

Flokkun vatna á Kjósarsvæði

Bugða



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 Bugða.
Höfundur Tryggvi Þórðarson	Ár 2003	Blaðsíðufjöldi 39
Íslenskur titill Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Bugða. Enskur titill Classification of lakes and rivers in the district of Kjos, River Bugda.		
<p>Útdráttur Náttúrulegt og raunverulegt ástand Bugðu er metið og áin flokkuð í mengunarflokk í samræmi við reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Ennfremur eru gerðar tillögur um langtímamarkmið fyrir ána og vöktun hennar. Yfirlit er gefið á næstu síðu.</p> <p>Summary The pristine and current state of the River Bugda 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 Bugða, mat á mengunarálagi, mengunarflokkun, mengun	Subject words River Bugda, impact assessment, impact classification, pollution	

Samantekt

Mat á ástandi, mengunarflokkun og tillögur um markmið og vöktun fyrir Bugðu. 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 vöktunartillögnum.

	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*	5	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	<14	Uppfyllt	8	2010	Þessir þættir benda til góðs ástands árinna. Styrkur sumra þessara þátta mun þó aukast á næstu árum og áratugum vegna aukinna umsvifa og uppbyggingar á vatnasviðinu. Hægt er að leggja til vöktun með fremur lágrí tíðni.
t-P (mg/l)	<0,007	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	<0,02	Uppfyllt	8	2010	
PO ₄ -P (mg/l)	<0,005	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	<0,01	Uppfyllt	8	2010	
t-N (mg/l)	<0,04	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	<0,3	Uppfyllt	8	2010	
NH ₄ -N (mg/l)	<0,009	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	<0,01	Uppfyllt	8	2010	
TOC (mg/l)	2,61	II	II	A Ósnortið vatn	A	II	<3	Uppfyllt	8	2010	
Cu (ug/l)	0,72	II	II	A Ósnortið vatn	A	II	<3	Uppfyllt	16	2018	Áin er vel stöðd varðandi málmengun. Ekki er útlit fyrir órar breytingar á málmstyrk. Málmengun mun þó aukast með aukinni uppbyggingu á vatnasviðinu og því er nauðsynlegt að vakta hana reglulega. Hægt er að leggja til vöktun með lágrí tíðni. Eðlilegt er að endurskoða hana í ljósi uppbyggingarhraða, t.d. þegar kemur að sýnatöku vegna annara þátta.
Zn (ug/l)	<98,55	II	Liggur ekki fyrir	Flokkun ekki gerð	A	II	<20		16	2018	
Cd (ug/l)	<0,019	II	II	A Ósnortið vatn	A	II	<0,1	Uppfyllt	16	2018	
Pb (ug/l)	1,976	I	Liggur ekki fyrir	Flokkun ekki gerð	A	I	<0,2		16	2018	
Cr (ug/l)	1,21	II	II	A Ósnortið vatn	A	II	<5	Uppfyllt	16	2018	
Ni (ug/l)	0,29	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	<0,7	Uppfyllt	16	2018	
As (ug/l)	<0,08	I	I	A Ósnortið vatn	A	I	≤0,4	Uppfyllt	16	2018	

* Geometriskt meðaltal.

Efnisyfirlit

Töflulisti	9
Inngangur	11
Verkefni	11
Mengunarflokkun vatna	11
Forsendur mengunarflokkunar	11
Aðferðir	13
Flokkunarþættir	13
Val sýnatökustaða	13
Sýnataka	13
Meðhöndlun, geymsla og flutningur sýna	14
Mælingar og efnagreiningar	14
Næmni efnagreininga og skekkjumörk	14
Meðferð gagna og túlkun	15
Rannsóknþættir	16
Næringarefni	16
Liffrænt efni	17
Örverumengun	17
Málmar	18
Aðrir þættir	18
Bugða	18
Lýsing og helstu stærðir	18
Jarðfræði og jarðefnafræði	19
Mannleg umsvif og mengunarálag	19
Umfjöllun um niðurstöður	19
Flokkun Bugðu	20
Náttúrulegt ástand	20
Raunverulegt ástand	23
Mengunarflokkun	24
Tillaga að langtímamarkmiðum	25
Tillaga að vöktun	27
Sérstök verndun, viðkvæm svæði og aðgerðaráætlanir	27
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 Bugðu. 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 Bugðu.....	23
Tafla 5.	Núverandi ástand Bugðu.....	24
Tafla 6.	Mengunarflokkun Bugðu, skv. reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.	25
Tafla 7.	Tillaga að langtímamarkmiðum fyrir Bugðu. Til samanburðar er mengunarflokkun hennar einnig sýnd.....	26
Tafla 8.	Tillaga að vöktun Bugðu.	27

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 mannlegrar 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	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.	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 er 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 ($\text{PO}_4\text{-P}$), 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 og leiðni mæld þegar hægt var. Við flokkunina var ekki notast við notast við þættina lífefnafræðilega súrefnisþörf (BOD) og efnafræðilega súrefnisþörf (COD).

Val sýnatökustaða

Notast var við einn sýnatökustað neðarlega í ánni (mynd 1). Sýnatökustaðurinn er talinn lýsandi fyrir ána.



Mynd 1. Sýnatökustaðurinn í Bugðu. Myndin er tekin niður eftir eftir ánni þann 5. febrúar 2001. Áin hægra megin á myndinni er Laxá í Kjós. Staðarákvörðun sýnatökustaðarins er $\text{N}64^{\circ}20,398'$, $\text{V}21^{\circ}35,543'$. Myndina tók Tryggvi Þórðarson þann 5. febrúar 2001.

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 sýnatökuskripti. 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 sitja 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 vegna of fárra sýna. 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 í einstökum sýnum er mikil. Notkun þess fyrir saurkólí gefur þar af leiðandi að jafnaði betri saurkólíflokkun mengaðra vatna en ella. Vandamál vegna mikið dreifðra gilda eru hinsvegar síður fyrir hendi við notkun geometrískts meðaltals.

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

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.

greiningarmörkum hefur verið notað við útreikning á meðaltali og staðalfrávikum 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 skólþrosun 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 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 mengunarupsprettarnar 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^-). Þörungur og plöntur geta bæði notað ammóníak og nítat. Ammóníak getur einnig myndast að sumarlagi við súrefnislaust ástand í næringarríkum stöðuvötnum þar sem mikið er af lífrænu efni. Ammóníak er eitrad 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 kjörlendi 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 bakteríutegunda. 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 mönnunum 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. bárujárni og blý auk þess við leguslit og úr kælivökvum. Kopar kemur við slit lega, vélarhluta og bremsborða 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 bremsborðum. Nikkel kemur úr diselolíu og bensíni, smurolíu, malbiki og við slit bremsborða. 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.

Bugða

Lýsing og helstu stærðir

Bugða kemur úr Meðalfellsvatni og rennur aðeins 3 km áður en hún fellur í Laxá í Kjós (Sigurjón Rist 1969). Heildarflatarmál vatnasviðs Bugðu er 64 km² og flatarmál Meðalfellsvatns er 2 km² (Sigurjón Rist 1969). Rennsli liggur ekki fyrir. Áin telst til

dragáa en Meðalfellsvatn jafnar rennsli hennar mikið. Stuttu neðan við uptök Bugðu fellur Dælisá í hana. Vatnasvið Dælisáar er 21 km² (Sigurjón Rist 1969).

Á á allstórum hluta vatnasviðs Bugðu er stundaður landbúnaður auk þess sem þar er að finna fjölda sumarbústaða, aðallega við Meðalfellsvatn.

Jarðfræði og jarðefnafræði

Vatnasvið Bugðu 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 dragáreinkenni 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

Bein losun mengunarefna á sér ekki stað í Bugðu. Ekki er vitað til að afrennsli rotþróa sé heldur leitt þangað. Enginn iðnaður er á vatnasviði Bugðu.

Dreifð mengun

Ofanvatn af þéttum manngerðum flötum er ekki fyrir hendi á vatnasviði Bugðu. Mengunarálag á ána af þessum völdum er því ekki fyrir hendi. Áburðarnotkun og meðferð húsdýraáburðar á þeim býlum þar sem búskapur er stundaður veldur hinsvegar dreifðri mengun. Gera má ráð fyrir að hluta af næringarefnum og lífrænum efnum sem kunna að berast í vatn á vatnasviði Meðalfellsvatns sé haldið eftir í stöðuvatninu. Sama er að segja um saurkólínbakteríur, þær tína þar tölunni einnig.

Umfjöllun um niðurstöður

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

Úttektin náði ekki til mælinga á rennsli árinna en athugasemdir um vatnafar voru skráðar þegar við átti. Rennsli Bugðu er hinsvegar það mikið jafnað af Meðalfellsvatni að ekki varð tilefni til sérstakra athugasemda um rennslið þegar sýni voru tekin. Ætla má því að meðaltal þessara sýnatökudaga gefi sæmilega óbrenslaða mynd af venjulegu eða meðalástandi árinna á tímabilinu.

Hitastig var við frostmark í ánni þegar kaldast var og náði um tæplega 15°C hita þegar heitast var.

Fyrri hluta sumars mældist pH lægra en á öðrum árstímum. pH var hæst í febrúar og ágúst en í bæði skiptin var þurrviðri og sól. Lægsta gildið mældist hinsvegar við sömu veðurástandum í júní. Við fyrstu sýn virðist áhrif frá frumframleiðni í ánni eða vatninu því ekki stjórna pH sveiflunum.

Leiðni er mælikvarði á uppleystar jónir í vatni. Sveiflur í leiðni voru nokkrar fyrstu tvö sýnatökuskriptin en þá mældist bæði lægsta (54 $\mu\text{S}/\text{cm}$) og hæsta (78 $\mu\text{S}/\text{cm}$) leiðnigildið. Eftir það er eins og leiðnin hækki stöðugt úr um 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ upp í 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ í lok tímabilsins.

Styrkur saurbaktería var jafnan lágur eða undir 10 bakteríur í hverjum 100 ml. Gildið fyrir júlí skar sig úr, 122 kólíabakteríur í 100 ml. Ekki er að merkja neinn árstíðarmun í bakteríustyrk. Meðalstyrkur saurbaktería⁴ var 5 í 100 ml.

Heildarfosfor (t-P), fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) og ammóníak ($\text{NH}_4\text{-N}$) voru oftast við eða undir greiningarmörkum. Styrkur heildarköfnunarefnis (t-N) var yfirleitt lágur. Hæstur varð hann á tímabilinu nóvember til febrúar en lægstur í ágúst. Er líklegt að frumframleiðni og rotnun í Meðalfellsvatni stjórni styrk næringarefna í Bugðu að talsverðu leyti. Líklegt er að í júlí hafi borist í ána mengun því þá er bæði styrkur saurkólí hæstur og styrkur fosfats ($\text{PO}_4\text{-P}$) mælanlegur en í öðrum sumarsýnum var fosfat undir greiningarmörkum. Í þessu sýni var allur fosforinn sem fosfat. Hækkunar á heildarköfnunarefni varð hins vegar ekki vart þá. Ef frá eru talin sýnin í febrúar og mars 2001 var ammóníak alltaf undir greiningarmörkum.

Heildar lífrænt kolefni (TOC) var yfirleitt á bilinu 1,8-3,3 mg/l. Fyrst í stað jókst styrkur þess fram eftir sumrinu en stóð í stað á tímabilinu frá júní fram í september. Eftir það fór styrkur þess minnkandi aftur. Tímabilið sem lífræna kolefnið stóð í stað fylgir tímabili þar sem styrkur heildarköfnunarefnis (t-N) nær lágmarki og er líklegt að styrkur lífræns kolefnis ráðist af frumframleiðslunni í Meðalfellsvatni.

Sveiflur í styrk málma voru að jafnaði ekki miklar en há gildi mældust þó suma dagana. Þannig mældust há málgildi þegar vatnsvextir voru almennt í ám í maí og desember. Þetta á ekki við um zink því þar varð mikil hækkun síðast á mælitímabilinu og var styrkurinn síðasta sýnatökudaginn 115 faldur meðalstyrkurinn fram að þeim tíma að meðtöldum toppum sem skáru sig einnig talsvert úr. Hækkun á zinkstyrk varð einnig vart í öðrum ám seinni hluta tímabilsins sem rannsóknin tók til. Í maí mældust hæstu gildi kopars (Cu), króms (Cr), nikkels (Ni) og arsens (As). Hæsti styrkur kadmíums og blýs var hinsvegar í desember. Af þeim málum sem höfðu hæsta styrkinn þegar vatnavextir voru almennt í ám í þessum landshluta skar hæsta gildi blýs sig úr með hámarksstyrk sem var um 177-faldur meðalblýstyrkur hina sýnatökudagana. Hjá öðrum málum var þessi munur talsvert minni. Almennt má búast við hærri málgildum í vatnavöxtum því málmar fylgja gruggögnum en þær eru frekar á ferðinni við aukið rennsli.

Flokkun Bugðu

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

⁴ Geometriskt 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.

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 tiltekins 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 samanburður 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 Bugðu. 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 heildarfosfórs 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 tífaltur uppleysti hlutinn (Elizabeth Kay Berner & Robert A. Berner 1996). Heildarfosfór (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 þriðjungi 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 niðurbrotsefni 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, Leirvoggsá, 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 Úlfarsá, Köldukvísl, Leirvoggsá, 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 jarðgrunns 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 Bugðu

Í töflu 4 er sýndur meðal efna- og bakteríustyrkur annarsvegar Úlfarsár, Köldukvíslar, Laxár í Kjós, Bugðu og Leirvoggsár (n=50) og hinsvegar Kiðafellsár, Fossár, Brynjudalsár og Botnsár (n=48), meðalefnastyrkur í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi og meðalstyrkurinn í Bugðu. Þar eru einnig sýnd þau gildi sem talið er, aðallega á

grundvelli samanburðar þessara gagna, að einkenni náttúrulegt ástand Bugðu og þeir umhverfismarkaflokkar sem eiga við þau gildi.

Tafla 4. Náttúrulegt ástand Bugðu. 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 Bugðu.

	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 Bugðu	Náttúrulegt ástand Bugðu	
	Miðgildi	Meðaltal	Staðalfrávik	N	Miðgildi	Meðaltal	Staðalfrávik	N			Áætluð náttúruleg gildi	Umhverfismarkaflokkur
Saurkólí í 100 ml*	4	7		48	8	18		58		5	4	I
t-P (mg/l)	0,011	<0,013	<0,007	48	0,006	<0,008	<0,005	50		<0,007	0,006	I
PO4-P (mg/l)	0,007	<0,007	<0,003	48	0,004	<0,006	<0,004	50		<0,005	0,004	I
t-N (mg/l)	0,065	<0,269	<0,902	48	0,059	<0,107	<0,130	50	0,233**	<0,04	0,06	I
NH4-N (mg/l)	0,006	<0,007	<0,006	48	0,010	<0,010	<0,005	50	0,172	<0,009	0,005	I
TOC (mg/l)	1,02	<1,23	<0,72	48	3,09	<3,24	<1,13	50		3,09	2,0	II
Cu (ug/l)	0,29	<0,45	<0,49	48	0,76	2,48	6,19	50	1,313	0,72	0,8	II
Zn (ug/l)	22,30	<96,17	<190,24	48	1,83	<37,68	<145,99	50	10,651	<98,55	10	II
Cd (ug/l)	0,019	<0,023	<0,017	48	0,023	<0,026	<0,018	50	0,013	<0,019	0,02	II
Pb (ug/l)	0,034	<0,048	<0,043	48	0,120	2,448	10,975	50	0,278	1,976	0,1	I
Cr (ug/l)	0,535	0,689	0,556	48	0,960	2,100	3,342	50	0,221	1,21	0,9	II
Ni (ug/l)	0,38	0,45	0,31	48	0,43	1,05	2,39	50	0,522	0,29	0,4	I
As (ug/l)	0,09	<0,10	<0,02	48	0,08	<0,09	<0,03	50	0,032	<0,08	0,1	I

* Geometriskt meðaltal. ** NO₃ + NH₄.

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

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

c) (Kevin Barrett 2002)

Raunverulegt ástand

Raunverulegt ástand er byggt á geometrisku meðaltali⁵ fyrir saurbakteríur 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.

⁵ Geometriskt 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.

Þar sem notast er við fá gildi fyrir hverja á geta einstök há gildi haft of mikil áhrif á meðaltalið, sérstakleg þegar gildin að öðru leyti eru yfirleitt lág. Með því að hækka meðaltalið hafa þessi gildi neikvæð áhrif á flokkun ársinnar í umhverfismarkaflokk og þar með einnig í mengunarflokk. Nokkur slík gildi voru í niðurstöðunum fyrir málma. Zinkgildið frá janúar var 115 falt meðaltal annarra zinkgilda og blýgildi frá desember var 177 falt meðaltal annarra blýgilda. Af þeim sökum voru meðaltöl fyrir þessi efni ekki nothæf til flokkunar ársinnar í umhverfismarkaflokka.

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 á grundvelli þeirra sýna sem tekin voru.

Tafla 5. Núverandi ástand Bugðu.

	Meðaltal mældra gilda (n=10)	Nauðsynlegur fjöldi sýna ⁶	Áræðanleiki flokkunar	Umhverfismarkaflokkur
Saurkólí í 100 ml*	5			I
t-P (mg/l)	<0,007	3	Fullnægjandi	I
PO ₄ -P (mg/l)	<0,005	2	Fullnægjandi	I
t-N (mg/l)	<0,04	3	Fullnægjandi	I
NH ₄ -N (mg/l)	<0,009	1	Fullnægjandi	I
TOC (mg/l)	2,61	1	Fullnægjandi	II
Cu (ug/l)	0,72	6	Fullnægjandi	II
Zn (ug/l)	<98,55	137	Ófullnægjandi	Flokkun ekki gerð
Cd (ug/l)	<0,019	4	Fullnægjandi	II
Pb (ug/l)	1,976	144	Ófullnægjandi	Flokkun ekki gerð
Cr (ug/l)	1,21	26	Fullnægjandi	II
Ni (ug/l)	0,29	3	Fullnægjandi	I
As (ug/l)	<0,08	1	Fullnægjandi	I

* Geometriskt 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 Bugðu er gefin í töflu 6.

Gert er ráð fyrir að flokkunin gildi fyrir alla ána allt að Meðalfellsvatni ásamt Dælisá. Það er talsverð einföldun því búast má við að efnastyrkur í Dælisár geti verið eitthvað frábrugðinn þeim sem mældist á sýnatökustað. Slíkan munur má helst rekja til áhrifa Meðalfellsvatnsins.

$${}^6 n = (t_{\alpha} S_1)^2 / d^2 \left(1 + \frac{2}{n_1}\right) \quad n = \text{nauðsynleg stærð úrtaks, } n_1 = \text{stærð úrtaks, } S_1 = \text{staðalfrávik fyrir } n_1,$$

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

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

	Umhverfismarkaflokkar		Mengunarflokkun
	Náttúrulegt ástand	Núverandi Ástand	
Saurkólí í 100 ml	I	I	A Ósnortið 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	I	A Ósnortið vatn
TOC (mg/l)	II	II	A Ósnortið vatn
Cu (ug/l)	II	II	A Ósnortið vatn
Zn (ug/l)	II	Liggur ekki fyrir	Flokkun ekki gerð
Cd (ug/l)	II	II	A Ósnortið vatn
Pb (ug/l)	I	Liggur ekki fyrir	Flokkun ekki gerð
Cr (ug/l)	II	II	A Ósnortið vatn
Ni (ug/l)	I	I	A Ósnortið vatn
As (ug/l)	I	I	A Ósnortið vatn

Ekki reyndist unnt að flokka ána í mengunarflokk á grundvelli zinks (Zn) og blýs (Pb) þar sem sýni reyndust of fá til að meta raunverulegt ástand árinna m.t.t. þessara málma.

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.

Litið er svo á að með langtímamarkmiðum sé litið til næstu áratuga og jafnvel öld fram í tímann. Það kunni 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. Talsverður hluti vatnasviðs Bugðu er tiltölulega náttúrulegur og er því hægt um vik að stýra umsvifum og 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 flokkunatriðin. Tillagan um langtímamarkmiðin er sýnd í töflu 7.

Þar sem ástand árinna er í öllum tilvikum gott eru markmiðin aðeins þau að halda í horfinu. Þekktar mengunarpúpprettur á vatnasviðinu nú eru aðeins frá skólpi og dreifðri landbúnaðarmengun. Álagið á ána mun hinsvegar aukast með auknum mannlegum umsvifum og auknu hlutfalli þéttra flata. Ef verndun árinna er strax höfð að leiðarljósi við uppbyggingu á vatnasviðinu er hinsvegar líklegt að auðvelt reynist að ná settum markmiðum þegar fram í sækir. Til að sporna við mengun þarf að tryggja fullnægjandi meðferð skólps og áburðar, m.a. húsdýraskíts. Til lengri tíma lítið er nauðsynlegt að koma í veg fyrir beina losun mengandi efna í ána og draga úr magni ofanvatns á þeim svæðum sem byggð verða og tryggja þar sem kostur er að það seytli niður í jarð- og berggrunninn áður en það nær ánni.

Tafla 7. Tillaga að langtímamarkmiðum fyrir Bugðu. Til samanburðar er mengunarflokkun hennar einnig sýnd.

	Mengunarflokkun		Tillaga að langtímamarkmiðum			
			Flokkur	Umhverfismörk	Styrkur	Athugasemdir
Saurkólí í 100 ml	A	Ósnortið vatn	A	I	<14	Uppfyllt
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)	A	Ósnortið vatn	A	I	<0,01	Uppfyllt
TOC (mg/l)	A	Ósnortið vatn	A	II	<3	Uppfyllt
Cu (ug/l)	A	Ósnortið vatn	A	II	<3	Uppfyllt
Zn (ug/l)		Flokkun ekki gerð	A	II	<20	
Cd (ug/l)	A	Ósnortið vatn	A	II	<0,1	Uppfyllt
Pb (ug/l)		Flokkun ekki gerð	A	I	<0,2	
Cr (ug/l)	A	Ósnortið vatn	A	II	<5	Uppfyllt
Ni (ug/l)	A	Ósnortið vatn	A	I	<0,7	Uppfyllt
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 langtímamarkmiðum og afla vitneskju um gagnsemi hugsanlegra aðgerða.

Tillögur um vöktun eru dregnar saman í töflu 8. Tillögurnar miðast við að uppbygging þéttbýlis í einhverri mynd muni eiga sér stað á vatnasviði Bugðu næstu áratuginna. Jafnframt aukist ýmis mannleg umsvif. Í ljósi góðs mengunarástands er lagt er til að tíðni vöktunar á saurbakteríum, næringarefnum og lífrænum efnum verði 8 ár. Hugsanlegar uppsprettur þessara efna í dag eru skólþ- og landbúnaðarmengun. Aðgerðir á þeim sviðum virðast ekki aðkallandi en nauðsynlegt er að fylgjast með þessum þáttum í ánni. Helmingi minni tíðni er lögð til við vöktun málma. Styrkur málma reyndist almennt lágur þótt einstök há sýni hefðu mælst í sumum tilvikum. Málmengun mun aukast eftir því sem hlutfall þéttra flata á vatnasviðinu eykst. Ekki er gert ráð fyrir að sú þróun hefjist strax. Tíðnin þarf því að taka mið af uppbyggingarhraðanum og ætti að vera endurskoðuð eftir hverja nýja úttekt á ánni. Tíðnin sem lögð er til er samræmd þannig að sýnataka fyrir málma fellur saman við sýnatöku fyrir hin efnin.

Tafla 8. Tillaga að vöktun Bugðu.

Vöktunarpáttur	Tíðni (ár)	Næsta vöktun	Skýringar
Saurkólí í 100 ml	8	2010	Þessir þættir benda til góðs ástands árinna. Styrkur sumra þessara þátta mun þó aukast á næstu árum og áratugum vegna aukinna umsvifa og uppbyggingar á vatnasviðinu. Hægt er að leggja til vöktun með fremur lágri tíðni.
t-P (mg/l)	8	2010	
PO ₄ -P (mg/l)	8	2010	
t-N (mg/l)	8	2010	
NH ₄ -N (mg/l)	8	2010	
TOC (mg/l)	8	2010	
Cu (ug/l)	16	2018	Áin er vel stödd varðandi málmengun. Ekki er útlit fyrir örar breytingar á málmstyrk. Málmengun mun þó aukast með aukinni uppbyggingu á vatnasviðinu og því er nauðsynlegt að vakta hana reglulega. Hægt er að leggja til vöktun með lágri tíðni. Eðlilegt er að endurskoða hana í ljósi uppbyggingarhraða, t.d. þegar kemur að sýnatöku vegna annara þátta.
Zn (ug/l)	16	2018	
Cd (ug/l)	16	2018	
Pb (ug/l)	16	2018	
Cr (ug/l)	16	2018	
Ni (ug/l)	16	2018	
As (ug/l)	16	2018	

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 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.
- 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.
- GUM 1995. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Geneva, ISO.
- Hollustuvernd ríkisins 2002. Vatnsgæði og vatnsmengun. Hollustuvernd ríkisins <http://www.hollver.is/mengun/vatnsvernd/vatnsmengun.html>. 11. júní, 2002
- Kevin Barrett 2002. Copenhague 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.
- 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.
- Sigurjón Rist 1969. Vatnasvið Íslands. Iceland's drainage net. Reykjavík. Orkustofnun, Vatnamælingar. Report no. 6902, 93 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. Rannsóknna- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 41 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003b. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Leivogsá. Hveragerði. Rannsóknna- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003c. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Kaldakvísl. Hveragerði. Rannsóknna- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003d. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Úlfarsá. Hveragerði. Rannsóknna- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003e. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Botnsá. Hveragerði. Rannsóknna- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003f. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Brynjudalsá. Hveragerði. Rannsóknna- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003g. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Kiðafellsá. Hveragerði. Rannsóknna- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003h. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Fossá. Hveragerði. Rannsóknna- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.

Viðauki

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

Bugða	Lofthiti °C	Vatnshiti °C	pH	Leiðni uS/cm	Saurkólí í 100 ml	t-P (mg/l)	PO4-P (mg/l)	t-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	TOC (mg/l)	IC (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		2,4	8,31	54	3	0,0159	0,0081	0,059	0,0057	2,05	2,68	4,73	0,522	1,61	<0,007	0,138	0,638	0,275	0,083
26.3 2001	-4	0,0		78	0	<0,008	0,0079	<0,021	0,0047	1,76	2,28	4,04	0,434	1,33	<0,008	0,115	0,561	0,169	0,082
9.5 2001	10	8,2	8,23	60	2	<0,006	<0,005	0,04	<0,010	2,65	1,68	4,33	1,86	1,34	0,022	0,095	1,08	0,64	<0,08
14.6 2001	14	14,8	7,9	64	3	<0,005	<0,004	0,04	<0,010	3,33	3,46	6,79	0,54	0,86	0,015	0,056	0,52	0,24	<0,07
19.7 2001	14	13,0	7,93	60,6	122	0,007	0,007	0,03	<0,010	3,15	2,84	5,99	0,76	0,59	0,015	0,078	0,75	0,34	<0,08
16.8 2001	14	14,8	8,28	67	4	<0,006	<0,004	0,01	<0,010	3,13	3,43	6,56	0,42	<0,24	0,015	0,105	0,71	0,24	<0,08
28.9 2001	6	6,6	8,07	66	5	<0,006	<0,004	0,05	<0,010	3,32	3,61	6,93	0,43	1,54	0,015	0,103	0,78	0,24	<0,08
7.11 2001	-1	0,0			5	<0,006	<0,004	0,06	<0,010	2,73	3,46	6,19	0,64	43,6	0,025	0,146	0,58	0,24	0,08
21.12 2001	-1	3,2	8,2	66	10	<0,006	<0,004	0,05	<0,010	2,19	2,67	4,86	1,07	20,4	0,037	18,8	5,54	0,24	<0,07
24.1 2002	-6	0,0		70	2	<0,006	<0,004	0,03	<0,010	1,83	2,17	4,00	0,50	914,00	0,030	0,122	0,96	0,24	0,08
Meðaltal*	5	6,30	8,20	65,1	5	<0,007	<0,005	<0,04	<0,009	2,61	2,83	5,44	0,72	<98,55	<0,019	1,976	1,21	0,29	<0,08
Staðalfrávik	8	6,12		6,8		0,003	0,002	0,02	0,002	0,62	0,66	1,17	0,45	286,9	0,009	5,911	1,53	0,13	0,00

* Miðgildi fyrir pH og geometriskt meðaltal fyrir saurkólí.

Tafla B. Athugasemdir skráðar við sýnatöku í Bugðu.

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 þennan dag og vatn gruggugt. Vatnið í Bugðu var hinsvegar tært að sjá.
14.6 2001	Hálfskýjað og bjart.	Lítið í ám.
19.7 2001	Þungbúið 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 ám.
16.8 2001	Sól og logn.	
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 ám eftir metringingu daginn áður.
24.1 2002	Heiðskýrt og bjart.	

Tafla C. Óleiðrétt mæligildi fyrir Bugðu 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	0,0159	0,0078	0,0081	0,0011	0,059	0,021	0,0057	0,0012	2,05	0,48	2,68	0,19			0,083	0,064	-0,002	0,007	0,638	0,050	0,522	0,037	0,275	0,056	0,138	0,013	1,61	0,13
26.3 2001	-0,0062	0,0080	0,0079	0,0011	-0,018	0,021	0,0047	0,0012	1,76	0,43	2,28	0,21			0,082	0,064	-0,005	0,008	0,561	0,050	0,434	0,041	0,169	0,056	0,115	0,012	1,33	0,13
9.5 2001	-0,001	0,006	-0,001	0,005	0,04	0,01	0,008	0,010	2,65	0,63	1,68	0,25	4,33	0,58	0,08	0,08	0,022	0,014	1,08	0,10	1,86	0,07	0,64	0,042	0,095	0,008	1,34	0,25
14.6 2001	0,003	0,005	0,003	0,004	0,04	0,01	0,002	0,010	3,33	0,97	3,46	0,12	6,79	0,96	0,07	0,07	0,015	0,014	0,52	0,10	0,54	0,03	0,24	0,034	0,056	0,008	0,86	0,25
19.7 2001	0,007	0,006	0,007	0,004	0,03	0,01	0,007	0,010	3,15	0,84	2,84	0,10	5,99	0,83	0,08	0,08	0,015	0,014	0,75	0,10	0,76	0,03	0,34	0,036	0,078	0,008	0,59	0,24
16.8 2001	0,003	0,006	0,002	0,004	0,01	0,01	0,003	0,010	3,13	0,93	3,43	0,12	6,56	0,92	0,08	0,08	0,015	0,014	0,71	0,10	0,42	0,03	0,23	0,034	0,105	0,008	0,21	0,24
28.9 2001	0,006	0,006	0,004	0,004	0,05	0,01	0,005	0,010	3,32	1,21	3,61	0,13	6,93	1,20	0,08	0,08	0,015	0,014	0,78	0,10	0,43	0,03	0,26	0,034	0,103	0,008	1,54	0,25
7.11 2001	0,003	0,006	0,002	0,004	0,06	0,01	0,001	0,010	2,73	1,41	3,46	0,12	6,19	1,40	0,08	0,07	0,025	0,014	0,58	0,10	0,64	0,03	0,33	0,035	0,146	0,009	43,6	1,8
21.12 2001	0,006	0,006	0,003	0,004	0,05	0,01	0,003	0,010	2,19	0,98	2,67	0,09	4,86	0,98	0,04	0,07	0,037	0,014	5,54	0,19	1,07	0,04	0,34	0,035	18,8	0,48	20,4	0,87
24.1 2002	0,003	0,006	0,003	0,004	0,03	0,01	0,007	0,010	1,83	0,73	2,17	0,08	4,00	0,73	0,08	0,07	0,030	0,014	0,96	0,10	0,50	0,03	0,52	0,039	0,122	0,008	914	41

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