



HAFNARFJÖRÐUR

Mengunarflokkun á Ástjörn



Tryggvi Þórðarson

Október 2010

Framkvæmdaraðili Hafnarfjarðarbær/Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis	Fulltrúi Helga Stefánsdóttir/Tore Skjenstad	Tölvupóstfang helgas@hafnarfjordur.is/ tore@heilbrigðiseftirlit.is
Verktaki Tryggvi Þórðarson	Aðsetur Melgerði 6, 200 Kópavogi	Tölvupóstfang tt@hi.is
Útgefandi Hafnarfjarðabær	Fjármögnun Hafnarfjarðarbær	Skýrslan tekur til Ástjarnar
Höfundur Tryggvi Þórðarson	Ár 2010	Blaðsíðufjöldi 39
Íslenskur titill Mengunarflokkun á Ástjörn		Enskur titill Environmental quality of Astjoern pond
<p>Útdráttur</p> <p><i>Gerð var úttekt á mengunarstöðu Ástjarnar og hún flokkuð m.t.t. ákvæða í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Yfirlit um flokkunina er gefið á næstu síðu.</i></p> <p><i>Ástjörn er grunn (0,8 m), lítil (4,7 ha), hraunstífluð tjörn í jaðri byggðar í Hafnarfirði, venjulega án eiginlegs inn- og útstreymis á yfirborði. Vatnasvið hennar er um 1,5 km² og er þéttbýli á hluta þess. Mýrar og sefgróður (8,5 ha) setja svip á nánasta umhverfi hennar. Ástjörn og næsta nágrenni er friðuð og auk þess fólkvangur. Mengun af manna völdum var ekki merkjanleg í niðurstöðunum enda mannleg umsvif á vatnasviðinu væntanlega ekki mikil. Tjörnin er líklega næringarfátækt vatn en er þó talin auðug af dýralífi og gróðri og rómuð fyrir fjölskrúðugt fuglalíf. Úttektin fór fram á tímabilinu maí-október 2009. Meðalleiðni var 154 µS/cm, meðalstyrkur gruggs 2,18 NTU og mæld súrefnismettun á bilinu 88-108,5%. Meðalsaurkólíþéttleiki var 22 bakteríur í 100 ml og meðalsaurkókkþéttleiki 6 bakteríur í 100 ml sem er fremur lítið miðað við það fuglalíf sem var á tjörninni. Styrkur næringarefna var einnig í minna lagi, meðalstyrkur t-N var 205 µg/l, NH₄-N 10,3 µg/l og t-P 9,0 µg/l. Blaðgræna α var að meðaltali 3,71 µg/l. Þótt styrkur blágrænu α eigi að vera mælikvarði á lífmassa svifþörungum er líklegt að blágræna upprótaðra ásætu- og botnþörungum hafi slæðst með. Styrkur lífræns kolefnis (TOC) var 4,18 µg/l og er það í meðallagi miðað við grunn, ómengið eða nær ómengið vötn í þessum landshluta. Mengunarflokkun Ástjarnar var A flokkur fyrir alla flokkunarþættina nema saurkólíþéttleiki. Sá galli er í flokkunarkerfinu að það gerir ráð fyrir að náttúrulegur þéttleiki saurbaktería geti ekki farið yfir 14 bakteríur í 100 ml. Því var aðeins hægt að flokka tjörnina í B flokk fyrir saurkólíþéttleiki þótt A hefði verið eðlilegri flokkur þar sem bakteríurnar eru að langmestu leyti taldar vera frá villtum fuglum.</i></p>		
<p>Summary</p> <p><i>A survey of the environmental quality of the pond Astjoern is presented and the pond is categorized according to provisions of the regulation on the prevention of water pollution. An overview (in Icelandic) of the classification is presented on the next page.</i></p> <p><i>Astjoern is a shallow (0.8 m), small (4.7 ha) pond created by damming by lava-flow. Very little surface water enters the pond and usually it has no surface outlet. An 8.5 ha marshy area and a sedge meadow are located along the shores of the pond. The pond is situated at the outskirts of the town of Hafnarfjoerdur and part of its approximately 1.5 km² drainage area is developed as an urban area. The pond and its surroundings have the status of a national nature reserve as well as a country park. Anthropological contamination of the pond could not be established and contaminating activities in the watershed are probably not significant. The Astjoern pond is estimated to be oligotrophic. Still it has a reputation of being relatively rich in bird life and vegetation as well as freshwater fauna. Samples and measurements in this study were carried out from May to October 2009. The mean conductivity was 154 µS/cm and the mean turbidity was 2.18 NTU. The oxygen saturation was 88-108.5%. The average density of fecal coliformes was 22 bacteria in 100 ml and that of fecal enterococci 6 in 100 ml. The fecal bacteria are believed to originate mostly from bird droppings. The nutrients concentration was rather low; the mean concentration of N was 205 µg/l, NH₄-N 10.3 µg/l and t-P 9.0 µg/l. The mean concentration of chlorophyll α was 3.71 µg/l and probably represents both phytoplankton and suspended epiphytic algae. The mean concentration of total organic carbon (TOC) (4.18 µg/l) was similar to that of shallow, unpolluted or almost unpolluted lakes in South West Iceland. The pond was categorized for all parameters in category A except for fecal coliformes. Because the classification system sets the pristine density of fecal bacteria to 14 bacteria in 100 ml or less, the pond had to be classified in category B for fecal coliformes even though category A would have been more appropriate because the bacteria are thought to originate almost exclusively from wild birds.</i></p>		
Efnisorð Ástjörn, efnasamsetning vatns, vatnsmengun, mengunarflokkun, vatnsgæði, grunnt vatn.		Subject words Astjoern pond, water chemistry, water pollution, classification of pollution, water quality, shallow water.

Samantekt fyrir Ástjörn

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

	Raunverulegt ástand		Náttúrulegt ástand		Mengunarflokkun	Tillaga að langtímamarkmiðum				Tillaga að vöktun	
	Meðaltal mældra gilda	Umhverfismarkaflokkur	Áætluð nátt.leg gildi	Umhverfismarkaflokkur		Mengunarflokkur	Umhverfismörk	Styrkur	Athugasemdir	Æskileg tíðni (ár)	Næsta vöktun
Saurkólí í 100 ml	<21,9*	II	<14**	I	B	B	II	<100	Uppfyllt	6	2015
Saurkokkar í 100 ml	<5,6*	I	<14**	I	A	A	I	<14	Uppfyllt	6	2015
t-P (mg/l)	9,0	I	10	I	A	A	I	<20	Uppfyllt	6	2015
t-N (mg/l)	205	I	210	I	A	A	I	<300	Uppfyllt	6	2015
NH ₄ -N (mg/l)	<10,8	II	20	II	A	A	II	<25	Uppfyllt	6	2015
Blaðgræna α (mg/l)	3,71	I	3,0	I	A	A	I	<8	Uppfyllt	6	2015
TOC (mg/l)	4,18	III	5,0	III	A	A	III	<6	Uppfyllt	6	2015
Cu (µg/l)	0,77	II	0,9	II	A	A	II	<3	Uppfyllt	12	2021
Zn (µg/l)	4,50	I	4,6	II	A	A	II	< 20	Uppfyllt	12	2021
Cd (µg/l)	<0,030*	II	0,02	II	A	A	II	< 0,1	Uppfyllt	12	2021
Pb (µg/l)	0,108	I	0,12	I	A	A	I	≤ 0,2	Uppfyllt	12	2021
Cr (µg/l)	<0,1	I	0,7	II	A	A	II	<5	Uppfyllt	12	2021
Ni (µg/l)	0,65	I	0,8	II	A	A	II	< 15	Uppfyllt	12	2021
As (µg/l)	<0,1	I	0,1	I	A	A	I	≤ 0,4	Uppfyllt	12	2021

* Geometriskt meðaltal. ** Fastsett af Umhverfisstofnun

Efnisyfirlit

Töflulisti	6
Myndalisti	6
Inngangur	7
Verkefnið	7
Mengunarflokkun vatna	7
Forsendur mengunarflokkunar	7
Aðferðir	8
Rannsóknáætting	8
Val sýnatökustaða	9
Sýnataka	10
Meðhöndlun, geymsla og flutningur sýna	10
Mælingar og efnagreiningar	10
Meðferð gagna og túlkun	10
Ástjörn	12
Lýsing og helstu stærðir	12
Áhrif umsvifa á vatnasviðinu	13
Hugsanleg áhrif af mengun	14
Mælingar heilbrigðiseftirlitsins	14
Niðurstöður og umfjöllun	15
Niðurstöður	15
Vægi fosfórs og köfnunarefnis	22
Flokkun Ástjarnar	24
Næringarástand Ástjarnar	24
Náttúrulegt ástand	25
Mengunarflokkun	30
Tillaga að langtímamarkmiðum	31
Tillaga að vöktun	32
Heimildir	33
Viðauki	38

Töflulisti

Tafla 1.	Mengunarflokkar vatns	7
Tafla 2.	Umhverfismarkaflokkar	8
Tafla 3.	Efnagreiningaraðferðir, efnagreiningartæki, næmni og skekkjumörk.	11
Tafla 4.	Shapiro-Wilk W-prófun á normaldreifingu ($\alpha=0,05$), frávikshlutföll og gerð miðsæknigilda sem notuð var.....	12
Tafla 5.	Gögn Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis um þéttleika saurbaktería í Ástjörn.	15
Tafla 6.	Ýmiss viðmiðunargildi N/P hlutfalla (vikt) sem notuð eru til að meta hvort fosfór eða köfnunarefni er líklegra til að vera takmarkandi fyrir þörungavöxt í stöðuvötnum.....	23
Tafla 7.	Meðalstyrkur næringarefna og hlutfall köfnunarefnis og fosfórs í 10 stöðuvötnum og tjörnum á Suðvesturlandi.	26
Tafla 8.	Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Ástjarnar.....	29
Tafla 9.	Mengunarflokkun Ástjarnar.	30
Tafla 10.	Tillaga að vöktun Ástjarnar.....	32

Myndalisti

Mynd 1.	Staðsetning sýnatökustaðar í Ástjörn (rauður punktur).....	9
Mynd 2.	Hitastig vatns í Ástjörn.....	15
Mynd 3.	Súrefnismettun í Ástjörn.	16
Mynd 4.	Rafleiðni í Ástjörn.	16
Mynd 5.	pH í Ástjörn.	16
Mynd 6.	Grugg í Ástjörn.....	17
Mynd 7.	Þéttleiki saurkokkabaktería í Ástjörn.....	17
Mynd 8.	Þéttleiki saurkólibaktería í Ástjörn.	17
Mynd 9.	Fosfórstyrkur í Ástjörn.	18
Mynd 10.	Köfnunarefnisstyrkur (t-N) í Ástjörn.	18
Mynd 11.	Ammoníaksstyrkur í Ástjörn.	18
Mynd 12.	Styrkur blaðgrænu α í Ástjörn.	19
Mynd 13.	Heildarstyrkur lífræns kolefnis í Ástjörn.	19
Mynd 14.	Koparstyrkur í Ástjörn.....	19
Mynd 15.	Zinkstyrkur í Ástjörn.	20
Mynd 16.	Kadmíumstyrkur í Ástjörn.....	20
Mynd 17.	Blýstyrkur í Ástjörn.	20
Mynd 18.	Krómstyrkur í Ástjörn.	21
Mynd 19.	Nikkelstyrkur í Ástjörn.	21
Mynd 20.	Hlutfall heildarköfnunarefnis og heildarfosfórs (N/P, vikt) í Ástjörn.....	24

Inngangur

Verkefnið

Verkefnið felst í flokkun Ástjarnar og er unnið fyrir Hafnarfjarðarbæ. Metið er náttúrulegt og núverandi ástand tjarnarinnar og mengunarflokkun gerð í samræmi við flokkunarkerfi reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Ennfremur eru gerðar tillögur um langtímamarkmið fyrir ástand tjarnarinnar og um umfang og tíðni áframhaldandi vöktunar hennar, sbr. ákvæði sömu reglugerðar.

Verkefnið nær ekki til gerðar tillagna um aðgerðaráætlanir, sbr. 3 tl. gr. 11.1 og gr. 8.3 reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

Mengunarflokkun vatna

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

Mengunarflokkar reglugerðarinnar eru sýndir í töflu 1.

Tafla 1. Mengunarflokkar vatns

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

Forsendur mengunarflokkunar

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

Bakgrunnsgildi sem að gagni kæmu við mengunarflokkun á vötnum hafa ekki verið skilgreind. Í handbók Umhverfisstofnunar um aðgerðaráætlanir og flokkun vatns (Umhverfisstofnun 2004) kemur þó fram að umhverfismörk fyrir saurmengun vísi til bakgrunnsgildis. Það merkir að náttúrulegt ástand m.t.t. saurbaktería jafngildir umhverfismörkum I eða <14 bakteríur í 100 ml.

Þar sem bakgrunnsgildi hafa ekki verið skilgreind fyrir aðra flokkunarþætti eru náttúruleg gildi þeirra þátta metin sérstaklega fyrir hvert vatn.

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

Ýmsar leiðir koma til greina til að afla upplýsinga til þess. Venjulega liggja mælingar snortinna vatna ekki fyrir frá því áður en mannlegra áhrifa tók að gæta en hinsvegar eru allmörg vötn á landinu enn ósnortin eða lítt snortin og því samanburðarhæf að teknu tilliti til gerðar og svæðisbundinna einkenna. Þannig geta aðrar rannsóknir sem gerðar eru sérstaklega til að mengunarflokkva vötn og með sömu aðferðarfræði, veitt mikilvæga vitneskju um líkleg náttúruleg bakgrunnsgildi. Einnig þarf að styðjast við vitneskju um mannlegar athafnir á vatnsviði viðkomandi vatns, sbr. álagsgreiningu skv. handbók Umhverfisstofnunar (Umhverfisstofnun 2004) og mengunina sem af þeim stafar.

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

Tafla 2. Umhverfismarkaflokkar

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

Það skal undirstrikað að umhverfismarkaflokkar eru ekki notaðir til að lýsa mengun frá mannlegum athöfnum. Til þess eru mengunarflokkarnir (tafla 1).

Aðferðir

Rannsóknabættir

Eftirfarandi efnabættir voru rannsakaðir og notaðir við mengunarflokkunina: Saurkólí- og saurkockabakteríur, blaðgræna α , heildarfósfór (t-P), heildarköfnunarefni (t-N), ammoníak ($\text{NH}_4\text{-N}$)², lífrænt kolefni (TOC) og málmarnir kopar (Cu), zink (Zn), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr), nikkell (Ni) og arsen (As). Þessu til viðbótar var mælt hitastig, pH, rafleiðni, súrefni og grugg.

Í fylgiskjali með reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns er jónað ammoníak ($\text{NH}_3\text{-N}$) listað flokkunarþáttur. Það er þar í flokki næringarefna/lífrænna efna og áhrifum þess í mismunandi umhverfismarkaflokkum er lýst út frá áhrifum þess sem næringarefnis, s.s. næringarefnafátækt eða næringarefnaríkt. Höfundur hefur því túlkað reglugerðina svo að um prentvillu hafi verið að ræða þegar stóð NH_3 í stað NH_4 og í fyrri flokkunarverkefnum ætíð flokkað ammoníak eftir mældu magni (NH_4), þ.e. sem næringarefni. Jónað ammoníak (NH_3) hefur enga sérstaka þýðingu sem

² Ójónað ammóníak ($\text{NH}_3\text{-N}$) er meðtalið.

næringarefni en hefur hinsvegar talsverð eitrunaráhrif á fiska í of miklum styrk. Ef flokka ætti á grundvelli jónaðs ammoníaks þyrftu umhverfismarkaflokkarnir því að miðast við eitrunaráhrif á fisk í stað næringarefnaauðgunar. Jónað ammoníak er auk þess aldrei nema lítill hluti mælds ammoníaks. Eins og flokkarnir eru settir upp fyrir þetta efni getur það við allar eðlilegar umhverfisaðstæður ekki flokkast nema í umhverfismarkaflokk I eða mengunarflokk A. Þar sem óvissu um túlkun reglugerðarinnar um þetta atriði hefur ekki verið eytt er hér til öryggis flokkað eftir báðum gerðum ammoníaks. Höfundur lítur þó enn svo á að það sé mælt magn ammoníaks ($\text{NH}_4\text{-N}$) en ekki hinn reiknaði hluti jónaðs ammoníaks ($\text{NH}_3\text{-N}$) sem sé hinn rétti flokkunarþáttur skv. reglugerðinni og lokaniðurstaða miðast við það.

Val sýnatökustaða

Sýnatökustaðurinn var við tjarnarbakkann norðaustanmegin tjarnarinnar. Þetta er sá staður sem Heilbrigðiseftirlitið hefur á undanförunum árum notað til reglubundinnar sýnatöku úr tjörninni vegna vöktunar/eftirlitsmælinga. Dýpi þar sem sýni voru tekin var líklega á bilinu 0,5-0,8 m á sýnatökutímabilinu, allt eftir því hve mikið var í tjörninni.

Sýnatökustaðurinn er sýndur á korti á mynd 1 ásamt sennilegu yfirborðsvatnasviði Ástjarnar. Nokkur óvissa er í afmörkun vatnsviðsins í norðaustur og suðvestur.



Mynd 1. Staðsetning sýnatökustaðar í Ástjörn (rauður punktur).

Sennilegt yfirborðsvatnasvið er rissað gróflga inn á myndina. Staðsetning yfirfallsútrásar á ofanvatnsútrás frá hverfunum norðan og norðaustan við tjörnina (Ásland 1 og 2) er einnig sýnd (svartur punktur). Ofanvatnslögnin liggur í púkk undir bílastæðunum sem merkt eru á myndina og ekki rennur um yfirfallsútrásina nema púkkið taki ekki við meira vatni. Myndin er byggð á korti af heimasíðu Hafnarfjarðarbæjar.

Sýnataka

Sýni voru tekin rétt undir yfirborði (um 0,1 m dýpi) beint í sýnatökuflokskur en vatn til pH- og rafleiðnimælinga í fötu. Til sýnatökunnar voru notaðar flokskuhaldarar á 3,0 og 3,4 m löngum stöngum og stöng var einnig notuð til að taka vatn í fötuna. Mælingar á súrefni (O₂) voru gerðar beint í tjörninni nær bakkanum. Sýni til greininga á blaðgrænu α voru síuð á staðnum úr vatninu í fötunni (MFS GF75). Alls voru tekin 6 sýni á 6 mánaða tímabili (4. maí - 6. október 2009). Sýnatöku önnuðust Tryggvi Þórðarson og Tore Skjenstad. Sýnataka fór fram fyrir hádegi. Sýnatökudagar voru ekki fyrirfram ákveðnir heldur valdir jafnóðum með það í huga að um mánuður væri milli sýnatökuskipta.

Sýni voru ekki síuð. Sýni til efnagreininganna á næringarefnum og lífrænu kolefni voru tekin í 200 ml pólýetýlenflokskur. Sýni til málmgreininga voru tekin í 50 ml pólýprópylen flokskur sem höfðu verið sýrupvegnað. Í þær var bætt 100 μ l af saltpéturssýru (65%, suprapur[®]) strax að sýnatöku lokinni (pH<2). Bakteríusýni voru tekin í gerilsneiddar plastflokskur. Áður en sýni til efnagreininga voru tekin voru flokskurnar skolaðar þrisvar upp úr vatninu sem sýnið var tekið úr. Bakteríusýnaflöskur voru ekki skolaðar áður en sýni var tekið.

Meðhöndlun, geymsla og flutningur sýna

Sýnin voru geymd kæld þar til hægt var að frysta þau (efnasýni og blaðgrænusýni) eða greina (bakteríusýni og gruggsýni). Strax að sýnatöku lokinni var sýnum til bakteríugreininga komið til Rannsóknþjónustunnar Sýnis ehf. og efnasýnum í frysti. Bakteríusýni voru tekin til ræktunar innan 24 klst. Grugg var mælt innandyra strax eftir sýnatökuna. Blaðgrænusýni voru fryst innan klukkustundar frá sýnatöku. Styrkur blaðgrænu α var greindur af höfundu á rannsóknastofu Landbúnaðarháskóla Íslands á Reykjum innan 14 daga. Efnagreiningar næringarefna, heildarstyrks lífræns kolefnis og málma fóru fram hjá Analysesenteret í Þrándheimi í Noregi. Sýnin voru send til greiningar með hraðsendingarþjónustu og í þurrís sem hélt þeim frosnum á leiðinni. Geymslutími þeirra í frysti frá sýnatöku að efnagreiningu var allt að 19 mánuðir.

Mælingar og efnagreiningar

Staðarákvarðanir (GPS) voru gerðar með Garmin Etrex Venture Cx staðarákvörðunartæki með WGS 84 viðmiðun. Súrefni var mælt með WTW Oxi 197-S súrefnismæli. Lofthiti var mældur með einföldum stafrænum mæli (Precision Multi-Thermometer). Hitastig vatnsins var mælt með hitastigsmæli súrefnistækisins. pH og rafleiðni var mæld á staðnum með Oakton pH/Con 300 handmæli. Grugg var mælt með gruggmæli af gerðinni WTW Turb 350 IR. Meðaltal 10 gruggaflestra var notað. Bæði pH- og rafleiðnimælir voru kvarðaðir fyrir hvert sýnatökuskipti. Sjálfvirk leiðrétting mælanna miðast við 25°C. Gerð er grein fyrir aðferðum, tækjum sem notuð voru til efnagreininga á efnarannsóknastofum, greiningarmörkum og skekkjumörkum í töflu 3.

Meðferð gagna og túlkun

Úrtök þar sem koma fyrir einstök gildi sem eru margfalt hærri en meðaltal annarra gilda sama efnis eru oft líklegri til að vera lognormaldreifð en normaldreifð. Ef notað er meðaltal til að lýsa miðsækni fyrir slík gildi vega einstök fráviksgildi of mikið og leiða þannig til villandi niðurstöðu og oft lakari flokkunar en efni standa til. Sérstaklega á þetta við þegar tiltölulega fá sýni eru lögð til grundvallar flokkuninni eins og hér er gert.

Tafla 3. Efnagreiningaraðferðir, efnagreiningartæki, næmni og skekkjumörk.

Efni	Aðferð/Gerð tækis	Tæki	Greiningarmörk µg/l	Skekkjumörk µg/l
t-N	Eigin aðferð, byggð á NS 4743 2. útg. 1993. Autoanalysator.	OI Analytical Flow solution IV	200	± 15 %
NH ₄ -N	NS 4746 1. útg. 1975. Litrofsmælir.	Schimadzu	10	± 30%, <100 ± 20%, >100
t-P	Eigin aðferð, byggð á NS-EN ISO 15681-2, 1. útg. mars 2005. Autoanalysator.	OI Analytical Flow solution IV	2	± 30%, <5 ± 15 %, >5
TOC	NS-EN 1484. IR-greining á CO ₂ að lokinni brennslu.	OI Analytical Modell 1030	300	± 20%, <10 ± 15%, >10
t-P	Eigin aðferð, byggð á NS-EN ISO 15681-2, 1. útg. mars 2005. Autoanalysator.	OI Analytical Flow solution IV	2	± 30%, <5 ± 15 %, >5
Cu	Eigin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT GmbH, Bremen, Þýskalandi.	0,2	± 15%
Zn	Eigin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT GmbH, Bremen, Þýskalandi.	0,2	± 15%
Cd	Eigin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT GmbH, Bremen, Þýskalandi.	0,005	± 15%
Pb	Eigin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT GmbH, Bremen, Þýskalandi.	0,01	± 15%
Cr	Eigin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT GmbH, Bremen, Þýskalandi.	0,1	± 15%
Ni	Eigin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT GmbH, Bremen, Þýskalandi.	0,2	± 15%
As	Eigin aðferð byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT GmbH, Bremen, Þýskalandi.	0,1	± 15%
Blaðgræna α	Litrofsmæling. Útreikningar skv. H.L. Golterman o. fl. (1978).	AquaMate UV/Visible Spectrophotometer.	e. t.	e. t.

Gerð var Shapiro & Wilk W-tölfræðiprófun á talnagildum þeirra niðurstaðna sem notuð voru til flokkunarinnar til að meta hvort frekar væri um normal- eða lognormaldreifð þýði að ræða. Gæfi prófunin frekar til kynna lognormaldreifingu ($\alpha=0,05$) og frávikshlutfall³ viðkomandi gilda var 1,2 eða meira (R.O. Gilbert 1987) var miðsæknin ákvörðuð út frá geómetrísku meðaltali⁴. Væri frávikshlutfallið hinsvegar lægra eða prófunin benti til normaldreifingar var meðaltal notað. Meðaltal var einnig notað þegar ekki var hægt að ákvarða líklega dreifingu vegna hás hlutfalls gilda undir greiningarmörkum (arsen) og þar sem tölfræðiprófunin gaf ekki marktæka niðurstöðu (ammoníak).

Bakteríustyrkur er jafnan nálægt því að vera lognormaldreifður (Gareth Rees o. fl. 2000) og er því notast við geómetrískt meðaltal fyrir saurkólí og saurkokka óháð útkomu prófunarinnar. Þessi sérregla fyrir bakteríur breytti engu um meðferð bakteríugagnanna⁵ því fyrir báðar bakteríugerðirnar hefði geómetrískt meðaltal verið notað skv. almennu reglunni.

³ Frávikshlutfall (e: coefficient of variation) = Staðfrávik deilt með meðaltali.

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

⁵ Niðurstöður sem fengust hér að viðbættum niðurstöðum frá Heilbrigðiseftirliti Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis frá árunum 2002-2008.

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

Í töflu 4 er gefið yfirlit yfir niðurstöður W-prófunar Shapiro & Wilk, frávikshlutföll og þau miðsæknigildi⁶ sem notuð voru.

Tafla 4. Shapiro-Wilk W-prófun á normaldreifingu ($\alpha=0,05$), frávikshlutföll og gerð miðsæknigilda sem notuð var.

	Besta samsvörun	W	Frávikshlutfall	Miðsæknigildi
Enterokokkar	logN	0,9677	1,592	GM
Saurkólí	logN	0,9704	1,927	GM
t-P	N	0,9436	0,208	M
t-N	N	0,9216	0,182	M
NH ₄ -N	Ekki marktækt	0,4963	0,188	M
NH ₃ -N (óklofið)	logN	0,9821	1,761	GM
Blaðgræna a	N	0,9545	0,269	M
TOC	logN	0,9529	0,130	M
Cu	logN	0,9516	0,178	M
Zn	logN	0,8569	0,180	M
Cd	logN	0,9136	1,787	GM
Pb	logN	0,9184	0,986	M
Cr	N	0,9513	0,000	M
Ni	N	0,9513	0,253	M
As				M

Þegar mæligildi eru undir greiningarmörkum er notast við talnagildi greiningarmarkanna við útreikninga í skýrslunni.

Ástjörn

Lýsing og helstu stærðir

Ástjörn er hraunstífluð tjörn sem oftast er án eiginlegs inn- og útstreymis. Þó markar fyrir smálækjarseytlu í mýrlendinu norðaustur af tjörninni, líklega frá uppsprettum.

Þéttur jökulruðningur er næst tjörninni en holtin í kring eru úr leku bergi (Árni Hjartarson o. fl. 1992), m.a. grágrýti sem að hluta er brotaberg (Helgi Torfason o. fl. 1993). Hraunið framan við tjörnina rann í tveimur áföngum, sá seinni um 950 (Helgi Torfason o. fl. 1993). Misgengi og sprungur liggja skáhalt yfir Grísanes, að hluta til undir jökulruðninginn og upp í hlíðina austan við Ástjörn (Helgi Torfason o. fl. 1993). Grunnvatnsstreymi á svæðinu kring um Ástjörn er í stórum dráttum úr austri (NAu-SAú) (Árni Hjartarson 2006). Sprungur og misgengi geta þó haft áhrif á stefnu grunnvatnsins. Rennsli úr tjörninni er yfirleitt eingöngu um grunnvatn þótt dæmi séu

⁶ Miðsæknigildi = Gildi sem best lýsir miðsækni í tilteknu þýði. Hægt er m.a. að áætla miðsæknigildi með meðaltali, geómetrísku meðaltali, miðgildi eða tíðasta gildi.

um yfirborðsrennsli stutta leið á milli hraunsins og Hvaleyrarholts (Freysteinn Sigurðsson 1976, tilvísun í Gunnar Ólafsson & Guðríður Þorvarðardóttir 1998).

Meðaldýpi Ástjarnar er líklega nálægt 0,8 m en mesta mælda dýpi 1,3 m (Hilmar J. Malmquist o. fl. 2001). Vatnshæðin helst frekar stöðug en hækkar þó og lækkar aðeins miðað við úrkomumagn (VSB Verkfræðistofa 2007). Á vorin er yfirleitt hærra í tjörninni og umfang hennar meira. Hún er vestan undir Ásfjalli og að nokkru umlukin mýrum og sefgróðri. Tjörnin sjálf er um 4,71 ha en mýrlendið 8,46 ha (Gunnar Ólafsson & Guðríður Þorvarðardóttir 1998). Vatnasvið hennar er um 1,5 km² og fylgir hæstu punktum á Ásfjalli og Grísanesi sunnan við vatnið og að Reykjanesbrautinni í norður um það bil á ská yfir knattspyrnuvöllina vestan við tjörnina (sjá mynd 1).

Fjallið og brekkurnar austan við tjörnina eru melar sem eru að gróa upp. Aflagt garðyrkjubýli er í slakkanum upp með Ásfjalli og er nokkur trjágróður víða umhverfis tjörnina. Byggt hefur verið inn á norðanvert vatnasvið Ástjarnar (Ásland I og II).

Ástjörn og svæði umhverfis hana er skilgreint sem friðland (rúmir 26 ha) (Menntamálaráðuneytið 1978) og friðlandið og svæðið umhverfis það ásamt Ásfjalli er skilgreint sem fólkvangur (Umhverfissráðuneytið 1996).

Í tjörninni er talsverður vatnagróður m.a. síkjamari, *Myriophyllum alterniflorum*, tjarnarlaufur, *Littorella uniflora*, hnúðsef, *Juncus bulbosus* og fjallanykra, *Potamogeton alpinus*. Mergð hornsíla og umtalsvert fuglalíf við Ástörn er talið gefa til kynna að framleiðsla lífræns efnis sé töluvert mikil (Hilmar J. Malmquist o. fl. 2001). Tjörnin og svæðið umhverfis er auk þess sagt einkennast af mjög auðugu gróður- og dýralífi (Gunnar Ólafsson & Guðríður Þorvarðardóttir 1998).

Áhrif umsvifa á vatnasviðinu

Eiginleikar vatna ráðast að talsverðu leyti af eiginleikum vatnasviða þeirra. Úrkoma sem fellur á vatnasviðið og endar í viðkomandi vatni tekur upp og ber með sér ýmiss efnasambönd.

Fosfór (P) og málmar eru jafnan fremur torleystir í vatni og berast því greiðlegast í vötn sem fast efnasamband eða viðloðandi fastar efnisagnir og þar af leiðandi helst með yfirborðsvatni. Ólífrænt köfnunarefni (N) er aftur á móti vel uppleysanlegt svo það berst greiðlega með öllu vatni hvort sem er yfirborðs-, grunn- eða jarðvatni. Sama á við salt sem borið er á götur til hálkuvarna.

Tjörnin fær nær allt sitt vatn frá grunn- og jarðvatni og er það væntanlega að mestu leyti upprunnið sem regnvatn innan vatnasviðsins. Ekki er þó útilokað að hluti grunnvatnsins berist lengra að. Bein losun mengunarefna á sér ekki stað í Ástjörn. Íbúðahverfi (Ásland I og II) eru á hluta vatnasviðsins og mætti því búast við að mengunarefni þaðan geti að einhverju leyti borist í tjörnina. Í ofanvatni af þéttum flötum, sérstaklega götum og gangstéttum, er að finna talsvert af mengunarefnum bæði uppleyst og í formi fastra agna. Ofanvatn af þéttum flötum þessara hverfa er hinsvegar leitt um ofanvatnsútrás ofan í púkk undir bílastæðunum við Haukahúsið norðvestan við Ástjörn (Helga Stefánsdóttir 2010, persónulegar upplýsingar) en þau eru utan við yfirborðsvatnasvið Ástjarnar, sbr. mynd 1 og því líklegt að vatn þaðan sígi frekar í áttina frá Ástjörn, í átt til sjávar. Það mun þó ekki vera vitað með fullri

vissu. Rétt handan Ásbrautar er á þessari lögn yfirfallsútrás (sjá mynd 1) sem verður virk þegar þúkkið hefur fyllst af vatni og tekur ekki við meiru. Það vatn er ekki fyrsta skolun af götunum og því heldur hreinna en ofanvatnið sem skolast í ofanvatnskerfið er að jafnaði. Það er þó að koma beint af götunum og hefur ekki náð að losa sig við mengunarefni með síun í jarðvegi og bergi. Framan við útrásina er hinsvegar tyrfð jarðvegshleðsla sem myndar uppistöðu þar sem umframvatnið sígur ofan í jarðgrunninn. Vatn mun renna fremur sjaldan um þetta yfirfall og hefur að sögn aldrei náð að flæða yfir jarðvegsgarðinn. Vatnið síast því ofan í jarðveginn og berst ekki í tjörnina sem yfirborðsvatn. Hvorki er hinsvegar vitað hvort þetta vatn nær tjörninni að einhverju leyti eða alls ekki né hve vel síað það er ef slíkt er að gerast. Í þessari skýrslu er þó gengið út frá að mengunarálag af völdum þessa ofanvatns sé ekki mikið. Full ástæða er þó til að kanna þessi mál frekar því þetta skiptir máli fyrir framtíðarþróun Ástjarnar. Jafnframt er þessi vitneskja nauðsynleg til að meta álag á vatnið og tíðni vöktunar þess.

Þúkkið undir bílastæðunum mun þéttast með tímanum vegna fastra efna sem ofanvatnið ber með sér. Við svipaðar aðstæður, s.s. veðurfar, má því búast við að tíðni tilvika þegar vatn fer um yfirfallið muni aukast með tímanum.

Berist lítið sem ekkert af ofanvatninu í Ástjörn verður hún af nokkru vatni sem án inngripa mannsins hefði átt að berast í hana. Gróflega hefur verið áætlað að ef ekkert af þessu vatni bærst Ástjörn yrði hún af tæplega 7% af ofanvatni vatnasviðsins vegna þessara inngripa (VSB verkfræðistofa 2007). Við útreikningana var reyndar gert ráð fyrir að vatnasvið tjarnarinnar væri 1 km² en hér er það talið 1,5 km² sem með sömu aðferð gæfi lægra hlutfall, 4%.

Lúpína (*Lupinus nootkatensis*) er víða í smáflekkjum og flákum á melum og holtum austan og sunnan við tjörnina og er sennilega að breiðast hratt út. Svæði með þéttum lúpínuvexti er hugsanleg köfnunarefnisuppspretta. Áætlað er að allt að 200 kg N/ha sé í sinufalli af lúpínu að hausti sem bætist ofan á jarðveginn og tekur að rotna (Borgþór Magnússon o. fl. 2001). Þá er köfnunarefni í rótum ekki meðtalið. Árleg aukning köfnunarefnis í jarðvegi þar sem lúpína hefur numið land er frá 40 kg N/ha (David D. Myrold & Kerstin Huss-Danell 2003) og að 120 kg N/ha (Borgþór Magnússon o. fl. 2001). Mismunur þess sem binst í plöntunni og þess sem eftir verður í jarðveginum gefur vísbendingu um þann hluta sem tapast hefur úr jarðveginum, m.a. með jarð- og grunnvatni.

Hugsanleg áhrif af mengun

Ástjörn verður að teljast hafa fremur litla mótstöðu gegn áhrifum næringarefna- og málmengunar. Það stafar aðallega af því hversu grunn tjörnin er en grunn vötn hafa minni möguleika á að koma efnunum úr umferð nema útskolun sé mjög hröð. Endurnýjunartími tjarnarinnar er ekki þekktur.

Mælingar heilbrigðiseftirlitsins

Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis hefur vaktað saurbakteríur í Ástjörn síðan 2002. Sýni hafa verið tekin tvisvar til þrisvar sinnum á ári og eru því til nokkuð góð gögn um saurbakteríur í tjörninni undanfarin ár. Var ákveðið að notast einnig við þau gögn við flokkunina en sleppa þess í stað sýnatökum fyrir

saurbakteríugreiningar utan vaxtartímans. Niðurstöður heilbrigðiseftirlitsins eru sýndar í töflu 5.

Tafla 5. Gögn Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis um þéttleika saurbaktería í Ástjörn.

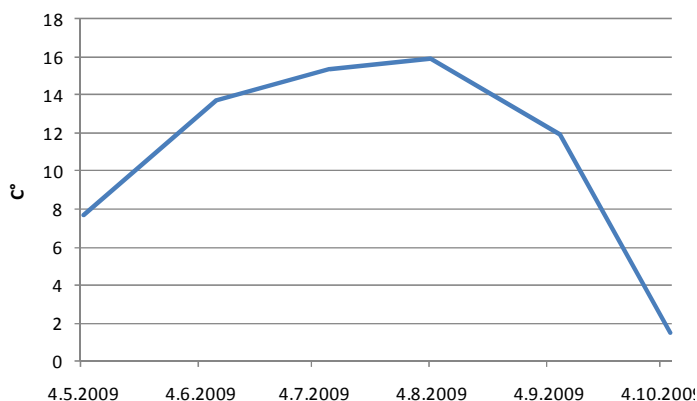
Birt með leyfi heilbrigðiseftirlitsins.

	Bakteríuþéttleiki, fjöldi í 100 ml	
	Saurkólí	Saurkokkar
Mai 2002	36	27
September 2002	630	1
Nóvember 2002	21	18
Mai 2003	0	0
Ágúst 2003	100	17
Nóvember 2003	15	14
Mai 2004	20	10
Ágúst 2004	55	10
Mai 2005	0	0
Ágúst 2005	31	5
Nóvember 2005	240	93
Mai 2006	2	1
Ágúst 2006	110	46
Nóvember 2006	10	2
Mai 2007	4	3
Ágúst 2007	600	6
Nóvember 2007	4	1
Mai 2008	22	0
Ágúst 2008	79	28
Meðaltal	104	15
Staðalfrávik	189	23
Min	0	0
Max	630	93

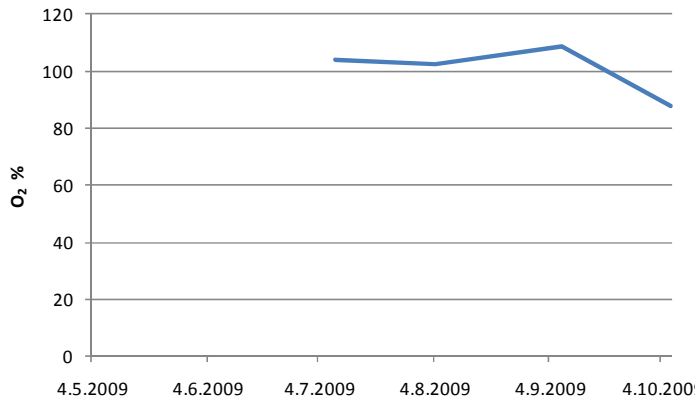
Niðurstöður og umfjöllun

Niðurstöður

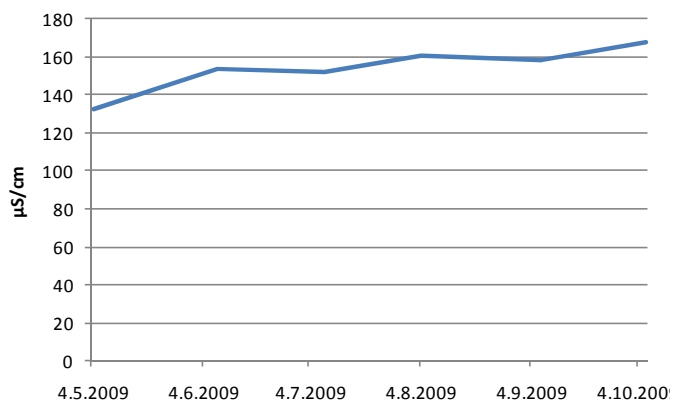
Niðurstöður mælinga og efnagreininga eru birtar í heild sinni í viðauka C. Þær eru flestar einnig sýndar á myndum 2-19.



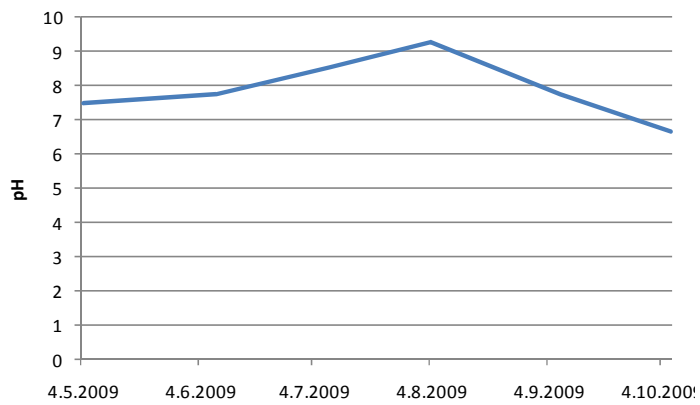
Mynd 2. Hitastig vatns í Ástjörn.



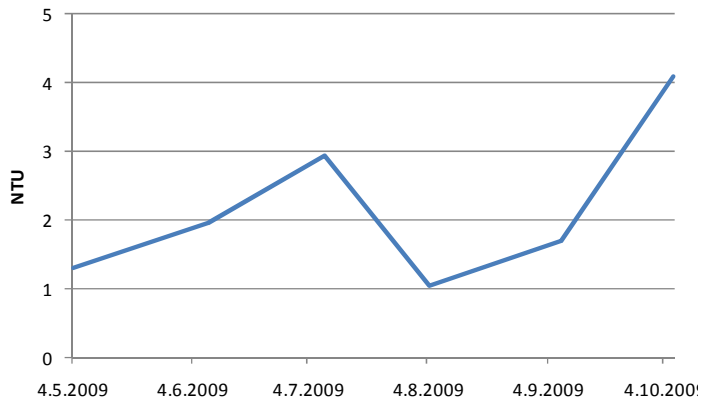
Mynd 3. Súrefnismettun í Ástjörn.



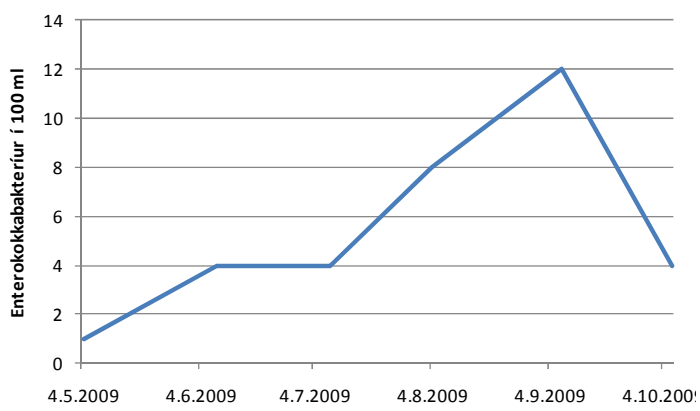
Mynd 4. Rafleiðni í Ástjörn.



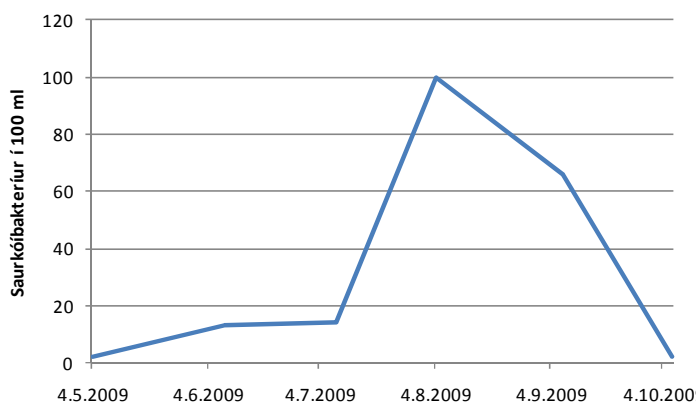
Mynd 5. pH í Ástjörn.



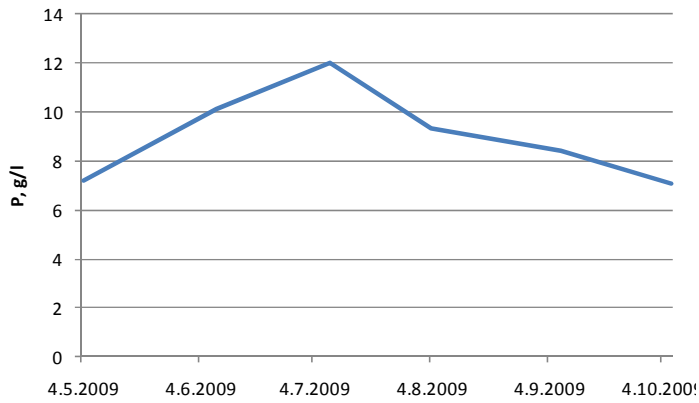
Mynd 6. Grugg í Ástjörn.



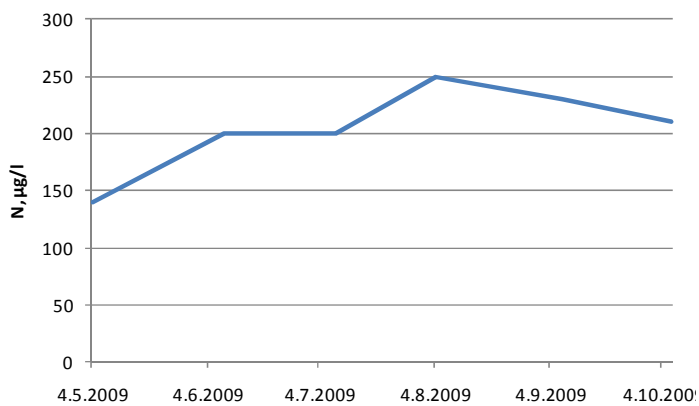
Mynd 7. Þéttleiki saurkokkabaktería í Ástjörn.



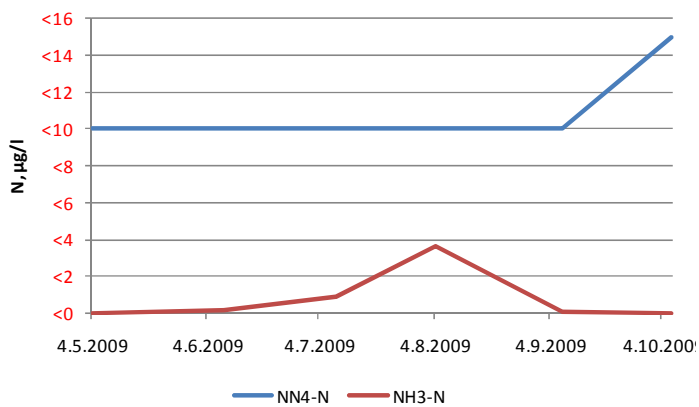
Mynd 8. Þéttleiki saurkólíabaktería í Ástjörn.



Mynd 9. Fosfórstyrkur í Ástjörn.

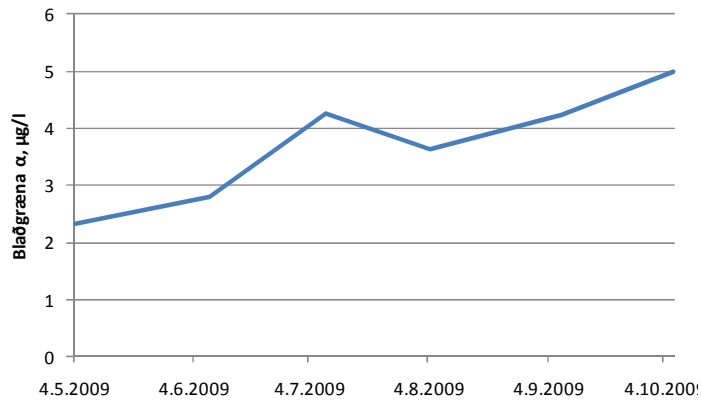


Mynd 10. Köfnunarefnisstyrkur (t-N) í Ástjörn.

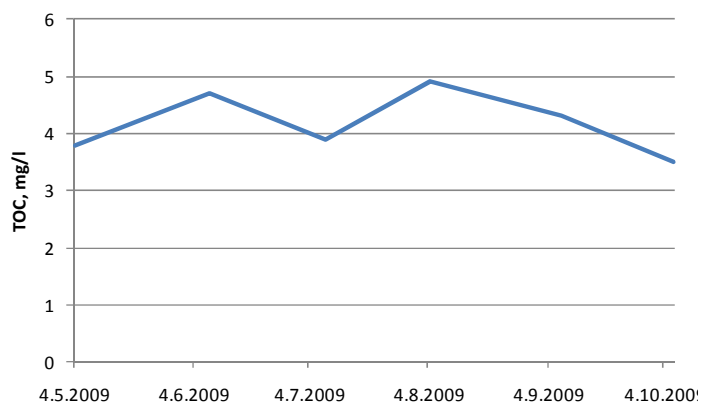


Mynd 11. Ammoníaksstyrkur í Ástjörn.

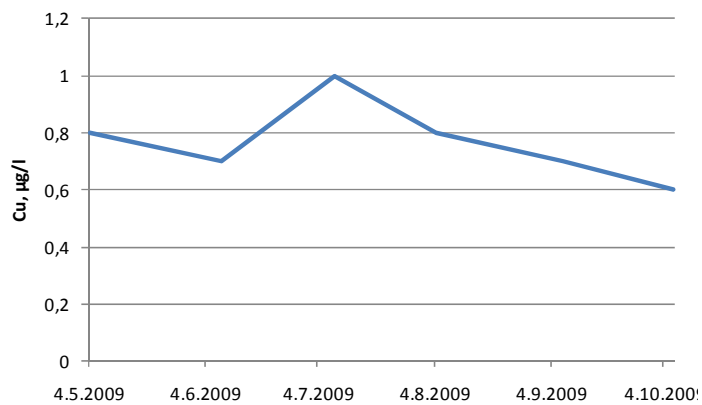
Greiningarmörk $\text{NH}_4\text{-N}$ voru 10 $\mu\text{g/l}$. Aðeins eitt gildi var yfir þeim.



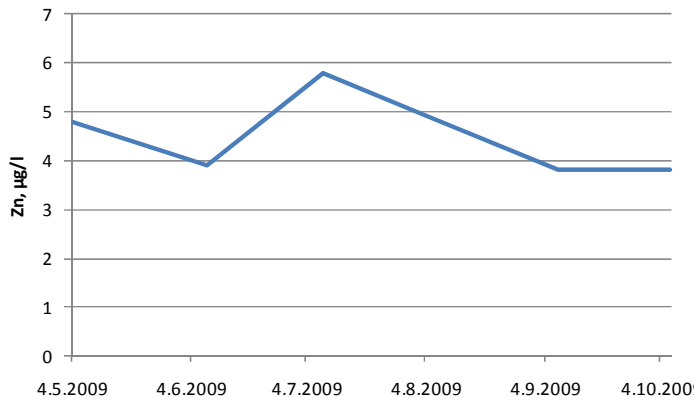
Mynd 12. Styrkur bláðgrænu α í Ástjörn.



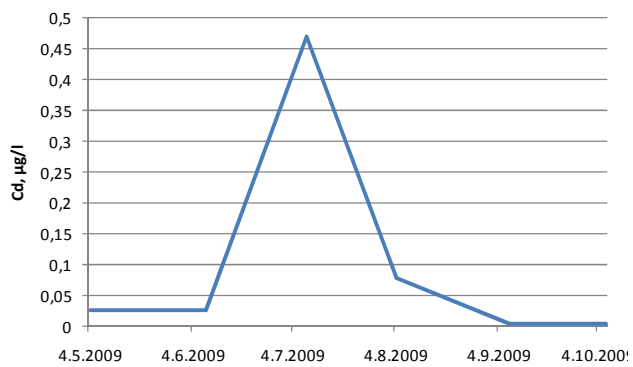
Mynd 13. Heildarstyrkur lífræns kolefnis í Ástjörn.



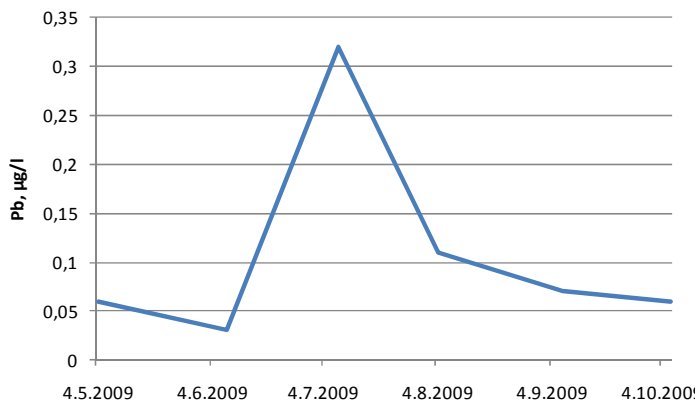
Mynd 14. Kóparstyrkur í Ástjörn.



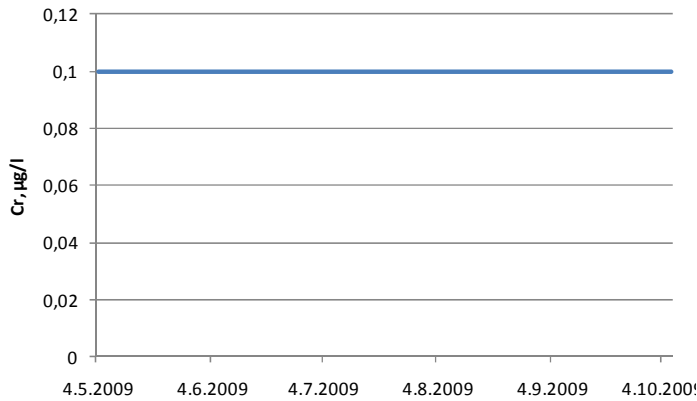
Mynd 15. Zinkstyrkur í Ástjörn.



Mynd 16. Kadmíumstyrkur í Ástjörn.

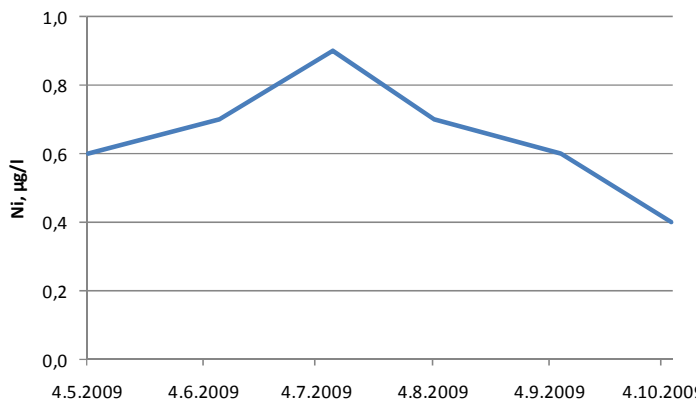


Mynd 17. Blýstyrkur í Ástjörn.



Mynd 18. Krómstyrkur í Ástjörn.

Í tveimur tilvikum er um að ræða greiningarmörkin, önnur gildi voru undir þeim.



Mynd 19. Nikkelstyrkur í Ástjörn.

Þá daga sem sýnin voru tekin var vindstyrkur metinn vera frá logni og upp í golu.

Fyrri hluta sýnatökutímabilsins var mikið í tjörninni og flaut upp á mýrina þeim megin sem sýnin voru tekin. Mikið þurrviðri var frá því í maí fram í lok júlí. Þann 8. júlí hafði vatnið lækkað það mikið að hinir eiginlegu vatnsbakkar komu á þurrt. Lítillega lækkaði einnig í henni eftir það. Fuglalíf var mikið og fór vaxandi fram í september en minnkaði eftir það. Á rannsóknartímabilinu var tjörnin aðeins ísilögð í sýnatökunni í október og þá aðeins með skæni sem náði ekki yfir miðbik hennar.

Hitastig í Ástjörn mældist hæst í ágúst, 15,9 °C en lægst í október 1,5°C.

Styrkur súrefnis var ætíð mikill. Hann var mestur í október (12,13 mg/l) þótt súrefnismettunin þá hafi verið minnst, 88%. Hæst var mettnarhlutfallið í september, 108,5%.

Meðalrafleiðni í Ástjörn var 154,2 µS/cm. Hún hækkaði úr 132,8 µS/cm í byrjun rannsóknartímabilsins í 167,4 µS/cm í lok þess. Kann það að tengjast uppgufun og lítilli úrkomu á tímabilinu.

pH var á bilinu 6,7 – 9,3, hæst í ágúst 2009 en lægst í október 2009.

Grugg var á bilinu 1,05 - 4,09 NTU, að meðaltali 2,18 NTU. Mest grugg var í október, en minnst ágúst.

Þéttleiki saurbaktería var ætíð lítill, sérstaklega saurkokkabaktería. Þéttleikinn var hinsvegar greinilega árstíðabundinn og mestur síðsumars. Þéttleiki saurkólíabaktería var mestur í ágúst, 100 í 100 ml en saurkokkabaktería í september, 12 í 100 ml. Líklega tengist þéttleikinn fjölda fugla sem hélt sig á tjörninni.

Styrkur fosfórs (P) í Ástjörn var tiltölulega stöðugur (7,1 – 12,0 $\mu\text{g/l}$), að meðaltali <9,0 $\mu\text{g/l}$. Jókst styrkurinn fram í júlí en minnkaði svo aftur.

Heildarstyrkur köfnunarefnis (t-N) var á bilinu 140 – 250 $\mu\text{g/l}$ og að meðaltali 205 $\mu\text{g/l}$. Var hann áberandi minnstur í maí en náði hámarki í ágúst. Styrkur ammoníaks var undir greiningarmörkum (<10 $\mu\text{g/l}$) alla sýnatökudagana nema í október þegar það mældist 15 $\mu\text{g/l}$. Styrkur óklofins ammoníaks ($\text{NH}_3\text{-N}$) var ávallt lítill (0 – <3,6 $\mu\text{g/l}$). Í of miklum styrk (yfir 10-100 $\mu\text{g/l}$) er óklofið ammoníak eitrað fiskum (Steven C. Chapra 1997), sérstaklega seiðum.

Styrkur blaðgrænu α í Ástjörn var á bilinu 2,3 – 5,0 mg/l, mestur í október og minnstur í maí. meðaltal blaðgræunnar var 3,7 mg/l. Sú blaðgræna α sem mældist kann að einhverju leyti að hafa verið upphvirflaðir botn- og ásætupörungar. Vindur var þó ætíð hægur þegar sýni voru tekin.

Heildarstyrkur lífræns kolefnis var á bilinu 3,5 – 4,9 mg/l. Að meðaltali var styrkurinn 4,2 mg/l. Þetta er í hærri kantinum miðað við það sem vitað er um styrk lífræns kolefnis í íslenskum stöðuvötnum (sjá (Hilmar J. Malmquist o. fl. 1999a, Brit Lise Skjelkvale o. fl. 2001) en svipaður styrkur og mældist í Urriðavatni árið 2005 (Tryggvi Þórðarson 2006b) og Vífilsstaðavatni árið 2007 (Tryggvi Þórðarson 2009).

Styrkur málmanna í Ásjörn var oftast áberandi meiri í sýnum frá júlí en frá öðrum tímum. Ástæðan er ekki þekkt en það tengist ekki uppróti af völdum hvassviðris við sýnatöku því logn var þegar sýni voru tekin þá. Smátoppur mældist einnig í gruggi þetta skiptið og heildarstyrkur fosfórs var einnig mestur þá.

Styrkur efna í Ástjörn er svipaður og mælst hefur áður í grunnnum, ómenguduðum vötnum á höfuðborgarsvæðinu. Hækkandi gildi fyrir bakteríur, næringarefni, blaðgrænu α og grugg á mælitímanum tengist sennilega að einhverju leyti miklu fuglalífi tjarnarinnar yfir sumartímann.

Til samanburðar var meðalstyrkur í Ástjörn á árunum 2000-2001 þessi: t-P 12 $\mu\text{g/l}$, t-N 236 $\mu\text{g/l}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ <11 $\mu\text{g/l}$, TOC 2,04 mg/l (þrjár sýnatökudagar, N=5) (Hilmar J. Malmquist o. fl. 2001).

Vægi fosfórs og köfnunarefnis

Svifpörungar og annar gróður binda köfnunarefni og fosfór í N/P hlutfallinu 7,2:1 (vikt) (Steven C. Chapra 1997). Við mikla framleiðslu þeirra í stöðuvötnum getur það efni sem minna er af takmarkað vaxtarhraða og til lengri tíma einnig aukningu lífmassa. Önnur efni eru sjaldnar takmarkandi. Á heimskautasvæðum geta þó einnig hitastig og ljósmagn takmarkað framleiðni í stöðuvötnum (A. Nilsson 1997) og á það einnig við á Íslandi, a.m.k. stóran hluta ársins.

Styrkur næringarefna í stöðuvötnum gefur vísbendingar um hvaða næringarefni sé líklegt til að takmarka framleiðni svifþörungna í vötnunum. Til að meta ábyggilega hvort það er köfnunarefni eða fosfór bæði efnin eða hvorugt sem er takmarkandi er þó nauðsynlegt að hafa góðar upplýsingar um framleiðslu og næringarefnabúskap tiltekins vatns yfir langan tíma.

Almennt má reikna með að við styrk fosfats ($\text{PO}_4\text{-P}$) $< 2 \mu\text{g/l}$ sé fosfór takmarkandi og við styrk $< 15 \mu\text{g/l}$ fyrir samanlögð efnin nítrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) og ammoníak ($\text{NH}_4\text{-N}$) sé köfnunarefni takmarkandi (G. F. Lee & A. Jones-Lee 1998). Hvorki fosfatstyrkur, styrkur nítrats né ammoníaks var hinsvegar mældur. Til er greining á fosfati í Ástjörn frá 2000-2001 (Hilmar J. Malmquist o. fl. 2001) en þá var meðalstyrkur þess $1,6 \mu\text{g/l}$ (þrjár sýnatökudagar, $N=5$). Skv. ofangreindri reglu er líklegt að fosfór hafi verið takmarkandi þá. Meðalstyrkur ammoníaks á sama tíma var $< 11 \mu\text{g/l}$, sem og í þeirri rannsókn sem hér er til umfjöllunar. Styrkur nítrats í Ástjörn er hinsvegar óþekktur.

Hlutföll köfnunarefnis og fosfórs eru oft notuð til að gefa vísbendingar um hvort efnið gangi fyrir til þurrðar og verði þar með takmarkandi. Hlutföll köfnunarefnis og fosfórs hafa hinsvegar enga merkingu í þessu sambandi ef nóg er af báðum efnunum í aðgengilegu formi fyrir gróðurinn (Johan U. Gobbelaar & W. Alan House 1996), þ.e. yfir $2 \mu\text{g P/l}$ og yfir $15 \mu\text{g N/l}$. Mesta þýðingu hefur hlutfallið þegar framleiðsla stendur sem hæst að sumarlagi því þá ætti að ganga hlutfallslega meira á það næringarefni sem er í skorti. Stöðug íkoma, framboð frá seti og niðurbrot skilar hinsvegar stundum stöðugt nægilegu magni næringarefna til að stuðla að hámarksframleiðslu við lágan styrk þess efnis sem virðist vera takmarkandi. Það kunna þá að vera aðrir þættir sem ráða hámarksframleiðslunni og stærð lífmassa svifþörungna, t.d. snefilefni, hitastig, ljósmagn eða afát. Hlutfall N/P getur einnig sveiflast yfir sólarhringinn (G. Y. Rhee & I. J. Gotham 1980, tilvísun í Johan U. Gobbelaar & W. Alan House 1996) sem gerir málið flóknara. Snefilefni eins og járn (Robert W. Sterner 2008) eða molybdenum (Mo) (Charles R. Goldman 1960, Robert W. Howarth & Jonathan J. Cole 1985) kunna að einhverju leyti eða á vissum tímabilum að takmarka framleiðni vatns en styrkur þessara efna var hinsvegar ekki mældur í Ástjörn.

Í töflu 6 er gefið yfirlit yfir hvernig N/P hlutföll hafa verið notuð til að giska á hvort efnið kunni að takmarka vaxtarhraða svifþörungna í stöðuvötnum.

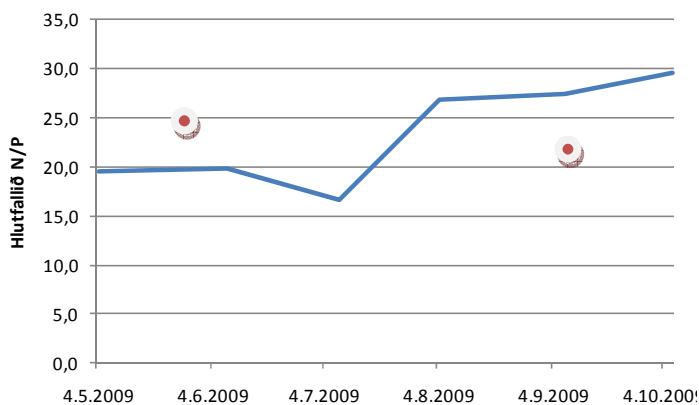
Tafla 6. Ýmiss viðmiðunargildi N/P hlutfalla (vikt) sem notuð eru til að meta hvort fosfór eða köfnunarefni er líklegt til að vera takmarkandi fyrir þörungavöxt í stöðuvötnum.

Köfnunarefni (N) er líklegt til að vera takmarkandi	Annað hvort N eða P, hvorki N né P eða bæði N og P gætu verið takmarkandi	Fosfór (P) er líklegri til að vera takmarkandi	Heimildir
<7,2		>7,2	(Steven C. Chapra 1997, C. F. Mason 1981)
<10		>10	(Noriko Takamura o. fl. 2003)
<12		>12	(P. Dillon & F. Rigler 1974)
<10	10-17	>17	(Florida Lakewatch 2000)
<8	8-19	>19	(S. J. Guildford & R. E. Hecky 2000)
<13	13-21	>21	(David R. Maidment 1992) Frumheimildir: (V. H. Smith 1979, R.V. Thomann & J.A. Mueller 1987)

Hraði umsetningar á köfnunarefni annarsvegar og fosfór hinsvegar getur einnig verið misjafn og gert notkun á N/P hlutfallinu varasama. Yfirlétt er talið að umsetning á

fosfór sé hraðari (G. P. Harris 1986) tilvísun í (I. Tonno & T. Noges 2003) sem merkir að enn meira er hlutfallslega aðgengilegt af fosfór miðað við ákveðið hlutfall N/P. Það kemur m.a. fram í þeim gildum sem gefin eru í töflu 6 en þau eru yfirleitt hærri en 7,2. Slík umsetning gerir það einnig að verkum að ekki er nægjanlegt að byggja ályktun um að ákveðið næringarefni sé takmarkandi eingöngu á þeim hluta næringarefnanna sem gróðurinn getur nýtt sér á því andartaki sem sýnið er tekið (níturat, ammoníak og fosfat).

Hlutfall heildarköfnunarefnis og heildarfosfórs í Ástjörn er sýnt á mynd 20. Hlutfallið var á bilinu 16,7 – 29,6. Við túlkun þessara talna ber að huga sérstaklega að þessum hlutföllum á miðju sumri þegar ætla má að frumframleiðni sé mest. Í júlí voru þessi hlutföll lægst eða 16,7. Þetta bendir frekar til að fosfór geti orðið takmarkandi þáttur fyrir vöxt svifþörungum yfir vaxtartímann en köfnunarefni.



Mynd 20. Hlutfall heildarköfnunarefnis og heildarfosfórs (N/P, vikt) í Ástjörn.

Rauðir punktar sýna samsvarandi hlutfall (N=1) byggt á gögnum frá 2000-2001 (Hilmar J. Malmquist, Erlín E. Jóhannesdóttir & Finnur Ingimarsson 2001). Gildi frá 30.3.01 er ekki sýnt (20,7, N=3).

Vatnablönturnar eru síður háðar styrk næringarefna í vatninu á hverjum tíma því þær geta líka náð efnunum upp í gegnum ræturnar. Botn- og ásætubörunga hafa einnig betri aðgang að næringarefnum í botnleðjunni og frá vatnablöntunum en svifþörungum. Þar sem vatnið er tiltölulega grunnt er líklegt að mikið af frumframleiðslunni í vatninu sé af völdum vatnaplantna og ásætu- og botnþörungum.

Flokkun Ástjarnar

Næringarástand Ástjarnar

Frumframleiðsla og lífmassi eru þeir þættir sem best lýsir næringarástandi tiltekins vatns. Næringarefni og tegundir vatnalífvera geta sömuleiðis gefið vísbendingar um næringarástand þess.

Flokka má næringarástand Ástjarnar á grundvelli flokkunarþátta reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Þannig flokkun gefur að vatnið sé

næringarfátækt (oligotrophic) á grundvelli styrks blaðgrænu α , fosfórs heildarköfnunarefnis og ammoníaks en næringarríkt (meso-/eutrophic) á grundvelli lífræns kolefnis. Ætla má að lífrænt kolefni sé að mestu upprunnið í votlendinu umhverfis vatnið og sé því síðri mælikvarði á næringarstöðu vatnsins. Auk þess eru vísbendingar um að endurskoða þurfi flokkunarkerfi reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns m.t.t. lífræns efnis (TOC) þar sem náttúruleg ástand vatna flokkast hafna yfirleitt í umhverfismarkaflokkum II og III fyrir TOC.

Þótt blaðgræna α í vatnsbol stöðuvatna sé mælikvarði á lífmassa á það eingöngu við um lífmassa svifþörunga en ekki háplantna og botn- og ásætubörunga sem ætla má að séu verulegur hluti af lífmassa gróðurs í Ástjörn. Næringarástandið kann því að vera eitthvað næringarríkara en styrkur blaðgrænnunnar segir til um. Í ljósi ofanritaðs er þó gert ráð fyrir að tjörnin flokkist sem næringarfátæk (oligothrophic).

Náttúrulegt ástand

Viðmiðanir

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

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

Álagsgreining vatnasviðs Ástjarnar hefur ekki farið fram og er því ekki hægt að styðjast við hana eins og gert er ráð fyrir í leiðbeiningum Umhverfisstofnunar (Umhverfisstofnun 2004). Þar sem álagspættir á vatnasviðunum eru fáir kemur það væntanlega ekki að sök. Álagspættirnir felast nær eingöngu í þéttbýli á hluta vatnasviðsins og álagi af umferð ökutækja. Hér er gert ráð fyrir því að þetta álag á Ástjörn hafi verið mjög lítið. Samkvæmt því ættu flest mæld gildi að vera nálægt náttúrulegum gildum. Hugsanleg aukning í álagi af völdum köfnunarefnis frá stækkandi lúpínubreiðum er ekki talið til mengunarálags heldur til náttúrulegs hluta köfnunarefnis sem í vatnið berst.

Styrkur köfnunarefnis, ammoníaks og fosfórs í stöðuvötnum á Suðvesturlandi er gefinn í töflu 7. Bakkatjörn og Reykjavíkurtjörn verða að teljast verulega næringarrík vötn og sennilega talsvert menguð.

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

Tafla 7. Meðalstyrkur næringarefna og hlutfall köfnunarefnis og fosfórs í 10 stöðuvötnum og tjörnum á Suðvesturlandi.

Vatn	Köfnunarefni (t-N)	Fosfór (t-P)	Fosfat (PO ₄ -P)	Ammoníak (NH ₄ -N)	N/P
Bakkatjörn, Seltjarnarnesi ¹⁾	3.447	610	220	144	5,7
Reykjavíkurtjörn, Norðurtjörn ²⁾	1.113	112	50	149	9,9
Reykjavíkurtjörn, Suðurtjörn ²⁾	1.043	98	49	235	10,6
Vatnsmýrartjörn ²⁾	919	72	40	174	12,8
Vífilsstaðavatn ³⁾	388	13,5	<3,7	49,2	28,7
Urriðakotsvatn ³⁾	377	5,2	5,0	<15,7	72,5
Hafravatn ⁴⁾	308	6,6	4,0	<5,8	46,7
Ástjörn	205	9,0		<11	23,3
Leirvogsvatn ⁵⁾	190	6,2	2,6	<5,7	30,6
Meðalfellsvatn ⁶⁾	181	9,6	1,7	<5,8	18,9
Ellidavatn ⁷⁾	81	16,4	5,5	21,5	4,9

1) (Hilmar J. Malmquist o. fl. 2009). 2) (Hilmar Malmquist o. fl. 2008). 3) (Tryggvi Þórðarson 2006b). 4) (Tryggvi Þórðarson 2004e). 5) (Tryggvi Þórðarson 2004a). 6) (Tryggvi Þórðarson 2004d). 7) (Tryggvi Þórðarson 2003i). 8) (Tryggvi Þórðarson 2009)

Næringarefni

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

Í ýmsum ám á Suðurlandi reyndist uppleysti hluti heildarfosfórs (t-P_{uppleyst}) 1997-1998 að meðaltali vera á bilinu um 10-25 µg P/l (Eydís Salome Eiríksdóttir o. fl. 1999) og eru þar jökulár meðtaldar. Að jafnaði er fastur hluti fosfórs í ám heimsins um tífundur uppleysti hlutinn (Elizabeth Kay Berner & Robert A. Berner 1996).

Einnig liggja fyrir niðurstöður frá mengunarflokkunum Háskólasetursins í Hveragerði á straumvötnum (Tryggvi Þórðarson 2003j, 2003k, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003e, 2003h, 2003f, 2003g, 2003i, 2004b, 2004c, 2006a, 2006b, 2007). Samkvæmt þeim gögnum (N=248) eru 50- og 90-hundraðshlutamörk fyrir heildarstyrk fosfórs 12,0 og 32,2 µg/l fyrir 21 straumvatn, þar af 14 á Suðvesturlandi⁷⁾ og 7 á Norðurlandi⁸⁾. Fyrir árnar 14 á Suðvesturlandi (N=158) eru þessar tölur fyrir t-P 8,5 og 20,2 µg/l. Fyrir fosfat eru þessi hundraðshlutamörk 6,5 og 15,8 µg/l fyrir allar árnar (N=248) og 5,9 og 9,1 µg/l fyrir árnar á Suðvesturlandi (N=158).

Heildarfosfór var mældur í 39 íslenskum vötnum árin 1997 og 1998 og reyndist vera á bilinu 1-107 µg/l (Hilmar J. Malmquist o. fl. 1999b). Heildarfosfór í þessum stöðuvötnum var undir 8 µg/l í 50% tilvika og undir 60 µg/l í 90% tilvika (Brit Lise Skjelkvale o. fl. 2001).

Sambærileg gögn (N=48) eru til fyrir 8 ómenguð eða nær ómenguð stöðuvötn á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn, Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn, Urriðakotsvatn og Vífilsstaðavatn (Tryggvi Þórðarson 2003i, 2004e, 2004a, 2004d, 2006b, 2008, 2009). Í þeim var heildarfosfór undir 8,7 µg/l í 50% tilvika en undir 17,3 µg/l í 90% tilvika. Fyrir fosfat voru þessi gildi 5,0 og 8,8 µg/l.

Náttúrulegur styrkur nitrats (NO₃-N) í yfirborðsvatni er venjulega undir 100 µg/l (Deborah Chapman & Vitaly Kimstach 1996). Árin 1997-1998 mældist nitrattstyrkur á

⁷⁾ Elliðaár, austurkvísl (E1), Hólmsá, Suðurá, Bugða, Kaldakvísl, Laxá í Kjós, Leirvogsa, Úlfarsá, Varmá í Mosfellsbæ (eftir að skólplösun var hætt), Botnsá, Brynjudalsá, Fossá, Kiðafellsá og Stórákrókslækur.

⁸⁾ Eyjafjarðará, Glerá, Hörgá, Svarfaðardalsá, Fnjóská, Skjálfafljót og Laxá í Þingeyjarsýslu.

bilinu 17 - 790 $\mu\text{g/l}$ í 39 íslenskum stöðuvötnum en í íslenskum vötnum er hann talin geta orðið lægst undir 1 $\mu\text{g/l}$ (Brit Lise Skjelkvale o. fl. 2001).

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

Einnig liggja fyrir niðurstöður frá mengunarflokkunum Háskólasetursins í Hveragerði á straumvötnum (Tryggvi Þórðarson 2003j, 2003k, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003e, 2003h, 2003f, 2003g, 2003i, 2004b, 2004c, 2006a, 2006b, 2007, 2009). Samkvæmt þeim gögnum eru 50- og 90-hundraðshlutamörk fyrir heildarstyrk köfnunarefnis 125 og 335 $\mu\text{g/l}$ ($N=248$) og ammoníak 7,8 og 39,2 $\mu\text{g/l}$ fyrir þau 21 vatnsfall sem um ræðir en af þeim eru 14 á Suðvesturlandi og 7 á Norðurlandi. Fyrir árnar á Suðvesturlandi eru þessi mörk fyrir heildarköfnunarefni 90,2 og 269 $\mu\text{g/l}$ ($N=158$) en 9,0 og 42,5 $\mu\text{g/l}$ fyrir ammoníak ($N=157$).

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

Sambærileg gögn eru til fyrir 7 ómenguð eða nær ómenguð stöðuvötn á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn og Urriðakotsvatn⁹ (Tryggvi Þórðarson 2003i, 2004e, 2004a, 2004d, 2006b, 2008). Í þeim var heildarköfnunarefni ($N=41$) undir 240 $\mu\text{g/l}$ í 50% tilvika en undir 544 $\mu\text{g/l}$ í 90% tilvika. Fyrir ammoníak ($N=42$) voru þessi gildi 7,0 og 33,0 $\mu\text{g/l}$.

Lífrænt efni

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

Vegna fremur lágs meðalhita á Íslandi, sem ekki örvar niðurbrot uppsafnaðs lífræns efnis í jarðvegi þannig að lífræn niðurbrotsefni skili sér út í yfirborðsvatn, tiltölulegra mikillar úrkomu, sem þynnir út niðurbrotsefnin í vatninu og jarðvegs sem víða er fátaekur af lífrænum efnum, má búast við að styrkur náttúrulegs lífræns uppleysts efnis í yfirborðsvatni á Íslandi sé yfirleitt lágur og vel undir heimsmeðaltali. Heildarstyrkur lífrænna efna í vötnum eykst hinsvegar í takt við umfang mýrlendis á vatnsviði þeirra, sérstaklega þess sem er næst þeim (L. Arvola o. fl. 2004, H. Laudon o. fl. 2004, T. Mattsson o. fl. 2005). Styrkur lífræns efnis í vatni er einnig háður loftslagsbreytingum á hverjum tíma en hlýnandi veðurfar hefur m.a. sumstaðar valdið aukningu lífræns efnis í yfirborðsvatni á síðustu árum (Rolf D. Vogt o. fl. 2001). Ástæðan er aukið niðurbrot uppsafnaðs lífræns efnis í umhverfinu vegna hitastigshækkunar og að einhverju leyti aukinnar uppgufunar vatns sem gerir vatnið rammara.

⁹ Köfnunarefnisgildi ($t\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_3\text{-N}$) fyrir Vífilsstaðvatn ($N=6$) eru ekki tekin með þar sem þau eru sennilega að einhverju leyti vegna mengunar.

Til eru efnagreiningar frá mengunarflokkunum Háskólasetursins í Hveragerði á straumvötnum (Tryggvi Þórðarson 2003j, 2003k, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003e, 2003h, 2003f, 2003g, 2003i, 2004b, 2004c, 2006a, 2006b, 2007). Samkvæmt þeim gögnum eru 50- og 90-hundraðshlutamörk fyrir heildarstyrk lífræns kolefnis 1,74 og 3,39 mg/l í 21 vatnsfalli (N=248), þar af í 14 á Suðvesturlandi og 7 á Norðurlandi. Fyrir árnar á Suðvesturlandi (N=158) eru þessar tölur 1,99 og 3,75 mg/l.

Einnig liggja fyrir efnagreiningar á heildarmagni lífræns kolefnis í 39 íslenskum stöðuvötnum (Brit Lise Skjelkvale o. fl. 2001) þar sem 50-hundraðshlutamark fyrir heildarstyrk lífræns kolefnis var 1,0 mg/l og 90-hundraðshlutamark 2,3 mg/l.

Sambærileg gögn (N=42) eru einnig til fyrir 8 ómengduð eða nær ómengduð stöðuvötn á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn, Urriðakotsvatn og Vífilsstaðavatn (Tryggvi Þórðarson 2003i, 2004e, 2004a, 2004d, 2006b, 2008, 2009). Í þeim var heildarstyrkur lífræns kolefnis undir 4,1 mg/l í 50% tilvika en undir 7,9 mg/l í 90% tilvika.

Málmar

Til eru upplýsingar um styrk málma í ýmsum ám á landinu en gildin eru flest aðeins yfir uppleysta málma og því erfið til samanburðar.

Vegna flokkunar Háskólasetursins í Hveragerði á straumvötnum liggja þó fyrir efnagreiningar á málmum í 10-12 ósíuðum sýnum úr hverri af 21 ám (N=236), 14 á Suðvesturlandi og 7 á Norðurlandi (Tryggvi Þórðarson 2003j, 2003k, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003e, 2003h, 2003f, 2003g, 2003i, 2004b, 2004c, 2006a, 2006b, 2007). Gildi 50- og 90-hundraðshlutamarka fyrir málma í þessum ám eru þessi: Kopar: 0,76 og 2,85 µg/l, zink: 1,85 og 4,38 µg/l, kadmíum: 0,017 og 0,051 µg/l, blý: 0,023 og 0,101 µg/l, króm: 0,817 og 1,619 µg/l, nikkell: 0,32 og 0,69 µg/l, arsen: 0,08 og 0,09 µg/l. Fyrir árnar 14 á Suðvesturlandi (N=146) eru gildin þessi: Kopar: 0,50 og 1,188 µg/l, zink: 1,95 og 61,9 µg/l, kadmíum: 0,02 og 0,034 µg/l, blý: 0,05 og 1,18 µg/l, króm: 0,90 og 1,46 µg/l, nikkell: 0,35 og 0,76 µg/l, arsen: 0,10 og 0,19 µg/l.

Sambærilegar upplýsingar eru til um styrk málma í 8 ómengduðum eða nær ómengduðum stöðuvötnum á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatni, Leirvogsvatni, Hafravatni og Elliðavatni, Reynisvatni, Rauðavatni, Urriðakotsvatni og Vífilsstaðavatni (Tryggvi Þórðarson 2003i, 2004e, 2004a, 2004d, 2006b, 2008, 2009). Tölur yfir 50-hundraðshlutamörk og 90-hundraðshlutamörk fyrir málma (N=36 fyrir blý og 48 fyrir aðra málma) eru þessar: Kopar: 0,46 og 1,22 µg/l, zink: 3,06 og 8,62 µg/l, kadmíum: 0,012 og 0,062, blý: 0,056 og 0,414 µg/l, króm: 0,38 og 1,29 µg/l, nikkell: 0,21 og 0,48 µg/l og arsen: 0,09 og 0,14 µg/l.

Blaðgræna α

Vegna sambærilegra mengunarflokkunar er til gögn um blaðgrænu α fyrir 8 ómengduð eða nær ómengduð stöðuvötn á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn, Urriðakotsvatn og Vífilsstaðavatn (Tryggvi Þórðarson 2003i, 2004e, 2004a, 2004d, 2006b, 2008, 2009). Í þeim sýnum (N=48) var styrkur blaðgrænu α undir 2,3 µg/l í 50% tilvika en undir 4,7 µg/l í 90% tilvika.

Saubakteríur

Niðurstöður liggja fyrir um saurbakteríur frá mengunarflokkunum Háskólaásetursins í Hveragerði á straumvötnum (Tryggvi Þórðarson 2003j, 2003k, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003e, 2003h, 2003f, 2003g, 2003i, 2004b, 2004c, 2006a, 2006b, 2007). Samkvæmt þeim eru 50- og 90-hundraðshlutamörk fyrir þéttleika saurkólíabaktería (21 á, N=248) 10 og 171 í 100 ml og saurkokkabaktería (4 ár, N=48) 4 og 30 í 100 ml. Af þessum 21 straumvatni voru 14 á Suðvesturlandi og 7 á Norðurlandi. Fyrir árnar á Suðvesturlandi eru þessar tölur fyrir saurkólíabakteríur (21 á, N=158) 6 og 190 í 100 ml og fyrir saurkokkabakteríur (4 ár, N=158) 3 og 28 í 100 ml.

Gögn um bakteríuþéttleika eru til fyrir 8 ómengduð eða nær ómengduðu stöðuvötn á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn, Urriðakotsvatn og Vífilsstaðavatn (Tryggvi Þórðarson 2003i, 2004e, 2004a, 2004d, 2006b, 2008, 2009). Í þeim sýnum var þéttleiki saurkólíabaktería (N=81) undir 2 í 100 ml í 50% tilvika en undir 14 í 100 ml í 90% tilvika og þéttleiki saurkokkabaktería (N=45, Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn, Urriðakotsvatn og Vífilsstaðavatn) var undir 1 í 100 ml í 50% tilvika og undir 8 í 90% tilvika 100 ml.

Mat á náttúrulegu og raunverulegu ástandi

Í töflu 8 eru sýnd meðaltöl mælinga á efnastyrk- og bakteríuþéttleika í Ástjörn ásamt þeim gildum sem talið er að einkenni náttúrulegt ástand tjarnarinnar og þeir umhverfismarkaflokkar sem eiga við þau gildi.

Tafla 8. Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Ástjarnar

Taflan sýnir raunverulegt og áætlað náttúrulegt ástand tjarnarinnar bæði sem styrk og umhverfismarkaflokk. Í töflunni eru enn fremur sýndar tölur yfir meðaltal efnastyrs í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi, meðaltal stakra mælinga í 59-62 íslenskum vötnum og meðalstyrk í Hafravatni (n=11 fyrir bakteríur en 6 fyrir aðra þætti), Elliðavatni (n= 36 fyrir bakteríur en 18 fyrir aðra þætti), Reynisvatni (n=6), Rauðavatni (n=6), Urriðakotsvatni (n= 12 fyrir bakteríur og 6 fyrir aðra þætti) og Vífilsstaðavatni (n=12 fyrir bakteríur og n=6 fyrir aðra þætti).

	Meðaltal úrkomu í Reykjavík og á Írafossi ¹⁾	Meðaltal í 59-62 ísl. vötnum	Hafravatn ⁴⁾	Elliðavatn ⁵⁾	Reynisvatn ⁶⁾	Rauðavatn ⁶⁾	Urriðakotsvatn ⁷⁾	Vífilsstaðavatn ⁸⁾	Ástjörn			
									Raunverulegt ástand		Náttúrulegt ástand	
									MG	UF	ÁG	UF
Saurkólí í 100 ml			1,4*	1,7*	3,4*	1,1*	3,5*	2,6*	<21,9*		<14***	
Saurkokkar í 100 ml				0,4*	0,4*	0,4*	1,3*	1,3*	<5,6*		<14***	
t-P (µg/l)		15,1 ²⁾	6,56	16,4	10,64	8,11	5,2	13,5	9,0		10	
t-N (µg/l)	233 (NO ₃ + NH ₄)	172,3 ²⁾	308*	81	541	402,4	377	388	205		210	
NH ₄ -N (µg/l)		172	<5,8	21,5	33,7	25,0	<15,7	49,2	<10,8		20	
Blaðgræna α (µg/l)			2,0**	1,8	7,8	6,0	3,0	2,4	3,71		3,0	
TOC (mg/l)		1,18 ³⁾	4,91	4,8	6,2	7,4	3,17	3,76	4,18		5,0	
Cu (µg/l)	1,313		0,287	0,597	0,907*	0,496*	0,611	1,450	0,77		0,9	
Zn (µg/l)	10,65		0,72	<0,74	8,41	5,12	6,71	7,55	4,50		4,6	
Cd (µg/l)	0,013		<0,0110	<0,027	<0,012	<0,012	<0,014	<0,074	<0,030*		0,02	
Pb (µg/l)	0,278		0,053	0,0314			<0,157	<0,438	0,108		0,12	
Cr (µg/l)	0,221		0,362	1,31	<0,093*	<0,150*	0,694	0,350	<0,1		0,7	
Ni (µg/l)	0,522		0,155	0,307	<0,640	<0,152	0,850	0,483	0,65		0,8	
As (µg/l)	0,032		<0,0880	<0,068	<0,143	<0,122	<0,093	<0,100	<0,1		0,1	

1) (Kevin Barrett 2002). 2) (Hilmar J. Malmquist o. fl. 2003). 3) (Hilmar Malmquist o. fl. 2004). 4) (Tryggvi Þórðarson 2004e). 5) (Tryggvi Þórðarson 2003i). 6) (Tryggvi Þórðarson 2008). 7) (Tryggvi Þórðarson 2006b). 8) (Tryggvi Þórðarson 2009)

* Geómetriskt meðaltal. ** Jafnað úr 1,99. *** Fastsett af Umhverfisstofnun.

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

Samkvæmt ákvæðum reglugerðar nr. 796/1999 með síðari breytingum má þéttleiki saurbaktería ekki vera 43 eða meiri í 100 ml oftast en í 10% tilvika til að flokkast í umhverfismarkaflokk I. Saurkólíabakteríur (N=25) voru í 37,5% tilvika yfir þeim mörkum en saurkokkar (N=25) í 8,3% tilvika. Flokkunin breytist því ekki af þeim ástæðum frá því sem sýnt er í töflunni.

Mengunarflokkun

Munurinn á umhverfismarkaflokkum fyrir raunverulegt og náttúrulegt ástand segir til um mengunarflokkunina. Í töflu A í viðauka er sýnt nákvæmlega hvernig ákveðinn munur gefur ákveðna mengunarflokkun. Mengunarflokkun Ástjarnar er gefin í töflu 9.

Náttúruleg gildi í Ástjörn eru flest hver ákvörðuð nálægt þeim gildum sem mældust í tjörninni eða jafnvel hærri. Aðeins náttúrulegur þéttleiki saurkólíabaktería víkur nægilega frá mældum gildum til að lenda í öðrum umhverfismarkaflokki en mældu gildin og þar með í B-flokk fyrir mengunarástand. Að öðru leyti flokkaðist Ástjörn í mengunarflokk A.

Tafla 9. Mengunarflokkun Ástjarnar.

	Umhverfismarkaflokkar		Staða núverandi mengunarástands	Mengunarflokkun	
	Náttúrulegt ástand	Núverandi ástand			
Saurkólí*	I	II	Lítill saurmengun	B	Lítið snortið vatn
Saurkokkar*	I	I	Mjög lítil eða engin saurmengun	A	Ósnortið vatn
t-P	I	I	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
t-N	I	I	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
NH ₄ -N	II	II	Lágt næringarefnagildi (oligo-/mesotrophy)	A	Ósnortið vatn
Blaðgræna α	I	I	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
TOC	III	III	Næringarríkt (meso-/eutrophy)	A	Ósnortið vatn
Cu	II	II	Lítill hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
Zn	II	I	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
Cd	II	II	Lítill hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
Pb	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
Cr	II	I	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
Ni	II	I	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
As	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn

* Byggt á mælingum úr þessari rannsókn og vöktun Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis (sjá töflu 5).

Flokkunarkerfið sem styðjast skal við, sbr. reglugerð nr 796/1999 um varnir gegn mengun vatns og handbók Umhverfisstofnunar um aðgerðaráætlanir og flokkun vatns (Umhverfisstofnun 2004) gerir ekki ráð fyrir að náttúrulegt ástand fyrir saurbakteríur sé sérstaklega skilgreint fyrir einstök vötn heldur sé notast við fast gildi, 14 saurkólíabakteríur í 100 ml, fyrir öll vötn óháð aðstæðum, t.d. því hve mikið

náttúrulegt fuglalíf er við vatnið. Eðlilegt hefði verið að skilgreina náttúrulegan þéttleika saurkólíabaktería nálægt því meðalgildi sem fékkst, t.d. 20 bakteríur í 100 ml. Það gildi hefði skilað umhverfismarkaflokki II fyrir náttúrulegt ástand og því mengunarflokki A, eða besta flokki.

Tillaga að langtímamarkmiðum

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

Hér eru lögð til langtímamarkmið um náttúrulegt ástand í mengunarflokki A fyrir öll flokkunaratriðin nema saurkólíabakteríur þar sem lagt er til markmið um mengunarflokk B. Slík markmið samræmast vel markmiðum með friðlýsingu Ástjarnar (Menntamálaráðuneytið 1978). Það jafngildir markmiðum um óbreytta flokkun fyrir öll flokkunaratriðin. Til að ná þeim markmiðum til frambúðar er þó nauðsynlegt að koma í veg fyrir frekari mengun af völdum mannlegra athafna á öllu vatnasviðinu.

Venjulega á flokkun í mengunarflokk B helst rétt á sér í þéttbýli og þá í þeim tilvikum þar sem orðið er of seint að koma við nægilegum mengunarförnum, þ.e. á svæðum þar sem ekki var gert nægilega ráð fyrir fullnægjandi mengunarförnum við skipulag. Einnig við vötn þar sem stunduð er starfsemi sem veldur tiltekinni mengun sem ekki er tækni- eða lagalega framkvæmanlegt að takmarka nægilega til að viðhalda náttúrulegu ástandi. Þetta væru því vötn sem til frambúðar væru ekki talin geta uppfyllt markmið um náttúrulegt ástand. Mengunarflokkur B fyrir saurbakteríur í Ástjörn er þó besti mengunarflokkurinn sem hægt er að ná án þess að fara út í að fækka fuglum á tjörninni. Eins og sagði að framan er þó einnig heimilt er að setja markmið um mengunarflokk B svo ekki verður nauðsynlegt að grípa til aðgerða til að draga úr magni saurbaktería.

Lítið er svo á að með langtímamarkmiðum sé horft til næstu áratuga og jafnvel öld fram í tímann. Í ljósi þessa er lagt til að á nokkra áratuga fresti fari fram endurskoðun langtímamarkmiða.

Þegar hefur stærsti hluti vatnasviðs Ástjarnar verið friðað í því skyni að verja vatnið fyrir mengun. Verði friðunin til þess að náttúrulegt fuglalíf aukist frá því sem nú er mun meðalþéttleiki saurbaktería aukast. Langt er þó í að tjörninni falli í mengunarflokk C af þeim sökum en til þess þarf þéttleikinn að fimmfaldast eða meira. Er talið nær útilokað að það muni gerast við óbreytta vatnshæð nema til komi mengun eða inngrip af manna völdum.

Þegar langtímamarkmiðin hafa verið ákveðin þarf að móta stefnu um nauðsynlegar aðgerðir eða varúðarráðstafanir er taki mið af langtímamarkmiðunum auk þess sem íhuga þarf hvort frekari verndar á áhrifasvæði vatnsins er þörf og hvort ástæða sé til að skilgreina það viðkvæmt, sbr. gr.10.3 sömu reglugerðar.

Tillaga að vöktun

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

Tillögur um vöktun eru dregnar saman í töflu 15. Tillögurnar miðast við að ekki verði nein frekari uppbygging eða aukning á mannlegum umsvifum á grunnvatnssviði Ástjarnar næstu áratuginna. Ennfremur að mengun sem berst með ofanvatni frá hverfunum Áslandi I og Áslandi II nái ekki að berast í tjörnina að neinu marki og þá aðeins eftir að hafa runnið um skeið um jarðveg eða berggrunn. Gangi það eftir er tíð vöktun ekki nauðsynleg.

Í ljósi ofanritaðs er því lagt til að tíðasta vöktunin verði á saurbakteríum, næringarefnum og lífrænum efnum. Þar sem styrkur næringarefna getur haft áhrif á styrk blaðgrænu α er lagt til að blaðgrænan verði einnig vöktuð samhliða. Tíð vöktun málma virðist ekki aðkallandi við núverandi aðstæður.

Ekki er talið að mismunandi mengunarástand sé í einstökum hlutum tjarnarinnar. Þar sem tjörnin er lítil og grunn er talið réttlætjanlegt, miðað við ástand hennar núna, að stunda vöktunina áfram með því að taka sýni af landi. Þannig næst talsvert hagræði í sýnatöku og truflun á fuglalífi vegna sýnatökunnar verður í lágmarki.

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

Lagt er til að sýnatökutímabil vöktunarinnar miðist við almanaksárið. Þannig nást samfelldari gögn sem auðveldara er að túlka og munu gefa ítarlegri upplýsingar.

Auk þeirrar vöktunar sem hér er lögð til vegna ákvæða reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns er talið áriðandi að vöktum Heilbrigðiseftirlits Kópavogs- og Hafnafjarðarsvæðis á bakteríuþéttleika í Ástjörn falli ekki niður.

Tafla 10. Tillaga að vöktun Ástjarnar.

Vöktunarpáttur	Tíðni (ár)	Næsta vöktun	Skýringar
Saurkólí	6	2015	Þéttleiki saurbaktería er frekar mikill þótt hann sé talinn af náttúrulegum toga. Þessir þættir benda þó í raun til góðs mengunarástands vatnsins og varla er að vænta neikvæðra breytinga á næstunni. Tíðrar vöktunar er því ekki þörf.
Saurkokkar	6	2015	
Blaðgræna α	6	2015	Styrkur þessara efna var innan eðlilegra marka. Þó var styrkur TOC í hærri kantinum. Ekki ætti þó að vera nauðsynlegt að fylgjast títt með þessu þáttum. Eðlilegt er að vakta næringarefni og blaðgrænu saman.
t-P	6	2015	
t-N	6	2015	
NH ₄ -N	6	2015	
TOC	6	2015	
Cu	12	2021	Vatnið er vel statt varðandi styrk málma. Álagið af þeirra völdum tengist eingöngu afrennsli af þéttum manngerðum flötum á vatnasviðinu, s.s. götum og húspökum auk götusöltunar. Hraðra breytinga er hinsvegar ekki að vænta og því er ekki þörf tíðrar vöktunar.
Zn	12	2021	
Cd	12	2021	
Pb	12	2021	
Cr	12	2021	
Ni	12	2021	
As	12	2021	

Eins og áður sagði miðast tillögurnar við að ofanvatn af þéttum manngerðum flötum nái ekki að berast í tjörnina nema í litlum mæli og þá eftir góða síun í jarðvegi eða

berggrunni. Ef talið er líklegt að mengun í ofanvatni frá hverfunum Áslandi I og II berist að einhverju leyti illa síað í Ástjörn er mælt með að tíðni vöktunarinnar verði hærri, jafnvel allt upp í 4. hvert ár fyrir málma og 2. hvert ár fyrir aðra þætti ef stór hlutur þess berst illa síaður þangað.

Heimildir

- AMAP 1997. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report. Oslo, AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Program). 188 p.
- Arvola, L., A. R. Raike, P. Kortelainen & M. Jarvinen 2004. The effect of climate and landuse on TOC concentrations and loads in Finnish rivers. *Boreal Environment Research* 9:381-7.
- Árni Hjartarson 2006. Vatnafar við Urriðakotsvatn. Vatnafarsrannsóknir 2005. Unnið fyrir Þekkingarhúsið ehf. Reykjavík. ÍSOR, Íslenskar orkurannsóknir. ÍSOR-2006/005. 23 bls.
- Árni Hjartarson, Einar Gunnlaugsson, Freysteinn Sigurðsson, Jón Jónsson & Kristján Sæmundsson 1992. Vatnafarskort, Elliðavatn 1613 III SV 1:25.000. Reykjavík. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnanesbær og Reykjavíkurborg.
- Barrett, Kevin 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.
- Berner, Elizabeth Kay & Robert A. Berner 1996. *Global Environment. Water, Air, and Geochemical Cycles*. New Jersey, Prentice-Hall, Inc. Simon & Saddle River. 376 p.
- Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon & Bjarni Diðrik Sigurðsson 2001. Gróðurframvinda í lúpínubreiðum (Vegetation succession in areas colonized by the introduced Nootka lupin (*Lupinus nootkatensis*) in Iceland). *Fjölrit Rala* 207:100.
- Chapman, Deborah & Vitaly Kimstach 1996. Selection of water quality variables. Í D. Chapman (ritstj.): *Water Quality Assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. (UNESCO/WHO/UNEP). London, E & FN Spon. 626 p.
- Chapra, Steven C. 1997. *Surface Water Quality Modeling*. Boston, WCB/McGraw-Hill. 844 p.
- Dillon, P. & F. Rigler 1974. The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. *Limnology and Oceanography* 19:767-73.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason & Ingvi Gunnarsson 1999. Næringarefni straumvatna á Suðurlandi. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar, Hafrannsóknastofnunar og Orkustofnunar. Reykjavík. Raunvísindastofnun Háskólans. RH-18-99. 36 bls.
- Florida Lakewatch 2000. *A beginner's Guide to Water Management - Nutrients*. Information Circular #102. Gainesville, Florida, 32 p.

- Sigurðsson, Freysteinn 1976. Straumsvíkursæðið. Skýrsla um vatnafræðilega frumkönnun. Reykjavík. Orkustofnun. OS-JKD-7603. 59 bls.
- Gilbert, R.O. 1987. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. New York, Van Nostrand Reinhold.
- Gobbelaar, Johan U. & W. Alan House 1996. Phosphorus as a Limiting Resource in Inland Waters; Interactions with Nitrogen. Í H. Tiessen (ritstj.): Phosphorus in the Global Environment. Transfers, Cycles and Management. Scientific Committee On Problems of the Environment (SCOPE), Wiley. 255-75 p.
- Goldman, Charles R. 1960. Molybdenum as a Factor Limiting Primary Productivity in Castle Lake, California. Science 132:1016 - 7.
- Golterman, H.L., S.R. Clymo & M.A.M. Ohnstad 1978. IPM Handbook No 8. Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Water. 2. útgáfa. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 214 p.
- Guildford, S. J. & R. E. Hecky 2000. Total nitrogen, total phosphorus, and nutrient limitation in lakes and oceans: Is there a common relationship? Limnology and Oceanography 45:1213-23.
- Gunnar Ólafsson & Guðríður Þorvarðardóttir 1998. Ástjörn, friðland og fólkvangur. Náttúrufræðingurinn 67:275-86.
- Harris, G. P. 1986. Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation. London, UK, Chapman and Hall.
- Helgi Torfason, Árni Hjartarson, Haukur Jóhannesson, Jón Jónsson & Kristján Sæmundsson 1993. Berggrunnskort, Elliðavatn 1613 III-SV-B 1:25.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnanesbær og Reykjavíkurborg.
- Hilmar J. Malmquist, Erlín E. Jóhannesdóttir & Finnur Ingimarsson 2001. Dýralíf og efnafræði í Hamarkotslæk og Ástjörn. Unnið fyrir Hafnarfjarðarbæ. Náttúrustofa Kópavogs. 34 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson & Haraldur Rafn Ingvason 2003. Áhrif vatnsmiðlunar á vatnalífriki Skorradalvatns: Forkönnun og rannsóknartillögur. Greinargerð unnin fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Kópavogur. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 2-03. 34 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Gunnar Steinn Jónsson, Sigurður S. Snorrason & Kristinn Einarsson 1999b. Næringarefni í íslenskum stöðuvötnum. Í: *Líffræðirannsóknir á Íslandi* (Ritstj. S. S. Snorrason & Stefánsson, R. S.). Reykjavík: Líffræðifélag Íslands 95 p.
- Hilmar J. Malmquist, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson & Finnur Ingimarsson 2009. Grunnrannsóknir á lífríki Bakkatjarnar á Seltjarnarnesi. Unnið fyrir Umhverfisnefnd Seltjarnarnesbæjar. Kópavogur. Náttúrustofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-09. 30 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason 1999a. Yfirlitskönnun á vistfræði Íslenskra vatna. Í: *Líffræðirannsóknir á Íslandi* (Ritstj. S. S. Snorrason & Stefánsson, R. S.). Reykjavík: Líffræðifélag Íslands 94 p.
- Hilmar Malmquist, Finnur Ingimarsson & Haraldur Rafn Ingvason 2004. Vöktun á lífríki Elliðavatns: Forkönnun og rannsóknartillögur. Greinargerð unnin fyrir Reykjavíkurborg og Kópavogsbæ. Kópavogur. Náttúrufræðistofa Kópavogs. 49 bls.
- Hilmar Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason & Stefán Már Stefánsson 2008. Mengunarflokkun á Reykjavíkurtjörn. Unnið fyrir

- Umhverfis- og samgöngusvið Reykjavíkurborgar. Kópavogur. Náttúrufræðistofa Kópavogs. 47 bls.
- Howarth, Robert W. & Jonathan J. Cole 1985. Molybdenum Availability, Nitrogen Limitation, and Phytoplankton Growth in Natural Waters. *Science* 229:653-5.
- Laudon, H., S. Kohler & I. Buffam 2004. Seasonal TOC export from seven boreal catchments in northern Sweden. *Aquatic Sciences* 66:223-30.
- Lee, G. F. & A. Jones-Lee 1998. Determination of Nutrient Limiting Maximum Algal Biomass in Waterbodies. Report (http://www.gfredlee.com/Nutrients/nut_limit.html). El Macero, CA. G. Fred Lee & Associates.
- Maidment, David R. (ritstj.) 1992. *Handbook of Hydrology*. New York, McGraw-Hill, Inc.
- Marino, R., R. W. Howarth, F. Chan, J. J. Cole & G. E. Likens 2003. Sulfate inhibition of molybdenum-dependent nitrogen fixation by planktonic cyanobacteria under seawater conditions: a non-reversible effect: *Aquatic Biodiversity* (Guest Editor: Koen Martens). *Hydrobiologia* 500:277-93.
- Mason, C. F. 1981. *Biology of Freshwater Pollution*. New York, Longman Group Limited. 250 p.
- Mattsson, T., P. Kortelainen & A. Raike 2005. Export of DOM from boreal catchments: impacts of land use cover and climate. *Biogeochemistry* 76:373-94.
- Menntamálaráðuneytið. 1978. Auglýsing um friðlýsingu Ástjarnar við Hafnarfjörð. Stj. tíð. B, nr. 189/1978. Sérprentun nr. 341. (<http://www.ust.is/Veidistjornun/Fuglar/Fridanir/nr/211>).
- Myrold, David D. & Kerstin Huss-Danell 2003. Alder and lupine enhance nitrogen cycling in a degraded forest soil in Northern Sweden. *Plant and Soil* 254:47-56.
- Nilsson, A. 1997. *Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environmental Report*. Oslo, AMAP Monitoring and Assessment Programme. 188 p.
- Rees, Gareth, Jamie Bartram, E. B. Pike & W. D. Robertson 2000. Chapter 3. Resourcing and Implimentation. Í J. Bartram & Rees, G. (ritstj.): *Monitoring Bathing Waters. A Practical Guide to the Design and Implimentation of Assessments and Monitoring Programmes*. London & New York, E & FN Spon. 337 p.
- Rhee, G. Y. & I. J. Gotham 1980. Optimum N-P Ratios and Coexistence of Planktonic Algae. *Journal of Phycology* 16:486-9.
- Skjelkvale, Brit Lise, 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.
- Smith, V. H. 1979. Nutrient Dependence of Primary Productivity in Lakes. *Limnology and Oceanography* 24:1051-64.
- Sterner, Robert W. 2008. On the Phosphorus Limitation Paradigm for Lakes. *International Review of Hydrobiology* 93:433-45.
- Takamura, Noriko, Yasuro Kandono, Michio Fukushima, Megumi Nakagawa & BAIK-H. O. KIM 2003. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. *Ecological Research* 18:381-95.
- Thomann, R.V. & J.A. Mueller 1987. *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*. New York, NY., Harper and Row, Publishers. 644 p.

- Tonno, I. & T. Noges 2003. Nitrogen fixation in a large shallow lake: rates and initiation conditions. *Hydrobiologia* 490:23-30.
- Tryggvi Þórðarson 2003a. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Bugða. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003b. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Fossá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003c. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Kaldakvísl. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003d. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Kiðafellsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003e. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Laxá í Kjós. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 41 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003f. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Úlfarsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003g. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Varmá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 41 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003h. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Leirvogsa. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003i. Mengunarstaða Elliðavatns 2001-2002. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 60 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003j. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Botnsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003k. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Brynjudalsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2004a. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Leirvogsvatn. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði.
- Tryggvi Þórðarson 2004b. Flokkun vatna á Norðurlandi eystra. Eyjafjarðará, Glerá, Hörgá og Svarfaðardalsá. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2004c. Mengunarflokkun Hólmsár, Suðurár og Elliðaáa. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 48 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2004d. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Meðalfellsvatn. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði.
- Tryggvi Þórðarson 2004e. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Hafravatn. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði.
- Tryggvi Þórðarson 2006a. Flokkun vatna á Norðurlandi eystra, Fnjóská, Sjálfandafljót og Laxá í Þingeyjarsýslu. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 53 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2006b. Mengunarflokkun á Urriðakotsvatni og ofanverðum Stóráróslæk. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 59 bls.

- Tryggvi Þórðarson 2007. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Varmá. Endurflokkun. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 19 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2008. Mengunarflokkun á Rauðavatni og Reynisvatni. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 57 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2009. Mengunarflokkun á Vífilsstaðavatni og efsta hluta Vífilsstaðalækjar. Garðabær. Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis og Garðabær. 63 bls.
- Umhverfisstofnun. 1996. Auglýsing um stofnun fólkvangs við Ástjörn og Ásfjall nr. 658/1996. (<http://www.ust.is/LogOgReglur/Fridlysingar/Folkvangar//nr/263>).
- Umhverfisstofnun 2004. Handbók um aðgerðaráætlanir og flokkun vatns. Skýrsla Umhverfisstofnunar sbr. 17. gr. reglugerðar nr 796/1999, um varnir gegn mengun vatns. Reykjavík. Umhverfisstofnun. Skýrslur des.ust-2004:32. 27 bls.
- Vogt, Rolf D., 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.
- VSB Verkfræðistofa 2007. Hafnarfjarðarbær. Skoðun vatnafars Ástjarnar og áhrif íbúabyggðar á vatnshæð tjarnarinnar. Hafnarfjörður. 9 bls.

Viðauki

Tafla A. Samband mengunarflokkunar við flokkun á náttúrulegu og raunverulegu ástandi. Náttúrulegt og raunverulegt ástand er flokkað á grundvelli umhverfismarkna, sbr. reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Í umhverfismarkaflokkunum er flokkur I bestur en V verstur. Í mengunarflokkunum er A bestur en E verstur. Þegar gildi fyrir náttúrulegt ástand eru jafnhá eða hærri en gildi fyrir 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 (frávik frá náttúrulegu ástandi)
I	I	A Ósnortið vatn
	II	B Lítið snortið vatn
	III	C Nokkuð snortið vatn
	IV	D Verulega snortið vatn
	V	E Ófullnægjandi vatn
II	I-II	A Ósnortið vatn
	III	B Lítið snortið vatn
	IV	C Nokkuð snortið vatn
	V	D Verulega snortið vatn
III	I-III	A Ósnortið vatn
	IV	B Lítið snortið vatn
	V	C Nokkuð snortið vatn
IV	I-IV	A Ósnortið vatn
	V	B Lítið snortið vatn
V	I-V	A Ósnortið vatn

Tafla B. Athugasemdir skráðar við sýnatöku/mælingar

Dags.	Athugasemdir
4.5. 2009	Örfáir fuglar, 2-3.
8.6. 2009	Smárigning kvöldið áður. Brúnleitur litur á vatninu. Talsvert fuglalíf.
8.7. 2009	Vatnsborðið hafði lækkað um u.þ.b. 0,2 m og sáust bakkarnir sem ekki höfðu sést fram að þessu. Litur vatnsins: Gulbrúnn eða gulryðlitur. Varð tært við síun. Fuglar: Svanapar með 4 unga, 10-15 hettumáfar, 8 endur ásamt tveimur andarungum.
4.8. 2009	Lítill rigning hefur verið undanfarna 2½ mánuð eða meira. Vatnið hefur sennilega grynnað eitthvað frá því síðast. Állinn meðfram fótboltavellinum orðinn þurr. Um 30-40 fuglar, m.a. álfirnar og sílamáfur en mest endur.
7.9. 2009	Mikið af fuglum, um 40 hettumáfar, 15-20 gæsir og 4 uppvaxnir álfarungar.
6.10. 2009	Um 10 gæsir. Ísskæni á mestallri tjörninni, síst vestast. Autt á henni miðri.

Tafla C. Niðurstöður mælinga og efna- og bakteríugreininga í Ástjörn 4. maí 2009 - 6. október 2009.

Rauð gildi eru undir greiningarmörkum. Útreiknuð gildi sem byggja á gildum undir greiningarmörkum eru einnig rauð.

Dags.	Loft-hiti °C	Vatns-hiti °C	O2 (mg/l)	O2 (%)	Leiðni (uS/cm)	pH	Grugg, NTU	Entero- kokkar í 100 ml	Saur-kólí í 100 ml	t-P (µg/l)	t-N (µg/l)	NH4-N (µg/l)	Óklofið NH3-N (µg/l)*	Blað- græna a (µg/l)	TOC (mg/l)	Cu (ug/l)	Zn (ug/l)	Cd (ug/l)	Pb (ug/l)	Cr (ug/l)	Ni (ug/l)	As (ug/l)
4.5.2009		7,7	11,57	99,5	132,8	7,47	1,32	<1	2	7,2	140	<10	<0,0	2,3	3,8	0,8	4,8	0,027	0,06	0,1	0,6	<0,1
8.6.2009	13,9	13,7			153,7	7,77	1,97	4	13	10,1	200	<10	<0,1	2,8	4,7	0,7	3,9	0,027	0,03	<0,1	0,7	<0,1
8.7.2009	15,0	15,4	10,43	104,1	152,2	8,55	2,93	4	14	12,0	200	<10	<0,9	4,3	3,9	1,0	5,8	0,470	0,32	<0,1	0,9	<0,1
4.8.2009	17,2	15,9	10,01	102,3	160,9	9,29	1,05	8	100	9,3	250	<10	<3,6	3,6	4,9	0,8	4,9	0,078	0,11	0,1	0,7	<0,1
7.9.2009	14,7	11,9	11,47	108,5	158,4	7,73	1,70	12	66	8,4	230	<10	<0,1	4,2	4,3	0,7	3,8	<0,005	0,07	0,1	0,6	<0,1
6.10.2009	3,5	1,5	12,13	88,0	167,4	6,65	4,09	4	<2	7,1	210	15	0,0	5,0	3,5	0,6	3,8	<0,005	0,06	0,1	0,4	<0,1
Meðaltal	12,9	11,0	11,12	100,5	154,2	7,91	2,18	<6	<33	9,0	205	<11	<0,8	3,7	4,2	0,8	4,5	<0,102	0,11	<0,1	0,7	<0,1
Staðalfrávik	5,4	5,5	0,87	7,7	11,8	0,91	1,14	<4	<41	1,9	37	<2	<1,4	1,0	0,5	0,1	0,8	<0,182	0,11	<0,0	0,2	<0,0
Miðgildi	14,7	12,8	11,47	102,3	156,1	7,75	1,84	<4	<14	8,9	205	<10	<0,1	3,9	4,1	0,8	4,4	<0,027	0,07	<0,1	0,7	<0,1
Geómetriskt meðaltal	11,3	8,8	11,09	100,2	153,8	7,87	1,95	<4	<13	8,9	202	<11	<0,2	3,6	4,2	0,8	4,4	<0,030	0,08	<0,1	0,6	<0,1
10percentil	7,7	4,6	10,18	92,6	142,50	7,06	1,19	<3	<2	7,2	170	<10	<0,0	2,6	3,7	0,7	3,8	<0,005	0,05	<0,1	0,5	<0,1
90percentil	16,3	15,7	11,91	106,7	164,15	8,92	3,51	<10	<83	11,1	240	<13	<2,3	4,6	4,8	0,9	5,4	<0,274	0,22	<0,1	0,8	<0,1
Min	3,5	1,5	10,01	88,0	132,8	6,65	1,05	<1	<2	7,1	140	<10	0,0	2,3	3,5	0,6	3,8	<0,005	0,03	<0,1	0,4	<0,1
Max	17,2	15,9	12,13	108,5	167,4	9,29	4,09	12	100	12,0	250	15	<3,6	5,0	4,9	1,0	5,8	0,470	0,32	0,1	0,9	<0,1

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