

Flokkun vatna á Kjósarsvæði
Úlfarsá



Mars 2003



**Rannsóknna- og fræðasetur
Háskóla Íslands í Hveragerði**

Framkvæmdaaðili Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis	Fulltrúi Þorsteinn Narfason	Tölvupóstfang thn@mos.is
Verktaki Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði	Fulltrúi Tryggvi Þórðarson	Tölvupóstfang tryggvi@nedrias.is
Útgefandi Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði	Fjármögnun Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis	Skýrslan tekur til Úlfarsár
Höfundur Tryggvi Þórðarson	Ár 2003	Blaðsíðufjöldi 39
Íslenskur titill Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Úlfarsá. Enskur titill Classification of lakes and rivers in the district of Kjos, River Ulfarsa.		
<p>Útdráttur Náttúrulegt og raunverulegt ástand Úlfarsár er metið og áin flokkuð í mengunarflokk í samræmi við reglugerð nr. 796/199 um varnir gegn mengun vatns. Ennfremur eru gerðar tillögur um langtímamarkmið fyrir ána og fyrirkomulag vöktunar. Yfirlit er gefið á næstu síðu.</p> <p>Summary The pristine and current state of the river Ulfarsa is assessed and the river is classified according to the degree of human impact. Proposals are made for the long-term water quality goals and monitoring. An overview (in Icelandic) is presented on the following page.</p>		
Efnisorð Úlfarsá, mat á mengunarálagi, mengunarflokkun, mengun	Subject words River Ulfarsa, impact assessment, impact classification, pollution	

Samantekt

Mat á ástandi, mengunarflokkun og tillögur um markmið og vöktun fyrir Úlfarsá. Fyrsti dákurinn sýnir meðaltöl mældra gilda. Næstu tveir dálkarnir gefa mat á náttúrulegu (upprunalegu) og raunverulegu (núverandi) ástandi árinna. Fjórði dálkurinn sýnir flokkun árinna eftir mengunarástandi (afvik frá náttúrulegu ástandi). Fjórir næstu sýna tillögur að langtímamarkmiðum, fyrsti það markmið sem lagt er til, næsti þau umhverfismörk sem árvatnið þarf þá að falla undir, sá þriðju þann efnastyrk sem árvatnið þarf að uppfylla og sá fjórði hversu langur vegur er frá því að markmiðin séu uppfyllt. Þrír þeir síðustu eru tillögur um vöktun árinna, sá fyrsti þeirra sýnir æskilega tíðni, næsti hvenær næsta vöktun er lögð til og í þeim síðasta eru nánari útskýringar á vöktunartillögum.

	Meðaltal mældra gilda	Umhverfismarkaflokkar		Mengunarflokkun	Tillaga að langtímamarkmiðum				Tillaga að vöktun		
		Náttúrulegt ástand	Núverandi ástand		Mengunarflokkur	Umhverfismörk	Styrkur	Athugasemdir	Æskileg tíðni (ár)	Næsta vöktun	Athugasemdir
Saurkólí í 100 ml*	100	I	II	B Lítið snortið vatn	A	I	<14	Úr 100	3	2005	Sumir þessara þátta eru í hærra lagi og munu aukast vegna uppbyggingar á vatnasviðinu. Æskilegt er að stunda tíða vöktun á þessum þáttum.
t-P (mg/l)	<0,008	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	<0,02	Uppfyllt	3	2005	
PO ₄ -P (mg/l)	<0,006	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	<0,01	Uppfyllt	3	2005	
t-N (mg/l)	0,146	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	<0,3	Uppfyllt	3	2005	
NH ₄ -N (mg/l)	<0,012	I	II	B Lítið snortið vatn	A	I	<0,01	Næstum uppfyllt	3	2005	
TOC (mg/l)	3,70	II	III	B Lítið snortið vatn	A	II	<3	Úr 3,7	3	2005	
Cu (ug/l)	1,287	II	II	A Ósnortið vatn	A	II	<3	Uppfyllt	6	2008	Áin er sæmilega stöð varðandi málmengun þótt hún flokkist ekki í besta flokk í öllum tilvikum. Málmengun mun aukast með aukinni uppbyggingu á vatnasviðinu og því er nauðsynlegt að vakta hana reglulega. Hægt er að leggja til vöktun með lítið eitt lægri tíðni en fyrir hin efnin.
Zn (ug/l)	6,59	II	II	A Ósnortið vatn	A	II	<20	Uppfyllt	6	2008	
Cd (ug/l)	<0,022	II	II	A Ósnortið vatn	A	II	<0,1	Uppfyllt	6	2008	
Pb (ug/l)	0,317	I	II	B Lítið snortið vatn	A	I	<0,2	Úr 0,32	6	2008	
Cr (ug/l)	1,30	II	II	A Ósnortið vatn	A	II	<5	Uppfyllt	6	2008	
Ni (ug/l)	0,73	I	II	B Lítið snortið vatn	A	I	<0,7	Úr 0,73	6	2008	
As (ug/l)	<0,11	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	≤0,4	Uppfyllt	6	2008	

* Geometriskt meðaltal.

Efnisyfirlit

Töflulisti	9
Inngangur	11
Verkefni	11
Mengunarflokkun vatna	11
Forsendur mengunarflokkunar	11
Aðferðir	13
Flokkunarþættir	13
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
Rannsóknþættir	16
Næringarefni	16
Lífrænt efni	17
Örverumengun	17
Málmar	18
Aðrir þættir	18
Úlfarsá	19
Lýsing og helstu stærðir	19
Jarðfræði og jarðefnafræði	19
Mannleg umsvif og mengunarálag	20
Umfjöllun um niðurstöður	20
Flokkun Úlfarsár	21
Náttúrulegt ástand	21
Raunverulegt ástand	24
Mengunarflokkun	25
Tillaga að langtímamarkmiðum	26
Tillaga að vöktun	27
Sérstök verndun, viðkvæm svæði og aðgerðaráætlanir	28
Heimildir	28
Viðauki	31

Töflulisti

Tafla 1.	Mengunarflokkar fyrir grunnvatn og yfirborðsvatn.....	11
Tafla 2.	Skýringar við flokka umhverfismarkna.....	12
Tafla 3.	Efnagreiningaraðferðir og efnagreiningartæki.....	14
Tafla 4.	Náttúrulegt ástand Úlfarsár. Öftustu tveir dálkarnir sýna áætlað náttúrulegt ástand árinna bæði sem styrk og umhverfismarkaflokk. Taflan sýnir að öðru leyti miðgildis- og meðalefnastyrk annarsvegar í Kiðafellsá, Fossá, Brynjudalsá og Botnsá og hinsvegar Úlfarsá, Köldukvísl, Leirvogsa, Bugðu og Laxá í Kjós. Auk þess er sýndur meðalefnastyrkur úrkomu í Reykjavík og við Írafoss og mæld gildi í Úlfarsá.....	24
Tafla 5.	Núverandi ástand Úlfarsár.....	25
Tafla 6.	Mengunarflokkun Úlfarsár, skv. reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.....	25
Tafla 7.	Tillaga að langtímamarkmiðum. Til samanburðar er mengunarflokkun hennar einnig sýnd.....	27
Tafla 8.	Tillaga að vöktun Úlfarsár.....	28

Inngangur

Verkefni

Verkefni það sem hér er kynnt er samstarfsverkefni Heilbrigðiseftirlits Kjósarsvæðis og Rannsókn- og fræðaseturs Háskóla Íslands í Hveragerði. Verkefnið er hluti stærra verkefnis þessara aðila sem styrkt er af Mosfellsbæ, Kjósarhreppi, Heilbrigðiseftirliti Reykjavíkur, Veiðifélagi Leirvogsár og Veiðifélagi Laxár í Kjós og felst í mengunarflokkun helstu stöðu- og fallvatna á Kjósarsvæði á árunum 2001 - 2004. Markmiðið með verkefninu er að meta náttúrulegt og núverandi ástand vatnanna, flokka þau í samræmi við flokkunarkerfi reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns og gera tillögur um langtímamarkmið fyrir ástand þeirra svo og um umfang og tíðni áframhaldandi vöktunar. Verkefnið er í þremur áföngum og í fyrsta áfanga voru teknar fyrir árnar Úlfarsá, Varmá, Kaldakvísl, Leirvogsá, Laxá í Kjós og Bugða. Flokkun Úlfarsár og Leirvogsár er gerð að höfðu samráði við Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur. Gefnar verða út sérstakar skýrslur um hverja á.

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. Samkvæmt bráðabirgðarákvæðum reglugerðarinnar skal flokkun þessari lokið innan fjögurra ára frá gildistöku reglugerðarinnar, þ.e. fyrir 2. desember 2003. Í reglugerðinni er enn fremur kveðið á um að langtímamarkmið fyrir vatnið skuli koma fram á skipulagsuppdráttum svæðis- og aðalskipulags og að sýna skuli flokkun þess á skýringaruppdráttum við gerð deiliskipulags. Um er að ræða að flokka vatn í flokka skv. töflu 1.

Tafla 1. Mengunarflokkar fyrir grunnvatn og yfirborðsvatn.

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 reglugerðinni og byggja á mati á því hversu miklum áhrifum vatnið hefur orðið fyrir af völdum manlegrar starfsemi. Mengunarflokkun byggir á því hve mikið vötn víkja frá náttúrulegu ástandi viðkomandi vatns (sjá gr. 10.1 og 10.2) eða skilgreindum almennum náttúrulegum bakgrunnsgildum (sjá gr. 10.1).

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

Áríðandi er að meta náttúrulegt gildi fyrir hvert vatn sérstaklega, séu til upplýsingar að styðjast við. Venjulega liggja mælingar 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 eiginleika. Rannsóknir sem gerðar eru sérstaklega til að mengunarflokka vötn sem með sæmilegri vissu geta talist ósnortin eða nánast ósnortin veita mikilvæga vitneskju um náttúruleg bakgrunnsgildi. Vissar upplýsingar um efnafræðieiginleika ósnortinna vatna er stundum einnig að finna í niðurstöðum fyrri rannsókna á íslenskum vötnum. Í þeim tilvikum sem beinar upplýsingar um sambærileg ósnortin vötn skortir má 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.

Ef upplýsingar um tiltekið vatn eru of veigalittlar til að styðjast við er í nauð hægt að styðjast við almennu bakgrunnsgildin, þ.e. lægstu umhverfismörkin fyrir hvern flokkunarþátt. Líta verður á flokkun sem eingöngu byggir á bakgrunnsgildunum sem bráðabirgðaflokkun vegna þeirrar skekkju sem að öllum líkindum er til staðar þar sem bakgrunnsgildin lýsa aðeins einskonar meðaltals náttúrulegu ástandi vatna á Íslandi sem nær aldrei er rétt fyrir tiltekið landsvæði, m.a. vegna mismunandi gróðurfars og jarðfræði.

Það er undirstrikað að mengunarflokkunin er aðeins mælikvarði á þann hluta mengunarefnanna sem borist hefur í viðkomandi vatn fyrir tilstuðlan mannsins. Há náttúruleg gildi þeirra þátta sem flokkað er eftir gefa því ekki ein og sér slæma flokkun vatns.

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 (upprunalegt) og raunverulegt (mælt) ástand.

Útskýringar við umhverfismörk eru gefnar í töflu 2. Orðalagið er tekið úr reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

Tafla 2. Skýringar við flokka umhverfismarkna.

Umhverfismörk	Útskýringar		
	Saurmengun	Málmur 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	Lítill saurmengun.	Lítill 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.	Næringarfnaauðugt (eutrophy).
V	Ófullnægjandi ástands vatns/þynningarsvæði.	Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þynningarsvæði.	Ofauðugt (hypertrophy).

Íslenska flokkunarkerfið tekur talsvert mið af svipuðum flokkunarkerfum í Noregi og Svíþjóð. Er komin allnokkur reynsla á flokkunarkerfin í þessum löndum og hefur norska kerfið verið endurbætt frá því það var tekið upp 1992. Að baki þessum kerfum liggja talsverðar rannsóknir og uppsöfnuð þekking á vötnum í þessum löndum, mun meiri en er til staðar hér á landi. Norska og sænska aðferðarfræðin eru m.a. höfð til

hliðsjónar í þeim tilvikum sem efnisatriði vantar í íslensku reglugerðina eða ákvæði hennar eru ekki ótvíræð.

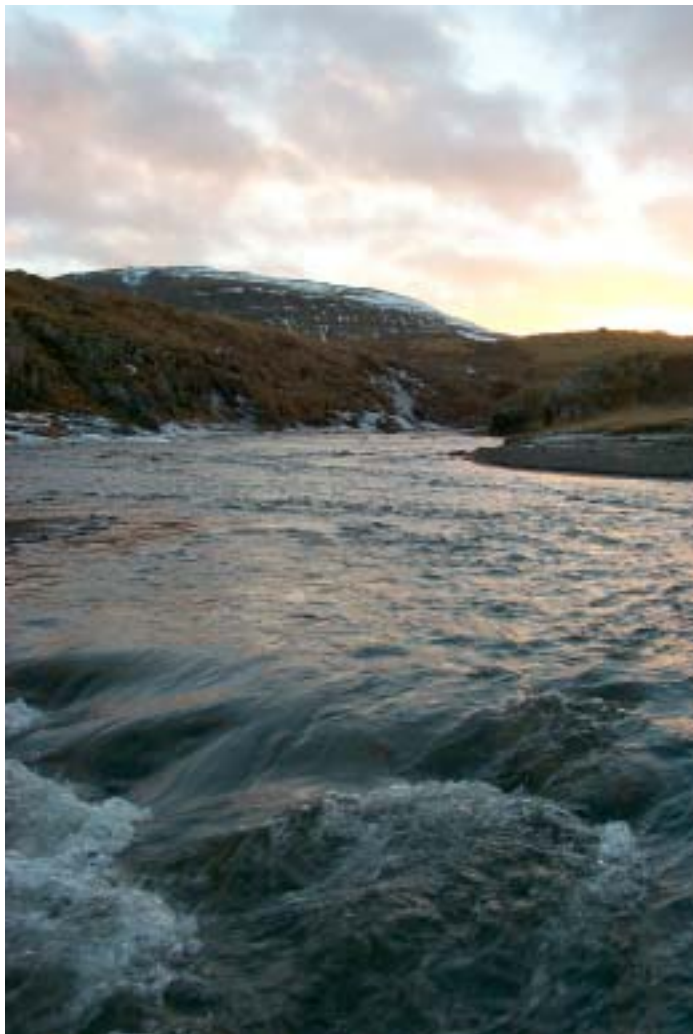
Aðferðir

Flokkunarþættir

Eftirfarandi efnaþættir voru rannsakaðir og notaðir við mengunarflokkunina: Saurkólí, heildarfosfór (t-P), fosfat (PO₄-P), heildarköfnunarefni (t-N), ammóníak (NH₄-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 og leiðni mæld þegar hægt var. Við flokkunina var ekki notast við þættina lífefnafræðilega súrefnisþörf (BOD) og efnafræðilega súrefnisþörf (COD).

Val sýnatökustaða

Vegna kostnaðarsjónarmiða var einungis notast við einn sýnatökustað og var hann valinn neðst í ánni til að flokkunin gæti tekið til árinna allrar (mynd 1). Sýnatökustaðurinn er efst í sléttum kafla, um 100-200 m ofan við neðsta fossinn, sem er lítill og staðsettur rétt ofan við fjöruna. Sýnatökustaðurinn er talinn sæmilega lýsandi fyrir mestan hluta árinna þótt í flestum tilvikum megi búast við minnstum efnastyrk efst í ánni.



Mynd 1. Sýnatökustaðurinn í Úlfarsá. Myndin er tekin upp eftir ánni þann 19. desember 2000 frá neðsta fossinum. Sýnatökustaðurinn er fyrir ofan miðja mynd. Staðarákvörðun hans er N64°09,874', V21°44,748'. Myndina tók Tryggvi Þórðarson þann 9. desember 2000.

Sýnataka

Sýni voru jafnan tekin þar sem straumur var hvað mestur, sem næst miðri á og fjarri áberandi straumhvirlum. Þau voru tekin beint í flöskurnar, ýmist með höndunum þegar það var hægt eða með því að festa flöskuna á sérstaklega útbúna 2-3 m sýnatökustöng. Reynt var að forðast að fá sjáanleg "óhreinindi" með í sýnaflöskuna, s.s. slý, flugur o.þ.h. Sýnin voru tekin um 10-20 cm undir yfirborðinu og á ská upp í straumstefnuna. Sýni til efnagreininga voru tekin í tvær 50 ml polypropylen flöskur. Önnur flaskan (málmgreiningar) var sýruþvegin fyrir sýnatökuna og í hana var bætt 100 µl af saltpéturssýru (65%, suprapur[®]) strax að aflokinni sýnatökunni. Bakteríusýni voru tekin í gerilsneiddar plastflöskur frá Hollustuvernd ríkisins, 250 ml eða stærri. 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. Sýni voru ekki síuð. Alls 10 sýni voru tekin á 12 mánaða tímabili. Sýnataka í apríl og október féll niður en að öðru leyti var sýnunum nokkuð jafnt dreift yfir tímabilið. Sýnatökudagar voru ekki fyrirfram ákveðnir heldur valdir jafnóðum. Sýnatökuna og mælingarnar annaðist ýmist Þorsteinn Narfason eða Árni Davíðsson. Tryggvi Þórðarson tók þátt í sýnatöku 5. febrúar 2001.

Meðhöndlun, geymsla og flutningur sýna

Sýnin voru geymd kæld þar til hægt er að frysta þau (efnasýni) eða greina (bakteríusýni). Strax að sýnatöku lokinni var sýnum til bakteríugreininga komið til rannsóknastofu Hollustuverndar ríkisins og efnasýnum í frysti. Bakteríusýni voru tekin til ræktunar samdægurs. Efnagreiningar fóru fram á rannsóknastofu Skógvistfræðistofnunar Landbúnaðarháskólans í Umeå í Svíþjóð. Sýnin voru send þangað með hraðsendingarþjónustu og í þurrís sem hélt þeim frosnum á leiðinni. Geymslutími í frysti frá sýnatöku að efnagreiningu var allt að 12 mánuðir. Sýnin voru tekin úr frysti 24 tímum fyrir greiningu.

Mælingar og efnagreiningar

Staðarákvörðun var gerð án leiðréttingar með Garmin 48 staðarákvörðunartæki með WGS 84 viðmiðun. Lofthiti var oftast mældur með útihitamæli á bíl á ferð en vatnshiti með kvikasilfursmælir í látúnshylki, upplausn: 0,1°C. Sýrustig (pH) var mælt á staðnum með Scott pH meter G 837 handmæli og leiðni með Hanna Hi 9033 handmæli. Ef á þurfti að halda voru pH og leiðnimælar stilltir fyrir hvert sýnatökuskipti. Sjálfvirk leiðrétting mælanna miðast við 25°C.

Gerð er grein fyrir efnagreiningaraðferðum og efnagreiningartækjum efnarannsóknastofu í töflu 3.

Tafla 3. Efnagreiningaraðferðir og efnagreiningartæki.

Mælipáttur	Efnagreiningaraðferð	Efnagreiningartæki
Ammóníak (NH ₄ -N)	FIA	Tecator 5012, Foss Tecator, Sollentuna, Sverige
Fosfat (PO ₄ -P)	FIA	Tecator 5012, Foss Tecator, Sollentuna, Sverige
t-N og t-P	Oxun með kalíumperoxodisulfat. FIA	Tecator 5012, Foss Tecator, Sollentuna, Sverige
Katjónir (málmar)	ICP/MS-DRC	Elan 6100, PerkinElmer, Norwalk, Connecticut, USA
Lífrænt kolefni (TOC):		TOC-5000, Shimadzu, Kyoto, Japan

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 jafnan með hækkanði mæligildi. Skekkjumörk og næmni við einstök mæligildi eru sýnd í viðauka með skýrslunni.

Meðferð gagna og túlkun

Flokkunin byggir á meðaltölum úr mælingunum í ánni. Í vissum tilvikum geta einstök gildi verið margfalt hærri en meðaltal annarra gilda sama efnis. Sérstaklega á þetta við um málma. Fyrir því geta verið eðlilegar skýringar, t.d. vatnavextir en samfara þeim er meira um gruggagnir í ánum og í og á ögnunum síja málmar. Aðrar hugsanlegar skýringar geta verið mistök við sýnatöku eða efnagreiningu. Þar sem meðaltal tiltölulega fárra sýna er lagt til grundvallar flokkuninni geta einstök fráviksgildi vegið mjög mikið og jafnvel gefið margfalda þá meðaltölu sem fengist án gildisins og þannig leitt til lakari flokkunar í vissum tilvikum. Ef fráviksgildið er eðlilegt við þær aðstæður sem voru í ánni þegar sýnið var tekið og hugsanlegt getur talist að þær aðstæður séu álíka algengar og hlutfall gildisins af heildarfjölda gilda segir til um (1/10 af tímanum eða 37 daga á ári) ber að reikna slíkt fráviksgildi með í meðaltalinu. Ef aftur á móti má rekja gildið til aðstæðna sem ástæða er til að ætla að séu óalgengar, t.d. tímabundinna framkvæmda sem grugga ána eða vatnavaxta af þeirri stærðargráðu sem verða aðeins með nokkurra ára millibili, ætti ekki að nota gildin þegar svo fá sýni eru tekin. Engum gildum var sleppt af þessum sökum í flokkuninni.

Meðaltal mikið dreifðra gilda er stundum ekki hæft til flokkunar. Til að meta það hvenær meðaltal er hæft til flokkunar eru hér hafðir til hliðsjónar útreikningar (Charles J. Krebs 1989) á því hve mörg sýnin þyrfti að taka til að geta með 90% öryggi fullyrt að meðalgildið sem fæst sé innan 50% skekkjumarka raunverulegs meðaltals í ánni. Ef mikil dreifing er í niðurstöðunum er tala nauðsynlegs sýnafjölda há, annars lág. Gengið er út frá því hér að ef nauðsynlegur sýnafjöldi til að ná þessu er 40 sýni eða færri sé flokkunin fullnægjandi, ef hann er 41-100 sé flokkunin óviss en þó gerð og ef hann er yfir 100 sýni sé flokkun marklaus og því ekki gerð hvorki í umhverfismarkaflokka né mengunarflokka. Jafnan sem notuð er² gengur út frá því að mæligildin séu normaldreifð.

Ofangreind aðferð var ekki notuð fyrir saurkólíabakteríur. Styrkur saurkólí í yfirborðsvatni er lognormal dreifður og er því notast við geometrískt meðaltal við útreikninga meðalstyrks saurkólí³. Geometrískt meðaltal er að jafnaði lægra en hefðbundið meðaltal, sérstaklega þegar örverumengun er mikil. Notkun þess fyrir saurkólí gefur þar af leiðandi að jafnaði betri saurkólíflokkun mengaðra vatna en ella.

² $n = (t_{\alpha} S_1)^2 / d^2 \left(1 + \frac{2}{n_1}\right)$ n =nauðsynleg stærð úrtaks, n_1 =stærð úrtaks, S_1 =staðalfrávik fyrir n_1 ,

t_{α} =Student t með $n-1$ frítölur fyrir $1-\alpha$ öryggismörk, d =valin skekkjumörk (styrkur).

³ Geometrískt 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.

Vandamál vegna mikið dreifðra gilda eru hinsvegar síður fyrir hendi við notkun geometríks meðaltals.

Við útreikninga í skýrslunni eru mæligildi sem eru undir greiningarmörkum meðhöndluð sem talnagildi greiningarmarkanna. Þegar eitthvert gildi undir greiningarmörkum hefur verið notað við útreikning á meðaltali og staðalfrávik er niðurstaðan gefin sem minna en gildið sem útreikningurinn gefur.

Rannsóknabættir

Næringarefni

Flokkun byggð á næringarefnum

Næringarefni geta sagt til um vistfræðilegt ástand vatna og eru þau einnig góður mælikvarði á ýmsar tegundir mengunar. Flokkun vatna m.t.t. næringarefna byggist fyrst og fremst á heildarmagni fosfórs (t-P) og köfnunarefnis (t-N). Við flokkun fallvatna er hinsvegar einnig stuðst við ammóníak ($\text{NH}_3\text{-N}$) og fosfat ($\text{PO}_4^{2-}\text{-P}$).

Næringarefni í náttúrunni

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 fyrir tilstilli eldinga og með köfnunarefnisbindingu vissra lífvera sem geta breytt köfnunarefni andrúmsloftsins í vatnsleysanleg köfnunarefnissambönd. Efnasambönd fosfórs eru torleyst í vatni en köfnunarefnis auðleyst. Mun meira getur því verið af köfnunarefni en fosfór í vatni. Köfnunarefni og fosfór eru lífsnauðsynleg þörungunum og nota þeir þau í hlutföllunum 7,2:1 (vikt) (Steven C. Chapra 1997).

Næringarefnamengun

Næringarefnamengun er venjulega aðallega frá skólplosun og notkun og meðferð lífræns og ólífræns áburðar í landbúnaði. Ofanvatn í þéttbýli getur einnig tekið með sér talsvert af næringarefnum úr gördum og opnum svæðum og úrkoma ber með sér næringarefnamengun, aðallega köfnunarefni.

Þáttur næringarefna í vistkerfinu

Fosfór (P) og köfnunarefni (N) er nauðsynlegt öllum gróðri til vaxtar. Þessi efni eru ekki mjög aðgengileg vatnaþörungum og því oft takmarkandi fyrir vöxt þeirra við venjulegar aðstæður. Þar sem bæði efnin er að finna í skólpi og eru notuð til áburðar, t.d. við túnrækt, eykst framboð þeirra í vatninu þegar mannlegra áhrifa gætir. Aukningin hleypir vexti í þörungagróðurinn og getur valdið neikvæðum breytingum á vistkerfi viðkomandi vatna verði hún of mikil. Neikvæðu breytingarnar felast venjulega í offjölgun þörunga og einhæfara vistkerfi (ofauðgun) en gangi þær langt getur orðið súrefnisleysi í neðri lögum stöðuvatna með tilheyrandi dauða lífvera. Við slíkar aðstæður leysist upp fosfór sem safnast hefur fyrir í setinu og getur setið orðið viðvarandi fosfórupspretta. Geta stöðuvötn af þessum ástæðum haldið áfram að sýna einkenni ofauðgunar löngu eftir að mengunarupspretturnar hafa verið upprættar, sérstaklega ef þau eru grunn.

Yfir vaxtartímann eru nýtanleg næringarefni að mestu bundin í lífmassanum. Þessi efni eru þó aðgengileg gróðri þar sem þau losna stöðugt við niðurbrot og rotnun. Við flokkun fallvatna er einnig stuðst við ammóníak ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) og fosfat ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) sem getur gefið vísbendingu um nálægar uppsprettur þeirra.

Ammóníak myndast við niðurbrot próteina og þvagefnis og er t.d. mikið af ammóníaki í skólpi og húsdýraáburði. Þegar súrefni er til staðar er ammóníak óstöðugt og oxast fljótt af völdum örvera yfir í nítat (NO_3^-). Þörungar og plöntur geta bæði notað ammóníak og nítat. Ammóníak getur einnig myndast að sumarlagi við súrefnislaut ástand í næringarríkum stöðuvötnum þar sem mikið er af lífrænu efni. Ammóníak er eitrað fiskum við hátt pH.

Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) er það form fosfórs sem vatnagróðurinn getur nýtt sér. Oft er það fosfór sem er takmarkandi fyrir þörungavöxt. Þegar svo stendur á er venjulega lítið sem ekkert af fosfati í uppleystu formi því það er torleyst og notað jafnóðum af þörungunum. Þótt það mælist ekki er þó stöðugt framboð af því vegna niðurbrotsferla í vistkerfinu. Fosfat fellur út með járn þegar súrefni er til staðar og hefur því tilhneigingu til að safnast fyrir í seti.

Lífrænt efni

Öll efnasambönd sem eru að grunnuppbyggingu úr kolefni (C) og vetni (H) teljast lífrænt 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. Lífrænu efnin í vötnum verða ýmist til vegna framleiðslu efnanna í vatninu eða berast þangað frá vistkerfum á landi eða með mengun frá mannlegri starfsemi. Til lífrænna efna teljast einnig ýmis “gerviefni” s.s. plast- og jarðolíuefni. Tilvist þeirra í vötnum er eingöngu vegna mengunar frá mannlegri starfsemi og athöfnum. Í skólpi er mjög mikið af lífrænu efni og eru augljósustu mengunarmerki skólpsins af völdum lífrænu efnanna (bakteríutaumar). Mengun af völdum lífrænna efna felst fyrst og fremst 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. Aðrir þættir sem stundum eru notaðir til að lýsa magni lífræns efnis í vatni eru lífefnafræðileg súrefnisþörf (BOD) sem er mæling á því magni súrefnis (O_2) sem tekið er upp við niðurbrot baktería og efnafræðileg súrefnisþörf (COD) sem er mælikvarði á það magn súrefnis sem eyðist við efnafræðilega oxun lífræns efnis með stöðluðum aðferðum.

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 kjörlandi saurbaktería og þær tína ört tölunni eftir að iðrunum sleppir. Magn saurbaktería getur því hafa minnkað talsvert þegar þær eru lengi að berast frá upprunastaðnum á sýnatökustaðinn. Í undantekningartilvikum getur saurkólí fjölgað sér utan hýsilsins en það sama á ekki við um saurkokka. 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 en hitastig hefur einnig þýðingu. Velja má um saurkólí og saurkokka til flokkunar á vatni en hvor tveggja er hópur nokkurra bakteríuteygunda. Venjulega eru saurbakteríur vart mælanlegar 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 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 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 mönnum sjálfum eða hús- og gæludýrum þeirra.

Málmar

Málmar í náttúrunni

Málmar eru 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 í sambandi við önnur efni. 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 málmarnir séu nauðsynlegir lífverum hafa margir þeirra einnig eituráhrif á vatnalífverur jafnvel í tiltölulega lágum styrk og geta auk þess safnast fyrir í fiskum. Þeir málmar sem notaðir eru við flokkunina eru kopar (Cu), zink (Zn), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr), nikkell (Ni) og arsen (As).

Mengun af völdum málma

Málmar geta verið í margföldum náttúrulegum styrk þar sem iðndarmengun er til staðar, s.s. frá málmhúðunarfyrtækjum. Mikið af málmamenguninni tengist hinsvegar bifreiðum. Zink og blý koma m.a. við dekkjaslit, úr vélaolíu og vélafeiti en zink kemur einnig af zinkhúðuðu járn, s.s. bárujárn og blý auk þess við leguslit og úr kælivökum. Kopar kemur við slit lega, vélarhluta og bremsuborða en einnig úr kælivökum 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 að einhverju leyti 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 því safnast upp í seti. Þaðan geta þeir borist upp í vatnið að nýju, m.a. við upprót eða í gegnum fæðukeðjuna.

Aðrir þættir

Aðrir þættir sem mældir voru, pH, leiðni og hitastig, eru ekki flokkunarþættir heldur fyrst og fremst ætlað að gefa gleggri mynd af viðkomandi vatnsfalli þegar sýnið var tekið. pH ræðst fyrst og fremst af jarðefnafræðilegum þáttum og lífrænum efnaskiptaferlum í ánni (frumframleiðni og öndun) en leiðni er mælikvarði á heildarstyrk uppleystra jóna í vatninu og ræðst af jarðefna- og vatnafræðilegri sögu vatnsins og mengunarálagi.

Úlfarsá

Lýsing og helstu stærðir

Heildarflatarmál vatnasviðs Úlfarsár er 54 km², lengd árinna er 10,4 km (Friðþjófur Árnason 2000a, 2000b) og meðalrennsli 1,55 m³/sek (Orkustofnun 1996). Áin á upptök sín í Hafravatni en fær einnig vatn úr svokölluðum Mosfellsheiðarstraumi sem er grunnvatnsstraumur með upptök á Hengilssvæðinu og Mosfellsheiði. Samtals er vitað um lindir með u.þ.b. 40-70 l rennsli af um 3 – 8,5°C heitu vatni á sekúndu sem renna í Úlfarsá (Árni Hjartarson & Þórólfur Hafstað 1977).

Viðast eru berg- og jarðlög á vatnasviði Úlfarsár þétt en sums staðar er hinsvegar að finna lekt berg (Árni Hjartarson o.fl. 1994, Árni Hjartarson & Freysteinn Sigurðsson 1993, 1997). Á þetta sérstaklega við um austur og efri hluta vatnasviðsins og að einhverju leyti suður hluta þess, m.a. í Keldnaholti og Grafarholti þar sem byggð er nú komin. Lindirnar sem áður er minnst á bera þessu vitni.

Úlfarsá er gjöfug laxveiðiá.

Neðst í Úlfarsá eru fossar en við Vesturlandsveg og skammt ofan hans er áin fremur lygn. Efri hluti hennar er straumharðari en hún rennur þó hvergi í miklum bratta. Farvegur hennar er víða talsvert breiðari allra neðst en ofar og rennur hún þar víða á klöppum.

Áburðarverksmiðjan hefur á undanförunum árum og áratugum tekið um 170 l/s kælivatn úr ánni við stíflu neðan Vesturlandsvegar. Vatnstakan var meiri en áin gat stundum annað og má því ætla að áin hafi tímabundið þornað alveg neðan stíflunnar. Þessar vatnstöku hefur nýlega verið hætt.

Miðað við nálægð Úlfarsár við þéttbýlið hafa umsvif á vatnasviði árinna verið fremur lítil fram til þessa. Landbúnaður er stundaður í takmörkuðum mæli á vatnasviðinu ofanverðu og þar er einnig að finna vaxandi sumarhúsabyggð. Á vatnsviðinu milli Hafravatns og Vesturlandsvegar eru nokkrar gróðurstöðvar og íbúðarhús. Neðan vegarins eru rannsóknastofnanir atvinnuveganna auk þess sem þar er komið þéttbýli sem að hluta nær yfir á vatnasviðið. Á þessu svæði er einnig garðrækt, aðveitustöð, meðferðarheimili, golfvöllur og túnrækt. Nýtt hverfi var að byggjast upp á Grafarholti en talsverður hluti þess mun einnig verða á vatnasviði Úlfarsár. Auk þess er fyrirhuguð skv. aðalskipulagi Reykjavíkur um 3.000 manna byggð í hlíðum Úlfarsfells. Mikil umferðarmannvirki á gatnamótum Víkurvegar og Vesturlandsvegar voru í byggingu þann tíma sem sýnataka stóð yfir.

Úlfarsá frá upptökum í Hafravatni til ósa ásamt um 200 m breiðum bakka beggja vegna árinna er á náttúruverndarskrá (Náttúruvernd ríkisins 2002).

Jarðfræði og jarðefnafræði

Vatnasvið Úlfarsár er á grágrýtismynduninni sem er að finna beggja vegna gosbeltisins. Auk grágrýtis er móberg algengt á slíkum svæðum. Þar sem berggrunnurinn er allþéttur eru lækir og ár áberandi. Ár hafa því einnig dragareinkenni séu þau ekki mikið miðluð af vötnum, mýrum og lausum jarðlögum. Hlutfallslega minna af vatninu á þéttum svæðum hefur viðkomu í berglögum en á lekum svæðum gosbeltisins og hefur það því tekið minna til sín af efnum úr bergi.

Gera má ráð fyrir að á þéttum svæðum stafi munur í styrk náttúrulegra efna frá einum stað til annars að talsverðu leyti af mun á gróðurfari og lausum jarðlögum á vatnasviðum þeirra en einnig af því hversu mörg stöðuvötn eru á vatnakerfinu.

Mannleg umsvif og mengunarálag

Bein losun

Meðfram Úlfarsá, Hafravatni og Seljadalsá, sem í það fellur, eru sumarbústaðir og býli, m.a. garðyrkjubýli. Þessi hús eru ekki tengd fráveitukerfi svo afrennsli frá þeim ætti að vera leitt um rotþró. Ókannað er hvort um beina losun sé að ræða í einhverjum tilvikum. Enginn iðnaður er á vatnasviði Úlfarsár.

Dreifð mengun

Ofanvatni af þéttum flötum í þéttbýli við Úlfarsá, s.s. götum, gangstéttum og bílastæðum er veitt í næsta viðtaka, m.a. Úlfarsá. Þessu fylgir mengun í ánni auk þess sem rennslissveiflur aukast og grunnrennsli minnkar. Mengunarálag á ána af þessum völdum er lítið eins og er en mun aukast eftir því sem hlutfall þéttra flata á vatnsviðinu eykst. Áburðarnotkun á býlum og í gördum veldur einnig dreifðri mengun.

Umfjöllun um niðurstöður

Niðurstöður eru birtar í heild sinni í töflu A í viðauka við skýrsluna.

Skv. upplýsingum frá Vatnamælingum Orkustofnunar var daglegt meðalrennsli í Úlfarsá sem hér segir:

Dags.	m ³ /s	Athugasemdir
5.2.2001	1,22	
6.2.2001	0,55	
9.5.2001	6,40	
14.6.2001	0,51	
19.7.2001	1,41	
16.8.2001	1,14	
28.9.2001	2,02	
7.11.2001	1,55	
21.12.2001		(Þarf að áætla en liggur ekki enn fyrir.)
24.1.2002	0,75	(Ístruflun, áætlað rennsli til bráðabirgða, gæti breyst.)

Úttektin sjálf náði ekki til mælinga á rennsli árinna en athugasemdir um vatnafar voru skráðar þegar við átti. Skv. þeim var mikið eða nokkuð mikið í ánni í þrjú skipti og lítið í tvö. Hin skiptin fimm var áin hvorki vatnslítill né í vexti. Í maí og desember voru tiltölulega miklir vatnavextir í ánni. Sum málmgildin þessa daga voru þá talsvert há og vega þannig þungt í þeim meðaltölum sem fást.

Hitastig var við frostmark í ánni þegar kaldast var og náði hæst í um 17 °C.

Árstíðarbreytingar á pH voru ekki miklar. Þær virðast ekki tengjast frumfrumleiðni/öndun í ánni með greinilegum hætti. E.t.v. stafa þær að einhverju leyti af mismunandi hlutfalli grunnvatns í árvatninu eftir árstíðum en grunnvatn hefur

tiltölulega hátt pH. Heldur lægri gildi mældust um vorið og var lægsta gildið í vatnavöxtum í maí. Ætla má að pH úrkomunnar/leysingarvatnsins hafi þar sett mark sitt á árvatnið. Meðalgildi pH í úrkomu er 5,4 (Sigurður Reynir Gíslason 1993) og þekkt er að pH í straumvötnum er að jafnaði lægra í leysingum á vorin (Hákon Aðalsteinsson & Gísli Már Gíslason 1998, Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 1999). Þótt einnig hafi verið mikið í ánni í desember mældist pH þá hæst og er það óútskýrt.

Leiðni er mælikvarði á uppleystar jónir í vatni. Sveiflur í leiðnigildum voru ekki miklar, yfirleitt frá 84 til 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lægst mældist leiðnin 59 $\mu\text{S}/\text{cm}$ þann 24. janúar 2002. Leiðni var ívið hærri að sumarlagi.

Styrkur saurbaktería var jafnan lágur eða frá tæplega 4 upp í 290 í hverjum 100 ml. Eitt gildi skar sig úr, í vatnavöxtunum í maí, 3.600 kólibakteríur í 100 ml. Er nokkuð víst að bakteríurnar hafa skolest í ána með ofanvatni. Ekki er að merkja neinn árstíðarmun í bakteríustyrk.

Styrkur heildarnæringarefna (t-P og t-N) var yfirleitt lágur og ekki varð vart ártíðarmuns. Hæstu gildi heildar fosfórs (t-P) voru í febrúar og mars en hæstu gildi heildarköfnunarefnis (t-N) í ágúst en þá var lítið í ánni. Uppleystu næringarefni fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) og ammóníak ($\text{NH}_4\text{-N}$) voru oftast við eða undir greiningarmörkum jafnt sumar sem vetur. Hæsta gildi ammóníaks var í vatnavöxtum í maí og skar það sig nokkuð úr.

Heildar lífrænt kolefni (TOC) var á bilinu frá tæplega 2 til tæplega 5 mg/l. Var það herra á sumrin, sérstaklega fyrri hluta sumars. Sveiflur í gildunum eru litlar og virðast ekki tengjast rennsli árinna. Heldur lægri vetrargildi mældust fyrri hluta ársins 2001 en þann síðari það ár og í byrjun árs 2002.

Sveiflur í styrk málma voru yfirleitt ekki miklar þrátt fyrir talsverðar sveiflur í rennsli og sjánlegu gruggi í ánni. Einstaka sýni skáru sig þó úr. Í vatnavöxtunum í maí mældust hæstu gildi kopars (Cu), kadmíums (Cd), króms (Cr), nikkels (Ni) og arsens (As). Mest skar gildi kopars sig úr en það var um áttfaldur meðalstyrkur annarra mældra gilda. Munurinn var minnstur í arseni og skar hæsta gildi arsens sig ekki sérstaklega úr öðrum gildum fyrir og eftir. Athygli vekja lítilsháttar hærri zinkgildi seinni hluta rannsóknatímabilsins. Svipaðrar hækkunnar zinkgilda varð einnig vart í öðrum ám á sama tíma. Hæsta zinkgildið mældist í janúar 2002 og var það um sexfaldur meðalstyrkur annarra sýna. Ekki er tiltæk skýring á þessu en svipaða þróun er ekki á sjá í öðrum mældum málum. Þennan dag var 6 stiga forst og vatnshitinn við frostmark.

Flokkun Úlfarsár

Náttúrulegt ástand

Viðmiðanir

Við ákvörðun á náttúrulegu ástandi verður reynt að hafa að leiðarljósi ástandið eins og það 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 sé upprunnar frá villtum dýrum í náttúrulegu ástandi árinna.

Þegar beinar mælingar á náttúrulegu ástandi tiltekings vatns skortir er ákvörðun þess í raun ágiskun byggð á eins sterkum líkum og hægt er á grundvelli tiltækra gagna. Slík gögn geta verið upplýsingar um aðstæður á vatnasviðinu fyrir mannleg áhrif eða samamburður við sambærileg vötn eða vötn sem eiga sameiginlega eiginleika. Misjafnt getur því verið hversu traust gögn liggja að baki slíkri ágiskun og er nauðsynlegt við alla frekari vinnu að endurskoða mat á náttúrulegu ástandi jafnóðum og nýjar upplýsingar koma fram sem geta varpað betra ljósi á hvert það sé.

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

Beinar mælingar frá því áður en áhrifa mannsins fór að gæta skortir í Úlfarsá. Nákvæmin við mat á náttúrulegu ástandi árinna er því ekki mikil. Þrátt fyrir líklegar smáskekkjur af þessum sökum er ekki sjálfgefið að leiðrétting þeirra 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 0,005 – 0,020 mg/l PO₄-P en í ósnortnum vötnum allt niður í 0,001 mg/l (Deborah Chapman 1996). Á Íslandi er efnaveðrun meiri en víðast annarsstaðar (Sigurður R. Gíslason & Stefán Arnórsson 1988) en á móti kemur meiri úrkoma og styttri tími til efnaveðrunar (Sigurður Reynir Gíslason 1993). Í ýmsum ám á Suðurlandi reyndist uppleysti hluti heildarfósfórs oftast vera á bilinum um 0,009 – 0,030 mg/l (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 1999). Að jafnaði er fastur hluti fosfórs í ám heimsins um tífundur uppleysti hlutinn (Elizabeth Kay Berner & Robert A. Berner 1996). Heildarfósfór (t-P) í 39 íslenskum stöðuvötnum var undir 0,008 mg/l í 50% tilvika og undir 0,060 mg/l í 90% tilvika (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001).

Í ósnortnum vötnum er ammóníak (NH₄-N) og sérstaklega nítrít (NO₂-N) lítið sem ekkert, oft ekki mælanlegt. Náttúrulegt nítrat (NO₃-N) er venjulega undir 0,1 mg/l (Deborah Chapman 1996) en í íslenskum stöðuvötnum getur það verið undir 0,001 mg/l (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001). Í könnun á sunnlenskum ám reyndist meðalstyrkur uppleysta hluta heildarköfnunarefnis (t-N) oftast vera á bilinu um 0,03 – 0,07 mg/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). Á heimsvísu er náttúrulegt fast köfnunarefni í ám um þriðjung meira en náttúrulegt uppleyst köfnunarefni (Elizabeth Kay Berner & Robert A. Berner 1996). Í 39 íslenskum stöðuvötnum var heildarköfnunarefni undir 0,125 mg/l í 50% tilvika og undir 0,359 mg/l í 90% tilvika (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001).

Lífrænt efni

Náttúrulegt gildi heildarmagns lífræns efnis fyrir íslenskar ár er ekki þekkt. Styrkur lífræns efnis í vatni er m.a. 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 aukin uppgufun vatns sem gerir vatnið rammara. Ætla má einnig að framræsla mýra auki niðurbrot lífræns jarðvegs og þá hugsanlega einnig uppleystra lífrænna efna sem berast með vatninu burt. Að meðaltali er styrkur heildar 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 niðurbrotsefnið í vatninu, og jarðvegi sem víða vantar að mestu lífræn efni, má búast við að náttúruleg lífræn uppleyst efni í yfirborðsvatni á Íslandi séu almennt lág og vel undir heimsmeðaltali. Efnagreiningar á heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) í íslensku vatni vantar almennt ennþá. Til eru þó mælingar gerðar í 39 íslenskum stöðuvötnum (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001) sem sýna að styrkur heildar lífræns kolefnis var undir 1,0 mg/l í 50% tilvika og undir 2,3 mg/l í 90% tilvika. Meðaltal heildarmagns lífræns kolefnis (TOC) í Úlfarsá, Köldukvísl, Leirvogsa, Bugðu og Laxá í Kjós var 3,2 mg/l en í Kiðafellsá, Fossá, Brynjudalsá og Botnsá 1,2 mg/l (sjá töflu 4). Ekki eru þessar ár algerlega ósnortnar svo búast má við að viss hluti lífræns kolefnis sé frá athöfnum mannsins komið, a.m.k. í þeim flestum.

Málmar

Lágur styrkur málma í íslenskum ám er talinn vera náttúrulegur bakgrunnsstyrkur þeirra hérlendis (Hollustuvernd ríkisins). Til eru upplýsingar um styrk málma í ýmsum ám á landinu, m.a. á Kjósarsvæði en gildin eru flest yfir uppleysta málma og því erfið til samanburðar. Vegna annars hluta þessa verkefnis liggja þó fyrir efnagreiningar á heildarmálmum í 10-12 sýnum úr hverri af ánum Leirvogsa, Köldukvísl, Bugðu, Laxá í Kjós, Kiðafellsá, Fossá, Brynjudalsá og Botnsá. Þessar ár eru á sama landssvæði og því vel hæfar til viðmiðunar með þeim fyrirvara að gróðurfar og lekt berg- og jarðgrunnur á vatnasviði þeirra er eitthvað mismunandi. Jafnframt verður að hafa í huga að strangt til tekið er engin þessara áa alveg ósnortin.

Úrkoma

Í úrkomu eru ýmiss þeirra efna sem flokkun vatna byggist á. Gera má ráð fyrir að ofanvatn sem hripar um jarðveg losi sig við talsvert af uppleystu efnunum sem fylgja úrkomunni en bæti við sig öðrum. Hversu mikið hverfur er m.a. háð eiginleikum efnanna, jarðvegi, gróðurfari og tímanum sem vatnið er í snertingu við jarðveginn. Sá tími er að jafnaði styttri því minni sem lektin á vatnasviðinu er.

Náttúrulegt ástand í Úlfarsá

Í töflu 4 er sýndur meðal efna- og bakteríustyrkur annarsvegar Úlfarsár, Köldukvíslar, Laxár í Kjós, Bugðu og Leirvogsa og hinsvegar Kiðafellsár, Fossár, Brynjudalsár og Botnsár, meðalefnastyrkur í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi og meðalstyrkurinn í Úlfarsá. Þar eru einnig sýnd þau gildi sem talið er, aðallega á grundvelli samanburðar þessara gagna, að einkenni náttúrulegt ástand Úlfarsár og þeir umhverfismarkaflokkar sem eiga við þau gildi.

Tafla 4. Náttúrulegt ástand Úlfarsár. Öftustu tveir dálkarnir sýna áætlað náttúrulegt ástand árinna bæði sem styrk og umhverfismarkaflokk. Taflan sýnir að öðru leyti miðgildis- og meðalefnastyrk annarsvegar í Kiðafellsá, Fossá, Brynjudalsá og Botnsá og hinsvegar Úlfarsá, Köldukvísl, Leirvogsa, Bugða og Laxá í Kjós. Auk þess er sýndur meðalefnastyrkur úrkomu í Reykjavík og við Írafoss og mæld gildi í Úlfarsá.

	Kiðafellsá, Fossá, Brynjudalsá og Botnsá ^{a)}				Úlfarsá, Kaldakvísl, Leirvogsa, Bugða, Laxá í Kjós ^{b)}				Meðaltal úrkomu í Reykjavík og á Írafossi ^{c)}	Mæld gildi í Úlfarsá	Náttúrulegt ástand Úlfarsá	
	Mið-gildi	Meðal-tal	Staðal-frávik	N	Mið-gildi	Meðal-tal	Staðal-frávik	N			Áætluð náttúruleg gildi	Um-hverfis-marka-flokkur
Saurkólí í 100 ml*	4	7		48	8	18		58		100	4	I
t-P (mg/l)	0,011	<0,013	<0,007	48	0,006	<0,008	<0,005	50		<0,008	0,006	I
PO4-P (mg/l)	0,007	<0,007	<0,003	48	0,004	<0,006	<0,004	50		<0,006	0,004	I
t-N (mg/l)	0,065	<0,269	<0,902	48	0,059	<0,107	<0,130	50	0,233**	0,146	0,06	I
NH4-N (mg/l)	0,006	<0,007	<0,006	48	0,010	<0,010	<0,005	50	0,172	<0,012	0,005	I
TOC (mg/l)	1,02	<1,23	<0,72	48	3,09	<3,24	<1,13	50		3,70	2,0	II
Cu (ug/l)	0,29	<0,45	<0,49	48	0,76	2,48	6,19	50	1,313	1,287	0,8	II
Zn (ug/l)	22,30	<96,17	<190,24	48	1,83	<37,68	<145,99	50	10,651	6,59	10	II
Cd (ug/l)	0,019	<0,023	<0,017	48	0,023	<0,026	<0,018	50	0,013	<0,022	0,02	II
Pb (ug/l)	0,034	<0,048	<0,043	48	0,120	2,448	10,975	50	0,278	0,317	0,1	I
Cr (ug/l)	0,535	0,689	0,556	48	0,960	2,100	3,342	50	0,221	1,30	0,9	II
Ni (ug/l)	0,38	0,45	0,31	48	0,43	1,05	2,39	50	0,522	0,73	0,4	I
As (ug/l)	0,09	<0,10	<0,02	48	0,08	<0,09	<0,03	50	0,032	<0,11	0,1	I

* Geometrískt meðaltal. ** NO₃ + NH₄.

a) (Tryggvi Þórðarson 2003e, 2003f, 2003h, 2003g)

b) (Tryggvi Þórðarson 2003b, 2003d, 2003a, 2003c)

c) (Kevin Barrett 2002)

Raunverulegt ástand

Raunverulegt ástand er byggt á geometrísku meðaltali⁴ fyrir saurbakteriur en hefðbundnum meðaltölum fyrir efnabættina. Um er að ræða 10 gildi sem dreifast yfir 12 mánuði og ættu því að mynda traustari grundvöll en nota þurfti við mat á náttúrulegu ástandi.

Gerð er grein fyrir raunverulegu ástandi í töflu 5.

Þar sem notast er við fá gildi fyrir hverja á geta einstök há gildi haft talsverð áhrif á meðaltalið, sérstakleg þegar gildin að öðru leyti eru yfirleitt lág. Með því að hækka meðaltalið hafa þessi gildi neikvæð áhrif á flokkun árinna í umhverfismarkaflokk og þar með einnig í mengunarflokk. Eitt slíkt blýgildi í desember var 11 falt meðaltal annarra blýgilda í ánni. Áráðanleiki flokkunar á núverandi ástands m.t.t. blýs (Pb) nær þó að teljast fullnægjandi.

⁴ Geometrískt meðaltal = $10^{((\sum \log x)/n)}$ eða $10^{((\sum \log(x+1))/n)-1}$ ef núllgildi koma fyrir. X er mæligildi og n er fjöldi mæligilda.

Í töflu 5 er einnig gefinn fjöldi þeirra sýna sem þarf til að segja með 90% öryggi að meðaltalið muni lenda innan 50% skekkjumarka frá raunverulegu meðaltali. Eins og áður sagði er stuðst við þennan sýnafjölda þegar metið er hvort flokkun í umhverfismarkaflokk og mengunarflokk er gerleg.

Tafla 5. Núverandi ástand Úlfarsár.

	Meðaltal mældra gilda (n=10)	Nauðsynlegur fjöldi sýna ⁵	Áræðanleiki flokkunar	Umhverfismarkaflokkur
Saurkólí í 100 ml*	100			II
t-P (mg/l)	<0,008	4	Fullnægjandi	I
PO ₄ -P (mg/l)	<0,006	4	Fullnægjandi	I
t-N (mg/l)	0,146	7	Fullnægjandi	I
NH ₄ -N (mg/l)	<0,012	12	Fullnægjandi	II
TOC (mg/l)	3,70	1	Fullnægjandi	III
Cu (ug/l)	1,287	26	Fullnægjandi	II
Zn (ug/l)	6,59	26	Fullnægjandi	II
Cd (ug/l)	<0,022	3	Fullnægjandi	II
Pb (ug/l)	0,317	40	Fullnægjandi	II
Cr (ug/l)	1,30	6	Fullnægjandi	II
Ni (ug/l)	0,73	24	Fullnægjandi	II
As (ug/l)	<0,11	1	Fullnægjandi	I

* Geométrískt meðaltal.

Mengunarflokkun

Munurinn á umhverfismarkaflokkum fyrir raunverulegt og náttúrulegt ástandi segir til um mengunarflokkunina. Í töflu D í viðauka er sýnt nákvæmlega hvernig ákveðinn munur gefur ákveðna mengunarflokkun. Mengunarflokkun Úlfarsár er gefin í töflu 6.

Gert er ráð fyrir að flokkunin gildi fyrir alla ána allt að Hafravatni. Það er talsverð einföldun því búast má við að efnastyrkur geti verið nokkuð frábrugðinn við upptök og ósa.

Tafla 6. Mengunarflokkun Úlfarsár, skv. reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

	Umhverfismarkaflokkar		Mengunarflokkun	
	Náttúrulegt ástand	Núverandi Ástand		
Saurkólí í 100 ml	I	II	B	Lítið snortið vatn
t-P (mg/l)	I	I	A	Ósnortið vatn
PO ₄ -P (mg/l)	I	I	A	Ósnortið vatn
t-N (mg/l)	I	I	A	Ósnortið vatn
NH ₄ -N (mg/l)	I	II	B	Lítið snortið vatn

$$^5 n = (t_{\alpha} S_1)^2 / d^2 \left(1 + \frac{2}{n_1}\right) \quad n = \text{nauðsynleg stærð úrtaks, } n_1 = \text{stærð úrtaks, } S_1 = \text{staðalfrávik fyrir } n_1,$$

t_{α} = Student t með n-1 frítölur fyrir 1- α öryggismörk, d = valin skekkjumörk (styrkur).

TOC (mg/l)	II	III	B	Lítið snortið vatn
Cu (ug/l)	II	II	A	Ósnortið vatn
Zn (ug/l)	II	II	A	Ósnortið vatn
Cd (ug/l)	II	II	A	Ósnortið vatn
Pb (ug/l)	I	II	B	Lítið snortið vatn
Cr (ug/l)	II	II	A	Ósnortið vatn
Ni (ug/l)	I	II	B	Lítið snortið vatn
As (ug/l)	I	I	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. Þegar náttúrulegt ástand tiltekins vatns er metið sérstaklega á vatnið ætíð að flokkast í mengunarflokk A ef það er ómengað. Sé aftur á móti stuðst við umhverfisflokk I lendir ómengað vatnið ýmist í mengunarflokki A eða B eftir matsþáttum og gæti jafnvel lent í C í einstaka tilviki. Ástæðan er sú að umhverfismörk I gefa sjaldnast rétta mynd af náttúrulegu ástandi hvers vatns. Við notkun umhverfismarka I kann því að vera þörf fyrir að geta miðað langtímamarkmið við mengunarflokk B ef menn eru vissir um að vatn sem flokkast í B sé í raun ómengað. Ekki eru leiðbeinandi ákvæði í reglugerðinni um hvenær má setja markmið um mengunarflokk B, þ.e. lítilsháttar mengaða á. Það er þó ljóst að með því að meta náttúrulegt ástand sérstaklega fyrir alla þætti er ekki þörf fyrir vægari markmiðin nema sérstakar aðstæður krefjist. Dæmi um aðstæður sem kunna að réttlæta markmið um flokk B eru vötn með vatnasviðið allt í þéttbýli eða þar sem stunduð er starfsemi sem veldur tiltekinni mengun og ekki er tækni- eða lagalega framkvæmanlegt að takmarka mengunina nægilega til að viðhalda náttúrulegu ástandi. Þetta væru vötn sem til frambúðar væru ekki talin geta uppfyllt markmið um náttúrulegt ástand.

Lítið er svo á að með langtímamarkmiðum sé litið til næstu áratuga og jafnvel öld fram í tímann. Það kunnir því að orka tvímælis að binda sig við tækni- eða lagaleg úrræði dagsins í dag við mat á því hvort þurfi að sætta sig við einhverja mengun til langframa eða ekki. Þar sem vandamál eru á ferðinni ber jafnframt að líta á það sem eðlilegt að langtímamarkmið náist ekki endilega á fáum árum. Í ljósi þessa er lagt til að á nokkra áratuga fresti fari fram endurskoðun langtímamarkmiða. Ef það verður þá metið 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. Stærsti hluti vatnasviðs Úlfarsár er tiltölulega náttúrulegur og er því hægt um vik að stýra uppbyggingu innan þess á þann hátt að vistkerfi árinna skaðist ekki.

Í ljósi ofanritaðs eru því hér lögð til langtímamarkmið um náttúrulegt ástand (mengunarflokk A) fyrir öll flokkunaratriðin. Tillagan um langtímamarkmiðin er sýnd í töflu 7.

Þar sem ástand árinna var í flestum tilvikum gott eru markmiðin fyrir flesta þættina þau að halda í horfinu. Bæta þarf ástandið að því er varðar saurbakteríur, ammóníak og lífrænt kolefni. Hugsanlegar aðgerðir gætu falist í að draga úr skólplosun og áhrifum frá landbúnaði. Styrkur málmanna blýs (Pb) og nikkels (Ni) reyndust einnig

of hár þótt engar þekktar uppsprettur þess séu á vatnsviðinu, að frátaldri umferð. Álagið á ána mun halda áfram að aukast með auknum umsvifum og auknu hlutfalli þéttara flata. Ef verndun árinna er ekki strax höfð að leiðarljósi við uppbyggingu á vatnasviðinu er hinsvegar líklegt að erfitt reynist að ná settum markmiðum þegar fram í sækir. Til að sporna við mengun er nauðsynlegt að draga úr magni ofanvatns á þeim svæðum sem byggð verða og tryggja þar sem kostur er að það seytili niður í jarð- og berggrunninn áður en það nær ánni. Annars mun málmmengun aukast. Af öðrum langtímaaðgerðum sem til greina koma má nefna að draga úr áhrifum frá notkun og meðhöndlun áburðar og húsdýraskíts.

Tafla 7. Tillaga að langtíma markmiðum. Til samanburðar er mengunarflokkun hennar einnig sýnd.

	Mengunarflokkun	Tillaga að langtíma markmiðum			
		Flokkur	Umhverfismörk	Styrkur	Athugasemdir
Saurkólí í 100 ml	B Lítið snortið vatn	A	I	<14	Úr 100
t-P (mg/l)	A Ósnortið vatn	A	I	<0,02	Uppfyllt
PO ₄ -P (mg/l)	A Ósnortið vatn	A	I	<0,01	Uppfyllt
t-N (mg/l)	A Ósnortið vatn	A	I	<0,3	Uppfyllt
NH ₄ -N (mg/l)	B Lítið snortið vatn	A	I	<0,01	Næstum uppfyllt
TOC (mg/l)	B Lítið snortið vatn	A	II	<3	Úr 3,7
Cu (ug/l)	A Ósnortið vatn	A	II	<3	Uppfyllt
Zn (ug/l)	A Ósnortið vatn	A	II	<20	Uppfyllt
Cd (ug/l)	A Ósnortið vatn	A	II	<0,1	Uppfyllt
Pb (ug/l)	B Lítið snortið vatn	A	I	<0,2	Úr 0,32
Cr (ug/l)	A Ósnortið vatn	A	II	<5	Uppfyllt
Ni (ug/l)	B Lítið snortið vatn	A	I	<0,7	Úr 0,73
As (ug/l)	A Ósnortið vatn	A	I	≤0,4	Uppfyllt

Tillaga að vöktun

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

Tillögur um vöktun eru dregnar saman í töflu 8. Tillögurnar miðast við að uppbygging þéttbýlis muni áfram eiga sér stað á vatnasviði Úlfarsár. Lagt er til að tíðni vöktunar á saurbakteríum, næringarefnum og lífrænum efnum verði 3 ár. Þetta eru þættir sem nú verða helst raktir til áhrifa frá skólpmengun og landbúnaðarmengun. Aðgerða er þörf á þeim sviðum og gert er ráð fyrir að fylgjast verði frekar tít með þessum þáttum í ánni á meðan verið er að ná þeim niður. Sú tíðni sem lögð er til fyrir vöktun málma, 6 ár, byggist á þeirri staðreynd að þótt áin hafi flokkast í mengunarflokk B á grundvelli blýs og nikkels reyndist styrkur málma frekar lágur. Málmengun mun aukast eftir því sem hlutfall þéttara flata á vatnasviðinu eykst. Tíðnin þarf því að taka mið af uppbyggingarhraðanum og vera endurskoðuð eftir hverja nýja úttekt. Tíðnin sem lögð er til er samræmd þannig að sýnataka mismunandi þátta fellur á sömu ár.

Ástæða er til að fjölga sýnatökustöðum í Úlfarsá eftir því sem byggð og umsvif á vatnasviðinu eykst. Þannig er hægt að flokka mismunandi hluta árinna sérstaklega.

Tafla 8. Tillaga að vöktun Úlfarsár.

Vöktunarpáttur	Tíðni (ár)	Næsta vöktun	Skýringar
Saurkólí í 100 ml	3	2005	Sumir þessara þátta eru í hærra lagi og munu aukast vegna uppbyggingar á vatnasviðinu. Æskilegt er að stunda tíða vöktun á þessum þáttum.
t-P (mg/l)	3	2005	
PO ₄ -P (mg/l)	3	2005	
t-N (mg/l)	3	2005	
NH ₄ -N (mg/l)	3	2005	
TOC (mg/l)	3	2005	
Cu (ug/l)	6	2008	Áin er sæmilega stöð varðandi málmengun þótt hún flokkist ekki í besta flokk í öllum tilvikum. Málmengun mun aukast með aukinni uppbyggingu á vatnasviðinu og því er nauðsynlegt að vakta hana reglulega. Hægt er að leggja til vöktun með lítið eitt lægri tíðni en fyrir hin efnin.
Zn (ug/l)	6	2008	
Cd (ug/l)	6	2008	
Pb (ug/l)	6	2008	
Cr (ug/l)	6	2008	
Ni (ug/l)	6	2008	
As (ug/l)	6	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. sömu 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 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 mengunarvarnareglugerða 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

AMAP 1997. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report.

Oslo, AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Program). 188 bls.

Árni Hjartarson & Freysteinn Sigurðsson 1993. Vatnafarskort, Vífilfell 1613 III SA-V 1:25.000 Reykjavík. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnafjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnanesbær og Reykjavíkurborg.

- Árni Hjartarson & Freysteinn Sigurðsson 1997. Vatnafarskort, Mosfell 1613 III NA-V 1:25.000 Reykjavík. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnafjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnanesbær og Reykjavíkurborg.
- Árni Hjartarson & Þórólfur Hafstað 1977. Mosfellshreppur, Lindamælingar og jarðfræði. Reykjavík. Orkustofnun, Jarðkönnunardeild. OS-JKD 7702.
- Árni Hjartarson, Einar Gunnlaugsson, Freysteinn Sigurðsson, Jón Jónsson & Kristján Sæmundsson 1994. Vatnafarskort, Viðey 1613 III NV-V 1:25.000 Reykjavík. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnafjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnanesbær og Reykjavíkurborg.
- 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.
- Charles J. Krebs 1989. Ecological Methodology. New York, Harper & Row, Publishers. 654 bls.
- 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.
- 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.
- Friðþjófur Árnason 2000a. Búsvæði laxfiska í vatnakerfi Úlfarsár 1998. Veiðimálastofnun. VMST-R/0003, 23 bls.
- Friðþjófur Árnason 2000b. Rannsóknir á seiðabúskap í Úlfarsá og Seljadalsá 1999. Veiðimálastofnun. VMST-R/0002, 18 bls.
- GUM 1995. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Geneva, ISO.
- Hákon Aðalsteinsson & Gísli Már Gíslason 1998. Áhrif landrænna þátta á líf í straumvötnum. Náttúrufræðingurinn 68:97-112.
- Hollustuvernd ríkisins 2002. Vatnsgæði og vatnsmengun. Hollustuvernd ríkisins <http://www.hollver.is/mengun/vatnsvernd/vatnsmengun.html>. 11. júní, 2002
- Kevin Barrett 2002. Copenhensive 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.
- Náttúruvernd ríkisins 2002. Vefsíða. Náttúruminjaskrá. Friðlýst svæði og aðrar skráðar náttúruminjar á Suðvesturlandi. <http://www.natturuvernd.is/frames.htm>. Sótt 2. september 2002,
- Orkustofnun 1996. Rennslisskýrslur. Gagnabanki Vatnamælinga. Korpa; Keldnaholt. <http://www.os.is/vatnam/gogn/rennsli/081.html>. Sótt 3. september 2002
- Rolf D. Vogt, Egil Gjessing, Dag Olav Andersen, Nicholas Clarke, Tone Gadmar, Kevin Bishop, Ulla Lundstrøm & 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.

- Sigurður R. Gíslason & Stefán Arnórsson 1988. Efnafræði árvatns á Íslandi og hraði efnarofs. Náttúrufræðingurinn 58:183-97.
- Sigurður Reynir Gíslason 1993. Efnafræði úrkomu, jökla, árvatns, stöðuvatna og grunnvatns á Íslandi. Náttúrufræðingurinn 63:219-36.
- Sigurður Reynir Gíslason, Eydís Salome Eiríksdóttir, Matthildur Bára Stefánsdóttir & Andri Stefánsson 1999. Vatnsrannsóknir í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga og í Kjós. Lokaskýrsla 15. júlí 1999. Reykjavík. Sennilega Raunvísindastofnun Háskóla Íslands. 143 bls.
- Steven C. Chapra 1997. Surface Water Quality Modeling. Boston, WCB/McGraw-Hill. 844 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003a. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Laxá í Kjós. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 41 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. Leivogsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 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. Botnsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003f. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Brynjudalsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003g. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Kiðafellsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003h. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Fossá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.

Viðauki

Tafla A. Niðurstöður mælinga og efna- og bakteríugreininga í Úlfarsá 5. febrúar 2001 – 24. janúar 2002.	33
Tafla B. Athugasemdir skráðar við sýnatöku.	35
Tafla C. Óleiðrétt mæligildi efnagreininga ásamt skekkjumörkum.	37
Tafla D. Samband mengunarflokkunar við náttúrulegt og raunverulegt ástand.	39

Tafla A. Niðurstöður mælinga og efna- og bakteríugreininga í Úlfarsá 5. febrúar 2001 – 24. janúar 2002.

Úlfarsá	Lofthiti °C	Vatnshit °C	pH	Leiðni uS/cm	Saurkólí í 100 ml	t-P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	t-N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	TOC (mg/l)	C (mg/l)	TC (mg/l)	Cu (ug/l)	Zn (ug/l)	Cd (ug/l)	Pb (ug/l)	Cr (ug/l)	Ni (ug/l)	As (ug/l)
5.2.2001		1,3	8,81	94	110**	0,0132	0,0077	0,058	0,0106	1,80	2,10	3,90	0,752	1,47	<0,008	0,080	0,960	0,425	0,083
26.3.2001	-2	0,0		119	4	0,0170	0,0116	0,083	<0,0013	2,96	4,85	7,81	0,904	2,81	<0,007	0,334	1,20	0,476	0,126
9.5.2001	10	9,4	7,58	84	3.600	<0,006	0,005	0,22	0,041	4,50	3,74	8,24	5,87	5,51	0,037	0,236	3,38	3,24	0,16
14.6.2001	14	15,6	7,9	128	89	<0,005	<0,004	0,11	<0,010	4,76	4,96	9,72	1,01	0,36	0,021	0,097	0,78	0,47	0,13
19.7.2001	14	15,4	8,05	103,5	214	0,009	<0,004	0,11	<0,010	4,52	4,65	9,17	1,01	0,79	0,024	0,177	1,29	0,50	0,10
16.8.2001	15	17,4	8,05	120	9	0,009	0,009	0,38	<0,010	4,23	4,86	9,09	0,80	0,49	0,015	0,131	1,14	0,43	0,13
28.9.2001	6	7,4	8,24	116	110	<0,006	<0,004	0,04	<0,010	3,82	5,42	9,24	0,47	8,40	0,037	0,107	0,66	0,35	0,08
7.11.2001	-1	0,2	8,13	104	190	<0,006	<0,004	0,12	<0,010	3,73	5,96	9,69	0,63	12,6	0,023	0,119	0,84	0,53	0,10
21.12.2001	1	2,7	9,0	103	290	<0,006	<0,004	0,14	<0,010	3,30	4,98	8,28	0,58	6,02	0,028	1,730	1,30	0,34	<0,07
24.1.2002	-4	0,0		59	60	<0,005	<0,004	0,19	<0,010	3,37	5,14	8,51	0,83	27,4	0,026	0,161	1,47	0,55	0,09
Meðaltal*	6	6,94	8,09	103,1	100	0,008	0,006	0,146	0,012	3,70	4,666	8,37	1,401	7,70	0,026	0,345	1,36	0,80	0,11
Staðalfrávik	8	7,10		20,33		0,004	0,0027	0,098	0,0105	0,89	1,063	1,69	1,62	8,327	0,01	0,502	0,77	0,885	0,029

* Miðgildi fyrir pH og geometriskt meðaltal fyrir saurkólí. ** Bakteríusýni voru tekin daginn eftir.

Tafla B. Athugasemdir skráðar við sýnatöku í Úlfarsá.

Dags.	Veðurlýsing	Athugasemdir
5.2 2001	Heiðskýrt og sól, frost, kald.	
26.3 2001	Sól og léttskýjað í fyrstu en þykknaði upp með skafrenningi.	
9.5 2001	Alskýjað og rigning. Rígt hafði nokkra daga.	Miklir vatnavextir í ám. Vatnið í Úlfarsá var gruggugt.
14.6 2001	Hálfskýjað og bjart.	Lítið í ám.
19.7 2001	Pungbúið fram að hádegi og rigning með köflum. Stytti upp, létti til og gerði sólskin á meðan sýnin voru tekin. Mikið rigndi dagana fyrir sýnatöku.	Þokkalega mikið í ánni.
16.8 2001	Sól og logn.	Lítið í ánni.
28.9 2001	Sól, heiðskýrt og logn.	
7.11 2001	Hálfskýjað, strekkingur og síðar allhvasst en þó bjart veður.	Áin frosin með bökkum.
21.12 2001	Hálfskýjað, logn.	Mikið í Úlfarsá eftir metrigningu daginn áður.
24.1 2002	Heiðskýrt og bjart.	

Tafla C. Óleiðrétt mæligildi fyrir Úlfarsá ásamt skekkjumörkum. Þegar mæligildi eru jafnt eða minna en skekkjumörk eru niðurstöður gefnar sem < skekkjumörkin.

Dags.	t-P		PO ₄ -P		t-N		NH ₄ -N		TOC		IC		TC		As		Cd		Cr		Cu		Ni		Pb		Zn	
	mg/l	+/-	mg/l	+/-	mg/l	+/-	mg/l	+/-	mg/l	+/-	mg/l	+/-	mg/l	+/-	µg/l	+/-	µg/l	+/-	µg/l	+/-	µg/l	+/-	µg/l	+/-	µg/l	+/-	µg/l	+/-
5.2 2001	0,0132	0,0079	0,0077	0,0011	0,058	0,021	0,0106	0,0011	1,80	0,44	2,10	0,21			0,083	0,064	-0,003	0,008	0,960	0,051	0,752	0,051	0,425	0,056	0,080	0,010	1,47	0,13
26.3 2001	0,0170	0,0078	0,0116	0,0011	0,083	0,021	-0,0012	0,0013	2,96	0,48	4,85	0,36			0,126	0,064	-0,004	0,007	1,20	0,054	0,904	0,076	0,476	0,055	0,334	0,028	2,81	0,14
9.5 2001	0,005	0,006	0,005	0,004	0,22	0,01	0,041	0,010	4,50	0,59	3,74	0,13	8,24	0,58	0,16	0,07	0,037	0,014	3,38	0,14	5,87	0,21	3,24	0,14	0,236	0,010	5,51	0,33
14.6 2001	0,003	0,005	0,003	0,004	0,11	0,01	0,005	0,010	4,76	0,71	4,96	0,19	9,72	0,68	0,13	0,08	0,021	0,014	0,78	0,10	1,01	0,04	0,47	0,038	0,097	0,008	0,36	0,24
19.7 2001	0,009	0,005	0,004	0,004	0,11	0,01	0,004	0,010	4,52	0,66	4,65	0,17	9,17	0,64	0,10	0,08	0,024	0,014	1,29	0,10	1,01	0,04	0,50	0,039	0,177	0,009	0,79	0,24
16.8 2001	0,009	0,006	0,009	0,004	0,38	0,02	0,003	0,010	4,23	0,66	4,86	0,18	9,09	0,64	0,13	0,08	0,015	0,014	1,14	0,10	0,80	0,03	0,43	0,037	0,131	0,009	0,49	0,24
28.9 2001	0,003	0,006	0,003	0,004	0,04	0,01	-0,001	0,010	3,82	0,67	5,42	0,21	9,24	0,64	0,08	0,07	0,037	0,014	0,66	0,10	0,47	0,03	0,35	0,035	0,107	0,008	8,40	0,42
7.11 2001	0,002	0,006	0,001	0,004	0,12	0,01	0,002	0,010	3,73	0,70	5,96	0,23	9,69	0,66	0,10	0,07	0,023	0,014	0,84	0,10	0,63	0,03	0,53	0,039	0,119	0,008	12,6	0,56
21.12 2001	0,001	0,006	0,001	0,004	0,14	0,01	0,008	0,010	3,30	0,58	4,98	0,19	8,28	0,55	0,05	0,07	0,028	0,014	1,30	0,10	0,58	0,03	0,34	0,035	1,730	0,046	6,02	0,34
24.1 2002	0,004	0,005	0,004	0,004	0,19	0,01	0,005	0,010	3,37	0,61	5,14	0,19	8,51	0,58	0,09	0,07	0,026	0,014	1,47	0,10	0,83	0,04	0,55	0,039	0,161	0,009	27,4	1,1

Tafla D. 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 jafnhá eða hærrí gildi eru fyrir náttúrulegt ástand en raunverulegt ástand lendir 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 (afvik 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