. Þéttleiki saurbaktería í Urriðakotsvatni varð mestur í ágúst 2005, 28 í 100 ml en minnstur í janúar-mars 2006, aðeins 0-1 í 100 ml. Þéttleiki saurkokka í Urriðakotsvatni var mestur í október, 29 í 100 ml en engir saurkokkar fundust þar yfir vetrarmánuðina. Í Stórárókslæk varð þéttleikinn mestur í ágúst, saurkólíabakteríur voru þá 23 í 100 ml en saurkokkar 6 í 100 ml.

pH í Urriðakotsvatni var á bilinu 6,84-9,17, hæst í júní 2005 en lægst í nóvember 2005. Það var heldur hærra í Urriðakotsvatni en í Stórárókslæk en þar var það á bilinu 6,7-7,9, hæst í maí 2005 en lægst nóvember 2005. Í annarri rannsókn þetta ár mældist hæsta pH-gildið í Urriðakotsvatni 9,8 þann 3. júní (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006).

Meðalleiðni í Urriðakotsvatni var 109,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en í Stórárókslæk 115,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Árstíðabreytingar eru ekki greinanlegar en þó var að sjá að leiðni í Stórárókslæk væri í lágmarki seinni hluta vetrar. Lægst mældist leiðnin 94,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ í mars 2006 í Urriðakotsvatni og 104,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ í janúar 2006 í Stórárókslæk. Hæstu gildin í Urriðakotsvatni voru í mars 2005 og nóvember 2005 (133,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) og í Stórárókslæk í janúar 2006 (141,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Hærri leiðni í Stórárókslæk bendir til að í hann berist viðbótarvatn með tiltölulega háa leiðni, annaðhvort úr framræstu votlendinu eða lindum.

Súrefni í Urriðakotsvatni var ætíð um eða vel yfir fullri metnun þess í vatninu. Hæst var mettnarhlutfallið í júní, 124,9% en þá var pH einnig hæst. Hvort tveggja bendir til mikillar frumframleiðslu. Um súrefnismettun í vatninu undir lagnaðaris er ekki vitað en líklega getur hún stundum orðið lág, a.m.k. á svæðum fjarri uppsprettum og þar sem lítil hreyfing er á vatninu.

Grugg var ekki mælt reglulega en þær mælingar sem liggja fyrir benda til að grugg sé fremur mikið eða á bilinu 1,66-5,37 NTU. Tengist það vafalaust því að botneðjan, þörungur og rotnandi jurtaleifar eiga það til að gruggast upp vegna vindáhrifa í örgrunnu vatninu.

Fosfór (P) í Urriðakotsvatni reyndist nær eingöngu vera bundinn í efnasamböndum fosfats. Aðeins fyrstu tvo sýnatökudagana má merkja lítilsháttar fosfór í föstu formi. Bæði styrkur fosförs og fosfats í vatninu reyndust á bilinu 3,4-6,2 $\mu\text{g}/\text{l}$, meðalstyrkur fosförs var 5,2 $\mu\text{g}/\text{l}$ en fosfats 5,0 $\mu\text{g}/\text{l}$. Í Stórárókslæk var þessu farið á annan veg. Þar var meðalfosfórstyrkurinn (8,0 $\mu\text{g}/\text{l}$) mun meiri en meðalstyrkur fosfats (2,9 $\mu\text{g}/\text{l}$). Heildarstyrkur fosförs í Stórárókslæk var mestur í upphafi sýnatökutímabilsins, mars- maí (10,6-12,4 $\mu\text{g}/\text{l}$) en minnkaði niður í um 6 $\mu\text{g}/\text{l}$ í lok þess. Svipuð þróun var á styrk fosfats en minnkunin var heldur minni.

Heildarstyrkur köfnunarefnis (t-N) var í hærri kantinum í Urriðakotsvatni eða á bilinu 254-544 $\mu\text{g}/\text{l}$. Hæstur var hann í maí og september en lægstur í júlí. Í maí var styrkur ammóníaks ($\text{NH}_4\text{-N}$) og nitrats ($\text{NO}_3\text{-N}$) einnig mestur (36,3 $\mu\text{g}/\text{l}$ og 253 $\mu\text{g}/\text{l}$). Aðra sýnatökudaga var styrkur nitrats undir greiningarmörkum en styrkur ammóníaks lækkaði er leið á sumarið og var kominn undir greiningarmörk í ágúst. Í Stórárókslæk var heildarstyrkur köfnunarefnis ávallt lægri en í Urriðakotsvatni eða á bilinu 168-251 $\mu\text{g}/\text{l}$. Má þar greina smávægilega hækkun yfir sumarmánuðina en

sveiflur voru ekki miklar. Ammóníakstyrkur var ætíð fremur mikill í Stórárókslæk eða að meðaltali 44,6 µg/l og tók litlum breytingum á mælitímabilinu. Meðalstyrkur nitrats í Stórárókslæk var 41,8 µg/l og var lægstur í maí og júní (undir greiningarmörkum) en hæstur í nóvember 2005 (72,4 µg/l). Minni heildarstyrkur köfnunarefnis í læknum má væntanlega skýra með því að lífræn köfnunarefnissambönd hafi brotnað niður á leið vatnsins frá útfallinu að sýnatökustaðnum. Niðurbrotið hefur jafnframt valdið aukningu á styrk nitrats og ammóníaks. Hinn stöðugi, tiltölulega háí styrkur ammóníaks í Stórárókslæk kann að benda til nokkuð stöðugar viðbótaruppsprettu efnisins í Stórárókslæk, hugsanlega frá lindar- eða jarðvatni. Ekki er heldur hægt að útiloka einhver áhrif af áburðarnotkun vegna starfsemi golfvallarins eða náttúrulega íkomu með grunnvatni á styrk köfnunarefnissambanda í Stórárókslæk. Þær uppsprettur efnanna skipta væntanlega síður máli.

Styrkur ójónaðs ammóníaks (NH₃-N) varð mestur þann 13. júní 2005 bæði í Urriðakotsvatni og Stórárókslæk. Í Urriðakotsvatni var hann 7,57 µg/l en þá var heildarstyrkur ammóníaks 27,5 µg/l, pH 9,17 og hitastig 14,2°C. Í Stórárókslæk var styrkur ójónaðs ammóníaks þennan dag aðeins 0,59 µg/l. Samtímis var heildarstyrkur ammóníaks 46,5 µg/l, pH 7,63 og hitastig 14,3°C. Í of miklum styrk (yfir 10-100 µg/l) er ójónað ammóníak eitrad fiskum (Steven C. Chapra 1997). Viðkvæmast mun ungvíðið vera.

Styrkur blaðgrænu α var á bilinu 1,3-4,8 mg/l, mestur í apríl en lækkaði stöðugt fram á haustið og var minnstur í september. Tengist það væntanlega aðallega vexti hágróðursins í vatninu sem stillir það þannig að agnir haldast síður á svífi. Þar sem sú blaðgræna α sem mældist er aðallega talin vera í upphvirfluðu botn- eða ásætusvífi er líklegt að verulegur dagamunur geti verið á blaðgrænu α eftir því hve hvasst er hverju sinni, sérstaklega fyrri hluta vaxtartímans á meðan vatnablöndurnar eru en þá litlar.

Heildarstyrkur lífræns kolefnis var á bilinu 1,97-5,21 mg/l í Urriðakotsvatni en 1,95-3,74 mg/l í Stórárókslæk. Þetta er í hærri kantinum miðað við það sem vitað er um styrk lífræns kolefnis í íslenskum stöðuvötnum (sjá (Hilmar J. Malmquist o.fl. 1999a, Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001). Hæstu gildin mældust á báðum stöðunum yfir hásumarið. Minni styrkur í Stórárókslæk kann að benda til að niðurbrot hafi verið á lífrænu efni á leið þess frá vatninu.

Styrkur kadmíums (Cd), blýs (Pb), króms (Cr), nikkels (Ni) og arsens (As) var oftast svipaður í Urriðakotsvatni og Stórárókslæk ef frá eru talin gildin í apríl í Urriðakotsvatni sem voru talsvert hærri en á öðrum tímum. Styrkur kopars (Cu) var hinsvegar lægri í Urriðakotsvatni og styrkur zinks (Zn) hærri.

Uppleyst fosfat gekk aldrei til þurrðar á sýnatökutímabilinu en í lok vaxtartímans hvar lítið orðið af því í Urriðakotsvatni. Uppleyst köfnunarefnissambönd, ammóníak og níturat, voru hinsvegar ekki mælanleg á þeim tíma. Má því ætla að auk minna upphvirflaðs gruggs kunní lágur styrkur uppleystra næringarefna einnig að hafa einhver áhrif til minnkunar á styrk blaðgrænu α eftir því sem leið á vaxtartímann, a.m.k. ef blaðgrænan er að einhverju leyti af völdum svífförunga. Styrkur efnanna hefur þó sennilega ekki haft teljandi áhrif á heildarfrumframleiðnina í vatninu þar sem

hún er væntanlega að mestu bundin við háplöntur sem taka næringarefnið aðallega úr botnleðjunni.

Óljóst er hver áhrif það kann að hafa haft á niðurstöðurnar að vatnsborð Urriðakotsvatns var allan veturinn fram undir fyrstu sýnatöku um 40-50 cm hærra en venjulegt er vegna stíflu (Árni Hjartarson 2006). Hugsanlega hafa rotnandi jurtaleifar landplantna skilað vatninu meira magni næringarefna á þeim tíma en venjulega en óvíst er hvort þau áhrif hafa varað fram á vor eða sumar.

Aðrar efnagreiningar

Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis lét efnagreina sýni úr Urriðavatni árin 2003 og 2005, eitt sýni hvort árið (Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis 2006). Niðurstöður eru sýndar í töflu 6.

Tafla 6. Niðurstöður annarra efnagreininga frá árunum 2003 og 2005.

Dags.	t-P	TOC	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	As
	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9.7.2003	<11	1,30	0,900	<0,5	<0,02	<0,1	0,600	0,300	0,130
23.6.2005	<11	1,70	6,500	4,800	0,100	<0,1	1,800	5,200	1,000

Styrkurinn í sýninu frá 2003 er svipaður þeim styrk sem mældist í rannsókninni hér en styrkur sumra málma í sýninu frá 2005 var talsvert hærri en samsvarandi gildi í þessari rannsókn.

Vægi fosfórs og köfnunarefnis

Styrkur heildarfosfórs (t-P) er oft meiri og styrkur heildarköfnunarefnis (t-N) minni í grunnum vötnum með breiður vatnplantna eins og Urriðakotsvatni en í samskonar vötnum án teljandi vatnplantna (B. Moss 1998, Marten Scheffer 1998).

Að auki má búast við nokkru ammóníaki í grunnum vötnum vegna niðurbrots lífrænna efna undir plöntubreiðunum, sérstaklega í næringarríkum vötnum.

Yfirlit yfir styrk heildarfosfórs (t-P), fosfats (PO₄-P) heildarköfnunarefnis (t-N), nitrats (NO₃-N) og ammóníaks (NH₄-N) í Urriðakotsvatni er sýnt sérstaklega á mynd 21.

Styrkur heildarfosfórs var nokkuð svipaður allt sumarið og jafnvel smávægileg minnkun er leið á. Styrkur heildarköfnunarefnis var minnstur yfir hásumarið og nitrats og ammóníaks mestur um vorið.

Vatnið virðist því ekki haga sér að öllu leyti eins og að ofan er lýst. Líklegasta skýringin á því er að mjög lítið dýpi vatnsins hafi tryggt nægilega háan súrefnisstyrk við botn til að koma í veg fyrir upplausn fosfórs og uppsöfnun ammóníaks.

Súrefnisleysi virðist engu að síður hafa orðið nægilega víða og oft til að knýja fram afnitrun.

a)



b)



Mynd 21. a) Heildarstyrkur fosfórs (t-P) og fosfats ($\text{PO}_4\text{-P}$) í Urriðakotsvatni apríl-september 2005. b) Heildarstyrkur köfnunarefnis (t-N), nitrats ($\text{NO}_3\text{-N}$) og ammóníaks ($\text{NH}_4\text{-N}$) í Urriðakotsvatni á sama tíma.

Svifþörungur og annar gróður binda köfnunarefni og fosfór í N/P hlutfallinu 7,2:1 (vikt) (Steven C. Chapra 1997). Við mikla framleiðslu getur það efni sem minna er af takmarkað vaxtarhraða og til lengri tíma einnig aukningu lífmassa. Önnur efni eru sjaldan takmarkandi.

Á heimskautasvæðum geta þó einnig hitastig og ljósmagn takmarkað framleiðni í stöðuvötnum (A. Nilsson 1997) og gera verður ráð fyrir að það sama geti einnig átt við á Íslandi.

Tiltæk hlutföll köfnunarefnis og fosfórs eru oft notuð til að gefa vísbendingar um hvort efnið gangi fyrir til þurrðar og verði þar með takmarkandi. Hlutföll köfnunarefnis og fosfórs hafa hinsvegar enga merkingu í þessu sambandi ef nóg er af báðum efnunum (Johan U. Gobbelaar & W. Alan House 1996). Ætla má að fosfór verði takmarkandi fyrir venjulega þörungum þegar styrkur hans er undir 2,2 µg/l (C.S. Reynolds 1992) tilvísun í (Johan U. Gobbelaar & W. Alan House 1996). Fosfórstyrkur í Urriðakotsvatni mældist aldrei svo lítill á tímabilinu. Stöðug íkoma, framboð frá seti og niðurbrot skilar auk þess oft nægilegu magni til að stuðla að hámarksframleiðslu við lágan styrk. Það gætu því verið allt aðrir þættir sem ráða hámarksframleiðslunni og stærð lífmassa svifþörungum, t.d. hitastig, ljósmagn, afát, botnfelling og útskolun. Hlutfall N/P getur einnig sveiflast yfir sólarhringinn (G. Y. Rhee & I. J. Gotham 1980) tilvísun í (Johan U. Gobbelaar & W. Alan House 1996). Nauðsynlegt er því að hafa góðar upplýsingar um framleiðslu og næringarefnabúskap tiltekins vatns yfir langan tíma til að meta hvort það er köfnunarefni eða fosfór sem er takmarkandi, bæði efnin eða hvorugt.

Í töflu 7 er gefið yfirlit yfir hvernig N/P hlutföll hafa verið notuð til að giska á hvort efnið kunni að takmarka vaxtarhraða svifþörungum.

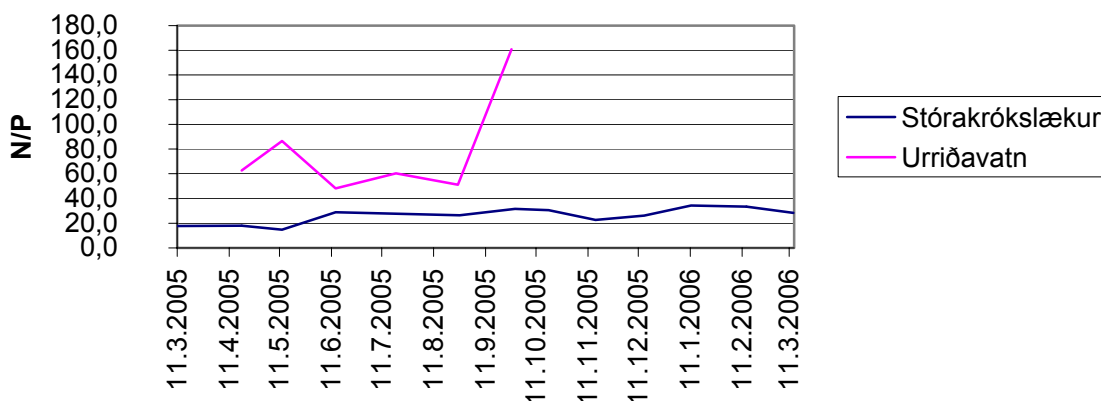
Tafla 7. Ýmiss viðmiðunargildi N/P hlutfalla (vikt) sem notuð eru til að meta hvort fosfór eða köfnunarefni er líklegra til að vera takmarkandi fyrir þörungavöxt í vötnum.

Köfnunarefni (N) er líklegra til að vera takmarkandi	Annað hvort N eða P, hvorki N né P eða bæði N og P gætu verið takmarkandi	Fosfór (P) er líklegri til að vera takmarkandi	Heimildir
<7,2		>7,2	(Steven C. Chapra 1997, C. F. Mason 1981)
<10		>10	(Noriko Takamura o.fl. 2003)
<10	10-17	>17	(Florida Lakewatch 2000)
<8	8-19	>19	(S. J. Guildford & R. E. Hecky 2000)
<13	13-21	>21	(David R. Maidment 1992) Frumheimildir: (V. H. Smith 1979, R.V. Thomann & J.A. Mueller 1987)

Hraði umsetningar á köfnunarefni annarsvegar og fosfór hinsvegar getur einnig verið misjafn og gert notkun á N/P hlutfallinu varasama. Yfirleitt er talið að umsetning á fosfór sé hraðari (G. P. Harris 1986) tilvísun í (I. Tonno & T. Noges 2003) sem merkir að enn meira er hlutfallslega aðgengilegt af fosfór miðað við ákveðið hlutfall N/P. Það kemur m.a. fram í þeim gildum sem gefin eru í töflu 5 en þau eru yfirleitt hærri en 7,2.

Hlutfall heildarköfnunarefnis og heildarfosfórs í Urriðakotsvatni er sýnt á mynd 22. Það var mjög hátt í Urriðakotsvatni og hátt í Stórákrókslæk. Hæst fór það í 161 í Urriðakotsvatni í september 2005.

N/P hlutfallið bendir sterklega til að fosfór (P) sé líklegra til að vera takmarkandi fyrir vaxtarhraða svifþörungum í Urriðakotsvatni, sérstaklega hlutfallið í september. Hlutfallið í Urriðakotsvatni lækkaði heldur frá vori til hausts. Eins og að framan greinir mældist þó styrkur nýtanlegs fosfórs, þ.e. fosfats (PO₄), í öllum tilvikum nægjanlegur fyrir framleiðslu svifþörungum. Köfnunarefni í formi sem gróðurinn getur aðallega nýtt sér (NO₃ og NH₄) var hinsvegar af skornum skammti í Urriðakotsvatni nema fyrst um vorið.



Mynd 22. Hlutfall köfnunarefnis og fosfórs (N/P, vikt) á tímabilinu mars 2005-mars 2006 í Urriðakotsvatni og Stórákrókslæk.

Vatnablönturnar eru síður háðar styrk næringarefna í vatninu á hverjum tíma því þær geta líka náð efnunum upp í gegnum ræturnar. Botn- og ásætubörungar hafa einnig betri aðgang en svifbörungar að næringarefnum í botnleðjunni og frá vatnablöntunum. Gera má ráð fyrir að langmest af frumframleiðslu í vatninu sé af völdum vatnaplantnanna, næst mest af völdum ásætu- og botnbörunga en að svifbörungarnir standi eingöngu fyrir litlu broti af heildarfrumframleiðninni.

Flokkun Urriðakotsvatns og Stórákrókslækjarvatns

Næringarástand

Frumframleiðsla og lífmassi eru þeir þættir sem best lýsir næringarástandi tiltekins vatns. Einnig má nota styrk næringarefna sem óbeinan mælikvarða á næringarástand. Tegundir lífvera í vatninu geta einnig gefið vissa vísbendingu um næringarástand þess.

Á grundvelli flokkunarþátta reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns má flokka næringarástand Urriðakotsvatns, þótt slík flokkun sé ekki markmið ákvæða hennar. Þannig flokkun gefur að vatnið sé næringarfátækt (oligotroph) á grundvelli blaðgrænu α , næringarríkt (meso-/eutroph) á grundvelli lífræns kolefnis, næringarlágt (oligo/mesotroph) á grundvelli heildarköfnunarefnis en næringarlítið (oligotroph) á grundvelli fosfórs og ammóníaks.

Þótt blaðgræna α í stöðuvötnum sé mælikvarði á lífmassa á það eingöngu við um svifbörunga en ekki háplöntur og botn- og ásætubörunga sem virðast vera ríkjandi í Urriðakotsvatni. Í Urriðakotsvatni er því næringarástandið örugglega næringarríkara en styrkur blaðgræunnar segir til um.

Tegundasamsetning vatnaplantna gefur einnig vísbendingu um næringarástand vatna (sjá töflu 5). Hafa ber í huga að plöntur sem eru einkennandi fyrir næringarlítið vatn (þ.e. fjallanykra) gætu hugsanlega þrífist við uppsprettulindir þótt vatnið sé að öðru leyti næringarríkara. Af þessum plöntum gefur því væntanlega síkjamarinn bestu

vísbindinguna um næringarástand þar sem hann er ríkjandi í vatninu. Samkvæmt því má ætla að vatnið sé hálf næringarríkt (mesotroph) eða alnæringarríkt (eutroph).

Í ljósi þess sem hér hefur verið rakið er það metið svo að það geti látið nærri að Urriðakotsvatn sé hálf næringarríkt (mesotroph). Mat þetta er háð allnokkurri óvissu. Á grundvelli umhverfismarkaflokka reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns jafngildir þannig næringarástand umhverfismarkaflokkum II til III en hálf næringarrík vötn (mesotroph) eru ekki til þar sem sérstakur flokkur.

Náttúrulegt ástand

Viðmiðanir

Við ákvörðun á náttúrulegu ástandi verður reynt að hafa í huga ástand eins og hefur líklega verið fyrir tæknibyltinguna í iðnaði og landbúnaði sem hófst aðalega um og upp úr aldamótunum 1900. Undantekningin eru saurbakteríur sem aðeins er gert ráð fyrir að séu upprunnar frá villtum dýrum í náttúrulegu ástandi viðkomandi vatns. Ekki er heldur reynt að taka tillit til þeirra breytinga sem orðið hafa á gróðurfari, m.a. við framræslu votlendis, túnrækt og landeyðingu heldur gengið út frá að núverandi ástand sé náttúrulegt í þeim skilningi sem hér er notaður.

Náttúrulegt ástand er hér fyrst áætlað sem ákveðin gildi fyrir hvern matsþátt og svo flokkað samkvæmt þeim gildum í viðkomandi umhverfismarkaflokk. Umhverfismarkaflokkunum er svo ætlað í samræmi við reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns að lýsa náttúrulegu ástandi viðkomandi vatns.

Álagsgreining vatnasviðanna fyrir Urriðakotsvatn og Stórákrókslæk hefur ekki verið gerð og er því ekki hægt að styðjast við hana eins og gert er ráð fyrir í leiðbeiningum Umhverfisstofnunar (Umhverfisstofnun 2004). Þar sem álagspættir á vatnasviðunum eru fáir kemur það væntanlega ekki að sök. Álagspættirnir felast eingöngu í landbúnaðarstarfsemi (túnrækt og beit) og golfvelli. Ekki er vitað um neina mengunaruppsprettu vegna hernaðarumsvifa á vatnasviðinu á stríðsárunum. Einhver áburður hefur líklega verið notaður við gróðursetningu trjáplantna undanfarin ár en upplýsingar vantar um hve mikið og reglulega og hvort trjám hafi yfirleitt verið plantað þar á síðustu misserum. Ekkert bendir þó til að áburður frá þeirri starfsemi hafi skipt máli í þessu samhengi.

Hér er gert ráð fyrir því að álag á bæði Urriðakotsvatn og Stórákrókslæk hafi í flestum tilvikum verið lítið. Mæld gildi ættu því flest að vera nálægt náttúrulegum gildum.

Þetta á þó sennilega ekki við um álag af völdum heildarköfnunarefnis í Urriðakotsvatn. Áður kom fram að heildarrensli út af vatnasviðinu var 74 l/s árið 2005. Lauslega áætlað er flatarmál túnsins í Oddsmýrardal 6,5 ha. Ef gert er ráð fyrir að allt köfnunarefni í Urriðakotsvatni hafi komið þaðan getur það hafa jafngilt um 135 kg N á ári á hektara sem er ekki fjarri þeirri meðalnotkun köfnunarefnis sem tíðkast hefur á tún hérlendis (Friðrik Pálmason 1993). Dreift á allt vatnasviðið jafngildir það um 417 kg/km²/ári sem er talsvert hærra gildi en t.d. fyrir Elliðavatn (52 kg/km²/ári) (Tryggvi Þórðarson 2003k) og Varmá í Ölfusi ofan Hveragerðis (45 kg/km²/ári) (Tryggvi Þórðarson 2003j). Til samanburðar hefur magn köfnunarefnis í úrkomu á vatnasviði Urriðakotsvatns árið 2005 verið um 260 kg/km². Styrkurinn í vatninu virðist hærri en svo að hann sé eingöngu af náttúrulegum orsökum, jafnvel þótt hann

kunni að nokkru að vera vegna áhrifa frá lúpínubreiðunum. Verður ekki hjá því komist að álykta að hluti hans stafi af áburðarnotkun á túnin í Oddsmýrardal sem er eina mannlega köfnunarefnisuppsprettan á vatnasviðinu.

Styrkur ammóníaks og fosfórs eru nálægt því sem búast hefði mátt við í Urriðakotsvatni, m.a. út frá tiltækum gögnum um önnur vötn á Suðvesturlandi (sjá töflu 8).

Tafla 8. Meðalstyrkur næringarefna og hlutfall köfnunarefnis og fosfórs í 5 vötnum á Suðvesturlandi.

Vatn	Köfnunarefni (t-N)	Fosfór (t-P)	Fosfat (PO ₄ -P)	Ammóníak (NH ₃ -N)	N/P
Urriðakotsvatn	377	5,2	5,0	<15,7	72,5
Hafravatn	308	6,6	4,0	<5,8	46,7
Leirvogsvatn	190	6,2	2,6	<5,7	30,6
Meðalfellsvatn	181	9,6	1,7	<5,8	18,9
Elliðavatn	81	16,4	5,5	21,5	4,9

Álag af völdum notkunar á köfnunarefnisáburði í Oddsmýrardal virðist minna á Stórárókslæk en Urriðakotsvatn og stafar líklegt af afnitrun á leið vatnsins að sýnatökustaðnum þar. Aftur á móti hefur ammóníaksstyrkurinn aukist á þessari leið, m.a. vegna niðurbrots lífræns köfnunarefnis á leiðinni. Hugsanlega eru einnig fleiri uppsprettur ammóníaks í læknum, s.s. afrennsli frá framræstu votlendi, vatnssuppsprettur í framræsluskurðum og áburðarnotkun á golfvellinum. Vegna stöðugleika í styrk ammóníaks í læknum er líklegast að síðast talda atriðið skipti minnstu máli í þessu tilliti.

Við alla frekari vinnu er nauðsynlegt að endurskoða mat á náttúrulegu ástandi jafnóðum og nýjar upplýsingar koma fram sem geta varpað betra ljósi á hvert það sé. Ekki er þó sjálfgefið að leiðrétting minniháttar ónákvæmi af þessum sökum muni hafa áhrif á mengunarflokkun árinna því mengunarflokkunin byggir á flokkun náttúrulegs ástands í umhverfismarkaflokk sem borinn er saman við samskonar flokkun fyrir raunverulegt ástand. Aðeins þegar náttúrulegt gildi er á mörkum umhverfismarkaflokka gæti smávægileg leiðrétting skipt máli við flokkunina.

Næringarefni

Styrkur fosfórs í yfirborðsvatni í heiminum er oftast á bilinu 5-20 µg/l PO₄-P en í ósnortnum vötnum allt niður í 1 µg/l (Deborah Chapman 1996).

Í ýmsum ám á Suðurlandi reyndist uppleysti hluti heildarfosfórs (t-P_{uppleyst}) 1997-1998 að meðaltali vera á bilinu um 10-25 µg P/l (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 1999) og eru þar jökulár meðtaldar. Að jafnaði er fastur hluti fosfórs í ám heimsins um tífaldir uppleysti hlutinn (Elizabeth Kay Berner & Robert A. Berner 1996). Heildarfosfór var mældur í 39 íslenskum vötnum árin 1997 og 1998 og reyndist vera á bilinu 1-107 µg/l (Hilmar J. Malmquist o.fl. 1999b). Heildarfosfór (t-P) í þessum stöðuvötnum var undir 8 µg/l í 50% tilvika og undir 60 µg/l í 90% tilvika (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001).

Einnig liggja fyrir niðurstöður frá mengunarflokkunum Háskólasetsursins í Hveragerði á ám (Tryggvi Þórðarson 2003l, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003i, 2003e, 2003f, 2003g, 2003h, 2003k, 2004a, 2004b, 2006). Samkvæmt þeim gögnum eru 50- og 90-

hundraðshlutamörk fyrir heildarstyrk fosfórs 12 og 39 $\mu\text{g/l}$ fyrir 20 ár, þar af 13 á Suðvesturlandi og 7 á Norðurlandi (N=234). Fyrir árnar 13 á Suðvesturlandi (N=144) eru þessar tölur 8 og 22 $\mu\text{g/l}$. Fyrir fosfat eru þessi hundraðshlutamörk 7 og 20 $\mu\text{g/l}$ fyrir allar árnar og 6 og 12 $\mu\text{g/l}$ fyrir árnar á Suðvesturlandi.

Sambærileg gögn (N=25) eru til fyrir 4 stöðuvötn á Suðvesturlandi, Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn (Tryggvi Þórðarson 2003k, 2004c, 2004e, 2004d). Í þeim var heildarfosfór undir 7,5 $\mu\text{g/l}$ í 50% tilvika en undir 16,6 $\mu\text{g/l}$ í 90% tilvika. Fyrir fosfat voru þessi gildi 3,13 og 5,32 $\mu\text{g/l}$.

Náttúrulegur styrkur nítrats ($\text{NO}_3\text{-N}$) í yfirborðsvatni er venjulega undir 100 $\mu\text{g/l}$ (Deborah Chapman 1996). Árin 1997-1998 mældist hann á bilinu 17-790 $\mu\text{g/l}$ í 39 íslenskum stöðuvötnum (Hilmar J. Malmquist o.fl. 1999b) en í íslenskum vötnum er hann talin geta orðið lægst undir 1 $\mu\text{g/l}$ (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001).

Í könnun á sunnlenskum ám, m.a. jökulám, reyndist meðalstyrkur uppleysta hluta heildarköfnunarefnis ($t\text{-N}_{\text{uppleyst}}$) 1997-1998 vera á bilinu um 28-66 $\mu\text{g N/l}$ (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 1999). Inn í þessi gildi vantar hinsvegar fastan hluta köfnunarefnis en köfnunarefni í náttúrulegu vatni er að talsverðu leyti bundið í lífrænu efni (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001) sem að stórum hluta er í föstu formi. Á heimsvísu er náttúrulegt fast köfnunarefni í ám um þriðjung meira en náttúrulegt uppleyst köfnunarefni (Elizabeth Kay Berner & Robert A. Berner 1996).

Í íslenskum stöðuvötnum 39 var heildarköfnunarefni undir 125 $\mu\text{g/l}$ í 50% tilvika og undir 359 $\mu\text{g/l}$ í 90% tilvika (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001).

Einnig liggja fyrir niðurstöður frá mengunarflokkunum Háskólasetsins í Hveragerði á ám (Tryggvi Þórðarson 2003l, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003i, 2003e, 2003f, 2003g, 2003h, 2003k, 2004a, 2004b, 2006). Samkvæmt þeim gögnum eru 50- og 90-hundraðshlutamörk fyrir heildarstyrk köfnunarefnis 121 og 390 $\mu\text{g/l}$ og ammóníak 7 og 26 $\mu\text{g/l}$ fyrir þær 20 ár (N=234) sem um ræðir en af þeim eru 13 á Suðvesturlandi og 7 á Norðurlandi. Fyrir árnar á Suðvesturlandi eru þessi mörk fyrir heildarköfnunarefni 8 og 400 $\mu\text{g/l}$ en 7 og 13 $\mu\text{g/l}$ fyrir ammóníak (N=144).

Sambærileg gögn (N=25) eru til fyrir 4 stöðuvötn á Suðvesturlandi, Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn (Tryggvi Þórðarson 2003k, 2004c, 2004e, 2004d). Í þeim var heildarköfnunarefni undir 182 $\mu\text{g/l}$ í 50% tilvika en undir 243 $\mu\text{g/l}$ í 90% tilvika. Fyrir ammóníak voru þessi gildi 5,7 og 21,9 $\mu\text{g/l}$.

Lífrænt efni

Að meðaltali er heildarstyrkur lífræns kolefnis (TOC) í ám heimsins 9,9 mg/l og uppleysti hluti þess 55% (AMAP 1997). Styrkur uppleysts náttúrulegs lífræns efnis í ám, mælt sem TOC, er að jafnaði 5 mg/l fyrir alla jörðina en á Norðurlöndunum yfirleitt á bilinu 5-30 mg/l (Rolf D. Vogt o.fl. 2001).

Vegna fremur lágs meðalhita á Íslandi, sem ekki örvar niðurbrot uppsafnaðs lífræns efnis í jarðvegi þannig að lífræn niðurbrotsefni skili sér út í yfirborðsvatn, tiltölulegra mikillar úrkomu, sem þynnir út niðurbrotsefni í vatninu og jarðvegi sem víða er fátækur af lífrænum efnunum, má búast við að styrkur náttúrulegs lífræns uppleysts efnis í yfirborðsvatni á Íslandi sé yfirleitt lágur og vel undir heimsmeðaltali. Heildarstyrkur

lífrænna efna í vötnum eykst hinsvegar í takt við umfang mýrlendis á vatnsviði þeirra, sérstaklega þeirra vatna sem eru næst þeim (L. Arvola o.fl. 2004, H. Laudon o.fl. 2004, T. Mattsson o.fl. 2005). Styrkur lífræns efnis í vatni er einnig háður loftslagsbreytingum á hverjum tíma en hlýnandi veðurfar hefur m.a. sumsstaðar valdið aukningu lífræns efnis í yfirborðsvatni á síðustu árum (Rolf D. Vogt o.fl. 2001). Ástæðan er aukið niðurbrot uppsafnaðs lífræns efnis í umhverfinu vegna hitastigshækkunar og að einhverju leyti aukinnar uppgufunar vatns sem gerir vatnið rammara.

Efnagreiningar á heildarmagni lífræns kolefnis í íslensku vatni voru til skamms tíma yfirleitt ekki gerðar þegar vatn var efnagreint. Til eru mælingar gerðar í 39 íslenskum stöðuvötnum (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001) þar sem 50-hundraðshlutamark fyrir heildarstyrk lífræns kolefnis var 1,0 mg/l og 90-hundraðshlutamark 2,3 mg/l. Einnig liggja fyrir niðurstöður frá mengunarflokkunum Háskólaasetursins í Hveragerði á öðrum ám (Tryggvi Þórðarson 2003l, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003i, 2003e, 2003f, 2003g, 2003h, 2003k, 2004a, 2004b, 2006). Samkvæmt þeim gögnum eru 50- og 90-hundraðshlutamörk fyrir heildarstyrk lífræns kolefnis 1,69 og 3,81 mg/l í 20 ám (N=234), þar af í 13 á Suðvesturlandi og 7 á Norðurlandi. Fyrir árnar á Suðvesturlandi (N=144) eru þessar tölur 1,80 og 4,42 mg/l.

Sambærileg gögn (N=25) eru til fyrir 4 stöðuvötn á Suðvesturlandi, Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn (Tryggvi Þórðarson 2003k, 2004c, 2004e, 2004d). Í þeim var heildarstyrkur lífræns kolefnis undir 3,8 mg/l í 50% tilvika en undir 5,2 mg/l í 90% tilvika.

Málmar

Til eru upplýsingar um styrk málma í ýmsum ám á landinu en gildin eru flest aðeins yfir uppleysta málma og því erfið til samanburðar. Vegna flokkunar Háskólaasetursins í Hveragerði á ám liggja þó fyrir efnagreiningar á heildarmálmum í 10-12 sýnum úr hverri af 20 ám (N=234) (Tryggvi Þórðarson 2003l, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003i, 2003e, 2003f, 2003g, 2003h, 2003k, 2004a, 2004b, 2006). Gildi 50- og 90-hundraðshlutamarka fyrir málma í þessum ám eru þessi: Kopar: 0,61 og 2,05 µg/l, zink: 2,07 og 46,26 µg/l, kadmíum: 0,019 og 0,042 µg/l, blý: 0,038 og 0,205 µg/l, króm: 0,905 og 1,67 µg/l, nikkell: 0,34 og 0,93 µg/l, arsen: 0,09 og 0,18 µg/l. Fyrir árnar 13 á Suðvesturlandi (N=144) eru gildin þessi: Kopar: 0,50 og 1,86 µg/l, zink: 3,7 og 73,3 µg/l, kadmíum: 0,019 og 0,037 µg/l, blý: 0,057 og 0,253 µg/l, króm: 0,92 og 1,68 µg/l, nikkell: 0,35 og 0,66 µg/l, arsen: 0,09 og 0,20 µg/l.

Sambærileg gögn (N=25) eru til fyrir 4 stöðuvötn á Suðvesturlandi, Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn (Tryggvi Þórðarson 2003k, 2004c, 2004e, 2004d). Tölur yfir 50-hundraðshlutamörk og 90-hundraðshlutamörk fyrir málma eru þessar: Kopar: 0,40 og 0,66 µg/l, zink: 0,84 og 2,51 µg/l, kadmíum: 0,010 og 0,027, blý: 0,036 og 0,153 µg/l, króm: 0,39 og 1,30 µg/l, nikkell: 0,21 og 0,34 µg/l og arsen: 0,09 og 0,09 µg/l.

Mat á náttúrulegu og raunverulegu ástandi

Í töflu 9 eru sýnd meðaltöl mælinga á efna- og bakteríustyrk í Urriðakotsvatni. Þar eru til samanburðar einnig sýndur meðalefnastyrkur í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi, miðgildi stakra mælinga í 62 Íslenskum vötnum frá árunum 1997-1998, reiknaður styrkur á köfnunarefni og fosfór og meðalstyrkur fjögurra annarra vatna á

Suðvesturlandi. Í töflunni eru sýnd þau gildi sem talið er að einkenni náttúrulegt ástand Urriðakotsvatns og þeir umhverfismarkaflokkar sem eiga við þau gildi.

Matið er að mestu byggt á samanburði þessara gagna og almennri vitneskju um eiginleika vatnasviðsins og umsvif á því að teknu tilliti til eiginleika matsþáttanna og þeirra atriða sem rakin hafa verið hér að framan.

Tafla 9. Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Urriðakotsvatns

Taflan sýnir raunverulegt og áætlað náttúrulegt ástand vatnsins bæði sem styrk og umhverfismarkaflokk. Í töflunni er enn fremur sýndar tölur yfir meðalstyrk efna í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi, meðaltal stakra mælinga í 59-62 íslenskum vötnum, reiknaður heildarstyrkur köfnunarefnis og fosfórs út frá meðaldýpi (reiknilíking byggð á mælingum í 62 íslenskum vötnum) og meðalstyrkur í Meðalfellsvatni (n=11 fyrir bakteríur en 6 fyrir aðra þætti), Leirvogsvatni (n=11 fyrir bakteríur en 6 fyrir aðra þætti), Hafravatni (n=11 fyrir bakteríur en 6 fyrir aðra þætti) og Elliðavatni (n= 36 fyrir bakteríur en 18 fyrir aðra þætti).

MG= Mæld gildi, ÁG= áætluð gildi, UF= umhverfismarkaflokkur.

	Meðal- tal úrkomu í Reykja- vík og á Íra- fossi ¹⁾	Meðal- tal í 59- 62 ísl. vötnum	Reikn- aður styrkur í Urriða- kots- vatni ²⁾	Meðal- fells- vatn	Leir- vogs- vatn	Hafra- vatn	Elliða- vatn	Urriðakotsvatn			
								Raunverulegt ástand		Náttúrulegt ástand	
								MG	UF	ÁG	UF
Saurkólí í 100 ml				2,4*	0,7*	1,4*	1,7*	4*	I	8	I
Saurkokka r í 100 ml								1*	I	4	I
t-P (µg/l)		15,1 ²⁾	21	9,63	6,22	6,56	16,4	5,2	I	7	I
t-N (µg/l)	233 (NO ₃ + NH ₄)	172,3 ²⁾	256	180,5	190	308*	81	376,5	II	280	I
NH ₄ -N (µg/l)	172			<5,8	<5,7	<5,8	21,5	<15,7	II	15	II
Blaðgræna α (µg/l)				2,6	1,39	2,0**	1,8	3,0	I	2,2	I
TOC (mg/l)		1,18 ³⁾		1,20	1,30	4,91	4,8	3,17	III	3,2	III
Cu (µg/l)	1,313			0,363	0,375	0,287	0,597	0,611	II	0,6	II
Zn (µg/l)	10,651			1,88*	1,23	0,72	<0,738	6,708	II	6,4	II
Cd (µg/l)	0,013			<0,0180	<0,0236	<0,0110	<0,027	<0,014	II	0,02	II
Pb (µg/l)	0,278			0,050*	0,036*	0,053	0,0314	<0,157	I	0,1	I
Cr (µg/l)	0,221			0,297	0,314	0,362	1,31	0,694	II	0,6	II
Ni (µg/l)	0,522			0,233	0,162	0,155	0,307	0,850	II	0,9	II
As (µg/l)	0,032			<0,0880	<0,0880	<0,0880	<0,068	<0,093	I	0,05	I

1) (Kevin Barrett 2002). 2) (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003). 3) (Hilmar Malmquist o.fl. 2004).

* Geómetriskt meðaltal. ** Jafnað úr 1,99.

Náttúruleg gildi í Urriðakotsvatni eru flest hver ákvörðuð nálægt þeim gildum sem mældust í vatninu. Einna mest víkja náttúruleg gildi fyrir heildarköfnunarefni frá mældu gildunum. Náttúruleg gildi fyrir ammóníak og suma málma í Urriðakotsvatni víkja einnig nokkuð frá mældum gildum en lenda þó í sama umhverfismarkaflokki og þau.

Í töflu 10 er sýnt mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Stórárókslækjar. Þar eru einnig sýnd meðaltöl mældra gilda í læknum ásamt áætluðum náttúrulegum gildum

fyrir sömu þætti ásamt gildum yfir efna- og bakteríustyrk í nokkrum ám og meðaltalstyrk í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi.

Tafla 10. Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Stórárókslækjar.

Til samanburðar eru einnig sýndur meðalstyrkur í úrkomu í Reykjavík og við Írafoss og meðaltöl fyrir fjórar ár í Kjósinni, sex á Norðurlandi (tveir dálkar) og þrjár í Reykjavík (tveir dálkar).

MG= Mæld gildi, ÁG= áætluð gildi, UF= umhverfismarkaflokkur.

	Meðaltal úrkomu í Reykjavík og á Írafossi	Meðaltal Fnjóskár, Skjálfafljóts og Laxár í Þingeyjar-sýslu	Meðaltal Eyja-fjarðar-ár, Hörgár og Svarvaðar-dalsár	Meðaltal Botnsár, Brynjudalsár, Fossár og Kiðafellsár	Meðaltal neðst í austurkvísl Elliðaáa	Meðaltal Hólmsár og Suðurár	Stórárókslækur			
							Raunverulegt ástand		Náttúrulegt ástand	
							MG	UF	ÁG	UF
Saurkólí í 100 ml		5,3	31	6	9	8	5*		8	
Saurkokkar í 100 ml						6	1*		4	
t-P (µg/l)		27,4	<24,3	<13	7,0	7,1	8,0		8	
PO4-P (µg/l)		16,7	<6,73	<7	6,4	6,7	2,9		7	
t-N (µg/l)	233**	271	<156	<96	221	92,5	195,8		160	
NH4-N (µg/l)	172	<11,5	15,1	<7,2	5,95	5,58	44,6		20	
TOC (mg/l)		2,23	1,31	<1,23	1,95	1,21	2,56		2,3	
Cu (µg/l)	1,313	<0,61	1,64	<0,45	0,590	0,368	0,726		1,0	
Zn (µg/l)	10,651	2,24	2,32	<24,30	1,80	0,82	1,004		2,5	
Cd (µg/l)	0,013	<0,017	<0,041	<0,023	<0,007	<0,006	<0,011		0,015	
Pb (µg/l)	0,278	<0,024	<0,069	<0,048	0,040	0,018	0,06		0,1	
Cr (µg/l)	0,221	1,386	0,490	0,689	1,012	0,965	0,73		0,8	
Ni (µg/l)	0,522	0,372	0,421	0,449	0,406	0,299	0,454		0,5	
As (µg/l)	0,032	<0,082	<0,068	<0,101	<0,184	0,164	<0,120		0,15	

* Geómetrisk meðaltöl ** NO₃-N og NH₃-N.

Skærrauðar tölur merkja að við útreikninginn voru notuð einhver gildi sem voru undir greiningarmörkum.

Flest gildi fyrir náttúrulegt ástand eru nálægt þeim gildum sem mældust. Aðeins heildarstyrkur köfnunarefnis og styrkur ammóníaks víkur að ráði frá mældum gildum. Náttúrulegt gildi fyrir heildarköfnunarefni í Stórárókslæk lendar þó í sama umhverfismarkaflokki og mæld gildir fyrir þann þátt.

Mengunarflokkun

Munurinn á umhverfismarkaflokkum fyrir raunverulegt og náttúrulegt ástand segir til um mengunarflokkunina. Í töflu A í viðauka er sýnt nákvæmlega hvernig ákveðinn munur gefur ákveðna mengunarflokkun. Mengunarflokkun Urriðakotsvatns er gefin í töflu 11 og Stórárókslækjar í töflu 12.

Bæði vatnið og lækurinn hlutu góða flokkun sem var A í nær öllum tilvikum. Aðeins flokkun á grundvelli heildarköfnunarefnis fyrir Urriðakotsvatn og ammóníaks fyrir Stórárókslæk gaf mengunarflokk B.

Tafla 11. Mengunarflokkun Urriðakotsvatns.

	Umhverfismarkaflokkar		Mengunarstaða núverandi ástands skv. flokkun rgl. nr. 796/1999	Mengunarflokkun	
	Náttúrulegt ástand	Núverandi ástand			
Saurkólí	I	I	Mjög lítil eða engin saurmengun	A	Ósnortið vatn
Saurkokkar	I	I	Mjög lítil eða engin saurmengun	A	Ósnortið vatn
t-P	I	I	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
t-N	I	II	Lágt næringargildi (oligo-/mesotrophy)	B	Lítið snortið vatn
NH ₄ -N	II	II	Lágt næringargildi (oligo-/mesotrophy)	A	Ósnortið vatn
Blaðgræna α	I	I	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
TOC	III	III	Næringarríkt (meso-/eutrophy)	A	Ósnortið vatn
Cu	II	II	Lítill hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Zn	II	II	Lítill hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Cd	II	II	Lítill hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Pb	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Cr	II	II	Lítill hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Ni	II	II	Lítill hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
As	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn

Tafla 12. Mengunarflokkun Stórákólslæks.

	Umhverfismarkaflokkar		Mengunarstaða núverandi ástands skv. flokkun rgl. nr. 796/1999	Mengunarflokkun	
	Náttúrulegt ástand	Núverandi ástand			
Saurkólí	I	I	Mjög lítil eða engin saurmengun	A	Ósnortið vatn
Saurkokkar	I	I	Mjög lítil eða engin saurmengun	A	Ósnortið vatn
t-P	I	I	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
PO ₄	I	II	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
t-N	I	II	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
NH ₄	II	III	Næringarríkt (meso-/eutrophy)	B	Lítið snortið vatn
TOC	II	II	Lágt næringargildi (oligo-/mesotrophy)	A	Ósnortið vatn
Cu	II	II	Lítill hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Zn	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Cd	II	II	Lítill hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Pb	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Cr	I	II	Mjög lítil eða engin hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Ni	I	II	Mjög lítil eða engin hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
As	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn

Tillaga að langtímamarkmiðum

Reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns mælir fyrir um að setja skuli langtímamarkmið fyrir vötn í því skyni að varðveita náttúrulegt ástand þeirra. Langtímamarkmiðin skulu vera um flokk A (ósnortið vatn) eða B (lítið snortið vatn). Hvorki í reglugerðinni né í handbók Umhverfisstofnunar um aðgerðaráætlanir og flokkun vatns eru leiðbeiningar um hvenær eðlilegt er að setja markmið um

mengunarflokk B, þ.e. um lítilsháttar mengað vatn. Heilbrigðisnefndum eru því frjálssar hendur í því efni.

Hér eru lögð til langtímamarkmið um náttúrulegt ástand í mengunarflokki A fyrir öll flokkunaratriðin. Það jafngildir óbreyttri flokkun fyrir önnur flokkunaratriði en heildarstyrk köfnunarefnis í Urriðavatni og styrk ammóníaks í Stórárókslæk. Til að ná þeim markmiðum er nauðsynlegt að draga úr álagi af völdum köfnunarefnis en fyrir aðra þætti er svigrúm til aukinnar mengunar innan flokks A en það svigrúm er talsvert (sjá töflur 13 og 14). Ef ákvarðað verður langtímamarkmið um mengunarflokk B fyrir ár eða vötn sem flokkast hafa í mengunarflokk A væri verið að samþykkja að mengun í ánni mætti aukast verulega og í sumum tilvikum jafnvel svo mikið að vænta mætti næringaraugði og áhrifa á lífríkið (umhverfismarkaflokkar III eða IV).

Í vissum tilvikum á flokkun í mengunarflokk B þó tvímælalaust rétt á sér. Dæmi um slíkar aðstæður eru einmitt vötn þar sem vatnasviðið er allt í þéttbýli. Þetta á þó helst við í þeim tilvikum þar sem orðið er of seint að koma við nægilegum mengunarvörnum, þ.e. á svæðum þar sem ekki var gert nægilega ráð fyrir fullnægjandi mengunarvörnum við skipulag. Einnig getur þetta átt við vötn þar sem stunduð er starfsemi sem veldur tiltekinni mengun og ekki er tækni- eða lagalega framkvæmanlegt að takmarka hana nægilega til að viðhalda náttúrulegu ástandi. Þetta væru því vötn sem til frambúðar væru ekki talin geta uppfyllt markmið um náttúrulegt ástand.

Við ákvörðun á langtímamarkmiðum fyrir Urriðakotsvatn og Stórárókslæk er ekki hjá því komist að hafa það í huga að vötnin eru á efri hluta vatnakerfis sem að öðru leyti er ekki til meðferðar hér og á eftir að flokka og setja markmið fyrir. Ákvörðun um markmið fyrir Urriðakotsvatn og efsta hluta Stórárókslækjar mun því geta bundið hendur heilbrigðisnefndar við ákvörðun á markmiðum fyrir neðri hlutann.

Litið er svo á að með langtímamarkmiðum sé horft til næstu áratuga og jafnvel öld fram í tímann. Í ljósi þessa er lagt til að á nokkra áratuga fresti fari fram endurskoðun langtímamarkmiða. Ef það verður þá metið svo í ljósi reynslunnar að óframkvæmanlegt sé að ná markmiði um náttúrulegt ástand, þ.e. mengunarflokk A, er e.t.v. ástæða til að slaka upp á langtímamarkmiðinu. Vatnasvið Urriðakotsvatns og sýnatökustaðarins í Stórárókslæk eru nú að mestu leyti ósnortið og því er enn svigrúm til að stýra umsvifum, framkvæmdum og uppbyggingu innan vatnasviðanna á þann hátt að vatnavistkerfin skaðist sem minnst næstu áratugina eða árhundraðið.

Gera má ráð fyrir að álagið muni aukast með auknum umsvifum og auknu hlutfalli þétttra flata á vatnasviðinu. Ef verndun vatnsins og lækjarins er frá upphafi höfð að leiðarljósi við uppbygginguna á vatnasviðinu eru auknar líkur á að markmiðin haldi einnig til lengri tíma. Koma ætti í veg fyrir beina losun mengandi efna í vatnið og lækinn og einnig aukningu ofanvatns af þeim svæðum sem byggð verða á vatnasviði þess. Það er gert með því að hafa sem minnst af þéttum flötum og láta ofanvatnið seytle niður í jarð- og berggrunninn þar sem það verður til. Ef verndun vatnsins er höfð að leiðarljósi við uppbygginguna er ekki útilokað að ná megi settum markmiðum bæði nú og í framtíðinni.

Tafla 13. Svigrúm til mengunar í Urriðakotsvatni innan flokks A.

Í dálkinum lengst til hægri er sýnt hve mikið styrkurinn þyrfti að hækka til að vatnið falli um flokk, úr A í B.

	Mældur styrkur	Markmið	Hlutfallsleg hækkun/lækkun að flokki B, %
Saurkólí í 100 ml	4*	<14	250
Saurkokkar í 100 ml	1*	<14	1300
t-P (µg/l)	5,2	<20	285
t-N (µg/l)	376,5	<300	-20
NH ₄ -N (µg/l)	<15,7	<25	59
Blaðgræna α (µg/l)	3,0	<8	167
TOC (mg/l)	3,17	<6	89
Cu (µg/l)	0,611	<3	391
Zn (µg/l)	6,708	≤ 20	198
Cd (µg/l)	<0,014	≤ 0,1	614
Pb (µg/l)	<0,157	≤ 0,2	27
Cr (µg/l)	0,694	≤ 5	620
Ni (µg/l)	0,850	≤ 15	1665
As (µg/l)	<0,093	≤ 0,4	330

* Geómetriskt meðaltal.

Tafla 14. Svigrúm til mengunar í Stórákrókslæk innan flokks A.

Í dálknum lengst til hægri er sýnt hve mikið styrkurinn þyrfti að hækka til að vatnið falli um flokk, úr A í B.

	Mældur styrkur	Markmið	Hlutfallsleg hækkun/lækkun að flokki B, %
Saurkólí í 100 ml	5*	<14	180
Saurkokkar í 100 ml	1*	<14	1300
t-P (µg/l)	8,0	<20	150
PO ₄ -P (µg/l)	2,9	<10	245
t-N (µg/l)	195,8	<300	53
NH ₄ -N (µg/l)	44,6	<25	-44
TOC (mg/l)	2,56	<3	17
Cu (µg/l)	0,726	≤ 3	313
Zn (µg/l)	1,004	≤ 5	398
Cd (µg/l)	<0,011	≤ 0,1	809
Pb (µg/l)	0,06	≤ 0,2	233
Cr (µg/l)	0,73	≤ 5	585
Ni (µg/l)	0,454	≤ 0,7	54
As (µg/l)	<0,120	≤ 0,4	233

* Geómetriskt meðaltal.

Tölurnar sýna að talsvert svigrúm er til aukinnar mengunar þótt langtímamarkmið um flokk A sé valið. Aðeins fyrir heildarköfnunarefni í Urriðakotsvatni og ammóníak í Stórákrókslæk þarf að draga úr menguninni, í fyrra tilvikinu um a.m.k. 20% en í því síðara um a.m.k. 44%.

Tillaga að vöktun

Vöktun er nauðsynleg til að fylgjast með hugsanlegum breytingum á ástandi vatna, meta það hvernig tekist hefur að ná langtímamarkmiðum og afla vitneskju um gagnsemi hugsanlegra aðgerða til að ná settum markmiðum.

Tillögur um vöktun eru dregnar saman í töflu 15. Tillögurnar miðast við að umtalsverð uppbygging þéttbýlis muni eiga sér stað á vatnasviði Urriðakotsvatns næstu árin og áratugina og samsvarandi aukning ýmissa mannglegra umsvifa. Samfara uppbyggingunni muni álag á vatnið geta aukist verulega. Þetta gerir háa tíði vöktunar æskilega, sérstaklega á meðan breytingarnar á mengunarálagi ganga yfir. Þannig er hægt að grípa fyrir inn í ef í ljós kemur að eitthvað er að fara úrskaiðis. Þótt mengunarástand vatnsins sé gott nú er styrkur sumra flokkunarþáttanna í hærri kantinum, þ.e. heildarstyrkur köfnunarefnis (t-N), styrkur ammóníaks (NH₄-N) og

styrkur lífræns kolefnis (TOC) og nauðsynlegt er að fylgjast vel með þeim. Því er lagt til að tíðni vöktunar á næringarefnum og lífrænum efnum verði árleg. Þar sem styrkur næringarefna getur haft áhrif á styrk blaðgrænu α er lagt til að hún verði einnig vöktuð árlega. Tíð vöktun baktería og málma virðist ekki eins aðkallandi. Hinsvegar eru saurbakteríur ein besta vísbendingin um skólpmengun en skólpa er einnig hugsanleg uppspretta lífræns efnis og ammóníaks. Því er engu að síður lögð til árleg vöktun saurbaktería. Málmamengun mun aukast eftir því sem hlutfall þetta flata á vatnasviðinu eykst. Þar sem uppbygging á vatnasviðinu er þegar hafin er talið æskilegt að nokkuð tíð vöktun fari fram á málmum. Lagt er til að tíðni vöktunar málma verði fyrst í stað 2 ár.

Ekkert bendir til mismunandi mengunarástands í einstökum hlutum vatnsins. Þar sem vatnið er lítið og grunnt er talið réttlætandi, miðað við ástand vatnsins núna, að stunda vöktunina með því að taka sýni af landi, af flotbryggju eða með því að vaða út í vöðlum og taka sýni með stöng, þó ekki nálægt þekktum vatnssupprettum. Þannig næst talsvert hagræði í sýnatöku. Síðar er skynsamlegt til samanburðar að endurtaka vöktun með bát á sömu sýnatökustöðum og hér voru notaðir. Tímasetning endurtekningarinnar er háð hraða þeirra breytinga sem verða á vatnasviðinu, sérstaklega næst vatninu.

Eðlilegt er að tíðni vöktunar fyrir hvern þátt verði endurskoðuð eftir hverja nýja úttekt á vatninu.

Lagt er til að sýnatökutímabil vöktunarinnar miðist við almanaksárið. Þannig nást samfelldari gögn sem auðveldara er að túlka og munu gefa ítarlegri upplýsingar. Æskilegt er að vöktun Urriðakotsvatns og Stórákrókslækjar sé samræmd væntanlegri vöktun á neðri hluta lækjarinnar þar sem hann rennur um Hafnarfjörð. Þannig munu fást betri upplýsingar um eðli og þróun mengunar í læknum.

Tafla 15. Tillaga að vöktun Urriðakotsvatns og Stórákrókslækjar vegna ákvæða reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

Vöktunarpáttur	Tíðni (ár)	Næsta vöktun	Skýringar
Saurkokkar í 100 ml	1	2007	Þessir þættir benda til góðs ástands vatnsins. Þeir munu aukast á næstu árum vegna aukinna umsvifa og uppbyggingar á vatnasviðinu.
Saurkólfi í 100 ml	1	2007	
Blaðgræna α (ug/l)	1	2007	Sum þessara efna voru í hærri kantinum, sérstaklega t-N, $\text{NH}_4\text{-N}$ og TOC. Ekki er vitað með vissu hvort um venjulegt ástand er að ræða eða hvort mikill munur sé á milli ára eða árabila. Þótt styrkur blaðgrænu α hafi ekki bent til mengunar er styrkur næringarefna einn megináhrifaþátturinn gagnvart blaðgrænu α og því eðlilegt að hún sé vöktuð um leið.
t-P (ug/l)	1	2007	
t-N (ug/l)	1	2007	
$\text{NH}_4\text{-N}$ (ug/l)	1	2007	
TOC (mg/l)	1	2007	
Cu (ug/l)	2	2008	Vatnið og lækurinn eru frekar vel stöð varðandi málmamengun. Málmamengun mun þó væntanlega aukast með aukinni uppbyggingu á vatnasviðinu og því er nauðsynlegt að vakta hana reglulega. Ekki er þó þörf á stöðugri vöktun en engu að síður nokkuð tíðri fyrst í stað þar sem vænta má hraðra breytinga á vatnasviðinu.
Zn (ug/l)	2	2008	
Cd (ug/l)	2	2008	
Pb (ug/l)	2	2008	
Cr (ug/l)	2	2008	
Ni (ug/l)	2	2008	
As (ug/l)	2	2008	

Sérstök verndun, viðkvæm svæði og aðgerðaráætlanir

Það verkefni sem gerð hefur verið grein fyrir hér að framan tekur ekki til þess hvaða svæði ætti að vernda eða skilgreina sem viðkvæm sbr. 1. og 2. tl. gr. 11.1, gr. 10.3 og

gr. 10.4 í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Það tekur heldur ekki til tillögugerðar um aðgerðaráætlanir, sbr. 3 tl. fyrstnefndrar greinar og gr. 8.3 sömu reglugerðar.

Þegar langtímamarkmiðin hafa verið ákveðin þarf að íhuga hvort sérstakrar verndar á vatnasvæðinu er þörf og hvort ástæða sé til að skilgreina það viðkvæmt. Þá er enn fremur nauðsynlegt að að móta stefnu um nauðsynlegar aðgerðir til að ná langtímamarkmiðunum. Á það einnig við þegar einungis þarf að halda í horfinu.

Sum af þeim atriðum sem nærtækast er að nota til aðgerða eru á valdsviði heilbrigðisnefndanna, s.s. að ákveða að tiltekið vatnasvið sé viðkvæmt og framfylgja að öðru leyti ákvæðum mengunarvarnareglugerðar og starfsleyfa. Önnur eru í höndum sveitarstjórna, s.s. sérstök verndun vatnasviðs og aðrar aðgerðir sem lúta að skilyrðum í skipulagi og meðferð og hreinsun fráveituvatns úr veitum og af götum og opnum svæðum.

Heimildir

- A. Nilsson 1997. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environmental Report. Oslo, AMAP Monitoring and Assessment Programme. 188 bls.
- AMAP 1997. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report. Oslo, AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Program). 188 bls.
- Asle Aasen, Svein Ole Åstebøl & Sveinn Thorolfsson 2005. Stormwater management at Urriðaholt, Retail park. Best Management Practices. Final report. 08 2005. Þekkingarhúsið ehf.
- Árni Hjartarson 2006. Vatnafar við Urriðakotsvatn. Vatnafarsrannsóknir 2005. Unnið fyrir Þekkingarhúsið ehf. Reykjavík. ÍSOR, Íslenskar orkurannsóknir. ÍSOR-2006/005, 23 bls.
- Árni Hjartarson, Einar Gunnlaugsson, Freysteinn Sigurðsson, Jón Jónsson & Kristján Sæmundsson 1992. Vatnafarskort, Elliðavatn 1613 III SV 1:25.000. Reykjavík. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnanesbær og Reykjavíkurborg.
- B. Moss 1998. Shallow Lakes, Biomanipulation and Eutrophication. SCOPE (Scientific Committee on Phosphates in Europe) Newsletter. Vol. 29 (special Issue). Bruxelles, Belgium, CEFIC (European Chemical Industry Council).
- Björn S. Hallsson, Þráinn Hauksson, Jóhann Helgason & Hannes Þorsteinsson 1988. Urriðavatnsland. Reykjavík, Styrktar- og líknarsjóður Oddfellowa. 62 bls.
- Brit Lise Skjelkvale, Arne Henriksen, Gunnar Steinn Jónsson, Jaakko Mannio, Anders Wilander, Jens Peder Jensen, Eirik Fjeld & Leif Lien 2001. Chemistry of lakes in the Nordic region - Denmark, Finland with Åland, Iceland, Norway with Svalbard and Bear Island, and Sweden. Oslo. NIVA. SNO 4391-2001, Acid Rain Research Report 53/2001, 39 bls.
- C. F. Mason 1981. Biology of Freshwater Pollution. New York, Longman Group Limited. 250 bls.
- C.S. Reynolds 1992. Eutrophication and the management of planktonic algae: what Vollenweider couldn't tell us. Í D. W. Sutcliffe & J. G. Jones (ritstj.):

- Eutrophication: Research and application to water supply. Freshwater Biological Association. 4-29 bls.
- David R. Maidment (ritstj.) 1992. Handbook of Hydrology. New York, McGraw-Hill, Inc.
- Deborah Chapman (ritstj.) 1996. Water Quality Assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. (UNESCO/WHO/UNEP). 2. útgáfa. London, E & FN Spon. 626 bls.
- E. Jeppesen, J. P. Jensen, M. Sondergaard & T. Lauridsen 1999. Trophic dynamics in turbid and clearwater lakes with special emphasis on the role of zooplankton for water clarity. *Hydrobiologia* 409:217-31.
- Elizabeth Kay Berner & Robert A. Berner 1996. Global Environment. Water, Air, and Geochemical Cycles. New Jersey, Prentice-Hall, Inc. Simon & Saddle River. 376 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason & Ingvi Gunnarsson 1999. Næringarefni straumvatna á Suðurlandi. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar, Hafrannsóknastofnunar og Orkustofnunar. Reykjavík. Raunvísindastofnun Háskólans. RH-18-99, 36 bls.
- Florida Lakewatch 2000. A beginner's Guide to Water Management - Nutrients. Information Circular #102. Gainesville, Florida, 32 bls.
- Friðrik Pálmason 1993. Áburðarnotkun og níturbúskapur í jarðvegi og plöntum. Ráðunautafundur 1993:198-205.
- Friðbjófur Einarsson 2006. Munnlegar upplýsingar.
- G. P. Harris 1986. Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation. London, UK, Chapman and Hall.
- G. Y. Rhee & I. J. Gotham 1980. Optimum N-P Ratios and Coexistence of Planktonic Algae. *Journal of Phycology* 16:486-9.
- [Gagnabanki Vatnamælinga. 1996. Sog. Ljósafossvirkjun; útrennsli Meðalrennsli í m³. http://www.os.is/vatnam/gogn/rennsli/77002.html \(2003\).](http://www.os.is/vatnam/gogn/rennsli/77002.html) (Sótt Garðabær 2000. Umhverfisstefna Garðabæjar. Heimasíða Garðabæjar <http://www.gardabaer.is/upload/files/Umhverfisbæklingur%202.pdf>.
- [Garðabær 2006. Tillaga að aðalskipulag Garðabæjar 2004-2016. \(http://www.gardabaer.is/default.asp?cat_id=753\), skoðað 24.apríl 2006.](http://www.gardabaer.is/default.asp?cat_id=753)
- Gareth Rees, Jamie Bartram, E. B. Pike & W. D. Robertson 2000. Chapter 3. Resourcing and Implimentation. Í J. Bartram & G. Rees (ritstj.): Monitoring Bathing Waters. A Practical Guide to the Design and Implimentation of Assessments and Monitoring Programmes. London & New York, E & FN Spon. 337 bls.
- GUM 1995. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Geneva, ISO.
- H. Haflidason, G. Larsen & G. Olafsson 1992. The Recent Sedimentation History of Thingvallavatn, Iceland. *OIKOS* 64:80-95.
- H. Laudon, S. Kohler & I. Buffam 2004. Seasonal TOC export from seven boreal catchments in northern Sweden. *Aquatic Sciences* 66:223-30.
- Hákon Aðalsteinsson, Sigurjón Rist, Stefán Hermannsson & Svanur Pálsson 1989. Stöðuvötn á Íslandi, skrá um stöðuvötn stærri en 0,1 km². Orkustofnun. OS-89004/VOD-02, 48 bls. bls.
- Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis 2006. Niðurstöður efnagreininga á sýnum úr Urriðavatni. Óbirtar upplýsingar.
- Helgi Torfason, Árni Hjartarson, Haukur Jóhannesson, Jón Jónsson & Kristján Sæmundsson 1993. Berggrunnskort, Elliðavatn 1613 III-SV-B 1:25.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnanesbær og Reykjavíkurborg.

- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson & Haraldur Rafn Ingvason 2003. Áhrif vatnsmiðlunar á vatnalífriki Skorradalvatns: Forkönnun og rannsóknartillögur. Greinargerð unnin fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Kópavogur. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 2-03, 34 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson & Haraldur Rafn Ingvason 2006. Grunnrannsókn á lífríki Urriðavatns. Kópavogur. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-06, 44 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Gunnar Steinn Jónsson, Sigurður S. Snorrason & Kristinn Einarsson 1999b. Næringarefni í íslenskum stöðuvötnum. Í: *Líffræðirannsóknir á Íslandi* (Ritstj. S. S. Snorrason & R. S. Stefánsson). Reykjavík: Líffræðifélag Íslands 95 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason 1999a. Yfirlitskönnun á vistfræði Íslenskra vatna. Í: *Líffræðirannsóknir á Íslandi* (Ritstj. S. S. Snorrason & R. S. Stefánsson). Reykjavík: Líffræðifélag Íslands 94 bls.
- Hilmar Malmquist, Finnur Ingimarsson & Haraldur Rafn Ingvason 2004. Vöktun á lífríki Elliðavatns: Forkönnun og rannsóknartillögur. Greinargerð unnin fyrir Reykjavíkurborg og Kópavogsbæ. Kópavogur. Náttúrufræðistofa Kópavogs. 49 bls.
- I. Blindow, G. Andersson, A. Hargeby & S. Johansson 1993. Long-Term Pattern of Alternative Stable States in 2 Shallow Eutrophic Lakes. *Freshwater Biology* 30:159-67.
- I. Tonno & T. Noges 2003. Nitrogen fixation in a large shallow lake: rates and initiation conditions. *Hydrobiologia* 490:23-30.
- Johan U. Gobbelaar & W. Alan House 1996. Phosphorus as a Limiting Resource in Inland Waters; Interactions with Nitrogen. Í H. Tiessen (ritstj.): *Phosphorus in the Global Environment. Transfers, Cycles and Management*. Scientific Committee On Problems of the Environment (SCOPE), Wiley. 255-75 bls.
- Jón Ólafsson 1979. Physical characteristics of Lake Mývatn and River Laxá. *OIKOS* 32:38-66.
- Kevin Barrett 2002. Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme. Observations from N.E. Atlantic Coastal Stations in 2000. Kjeller, Norway. OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, Working Group on Inputs to the Marine Environment (INPUT). Norwegian Institute for Air Research (NILU). NILU OR 12/2002
- L. Arvola, A. R. Raike, P. Kortelainen & M. Jarvinen 2004. The effect of climate and landuse on TOC concentrations and loads in Finnish rivers. *Boreal Environment Research* 9:381-7.
- Marten Scheffer 1998. *Ecology of Shallow Lakes. Population and Community Biology Series. Vol. 22*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers. 357 bls.
- NN 1975. Skrá um votlendi. Í A. Garðarsson (ritstj.): *Votlendi. 4*. Reykjavík, Landvernd. 206-38 bls.
- Noriko Takamura, Yasuro Kandono, Michio Fukushima, Megumi Nakagawa & BAIK-H. O. KIM 2003. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. *Ecological Research* 18:381-95.
- R.G. Wetzel 1995. *Limnology*. Philadelphia., W.B. Saunders Co.
- R.O. Gilbert 1987. *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*. New York, Van Nostrand Reinhold.

- R.V. Thomann & J.A. Mueller 1987. Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. New York, NY., Harper and Row, Publishers. 644 bls.
- Rolf D. Vogt, Egil Gjessing, Dag Olav Andersen, Nicholas Clarke, Tone Gadmar, Kevin Bishop, Ulla Lundström & Michael Starr 2001. Natural Organic Matter in the Nordic countries. The NOMiNiC project. 1. TOC intercalibration. 2. Physico-chemical characteristics of DOM. Espoo, Finland. Nordtest. Nordtest report TR 479
- S. J. Guildford & R. E. Hecky 2000. Total nitrogen, total phosphorus, and nutrient limitation in lakes and oceans: Is there a common relationship? *Limnology and Oceanography* 45:1213-23.
- S. M. Haslam 1978. River plants: the macrophytic vegetation of watercourses. Cambridge, England, Cambridge University Press. 396 bls.
- Sigurður R. Gíslason & Stefán Arnórsson 1988. Efnafræði árvatns á Íslandi og hraði efnaröfs. *Náttúrufræðingurinn* 58:183-97.
- Sigurður Reynir Gíslason 1993. Efnafræði úrkomu, jökla, árvatns, stöðuvatna og grunnvatns á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn* 63:219-36.
- Skúli Víkingsson, Árni Hjartarson, Haukur Jóhannesson, Helgi Torfason, Hreggviður Norðdahl, Jón Eiríksson & Kristján Sæmundsson 1995. Jarðgrunnskort, Elliðavatn 1613/III SV-J, 1:25.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Garðabær, Hafnarfjarðarbær, Kópavogsbær, Seltjarnnesbær og Reykjavíkurborg.
- Steven C. Chapra 1997. Surface Water Quality Modeling. Boston, WCB/McGraw-Hill. 844 bls.
- T. Mattsson, P. Kortelainen & A. Raïke 2005. Export of DOM from boreal catchments: impacts of land use cover and climate. *Biogeochemistry* 76:373-94.
- Tryggvi Þórðarson 2003a. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Brynjudalsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003b. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Bugða. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003c. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Fossá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003d. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Kaldakvísl. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003e. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Laxá í Kjós. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 41 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003f. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Leirvogsa. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003g. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Úlfarsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003h. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Varmá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 41 bls.

- Tryggvi Þórðarson 2003i. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Kiðafellsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003j. Varmá, Hveragerði. Vöktun vatnsgæða 2001-2002. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði. 32 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003k. Mengunarstaða Elliðavatns 2001-2002. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 60 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003l. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Botnsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2004a. Flokkun vatna á Norðurlandi eystra. Eyjafjarðará, Glerá, Hörgá og Svarfaðardalsá. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2004b. Mengunarflokkun Hólmsár, Suðurár og Elliðaáa. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 48 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2004c. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Hafravatn. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði.
- Tryggvi Þórðarson 2004d. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Meðalfellsvatn. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði.
- Tryggvi Þórðarson 2004e. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Leirvogsvatn. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði.
- Tryggvi Þórðarson 2006. Flokkun vatna á Norðurlandi eystra, Fnjóská, Sjálfandafljót og Laxá í Þingeyjarsýslu. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 53 bls.
- Umhverfisstofnun 2004. Handbók um aðgerðaráætlanir og flokkun vatns. Skýrsla Umhverfisstöfnunar sbr. 17. gr. reglugerðar nr 796/1999, um varnir gegn mengun vatns. Reykjavík. Umhverfisstofnun. Skýrslur des.ust-2004:32, 27 bls.
- [Umhverfisstofnun ríkisins. 2003. Náttúruminjaskrá. Umhverfisstofnun ríkisins http://www.naturuvernd.is/frames.htm. \(Sótt Sótt 6. apríl 2006\)](http://www.naturuvernd.is/frames.htm)
- V. H. Smith 1979. Nutrient Dependence of Primary Productivity in Lakes. *Limnology and Oceanography* 24:1051-64.
- V.P. Evangelou 1998. *Environmental Soil and Water Chemistry. Principles and Applications*. New York, John Wiley & sons, Inc. 564 bls.
- [Veðurstofa Íslands 2006. Árgildi fyrir Reykjavík. Vefsíða Veðurstofu Íslands \(http://www.vedur.is/vedurfar/yfirlit/medaltalstoflur/Stod_001_Reykjavik.ArsMedal.txt\)](http://www.vedur.is/vedurfar/yfirlit/medaltalstoflur/Stod_001_Reykjavik.ArsMedal.txt)

Viðauki

- Tafla A. Samband mengunarflokkunar við náttúrulegt og raunverulegt ástand.
- Tafla B. Niðurstöður: Urriðakotsvatn.
- Tafla C. Niðurstöður: Stórárókslækur.

Tafla A. Samband mengunarflokkunar við flokkun á náttúrulegu og raunverulegu ástandi. Náttúrulegt og raunverulegt ástand er flokkað á grundvelli umhverfismarka, sbr. reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Í umhverfismarkaflokkunum er flokkur I bestur en V verstur. Í mengunarflokkunum er A bestur en E verstur. Þegar gildi fyrir náttúrulegt ástand eru jafnhá eða hærrí en gildi fyrir raunverulegt ástand lendar viðkomandi vatn í besta flokki (A) fyrir þann matsþátt. Nánar er gerð grein fyrir flokkunum í töflum 1 og 2.

Náttúrulegt ástand	Raunverulegt ástand	Mengunarflokkun (frávik frá náttúrulegu ástandi)
I	I	A Ósnortið vatn
	II	B Lítið snortið vatn
	III	C Nokkuð snortið vatn
	IV	D Verulega snortið vatn
	V	E Ófullnægjandi vatn
II	I-II	A Ósnortið vatn
	III	B Lítið snortið vatn
	IV	C Nokkuð snortið vatn
	V	D Verulega snortið vatn
III	I-III	A Ósnortið vatn
	IV	B Lítið snortið vatn
	V	C Nokkuð snortið vatn
IV	I-IV	A Ósnortið vatn
	V	B Lítið snortið vatn
V	I-V	A Ósnortið vatn

Tafla B. Niðurstöður mælinga og efna- og bakteríugreininga í Urriðakotsvatni 18. apríl 2005-13. mars 2006.

Rauð gildi eru undir greiningarmörkum. Ef gildi undir greiningarmörkum var notað til að reikna meðaltal og geómetrísku meðaltal eru þau gefin sem minna en meðaltalið eða geómetrísku meðaltalið.

Dags.	Blað-græna Loft-		Vatns-	Leiðni	TDS	O ₂	O ₂	Grugg	Saur- Saur-		PO ₄ -	NH ₄ -	Óklofið	NH ₃ -N	NO ₃ -N	TOC	IC	TC	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	As	
	(mg/l)	hiti °C							hiti °C	pH																µS/cm
18.4 2005	4,8	10,3	5,87,49	99,4	64,3	11,90	97,4	5,37	12	0	5,09	4,0	319	<7,0	0,03	<8,8	1,97	5,23	7,20	0,458	6,470	<0,014	0,095	0,552	0,224	<0,089
12.5 2005	3,7	12,0	7,88,29	108,5	70,0	12,70	100,6	3,36	13	4	6,10	6,0	528	36,3	1,07	253	2,49	5,87	8,36	1,610	11,000	<0,014	0,490	1,780	3,830	<0,089
13.6 2005	3,8	16,1	14,29,17	110,8	70,9	12,87	124,9		2	2	6,19	6,2	298	27,5	7,57	<8,8	3,38	5,71	9,09	0,390	4,330	<0,014	<0,089	0,530	0,211	<0,089
19.7 2005	2,4	15,1	14,78,73	112,5	71,8	9,75	96,5	1,66	1	0	4,21	4,2	254	9,5	1,19	<8,8	5,21	6,99	12,20	0,313	5,060	<0,014	<0,089	0,418	0,211	0,115
25.8 2005	2,1	9,6	7,68,80	105,9	67,7	12,10	103,0	4,76	28	5	6,18	6,2	316	<7,0	0,62	<8,8	3,33	6,20	9,53	0,457	6,550	<0,014	<0,089	0,440	0,265	<0,089
26.9 2005	1,3	4,1	2,0			13,07	98,1		9	1	3,38	3,4	544	<7,0		<8,8	2,62	6,23	8,85	0,435	6,840	<0,014	<0,089	0,442	0,359	<0,089
18.10 2005									2	19																
15.11 2005		-2,8	0,26,84	133,5	85,4				8	1																
14.12 2005		7,8	2,06,86	96,2	61,5				9	8																
11.1 2006		0,0	0,27,99	133,5	85,5				0	0																
13.2 2006		4,6	2,37,74	99,0	63,2				1	0																
13.3 2006		0,5	1,47,48	94,5	60,6				0	0																
Meðaltal	3,0	7,0	5,37,94	109,4	70,1	12,07	103,4	3,79	7	3	5,2	5,0	376,5	<15,7	2,10	<49,5	3,17	6,04	9,21	0,611	6,708	<0,014	<0,157	0,694	0,850	<0,093
Staðalfrávik	1,3	6,3	5,30,80	14,1	9,0	1,22	10,8	1,65	8	6	1,2	1,3	125,8	<12,9	3,09	<99,7	1,13	0,59	1,67	0,493	2,319	<0,000	<0,163	0,535	1,461	<0,011
Miðgildi	3,0	7,8	2,37,87	107,2	68,9	12,40	99,4	4,06	5	1	5,6	5,1	317,5	<8,3	1,07	<8,8	2,98	6,04	8,97	0,446	6,510	<0,014	<0,089	0,486	0,245	<0,089
Geómetrískt meðaltal	2,8	3,3**	2,67,90	108,6	69,6	12,01	103,0	3,46	4	1	5,1	4,9	360,4	<12,2	0,70	<15,4	3,02	6,01	9,09	0,511	6,418	<0,014	<0,119	0,590	0,392	<0,093
10percentil	1,7	0,0	0,26,86	96,0	61,4	10,83	97,0	2,17	0	0	3,8	3,7	276	<7,0	0,26	<8,8	2,23	5,47	7,78	0,352	4,695	<0,014	<0,089	0,429	0,211	<0,089
90percentil	1,7	0,0	0,26,86	96,0	61,4	10,83	97,0	2,17	0	0	3,8	3,7	276	<7,0	0,26	<8,8	2,23	5,47	7,78	0,352	4,695	<0,014	<0,089	0,429	0,211	<0,089
Max	4,8	16,1	14,79,17	133,5	85,5	13,07	124,9	5,37	28	19	6,2	6,2	544	<36,3	7,57	<253,0	5,21	6,99	12,20	1,610	11,000	<0,014	<0,490	1,780	3,830	<0,115
Min	1,3	-2,8	0,26,84	94,5	60,6	9,75	96,5	1,66	0	0	3,4	3,4	254	<7,0	0,03	<8,8	1,97	5,23	7,20	0,313	4,330	<0,014	<0,089	0,418	0,211	<0,089

* Reiknað skv. Chapra (Steven C. Chapra 1997). ** Reiknað á grundvelli n+2,9.

Tafla C. Niðurstöður mælinga og efna- og bakteríugreininga í Stóráróslæk 18. apríl 2005-13. mars 2006.

Rauð gildi eru undir greiningarmörkum. Ef gildi undir greiningarnörkum var notað til að reikna meðaltal og geómetrísku meðaltal eru þau gefin sem minna en meðaltalið eða geómetrísku meðaltalið.

	Loft- Dags.hiti °C	Vatns- hiti °C	Leiðni pH	TDS µS/cm	Saur- kólí (mg/l)	Saur- kóllí í 100 ml	t-P (µg/l)	PO ₄ -P (µg/l)	t-N (µg/l)	NH ₄ -N (µg/l)	Óklofið		TOC (mg/l)	IC (mg/l)	TC (mg/l)	Cu (µg/l)	Zn (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	As (µg/l)
											NH ₃ -N (µg/l)*	NO ₃ -N (µg/l)										
11.3 2005	3,3	2,77,31	141,3	88,7	1	1	10,60	3,25	188	43,2	0,09	32,3	2,05	5,59	7,64	0,731	1,59	<0,011	0,059	0,793	0,460	0,11
18.4 2005	10,4	5,97,85	109,0	69,9	2	2	12,40	3,86	224	43,9	0,41	46,7	2,39	4,94	7,33	0,989	1,12	<0,011	0,100	0,940	0,584	0,12
12.5 2005	12,6	8,57,93	115,9	74,0	2	0	11,40	3,79	168	42,5	0,59	<11,6	2,23	5,84	8,07	0,707	0,91	<0,011	0,062	0,710	0,535	0,12
13.6 2005	17,1	14,37,63	112,9	72,1	6	2	8,68	2,48	251	46,5	0,51	<11,6	3,74	5,43	9,17	0,763	0,80	<0,011	0,048	0,614	0,288	0,14
26.8 2005	14,2	9,57,57	116,2	74,4	23	6	8,69	2,15	230	42,8	0,28	32,5	3,36	6,29	9,65	0,813	0,88	<0,011	0,050	0,677	0,438	0,16
28.9 2005	5,4	3,7 6,9	120,8	77,3	21	1	5,59	2,80	177	42,6	0,04	32,6	2,83	6,90	9,73	0,670	0,99	<0,011	0,043	0,478	0,401	0,11
18.10 2005	12,4	7,97,22	114,5	73,2	13	3	5,82	2,71	178	46,5	0,12	56,3	2,39	6,59	8,98	0,659	0,94	0,012	0,045	0,719	0,414	0,10
15.11 2005	-3	1,5 6,7	120,1	76,9	6	1	8,84	3,48	201	47,0	0,02	72,4	2,67	6,18	8,85	0,504	0,87	<0,011	0,041	0,712	0,377	0,14
14.12 2005	8,1	3,36,78	113,5	72,4	4	0	7,21	2,63	189	48,2	0,03	61,6	2,80	5,90	8,70	0,491	0,71	<0,011	0,032	0,853	0,368	<0,080
11.1 2006	0,5	0,57,09	104,2	66,7	2	3	5,55	2,77	191	43,6	0,05	60,1	2,25	4,44	6,69	0,753	0,90	<0,011	0,057	0,736	0,469	0,13
13.2 2006	6	2,6 7,4	108,0	69,0	4	0	5,45	2,59	182	45,0	0,12	40,9	1,95	5,12	7,07	0,638	0,85	<0,011	0,047	0,771	0,407	0,12
13.3 2006	2	1,67,35	104,6	66,9	2	0	6,01	2,22	171	43,3	0,09	43,1	2,07	5,08	7,15	0,998	1,49	<0,011	0,080	0,782	0,711	0,10
Meðaltal	7,4	5,2 7,3	115,1	73,5	7	2	8,0	2,9	195,8	44,6	0,20	<41,8	5,69	8,25	8,25	0,726	1,00	<0,011	0,055	0,732	0,454	<0,120
Staðalfrávik	6,1	4,3 0,4	5,7	3,6	8	2	2,5	0,6	26,0	2,0	0,20	<19,0	0,73	1,06	1,06	0,158	0,27	<0,0	0,019	0,116	0,112	<0,022
Miðgildi	7,1	3,5 7,4	113,5	72,4	4	1	7,9	2,74	189	44	0,10	<42,0	5,72	8,39	8,39	0,719	0,90	<0,011	0,049	0,728	0,426	<0,122
Geómetrískt meðaltal	3,6	3,6 7,3	114,7	73,3	5	1	7,7	2,8	194,4	44,6	0,11	<36,6	5,65	8,19	8,19	0,711	0,98	<0,011	0,053	0,723	0,443	<0,118
10percentil	0,7	1,5 6,8	104,9	67,1	2	0	5,6	2,246	172	43	0,03	<13,7	4,95	7,08	7,08	0,517	0,80	<0,011	0,041	0,620	0,369	<0,10
90percentil	0,7	1,5 6,8	104,9	67,1	2	0	5,6	2,246	172	43	0,03	<13,7	4,95	7,08	7,08	0,517	0,80	<0,011	0,041	0,620	0,369	<0,10
Max	17,1	14,3 7,9	141,3	88,7	23	6	12,4	3,86	251	48	0,59	<72,4	6,90	9,73	9,73	0,998	1,59	<0,012	0,100	0,940	0,711	<0,155
Min	-3,0	0,5 6,7	104,2	66,7	1	0	5,5	2,15	168	43	0,02	<11,6	4,44	6,69	6,69	0,491	0,71	<0,011	0,032	0,478	0,288	<0,080

* Reiknað skv. Chapra (Steven C. Chapra 1997).