

**Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis**

# Mengunarflokkun á Vífilsstaðavatni og efsta hluta Vífilsstaðalækjar



**Tryggvi Þórðarson**

**September 2009**



**GARDABÆR**



<b>Framkvæmdaraðili</b> Garðabær/Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis	<b>Fulltrúi</b> Erla Bil Bjarnadóttir	<b>Tölvupóstfang</b> erlabil@gardabaer.is
<b>Verktaki</b> Tryggvi Þórðarson	<b>Aðsetur</b> Melgerði 6, 200 Kópavogi	<b>Tölvupóstfang</b> tt@hi.is
<b>Útgefandi</b> Tryggvi Þórðarson	<b>Fjármögnun</b> Garðabær	<b>Skýrslan tekur til</b> Vífilsstaðavatns og efsta hluta Vífilsstaðalækjar
<b>Höfundur</b> Tryggvi Þórðarson	<b>Ár</b> 2009	<b>Blaðsíðufjöldi</b> 63
<b>Íslenskur titill</b> Mengunarflokkun á Vífilsstaðavatni og efsta hluta Vífilsstaðalækjar		<b>Enskur titill</b> Environmental quality of lake Vífilsstaðvatn and the upper reaches of Vífilsstaðalækur brook
<p><b>Úrdráttur</b></p> <p>Gerð var úttekt á mengunarstöðu vatnsins og efsta hluta lækjarins og þau flokkuð m.t.t. ákvæða í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Yfirlit um flokkunina er gefið á næstu síðum.</p> <p>Vífilsstaðavatn er lítið (0,27 km<sup>2</sup>) og grunnt vatn (0,5 m) með lítið vatnasvið (2,6 km<sup>2</sup>) en fær vatn sitt aðallega úr grunnvatni, sem m.a. kemur af svæðum austan vatnasviðsins allt að Elliðavatni. Vatnið er í jökulsorfinni lægð í skjóli hæðardraga á þrjá vegu. Það er að mestu vatnið vatnplöntum og er hugsanlega í flokki næringarlágra eða hálfnáringarríkra vatna. Merki mengunar voru ekki sjáanleg nema fyrir heildarköfnunarefni (t-N) (388 µg/l) og ammóníak (NH<sub>4</sub>-N) (49 µg/l) og sennilega að einhverju leyti fyrir lífrænt kolefni (TOC) (3,76 µg/l) en mengun af völdum þessara efna má rekja til dreifðrar mengunar frá hesthúsasvæðum austan við vatnið. Einnig kunna breiður alaskalúpínu á holtunum umhverfis vatnið að leggja því til eitthvað köfnunarefni. Styrkur fosfórs (t-P) (&lt;13,5 µg/l), fosfats (PO<sub>4</sub>-P) (&lt;3,75 µg/l) og blaðgrænu a (2,4 µg/l) var lítil. Styrkur blaðgrænu a er þó sennilega að nokkru leyti frá upprótudum ásætu- og botnþörungum. Súrefnismettun á mælitímabilinu (apríl-sept.) mældist ætíð um og vel yfir 100%. Þéttleiki saurkólíabaktería (&lt;3/100 ml) og saurkókkabaktería (&lt;1/100 ml) var mjög lítil.</p> <p>Vífilsstaðalækur er efsti hluti lækjarins sem fellur úr Vífilsstaðavatni. Efnastyrkur lækjarins var yfirleitt heldur minni en í Vífilsstaðavatni. Þó var þéttleiki saurkólíabaktería (&lt;7/100 ml) og saurkókkabaktería (&lt;4/100 ml) og styrkur nitrats (NO<sub>3</sub>-N) og kadmíums (Cd) lítilllega hærri í læknum.</p>		
<p><b>Summary</b></p> <p>Here a survey of the environmental quality of lake Vífilsstaðavatn and the upper reaches of Vífilsstaðalækur brook is presented. The lake and the brook were also categorized according to provisions in the regulation on the prevention of water pollution. An overview (in Icelandic) of the classification is presented on the next pages. Lake Vífilsstaðavatn is a small (0.27 km<sup>2</sup>) and shallow, polymictic lake (0.5 m) with a small watershed (2.6 km<sup>2</sup>) but receives most of its inflowing water from groundwater, partly from an area east of the watershed. The lake is situated in a glacier dug basin with hills on three sides. For the most part the lake has dense macrophyte growth and is possibly oligotrophic/mesotrophic or mesotrophic. Except for total nitrogen (t-N) (388 µg/l) and ammonium (NH<sub>3</sub>-N) (49 µg/l) and possibly organic carbon (TOC) (3.76 µg/l) there were no obvious signs of anthropogenic loading to the lake. An part of the concentration of total nitrogen was apparently due to the extensive horse-stables and related activity to the east of the lake and perhaps also to a degree to the fields of nootka lupine (Lupinus nootkatensis) covering parts of the watershed. The concentration of phosphorus (t-P) (&lt;13.5 µg/l), phosphate (PO<sub>4</sub>-P) (&lt;3.75 µg/l) and chlorophyll a (2.4 µg/l) was low. The chlorophyll a concentration was probably partly from suspended epiphytic or benthic algae. During the measurement period (Apr.-Sep.) the values for the oxygen saturation were always close to or well above 100%. The density of fecal coliformes (&lt;3/100 ml) and enterococci (&lt;1/100 ml) was very low.</p> <p>Vífilsstaðalækur brook is the upper part of the outflow from Lake Vífilsstaðavatn. The concentrations of the chemical constituents of brook water were for most parameters a bit lower than for the water of the lake. Exceptions are the densities for fecal coliforms (&lt;7/100 ml) and enterococci (&lt;4/100 ml) and the concentration of nitrate (NO<sub>3</sub>-N) and cadmium (Cd) which were slightly higher in the brook.</p>		
<b>Efnisorð</b> Vífilsstaðavatn, Vífilsstaðalækur, efnasamsetning vatns, vatnsmengun, mengunarflokkun, vatnsgæði, grunnt vatn.		<b>Subject words</b> Lake Vífilsstaðavatn, Vífilsstaðalækur brook, water chemistry, water pollution, classification of pollution, water quality, shallow water.

## Samantekt fyrir Vífilstaðavatn

Mat á ástandi, mengunarflokkun og tillögur um markmið og vöktun fyrir Vífilstaðavatn. 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	2,6*	I	8	I	A	A	I	<14	Uppfyllt	6	2013
Saurkokkar í 100 ml	1,3*	I	4	I	A	A	I	<14	Uppfyllt	6	2013
t-P (mg/l)	13,5	I	12	I	A	A	I	<20	Uppfyllt	1	2010
t-N (mg/l)	388	II	280	I	B	A	I	<300	Úr 388	1	2010
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	49,2	III	15	II	B	A	II	<25	Úr 49,2	1	2010
Blaðgræna α (mg/l)	2,4	I	2,2	I	A	A	I	<8	Uppfyllt	1	2010
TOC (mg/l)	3,76	III	3,2	III	A	A	III	<6	Uppfyllt	1	2010
Cu (µg/l)	1,450	II	0,6	II	A	A	II	<3	Uppfyllt	12	2013
Zn (µg/l)	7,55	II	6,4	II	A	A	II	≤ 20	Uppfyllt	12	2013
Cd (µg/l)	<0,074	II	0,02	II	A	A	II	≤ 0,1	Uppfyllt	12	2013
Pb (µg/l)	<0,438	II	0,15	I	B	A	I	≤ 0,2	Uppfyllt	12	2013
Cr (µg/l)	0,350	II	0,9	II	A	A	II	<5	Uppfyllt	12	2013
Ni (µg/l)	0,483	I	0,9	II	A	A	II	≤ 15	Uppfyllt	12	2013
As (µg/l)	<0,100	I	0,1	I	A	A	I	≤ 0,4	Uppfyllt	12	2013

\* Geometriskt meðaltal

## Samantekt fyrir Vífilsstaðalæk

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

	Raunverulegt ástand		Náttúrulegt ástand		Mengunarflokkun	Tillaga að langtímamarkmiðum				Tillaga að vöktun	
	Meðaltal mældra gilda	Umhverfismarkaflokkur	Áætluð nátt.leg gildi	Umhverfismarkaflokkur		Mengunarflokkur	Umhverfismörk	Styrkur	Athugasemdir	Æskileg tíðni (ár)	Næsta vöktun
Saurkólí í 100 ml	<7*	I	8	I	A	A	I	<14	Uppfyllt	6	2013
Saurkokkar í 100 ml	<4*	I	4	I	A	A	I	<14	Uppfyllt	6	2013
t-P (mg/l)	<12,7	I	10	I	A	A	I	<20	Uppfyllt	1	2010
PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	<3,8	I	7	I	A	A	I	<10	Uppfyllt	1	2010
t-N (mg/l)	345	II	200	I	B	A	I	<300	Úr 345	1	2010
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	36,3	III	20	II	B	A	II	<25	Úr 36,3	1	2010
TOC (mg/l)	2,59	II	2,2	II	A	A	II	<3	Uppfyllt	1	2010
Cu (µg/l)	0,7	II	0,8	II	A	A	II	≤ 3	Uppfyllt	12	2013
Zn (µg/l)	1,7	I	2,3	I	A	A	I	≤ 5	Uppfyllt	12	2013
Cd (µg/l)	0,109*	III	0,012	II	B	A	II	≤ 0,1	Uppfyllt	12	2013
Pb (µg/l)	0,08	I	0,1	I	A	A	I	≤ 0,2	Uppfyllt	12	2013
Cr (µg/l)	<0,4	II	0,8	II	A	A	II	≤ 5	Uppfyllt	12	2013
Ni (µg/l)	<0,3	I	0,5	I	A	A	I	≤ 0,7	Uppfyllt	12	2013
As (µg/l)	<0,1	I	0,15	I	A	A	I	≤ 0,4	Uppfyllt	12	2013

\* Geometriskt meðaltal.



## Efnisyfirlit

Töflulisti .....	8
Myndalisti.....	9
Inngangur.....	11
Verkefni.....	11
Mengunarflokkun vatna.....	11
Forsendur mengunarflokkunar.....	11
Aðferðir .....	12
Rannsóknabættir .....	12
Val sýnatökustaða.....	13
Sýnataka .....	14
Meðhöndlun, geymsla og flutningur sýna .....	14
Mælingar og efnagreiningar .....	14
Meðferð gagna og túlkun.....	15
Grunn stöðuvötn .....	17
Efnaferlar næringarefna .....	17
Vistkerfi grunnra vatna.....	18
Vífilsstaðavatn og Vífilsstaðalækur.....	19
Lýsing og helstu stærðir .....	19
Hugsanleg áhrif af mengun.....	25
Niðurstöður og umfjöllun .....	26
Niðurstöður.....	26
Aðrar efnagreiningar.....	34
Vægi fosfórs og köfnunarefnis .....	36
Flokkun Vífilsstaðavatns og Vífilsstaðalækjar .....	40
Næringarástand Vífilsstaðavatns .....	40
Náttúrulegt ástand.....	41
Mengunarflokkun .....	47
Tillaga að langtímamarkmiðum.....	49
Tillaga að vöktun.....	51
Viðkvæm svæði og aðgerðaráætlanir .....	52
Heimildir .....	52
Viðauki .....	59

## Töflulisti

Tafla 1.	Mengunarflokkar vatns .....	11
Tafla 2.	Umhverfismarkaflokkar .....	12
Tafla 3.	Efnagreiningaraðferðir, efnagreiningartæki, næmni og skekkjumörk. ....	15
Tafla 4.	Shapiro-Wilk W-prófun á normaldreifingu ( $\alpha=0,01$ ), frávikshlutföll og gerð miðsæknigilda sem notuð var.....	16
Tafla 5.	Niðurstöður efnagreininga Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis frá árunum 2002 og 2007 á vatni frá vatnsbólínu Dýjakrókum. ....	35
Tafla 6.	Niðurstöður mánaðarlegra efnagreininga Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis frá árinu 2003 og 2004 á nitrati ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) í grunnvatni í vatnsbólínu í Dýjakrókum og í nálægri borholu. ....	35
Tafla 7.	Ýmiss viðmiðunargildi N/P hlutfalla (vikt) sem notuð eru til að meta hvort fosfór eða köfnunarefni er líklegra til að vera takmarkandi fyrir þörungavöxt í stöðuvötnum. ....	38
Tafla 8.	Meðalstyrkur næringarefna og hlutfall köfnunarefnis og fosfórs í 10 stöðuvötnum á Suðvesturlandi. ....	42
Tafla 9.	Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Vífilsstaðavatns .....	46
Tafla 10.	Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Vífilsstaðalækjar. ....	47
Tafla 11.	Mengunarflokkun Vífilsstaðavatns. ....	48
Tafla 12.	Mengunarflokkun Vífilsstaðalæks. ....	48
Tafla 13.	Svigrúm til mengunar í Vífilsstaðavatni innan flokks A.....	50
Tafla 14.	Svigrúm til mengunar í Vífilsstaðalæk innan flokks A. ....	50
Tafla 15.	Tillaga að vöktun Vífilsstaðavatns vegna ákvæða reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. ....	52



## Myndalisti

Mynd 1.	Staðsetning sýnatökustaða í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk ( ). Einnig sýnd staðsetning sýnatökuborholu Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis ( ).	13
Mynd 2.	Vífilsstaðavatn. Myndin er tekin af Tryggva Þórðarsyni.	19
Mynd 3.	Vífilsstaðalækur ásamt Vatnsmýri (samsett mynd). Myndin er tekin af Tryggva Þórðarsyni.	20
Mynd 4.	Mánaðarmeðaltöl úrkomu á rannsóknatímabilinu.	21
Mynd 5.	Grunnvatnsstraumur í átt að Vífilsstaðavatni.	22
Mynd 6.	Friðland við Vífilsstaðavatn.	24
Mynd 7.	Vatnshitastig í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	26
Mynd 8.	Þéttleiki saurkólí í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	26
Mynd 9.	Þéttleiki saurkokka í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	26
Mynd 10.	pH í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	27
Mynd 11.	Rafleiðni í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	27
Mynd 12.	Mettunarhlutfall súrefnis í Vífilsstaðavatni.	27
Mynd 13.	Grugg í Vífilsstaðavatni.	28
Mynd 14.	Fosfórstyrkur(t-P) í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	28
Mynd 15.	Köfnunarefnisstyrkur (t-N) í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	28
Mynd 16.	Ammóníaksstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	29
Mynd 17.	Styrkur óklofins ammóníaks í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	29
Mynd 18.	Nítratstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	29
Mynd 19.	Styrkur blaðgrænu $\alpha$ í Vífilsstaðavatni.	30
Mynd 20.	Heildarstyrkur lífræns kolefnis í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	30
Mynd 21.	Koparstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	30
Mynd 22.	Zinkstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	31
Mynd 23.	Kadmíumstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	31
Mynd 24.	Blýstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	31
Mynd 25.	Krómstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	32
Mynd 26.	Nikkelstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.	32
Mynd 27.	Nítrat í vatnsbólunni Dýjakrókum og eftirlitsborholu 2003-2004. Einnig er sýnd mánaðarúrkoma.	36
Mynd 28.	Heildarstyrkur fosfórs (t-P) og fosfats ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) í Vífilsstaðavatni apríl-september 2007.	36
Mynd 29.	Heildarstyrkur köfnunarefnis (t-N), nítrats ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) og ammóníaks ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) í Vífilsstaðavatni apríl-september 2007.	37
Mynd 30.	Hlutfall heildarköfnunarefnis og heildarfosfórs (N/P, vikt) í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk á tímabilinu mars 2007-mars 2008.	39
Mynd 31.	Hlutfall samanlagðs styrks nítrats og ammóníaks og fosfats (N/P, vikt) í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk á tímabilinu mars 2007-mars 2008.	39



## Inngangur

### Verkefni

Verkefni það sem hér er gerð grein fyrir er unnið fyrir Garðabæ. Markmiðið með því er að meta náttúrulegt og núverandi ástand Vífilsstaðavatns og efsta hluta Vífilsstaðalækjar, mengunarflokka þau vötn í samræmi við flokkunarkerfi reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns og gera tillögur um langtímamarkmið fyrir ástand þeirra og umfang og tíðni áframhaldandi vöktunar.

### Mengunarflokkun vatna

Í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns eru ákvæði sem gera heilbrigðisnefndum að flokka vatn (grunnvatn og yfirborðsvatn<sup>1</sup>) 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 skipulagsuppráttum svæðis- og aðalskipulags og að sýna skuli flokkun þeirra á skýringaruppráttum við gerð deiliskipulags.

Mengunarflokkar reglugerðarinnar eru sýndir í 1. töflu.

Tafla 1. Mengunarflokkar vatns

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

### Forsendur mengunarflokkunar

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

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

Bakgrunnsgildi sem að gagni kæmu við mengunarflokkun á vötnum hafa ekki verið skilgreind. Í handbókinni kemur þó fram að umhverfismörk fyrir saurmengun vísi til bakgrunnsgildis og megi því nota þau við mengunarflokkun hvar sem er á landinu.

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

Það merkir að náttúrulegt ástand m.t.t. saurbaktería jafngildir umhverfismörkum I eða <14 bakteríur í 100 ml.

Á meðan eiginleg bakgrunnsgildi hafa ekki verið skilgreind fyrir aðra þætti þarf að meta náttúruleg gildi þeirra þátta fyrir hvert vatn sérstaklega. Ýmsar leiðir koma til greina til að afla upplýsinga til þess. Venjulega liggja mælingar snortinna vatna ekki fyrir frá því áður en mannlegra áhrifa tók að gæta en hinsvegar eru allmörg vötn á landinu enn ósnortin eða lítt snortin og því samanburðarhæf að teknu tilliti til gerðar og svæðisbundinna einkenna. Þannig geta rannsóknir sem gerðar eru sérstaklega til að mengunarflokka vötn sem með sæmilegri vissu geta talist ósnortin eða nánast ósnortin veitt mikilvæga vitneskju um líkleg náttúruleg bakgrunnsgildi. Sömuleiðis má stundum leita upplýsinga um efnaeiginleika ósnortinna vatna í niðurstöðum annarra tiltækra rannsókna á íslenskum vötnum. Einnig er hægt að meta ástand stöðuvatna frá fyrri tíð með rannsóknum á setkjörnum úr botni þeirra. Að síðustu má nefna rannsóknir á náttúrulegu afrennsli flokkunarefnanna af vatnasviðinu en ef umfang þess er þekkt má í sumum tilvikum meta með útreikningum líklegan styrk flokkunarefnanna í viðkomandi vötnum áður en mannlegra áhrifa tók að gæta. Í þeim tilvikum sem beinar upplýsingar um sambærileg ósnortin vötn skortir má bæði styðjast við þá vitneskju sem til er um mannlegar athafnir á vatnasviði viðkomandi vatns, sbr. handbók Umhverfisstofnunar (Umhverfisstofnun 2004) og gera samanburð við önnur sambærileg vötn og mannlegar athafnir á vatnasviði þeirra þótt ekki séu þau ósnortin.

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

**Tafla 2. Umhverfismarkaflokkar**

Umhverfismörk	Útskýringar		
	Saurmengun	Málmar í vatni	Næringarefni/lífræn efni í stöðuvötnum og ám
I	Mjög lítil eða engin hætta á saurmengun.	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum.	Næringarfátækt (oligotrophy).
II	Lítill saurmengun.	Lítill hætta á áhrifum.	Lágt næringarefnagildi (oligo-/mesotrophy).
III	Nokkur saurmengun.	Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki.	Næringarefnaríkt (meso-/eutrophy).
IV	Mikil saurmengun.	Áhrifa að vænta.	Næringarefnaauðugt (eutrophy).
V	Ófullnægjandi ástands vatns/pynningarsvæði.	Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/pynningarsvæði.	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 saurkokkabakteríur, blaðgræna  $\alpha$ , heildarfosfór (t-P), fosfat (PO<sub>4</sub>-P),

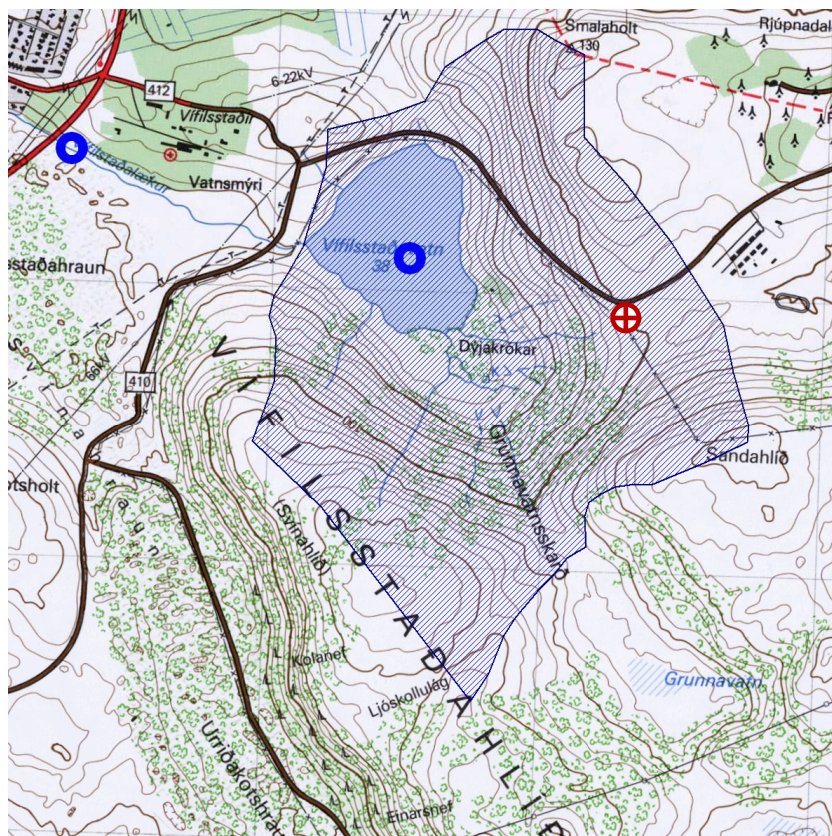
heildarköfnunarefni (t-N), ammóníak ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), lífrænt kolefni (TOC), málmarnir kopar (Cu), zink (Zn), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr), nikkell (Ni) og arsen (As). Auk þess var blaðgræna  $\alpha$  notuð við flokkun Vífilsstaðavatns og fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) til flokkunar Vífilsstaðalækjar. Þessu til viðbótar var mælt hitastig, pH, rafleiðni, súrefni, grugg og nítrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ).

### Val sýnatökustaða

**Vífilsstaðavatn:** Reynt var að velja sýnatökustaðinn þar sem dýpi virtist einna mest, ekki langt frá miðju vatni. Dýptarkort lá hins vegar ekki fyrir svo óvíst er hvort um dýpsta stað var að ræða. Dýpi vatnsins er hinsvegar nokkuð svipað allstaðar. Þó mun vera lítil gígur í botninum (Sólrun Harðardóttir 2001) en um staðsetningu hans var ekki vitað. Sýnatökustaðurinn var innan gróðurbreiðunnar í vatninu. Að vetrarlagi voru sýni tekin við útrásina úr Vífilsstaðavatni.

**Vífilsstaðalækur:** Sýnatökustaðurinn var valinn neðan við Vífilsstaði rétt ofan við byggðina. Við valið var hugað að því að straumur væri nægur, dýpi nægjanlegt til að ná sýni án botngruggs og að ekki væri sjáanlegt innstreymi rétt ofan sýnatökustaðarins. Sýnatökustaðurinn var á stað sem nú er rétt ofan við göngubrú yfir lækinn fast austan Reykjanesbrautar.

Sýnatökustaðirnir eru sýndir á korti á mynd 1 ásamt vatnasviði Vífilsstaðavatns.



Mynd 1. Staðsetning sýnatökustaða í Vífilsstaðvatni og Vífilsstaðalæk (●). Einnig sýnd staðsetning sýnatökuborholu Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis (⊕).

Vífilsstaðavatn :  $\text{N}64^{\circ}04,707'$ ,  $\text{V}21^{\circ}52,230'$ . Vífilsstaðalækur:  $\text{N}64^{\circ}04,888'$ ,  $\text{V}21^{\circ}53,784'$ . Vatnasvið Vífilsstaðavatns er rissað inn á kortið (skástrikað).

## **Sýnataka**

*Vífilsstaðavatn:* Sýni voru tekin rétt undir yfirborði (um 0,1 m dýpi) beint í sýnatökufloöskur en vatn til pH- og rafleiðnimælinga í fötu. Mælingar á súrefni (O<sub>2</sub>) voru gerðar á svipuðu dýpi. Sýni til greininga á blaðgrænu  $\alpha$  voru síuð á staðnum (MFS GF75) úr vatninu í fötunni. Alls voru tekin 6 sýni til efnagreininga á 6 mánaða tímabili (17. apríl - 18. september 2007) og 12 sýni til bakteríugreininga á 12 mánaða tímabili (28. mars 2007 - 29. febrúar 2008). Sýnatöku önnuðust Tryggvi Þórðarson, Tore Skjenstad og Sveinn Aðalsteinsson.

*Vífilsstaðalækur:* Sýni voru tekin beint í sýnaflöskur og upp í straumstefnuna. pH og rafleiðnimælingar voru gerðar beint í læknum. Tólf sýni voru tekin úr Vífilsstaðalæk með um mánaðar millibili á tímabilinu frá 28. mars 2007 til 29. febrúar 2008. Sýnatöku annaðist Tore Skjenstad.

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

## **Meðhöndlun, geymsla og flutningur sýna**

Sýnin voru geymd kæld þar til hægt var að frysta þau (efnasýni og 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 oftast tekin til ræktunar samdægurs en aldrei seinna en innan 24 klst. (sýni tekið 28. mars 2007). Grugg var mælt innandyra strax eftir sýnatökuna. Blaðgrænusýni voru fryst innan klukkustundar frá sýnatöku. Styrkur blaðgrænu  $\alpha$  var greindur á rannsóknastofu Háskólasetursins í Hveragerði, venjulega innan tveggja daga. Efnagreiningar næringarefna og heildarstyrks lífræns kolefnis fóru fram hjá rannsóknastofu Skógvistfræðistofnunar Landbúnaðarháskólans í Umeå í Svíþjóð en greiningar málma 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. Sýnin voru tekin úr frysti 24 tímum fyrir greiningu.

## **Mælingar og efnagreiningar**

Staðarákvarðanir (GPS) voru gerðar með Garmin Etrex Venture Cx (Vífilsstaðavatn) og Magellan SporTrak Map (Vífilsstaðalækur) staðarákvörðunartækjum með WGS 84 viðmiðun. Súrefni var mælt með WTW Oxi 197-S súrefnismæli. Lofthiti var mældur með einföldum stafrænum mæli (Precision Multi-Thermometer). Hitastig vatnsins var mælt með hitastigsmæli súrefnistækisins (Vífilsstaðavatn). pH og rafleiðni var mæld á staðnum með Oakton pH/Con 300 handmæli eða Oakton pH 300 og Oakton con 10 handmælum. 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.

Skekkjumörk efnagreininga næringarefna og lífræns kolefnis eru gefin sem 95% öryggismörk í samræmi við leiðbeiningar Alþjóðlegu staðlasamtakanna (ISO) (GUM 1995). Næmni þeirra 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 fyrir þessi efni jafnframt því að þau hækka með hækkanði mæligildi. Skekkjumörk fyrir önnur efni eru gefin í töflu 3.

**Tafla 3. Efnagreiningaraðferðir, efnagreiningartæki, næmni og skekkjumörk.**

Efni	Aðferð/Gerð tækis	Tæki	Greiningarmörk µg/l	Skekkjumörk µg/l
t-N	FIA	Tecator 5012, Foss Tecator, Sollentuna, Sverige.	Sjá texta	Sjá texta
NO <sub>3</sub> -N	FIA	Tecator 5012, Foss Tecator, Sollentuna, Sverige.	Sjá texta	Sjá texta
NH <sub>4</sub> -N	FIA	Tecator 5012, Foss Tecator, Sollentuna, Sverige.	Sjá texta	Sjá texta
t-P	FIA. Oxun með kalíumperoxídsulfati	Tecator 5012, Foss Tecator, Sollentuna, Sverige.	Sjá texta	Sjá texta
PO <sub>4</sub> -P	FIA	Tecator 5012, Foss Tecator, Sollentuna, Sverige.	Sjá texta	Sjá texta
TOC		TOC-5000, Shimadzu, Kyoto, Japan	Sjá texta	Sjá texta
Cu	Egin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT Gmbh, Bremen, Þýskalandi.	0,2	±15%
Zn	Egin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT Gmbh, Bremen, Þýskalandi.	0,2	±15%
Cd	Egin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT Gmbh, Bremen, Þýskalandi.	0,005	±15%
Pb	Egin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT Gmbh, Bremen, Þýskalandi.	0,01	±15%
Cr	Egin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT Gmbh, Bremen, Þýskalandi.	0,1	±15%
Ni	Egin aðferð, byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT Gmbh, Bremen, Þýskalandi.	0,2	±15%
As	Egin aðferð byggð á NS-EN-ISO 17294-2. ICP/MS-HR.	Element 1, Finnigan MAT Gmbh, Bremen, Þýskalandi.	0,1	±15%
Blaðgræna α	Litrófsmæling. Útreikningar skv. (H.L. Golterman o.fl. 1978).	AquaMate UV/Visible Spectrophotometer.		

### **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. Sérstaklega getur þetta átt við um torleyst efni, s.s. málma. 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.

Gerð var Shapiro & Wilk W-tölfræðiþrófun á talnagildum þeirra niðurstaðna sem notuð voru til flokkunarinnar til að meta hvort frekar væri um normal- eða lognormaldreifð þýði að ræða. Gæfi þrófunin til kynna lognormaldreifingu ( $\alpha=0,01$ )

og frávikshlutfall<sup>2</sup> viðkomandi gilda var 1,2 eða meira (R.O. Gilbert 1987) var miðsæknin ákvörðuð út frá geómetrísku meðaltali<sup>3</sup>. Væri frávikshlutfallið hinsvegar lægra eða prófunin benti til normaldreifingar var meðaltal notað.

Í öðrum tilvikum var notast við meðaltal, m.a. þegar ekki var hægt að ákvarða líklega dreifingu vegna háshlutfalls gilda undir greiningarmörkum (fosfat og arsen á báðum stöðum) og þar sem tölfræðiprófunin gaf ekki marktæka niðurstöðu (ammóníak í Vífilsstaðalæk).

Bakteríustyrkur er jafnan nálægt því að vera lognormaldreifður (Gareth Rees o.fl. 2000) og er því notast við geometrískt meðaltal fyrir saurkólí og saurkokka óháð útkomu prófunarinnar. Þessi sérregla fyrir bakteríur breytti aðeins meðferð gagna fyrir saurkokkabakteríur í Vífilsstaðavatni en þar hefði meðaltal verið notað skv. almennu reglunni þar sem flest gildin voru undir greiningarmörkum. Niðurstaðan værir þó hin sama hvor aðferðin sem notuð hefði verið.

Í töflu 4 er gefið yfirlit yfir niðurstöður W-prófunar Shapiro & Wilk, frávikshlutföll og þau miðsæknigildi<sup>4</sup> sem notuð voru.

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

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

	Vífilsstaðavatn				Vífilsstaðalækur			
	Besta samsvörun	W	Frávíks hlutfall	Miðsæknigildi	Besta samsvörun	W	Frávíks hlutfall	Miðsæknigildi
Blaðgræna $\alpha$	logN	0,967	0,491	M				
Saurkokkar í 100 ml			1,262	GM	logN	0,908	1,777	GM
Saurkólí	logN	0,906	1,133	GM	logN	0,878	1,905	GM
t-P	N	0,834	0,484	M	logN	0,841	0,450	M
PO4-P				M				M
t-N	N	0,921	0,321	M	N	0,943	0,257	M
NH4-N	logN	0,909	0,386	M	logN*	0,673	0,256	M
Óklofið NH <sub>3</sub> -N ( $\mu\text{g/l}$ )	logN	0,970	1,190	M	logN	0,917	2,108	GM
TOC	logN	0,917	0,274	M	logN	0,896	0,406	M
Cu	logN	0,871	0,862	M	logN	0,951	0,505	M
Zn	logN	0,910	0,747	M	logN	0,975	0,764	M
Cd	logN	0,944	0,439	M	logN	0,869	1,627	GM
Pb	logN	0,903	0,837	M	logN	0,962	0,647	M
Cr	N	0,860	0,394	M	N	0,864	0,578	M
Ni	logN	0,850	0,660	M	N	0,810	0,396	M
As				M				M

\* Ekki marktækt

<sup>2</sup> Frávikshlutfall (e: coefficient of variation) = Staðfrávik deilt með meðaltali.

<sup>3</sup> 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.

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



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

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

## Grunn stöðuvötn

### **Efnaferlar næringarefna**

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

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

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

Súrefnisleysið hefur tvennskonar áhrif, annars vegar veldur það upplausn þess fosfats ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) sem lausbundið hefur verið í torleystum efnasamböndum og hins vegar afnitrun en það er umbreyting af völdum baktería á nitrati ( $\text{NO}_3$ ) yfir í loftkennt köfnunarefni ( $\text{N}_2$ ) sem ekki nýtist gróðrinum sem næringarefni. Afnitrun er háð því að nægilegt framboð sé á nitrati en það gerist því aðeins að einnig að skapist reglulega súrefnisríkt ástand. Ástæðan er sú að ammóníak ( $\text{NH}_4$ ), sem myndast við rotnun, getur ekki breyst yfir í nítrat (nitrun) nema súrefni sé til staðar. Í grunnum vötnum með mikinn vöxt vatnaplantna eru bestu aðstæðurnar fyrir afnitrun oftast á síðsumrum, þegar stærð plantnanna er í hámarki (Marten Scheffer 1998). Þegar þannig er ástatt í grunnum vötnum minnkar sem sagt framboð á köfnunarefni. Framboð á aðgengilegum fosfór eykst hinsvegar því leysni hans eykst í súrefnisleysi.

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

Ekki varð vart við súrefnisskort í Vífilsstaðvatni á rannsóknartímanum. Styrkur köfnunarefnis (t-N) var hæstur í júní og júlí þegar sólargangur er lengstur og mest súrefni verður til fyrir áhrif ljóstíllifunar. Fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) var ætíð undir greiningarmörkum í vatninu. Þeir ferlar sem rætt var um hér hafa því ekki haft mikil áhrif í Vífilsstaðvatni á þessu tímabili. Er það túlkað svo að vegna lítills dýpis hafi næringarstig vatnsins enn ekki verið komið á það stig að kalla fram þær súrefnissnaudu aðstæður sem þarf til að þessir ferlar verði áberandi.

### **Vistkerfi grunnra vatna**

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

Einkennandi fyrir mörg grunn vötn er að mestur hluti frumframleiðslunnar fer fram af völdum botngróðurs, s.s. vatnplantna. Sérstaklega á þetta við um vötn grynri en um 3-5 m. Þegar íkoma næringarefna eykst geta grunn vötn oft myndað tvennskonar jafnvægi sem bæði eru stöðug (I. Blindow o.fl. 1993, B. Moss 1998, Marten Scheffer 1998). Annað þeirra felst í áframhaldandi ríkjandi framleiðslu vatnplantna með tæru vatni og litlum lífmassa svifþörungum. Þar eru stórar vatnaflær (Cladocera) fremur algengar. Vötn í hinu ástandinu hafa jafnan mikinn lífmassa svifþörungum, mikið af fiskum sem éta svifdýr, lítið af svifdýrum og þau gruggast oft. Eftir því sem íkoman er meiri er auðveldara fyrir vatnið að skipta frá tæru vatni yfir í gruggugt. Það þarf þó yfirleitt einhverja sérstaka atburðarrás sem veldur truflun í vistkerfinu til að vatnið skipti á milli þessara tveggja stöðugleikastiga (Marten Scheffer 1998). Til að skipta frá vatnplöntustigi yfir í svifþörungastig gæti t.d. nægt að mikil röskun eða eyðilegging verði í vatnplöntubreiðunni, t.d. í stormi eða ef vatnsborð hækkar, eða svifdýr og/eða afætum þörungum fækka mikið, sem gæti t.d. orðið vegna óvarkárar notkunar skordýraeiturs á vatnasviðinu. Til að þessi umskipti geti orðið þarf vatnið fyrst að hafa náð ákveðnu stigi mengunar af völdum næringarefna. Ef ná á vatninu aftur í fyrra horf þarf íkoman að minnka talsvert niður fyrir það sem var áður en umskiptin urðu og jafnframt er oftast nauðsynlegt að gera inngríp í vistkerfið, s.s. að fækka verulega fiskum sem nærast á svifdýrum og jafnvel planta út vatnplöntum.

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

## Vífilsstaðavatn og Vífilsstaðalækur

### Lýsing og helstu stærðir

Vífilsstaðavatn er í landi Vífilsstaða (sjá mynd 2). Það er um 38-40 m.y.s., yfirborðsvatnasviðið er 2,6 km<sup>2</sup> og flatarmál vatnsins er 0,27 km<sup>2</sup> mælt á kort. Meðaldýpi vatnsins er um 0,5 m (Sólrún Harðardóttir 2001). Útfallið úr vatninu er í vestur (Vífilsstaðalækur) og rennur vatnið í Arnarnesvog (sjá mynd 3).



Mynd 2. Vífilsstaðavatn. Myndin er tekin af Tryggva Þórðarsyni.

Vatnið er í jökulsvorfinni laut eða dalverpi og er jökulruðning að finna í mynni dalverpisins vestan vatnsins (Árni Hjartarson o.fl. 1992). Berggrunnur á vatnasviði vatnsins er að mestu grágrýti en næst því innst í dalverpinu þar sem heita Vatnsbotnar er bólstraberg og móberg (Helgi Torfason o.fl. 1993).

Vatnið er umlukið holtum á þrjú vegu. Hlíðar holtanna norðan og sunnan vatnsins eru brattar og undirlendi við vatnið er lítið. Fyrir örfáum áratugum voru þessi holt lítt gróin og uppblásin en víða voru þó leifar birkikjarrs, sérstaklega í skorningum. Ekki er ósennilegt að á meðan á þeirri jarðvegseyðingu stóð hafi íkoma næringarefna verið talsvert hærri en náttúrulega íkoman eftir að dregið hafði úr jarðvegseyðingunni. Undanfarna áratugi hefur verið sáð lúpínu í holtin og sumsstaðar plantað trjám. Gróður er víðast í örri framför og ógrónum svæðum hefur fækkað mikið.

Holtin í kring um vatnið eru úr fremur leku bergi en næst vatninu norðaustanmegin og í kring um Vatnsbotna er þétt berg og suðvestanmegin allþétt set (Árni Hjartarson o.fl. 1992).

Ekkert afrennsli yfirborðsvatns er jafnan í vatnið og fær það nánast allt vatn úr grunnvatni ýmist beint í vatnið, m.a. úr lindum í vatninu (Jón Jónsson 1994) eða úr lindum í Dýjakrókum sem eru á misgengi suðaustan við vatnið (Guðlaugur Rúnar Guðmundsson 2001). Þó eru skorningar í hlíðunum næst Dýjakrókum sem sýna að af og til er yfirborðsrennsli til staðar. Talið er að grunnvatn sem berst í Vífilsstaðavatn berist af mun stærra svæði en vatnasviði vatnsins, þó hugsanlega ekki úr Grunnvatnadalverpinu suðaustan við Dýjakróka því þar er grunnvatnsstraumurinn talinn suðvestlægur (Árni Hjartarson o.fl. 1992, VSÓ Ráðgjöf 2003). Reiknilíkan grunnvatnsrennslis á svæðinu hefur gefið þá niðurstöðu að grunnvatn streymi frá Elliðavatni í átt að Vífilsstaðavatni (Páll Stefánsson 2004). Grunnvatnsrennsli að Vífilsstaðavatni má sjá á mynd 5.

Til skamms tíma var vatnsból Garðbæinga í Dýjakrókum.

Vatnablöntur mynduðu þéttar breiður á botni Vífilsstaðavatns á meðan rannsóknin stóð yfir og fylltu stóran hluta vatnsins er líða tók á sumarið. Þær vantaði þó að mestu næst Vatnabotnum, hugsanlega vegna minna dýpis. Ríkjandi tegund var síkjamari (*Myriophyllum alterniflorum*). Vísbendingar eru um að þéttur botngróður hefi verið lengi í vatninu því tilvist hans er nefnd sem hugsanleg skýring á þeirri staðreynd að hornsíli (*Gasterosteus aculeatus*) í Vífilsstaðavatni hafa þróast yfir í að vera án kviðgadda (Bjarni Jónsson 2004). Þróunartími þessa einkennis er væntanlega langur. Umfang framleiðslu vatnplantna og botn- og ásætupörunga er ekki þekkt en talið víst að hún sé meiri en framleiðsla svifpörunga.

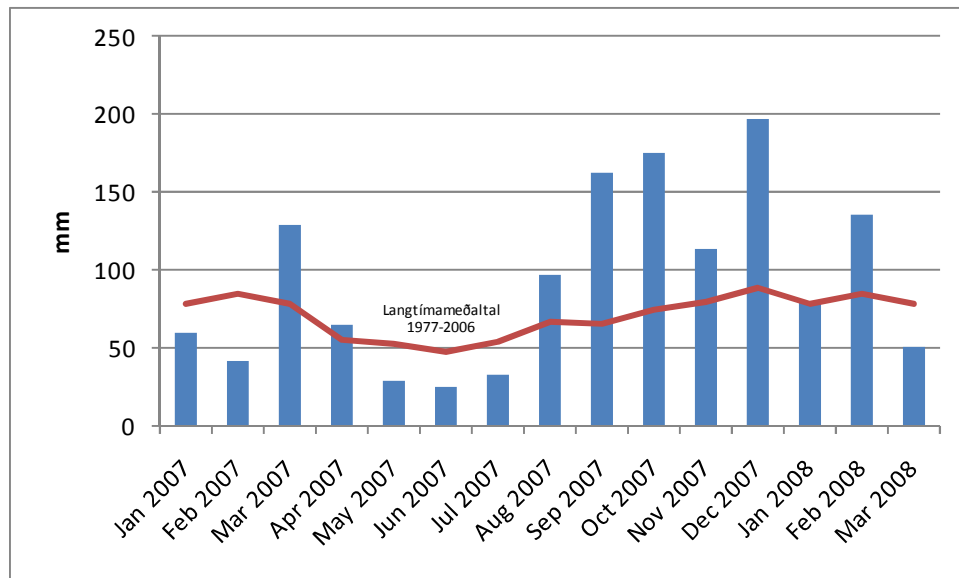
Talsvert var af fuglum á vatninu yfir sumartímam þegar sýnataka fór fram, allt að 60 – 70 í einu. Mest var af öndum en einnig voru þar gæsir, svanir og kríur. Síðsumars var fiður áberandi í vatnsborðinu.

Eftir að Vífilsstaðalækur kemur úr Vífilsstaðavatni rennur hann fyrst í stað um Vatnsmýrina neðan við Vífilsstaði. Mýrin er á flatlendi og stendur vatn þar stöðugt uppi en lækurinn flæðir víða um mýrina. Hann rennur þó þarna að mestu í tveimur farvegum og virðist sá nyrðri vera manngerður. Sefgróður er algengur í mýrinni með smátjörnum og opnum inni á milli. Lækurinn er að mest þéttvaxinn reiðingsgrasi (*Menyanthes trifoliata*) og síkjamara þar sem hann rennur um mýrina og rennsli hans því víða fremur hægt. Eftir mýrina rennur hann milli hliðarfótarins og jaðars Vífilsstaðahrauns og Garðahrauns til sjávar. Nafn lækjarins breytist í Hraunsholtslæk neðan Hraunsholts (Guðlaugur Rúnar Guðmundsson 2001).



**Mynd 3.** Vífilsstaðalækur ásamt Vatnsmýri (samsett mynd). Myndin er tekin af Tryggva Þórðarsyni.

Meðalhiti í Reykjavík 2007 var 5,5 stig sem er 1,2 stigum hlýrra en í meðalári (Trausti Jónsson 2008). Úrkoma í Reykjavík var óvenjumikil á árinu 2007 og er árið það næstúrkomumesta frá upphafi mælinga 1884 (Trausti Jónsson 2008). Mældist ársúrkoman 1125,4 mm sem er 41% umfram meðaltal en mjög var misjafnt eftir mánuðum hve langt frá mánaðarmeðaltali úrkoman var. Yfirlit yfir úrkomu í Reykjavík árið 2007 er sýnt á mynd 4.



**Mynd 4. Mánaðarmeðaltöl úrkomu á rannsóknatímabilinu.**

**Byggt á gögnum fengnum af heimasíðu Veðurstofunnar.(Veðurstofa Íslands 2009).**

Meðalúrkoma árána 1961-1990 er hinsvegar um 23% meiri á Rjúpnahæð en í Reykjavík og á Vífilsstöðum er hún um 40% meiri en í Reykjavík (Árni Hjartarson 2006). Með því að gera ráð fyrir að á vatnasviði Vífilsstaðavatns sé úrkoman að meðaltali 30% hærri en í Reykjavík hefur úrkoman þar því verið 1.463 mm árið 2007. Eins og áður sagði er vatnasvið Vífilsstaðavatns 2,6 km<sup>2</sup>. Það jafngildir um 120 l/s sem þyrftu að hverfa út af vatnasviðinu. Þá er ekki tekið tillit til mælataps við úrkomumælingar, uppgufunar, grunnvatns sem kemur á svæðið utanfrá og úrkomuvatni sem rennur út af svæðinu sem grunnvatn.

Miðað við að flatarmál Vífilsstaðavatns sé 0,27 km<sup>2</sup> og meðaldýpi þess 0,5 m reiknast rúmmál þess 1,35\*10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>. Rennsli úr Vífilsstaðavatni virtist talsvert breytilegt á meðan á sýnatökunni stóð og vatnsborð þess sveiflast talsvert og var lægst þegar rennsli lækjarins var minnst. Heimildir um meðalrennslið úr vatninu liggja ekki fyrir. Ef giskað er á að meðalrennsli á ársgrundvelli hafi verið á bilinu 100 – 150 l/s gæfi það um 20 - 30 sólarhringa fræðilegan uppistöðutíma. Til samanburðar er fræðilegur uppistöðutími, Þingvallavatns um 330 sólarhringar (H. Haflidason o.fl. 1992), Hafravatns 61 sólarhringur (Hákon Aðalsteinsson o.fl. 1989, Gagnabanki Vatnamælinga 1996), Mývatns 27 sólarhringar (Jón Ólafsson 1979), Reykjavíkurtjarnar 19 sólarhringar (Hilmar Malmquist o.fl. 2008), Urriðakotsvatns um 17 sólarhringar (Tryggvi Þórðarson 2006a) og Elliðavatns um 5 sólarhringar (Tryggvi Þórðarson 2003e).

Svæðið umhverfis Vífilsstaðavatn er útivistarsvæði. Engin byggð er á vatnasviði þess og engin teljandi mannleg umsvif heldur. Aftur á móti er talsverð hesthúsabyggð utan vatnasviðsins, á Kjóavöllum sem er í dalverpi austan við vatnið en það er án afrennslis á yfirborði. Eins og fram hefur komið er talið að grunnvatnsstraumur flæði frá Elliðavatni en hluti hans er m.a. talinn koma fram í lindum við Vífilsstaðavatn (Árni Hjartarson 2003) (mynd 5). Hesthúsabyggðin á milli Vífilsstaðavatns og Elliðavatns er yfir þessum grunnvatnsstraumi. Úrkoma sem fellur á þessu svæði hripar fljótlega niður og berst með grunnvatnsstraumnum. Ofanvatn af hesthúsasvæðunum tekur áræðanlega upp næringarefni frá hrossataði og –hlandi. Fosfór er torleystur og oft að talsverðu leyti í föstu formi sem síast auðveldlega frá í jarð- og berggrunninum. Undantekning kann hugsanlega að vera þegar rennsli er um vel opnar sprungur. Efnasambönd köfnunarefnis eru hinsvegar auðleysanleg í vatni og geta þau því auðveldlega borist með ofanvatninu af þessu svæði og þannig að einhverju leyti hafnað í Vífilsstaðavatn.



Mynd 5. Grunnvatnsstraumur í átt að Vífilsstaðavatni.

Myndin er hluti af korti gerðu af Vatnaskil yfir reiknaða grunnvatnshæð og grunnvatnsrennsli í nágrenni Elliðavatns og birtist í matskýrslu VSÓ Ráðgjafar um Arnarnesveg (VSÓ Ráðgjöf 2003). Jafngildislínur eru yfirborð grunnvatns (m.y.s.) og örvar rennslisstefna þess. Norður er upp. Bætt er inn líklegri staðsetningu hesthúsahverfanna.

Á Kjóavallasvæðinu eru nú tvö hesthúsahverfi, á Andvarasvæðinu í Garðabæ og á Heimsenda í Kópavogi og eru hrossin um 1.400 (Garðabær 2009). Á milli þessara svæða er Kjóavallalægðin, grasivaxið vallendi sem lengst af hefur verið nýtt sem beitiland (Landform ehf. 2008). Fyrirhugað er að auka mikið umsvifin á hesthúsasvæðunum þarna. Þannig á hesthúsasvæðið í heild að verða um 80 ha. (Arinbjörn Vilhjálmsson 2009) með að allt að 3.900 hrossum (Garðabær 2009, Landform ehf. 2008).

Nýlega tóku gildi breytingar á aðalskipulagi Garðabæjar (3. júlí 2008) (Stjórnartíðindi B 2008a) og Kópavogs (23. apríl 2008) (Stjórnartíðindi B 2008c) fyrir Kjóavelli og tillaga að deiliskipulagi Kjóavalla bæði fyrir Garðabæ og Kópavog var samþykkt af bæjarstjórn Garðabæjar þann 8. júlí 2008 og Kópavogs þann 24. júní sama ár.

Samkvæmt þessu skipulagi mun hluti af óbyggðu svæði austan og sunnan núverandi hesthúsabyggðar á Kjóavöllum breytast í opið svæði til sérstakra nota þar sem gert verður ráð fyrir stækkun hesthúsabyggðar og svæði fyrir verslun og þjónustu (Stjórnartíðindi B 2008a).

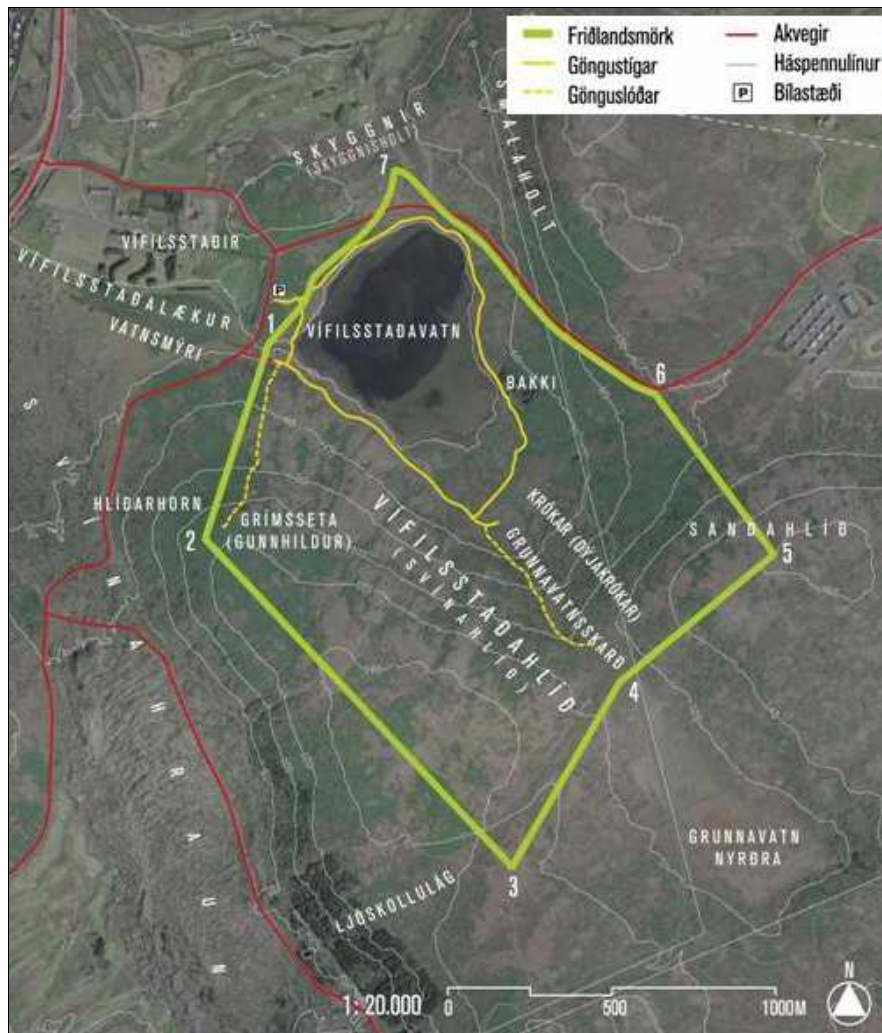
Skv. auglýsingu á heimasíðu Garðabæjar (Garðabær 2009) miðaði tillagan að deiliskipulagi þessu að því að á milli núverandi hesthúsasvæða við Andvara og Heimsenda rísi samfelld hesthúsabyggð auk keppnis- og æfingasvæðis, reiðhalla og verslunar- og þjónustubygginga. Svæðið sem um ræðir er um 79 ha að stærð og nær bæði til Kópavogs og Garðabæjar. Í norður afmarkast það af Vatnsendavegi í Rjúpnahæð og af íþróttasvæði í Kórahverfi norðan Heimsenda. Í austur afmarkast svæðið af Vatnsendahæð, í suður af Sandahlíð og í vestur af skógræktarsvæði Garðbæinga ofan Vífilstaðavatns.

Neðan hverfanna, á svokölluðu miðsvæði, er gert ráð fyrir aðalleikvangi Kjóavalla, í skeifulaga formi neðst í miðju dældarinnar. Á miðsvæðinu er einnig gert ráð fyrir tveimur reiðhöllum með millibyggingu, auk 6 byggingarreita fyrir ýmsa verslun- og þjónustustarfsemi. Þar er m.a. gert ráð fyrir húsnæði fyrir dýralækna, félagsheimili, reiðskóla, ýmsa sérverslun ofl. tengt hestaíþróttinni. Núverandi reiðvellir neðan við Andvarasvæðið haldast að mestu óbreyttir.

Í umræddri deiliskipulagstillögu, kemur m.a. fram að rík áhersla verður lögð á að vernda grunnvatn fyrir mengun sem stafað getur frá taði og öðrum úrgangi á svæðinu (Landform ehf. 2008). Allt frárennsli og hugsanlegt sigvatn frá hesthúsum á að leiða í skólpráveitu Kópavogsbæjar. Allt hestahland á að leiða í niðurfali. Regnvatn og annað yfirborðsvatn sem til fellur á svæðinu á að leiða í 4 sérstakar tjarnir sem komið verður fyrir innan Kjóavalla. Tvær þeirra eru settjarnir sem taka eiga við ofanvatni sem frá hesthúsum kemur og munu þær hafa yfirfall yfir í skólpráveitu Kópavogsbæjar. Hinar tvær eiga að miðla ómenguguðu ofanvatni niður í jarðgrunninn. Jafnframt skal unnið að úrbótum í fráveitumálum á núverandi hesthúsum. Þegar hefur tekið gildi samþykkt um hesthúsahverfi á Kjóavöllum (Stjórnartíðindi B 2008b).

Í aðalskipulagi fyrir Garðabæ 2004 – 2016 kemur fram að Vífilstaðalækur, Vatnsmýri og svæðið umhverfis er hverfisverndað (Garðabær 2007). Ætlunin er m.a. að færa lækinn og mýrina í upprunalegt horf með því að endurheimta votlendisfjölbreytileika, eldri farvegi, hólma og tjarnir auk þess sem leggja á göngustíga beggja vegna lækjarins.

Vífilstaðavatn og Vífilstaðalækur/Hraunsholtslækur ásamt 200 m belti umhverfis vatnið og meðfram læknum sunnanverðum er á náttúruminjaskrá undir flokknum aðrar náttúruminjar (Umhverfisstofnun 2009b) en auk þess hefur vatnið og hluti vatnasviðsins verið friðlýst sem friðland (Umhverfisstofnun 2009a). Markmiðið með friðlýsingunni er að vernda vatnið ásamt fjölbreyttu og gróskumiklu lífríki þess, stuðla að varðveislu og viðhaldi náttúrulegs ástands þess, styrkja verndun tegunda og samfélagsgerð fiska í vatninu, tryggja eðlilegt grunnvatnsstreymi til vatnsins, viðhalda náttúrulegu gróðurfari svæðisins og treysta útivistar-, rannsókn- og fræðslugildi þess. Afmörkun friðlandsins má sjá á mynd 6.



Mynd 6. Friðland við Vífilsstaðavatn.

Myndin er tekin úr auglýsingu nr. 1064/2007 í stjórnartíðindum B.

### Áhrif umsvifa á vatnasviði

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



## Bein losun

Bein losun mengunarefna á sér ekki stað í Vífilsstaðavatn en í efsta hluta Vífilsstaðalækjar rennur vatn sem annaðhvort er einhverskonar frárennsli frá Vífilsstöðum eða nokkuð vatnsmikil lind sem lent hefur undir manngerðri hrúgu af hraungrýti. Ber vatnið ekki einkenni skólps og er hreint að sjá. Umrædd útrás hefur ekki verið könnuð frekar.

## Dreifð mengun

Ofanvatn af þéttum manngerðum flötum telst enn ekki fyrir hendi á vatnasviði Vífilsstaðavatns. Hesthúsabyggð norðaustan við vatnið er talin uppspretta köfnunarefnis í grunnvatni sem berst þaðan að vatninu. Sömuleiðis er líklegt að svæði með þéttum lúpínuvexti séu köfnunarefnisuppspretta. Áætlað hefur verið að í þriggja til fimm ára gamalli lúpínubreiðu bindi alaskalúpínan (*Lupinus nootkatensis*) 80 - 90 kg köfnunarefnis (N) á hektara á ári (F. Pálmason o.fl.) og köfnunarefnisbinding í 5 ára gamlli lítið þéttri lúpínubreiðu hefur mælst um 80 kg N/ha á ári samkvæmt óbirtu handriti Friðriks Pálmasonar og Jóns Guðmundssonar (1997) (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Magn köfnunarefnis í ofanjarðarluta alaskalúpínu hefur auk þess verið áætluð á bilinu 20–200 kg N/ha í sinufalli af lúpínu að hausti (Borgþór Magnússon o.fl. 2001) og köfnunarefnisbinding í lúpínubreiðum 108 kg/ha (Andrés Arnalds 1997) tilvitnun í (Sigurður Arnarson 2009). Árleg uppsöfnun tegundarinnar á köfnunarefni í jarðvegi hefur mælst um 40 kg N (David D. Myrold og Kerstin Huss-Danell 2003) en hefur einnig verið áætluð 10-90 kg/ha (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Þótt talsverð dreifing sé í tölunum má lesa úr þeim að hugsanlega gætu tapast allt að 190 kg/ha/ári ef tekið er mið af hæstu tölunni um bindingu og lægstu um uppsöfnun í jarðvegi. Líklega er þó raunverulegt tap allmiklu minna. Þar sem berg- og jarðgrunnur er yfirleitt sæmilega vel lekur á vatnasviði Vífilsstaðavatns ætti jarðvegur víðast að vera vel loftaður og afnitrun því lítil. Því má ætla að talsverður hluti af köfnunarefninu sem tapast úr jarðvegi í lúpínubreiðunum nái að berast í grunnvatnið sem ammóníak og nítrat og jafnvel lífrænt köfnunarefni. Óþekktur hluti grunnvatnsins skilar sér síðan í Vífilsstaðavatn en þá gæti amóníakið að hluta hafa ummyndast í nítrat.

## Hugsanleg áhrif af mengun

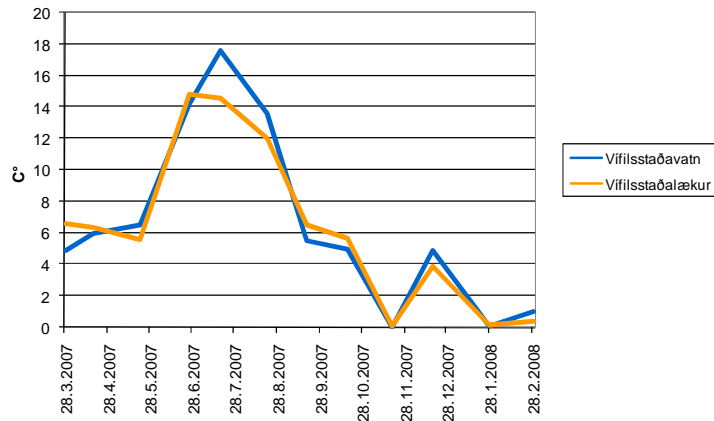
Vífilsstaðavatn verður að teljast hafa fremur litla mótstöðu gegn áhrifum næringarefnaengunar. Það stafar fyrst og fremst af því hversu grunnt vatnið er en grunn vötn hafa minni möguleika á að koma næringarefnum úr umferð nema útskolun sé mjög hröð.

Svifþörungur sökkva stöðugt til botns og eru flestar tegundir háðir því að hreyfing sé á vatninu til að halda þeim á floti. Gróflega er talið að í alveg kyrru vatni falli gruggagnir að meðaltali um 1 m á sólarhring og smæstu svifþörungur um 0,25 m á sólarhring (Marten Scheffer 1998). Í alveg kyrrum vötnum tapast þörungur því fyrir úr grunnu vatni en djúpu. Því er væntanlega ekki mikil hættu á að offjölgun svifþörungur valdi vandamálum í Vífilsstaðavatni með aukinni mengun. Skýling vatnsins fyrir helstu vindáttunum vegna hárra holta hefur einnig áhrif í sömu átt. Hugsanleg framtíðarvandamál vegna næringarauðgi gætu því allt eins tengst botnlægum þörungum sem þá kynnu t.d. að mynda slýbreyður. Skýling vatnsins á væntanlega eftir að aukast með auknum trjágróðri. Því er einnig hugsanlegt að háplöntur haldi áfram að einkenna vistkerfi vatnsins þrátt fyrir einhverja hækkun á næringarstigi þess.

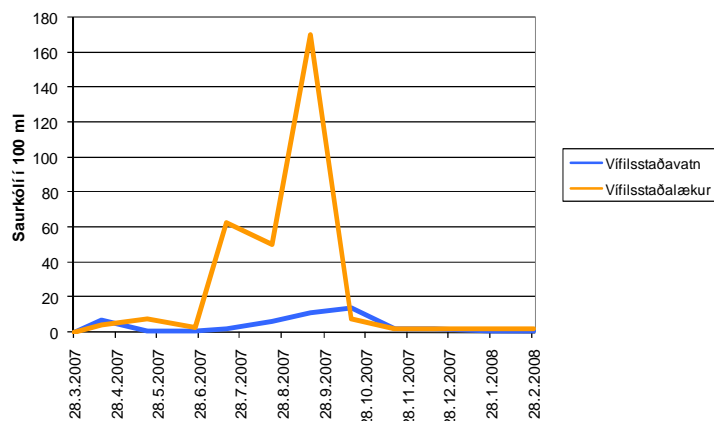
## Niðurstöður og umfjöllun

### Niðurstöður

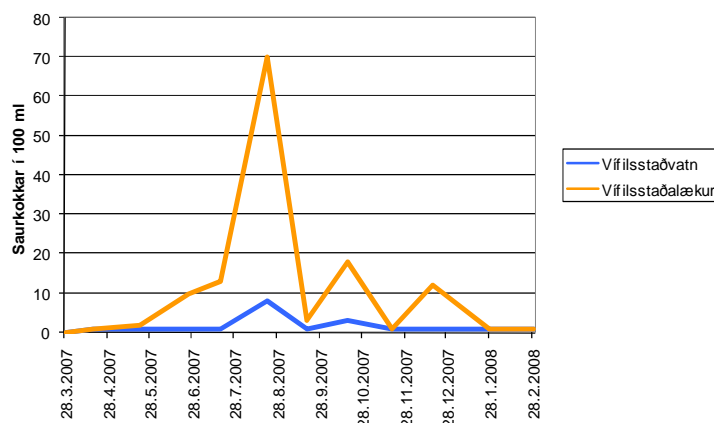
Niðurstöður mælinga og efnagreininga eru birtar í heild sinni í viðaukum við skýrsluna. Þær eru einnig sýndar flestar á myndum 7-26.



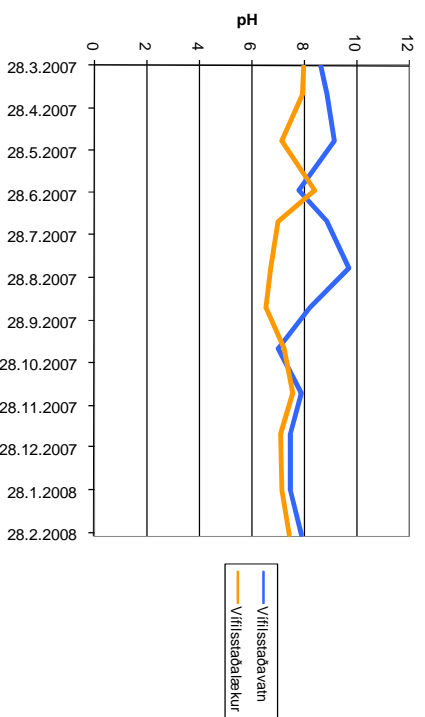
Mynd 7. Vatnshitastig í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.



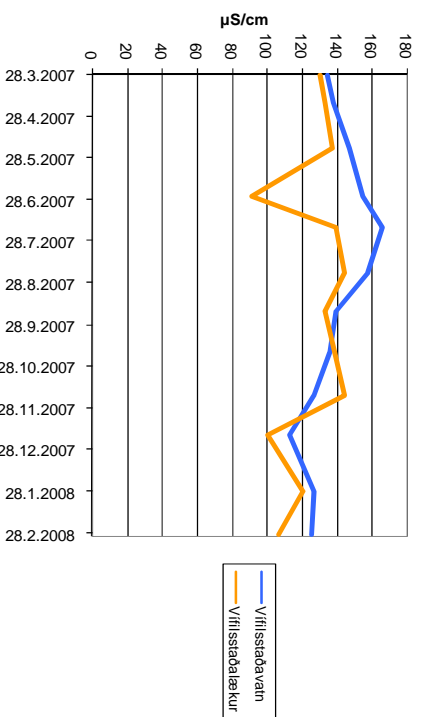
Mynd 8. Þéttleiki saurkólí í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.



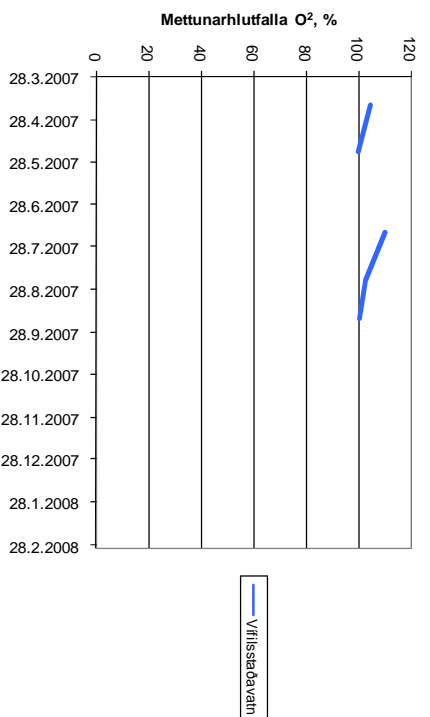
Mynd 9. Þéttleiki saurkokka í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.



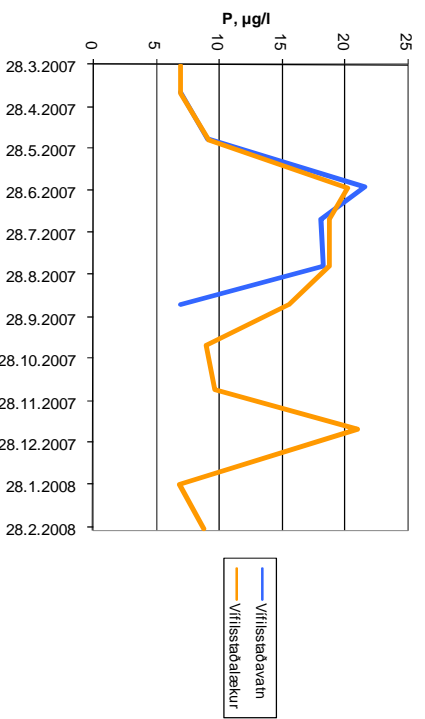
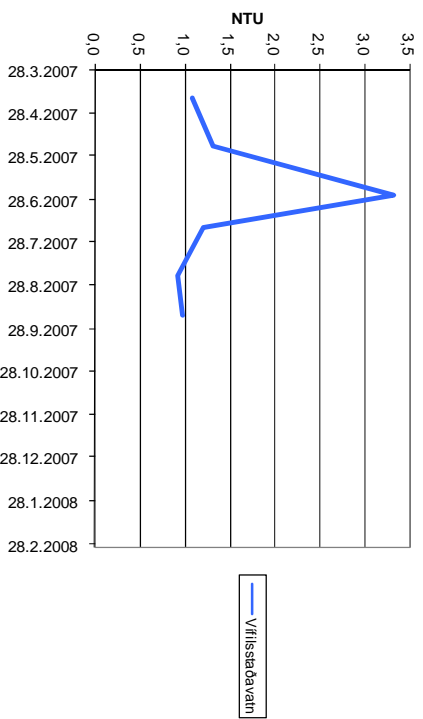
Mýnd 10. pH í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.



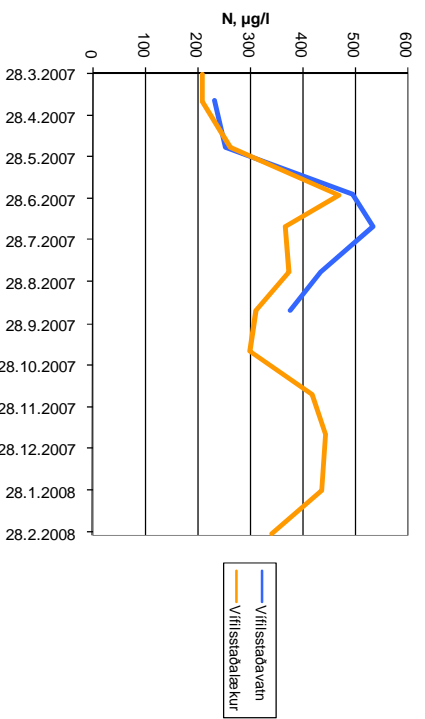
Mýnd 11. Rafleiðni í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.



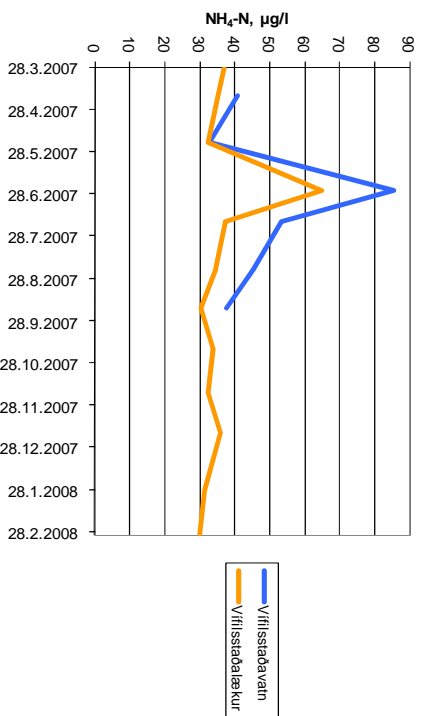
Mýnd 12. Mettunarhlutfall súrefnis í Vífilsstaðavatni.



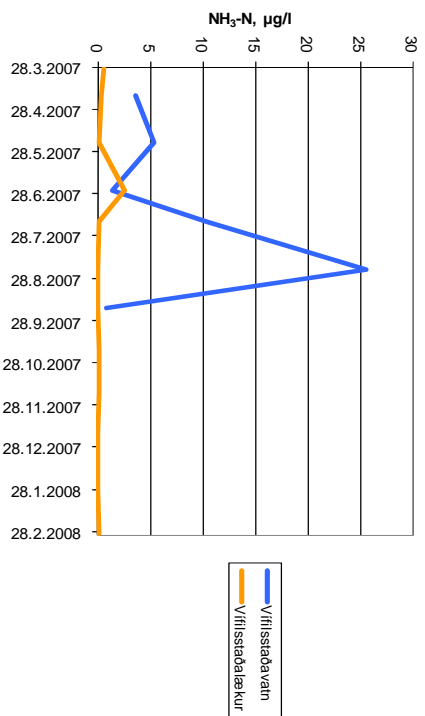
**Mynd 14. Fosfórstyrkur (t-P) í Vífisstaðavatni og Vífisstaðalæk.**



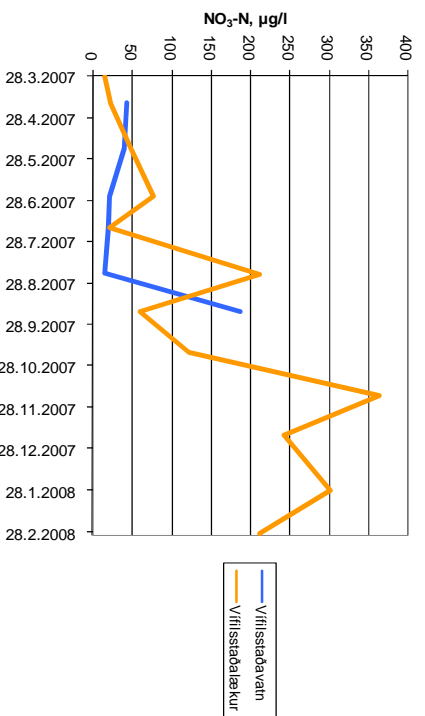
**Mynd 15. Köfnunarefnisstyrkur (t-N) í Vífisstaðavatni og Vífisstaðalæk.**



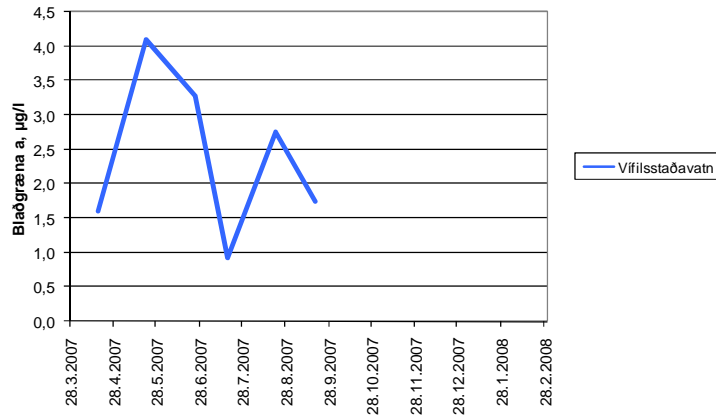
Mynd 16. Ammóníaksstyrkur í Vífilsstaðavarni og Vífilsstaðalæk.



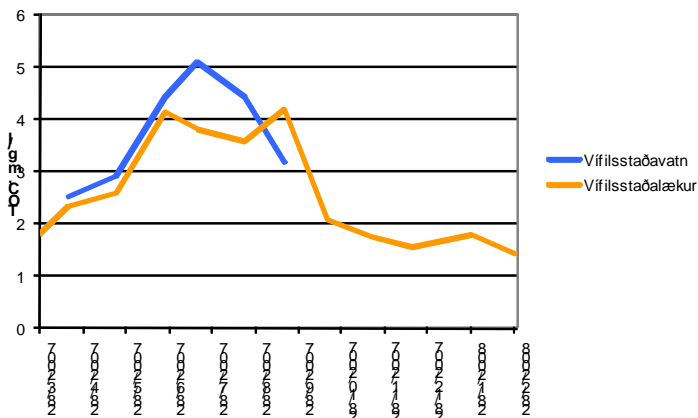
Mynd 17. Styrkur óklofins ammóníaks í Vífilsstaðavarni og Vífilsstaðalæk.



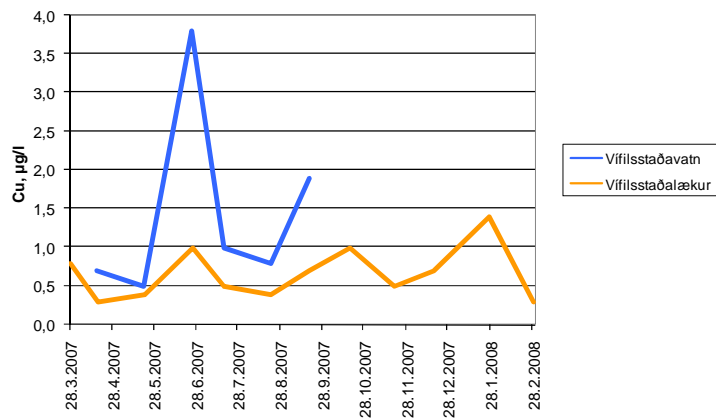
Mynd 18. Nitratstyrkur í Vífilsstaðavarni og Vífilsstaðalæk.



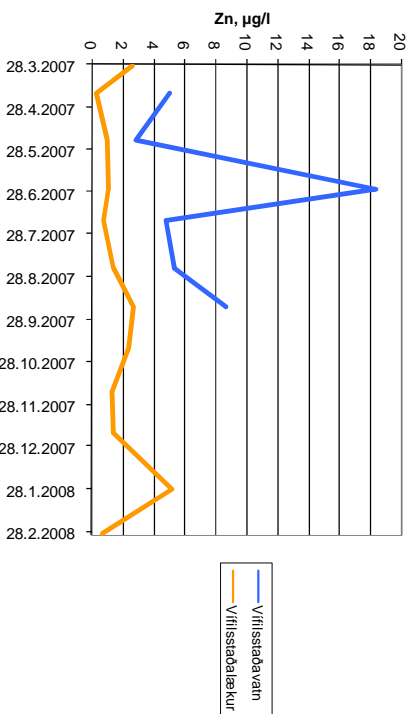
Mynd 19. Styrkur blaðgrænu  $\alpha$  í Vífilsstaðavatni.



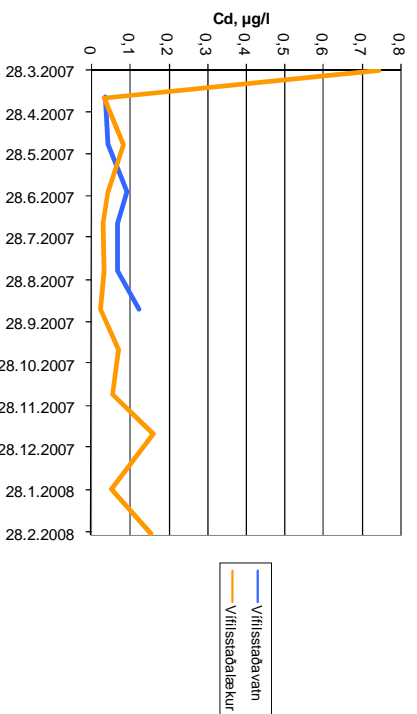
Mynd 20. Heildarstyrkur lífræns kolefnis í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.



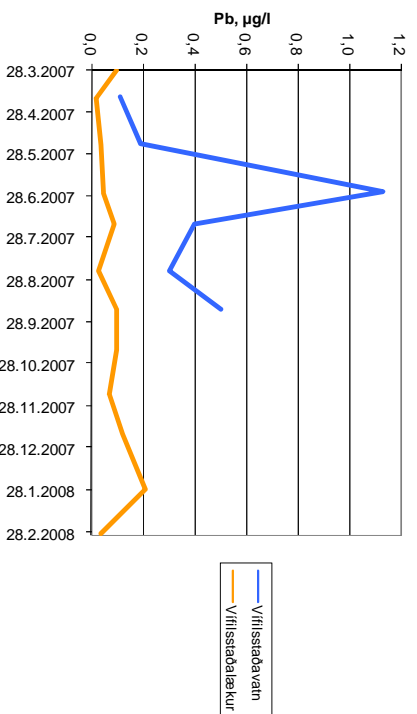
Mynd 21. Koparstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.



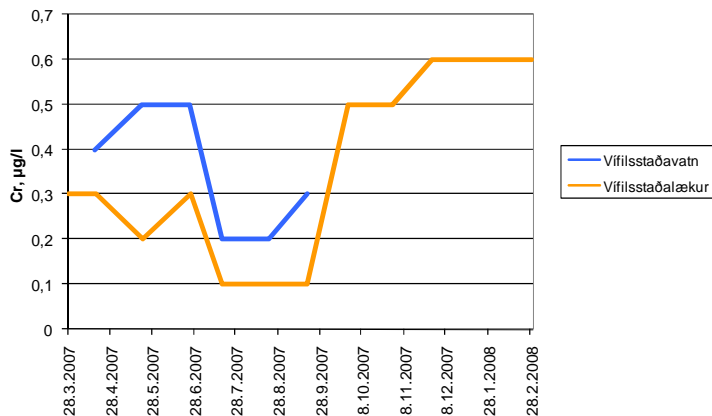
**Mýnd 22. Zinkstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.**



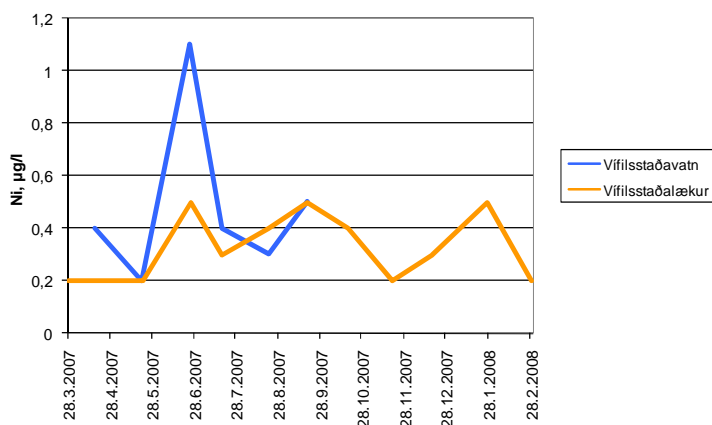
**Mýnd 23. Kadmíumstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.**



**Mýnd 24. Blýstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.**



Mynd 25. Krómstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.



Mynd 26. Nikkelstyrkur í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.

Ekki var fylgst með ísalögum á vatninu. Samfelldur ís var þó ekki á vatninu yfir vetrartímann.

Þá daga sem sýnin voru tekin var vindstyrkur metinn á bilinu kul til stinningsgolu. Tveimur dögum fyrir sýnatökuna 25. júní 2007 var mjög hvasst.

Þegar sýni voru tekin 18. júlí hafði vatnið sýnilega grynnað og þess varð enn meira vart næsta sýnatökudag, 21. ágúst 2007 en þá var áætlað að lækkunin næmi um 0,3 m. Sömu daga varð vart við mesta fjölda fugla á vatninu á meðan sýnataka fór fram, um 60 – 70 báða dagana. Þessa daga var rennsli úr vatninu sáralítið. Vífilsstaðalækur var því vatnslítill.

Hitastig í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk var svipað sýnatökudagana (sjá mynd 7). Í Vífilsstaðavatni mældist það hæst í júlí, 17,6 °C en í Vífilsstaðalæk í júní, 14,8°C.

Þéttleiki saurbaktería var ætíð lítill, sérstaklega saurkokkabaktería. Þéttleikinn var hinsvegar greinilega árstíðabundinn og mestur síðsumars. Á það sérstaklega við um Vífilsstaðalæk. Í Vífilsstaðavatni var þéttleiki saurkólíabaktería mestur í október 2007, 14 í 100 ml en saurkokkabaktería í ágúst, 8 í 100 ml. Saurkokkar voru aðeins greinanlegir í Vífilsstaðavatni á tímabilinu ágúst til október 2007. Í sýnum frá



mánuðunum nóvember 2007 til júlí 2008 var þéttleiki saurkólíabaktería í Vífilsstaðavatni ávallt  $<2$  í 100 ml. Heldur meira var af saurbakteríum í Vífilsstaðalæk yfir sumarmánuðina. Þéttleiki saurbaktería í læknum jókst er leið á sumarið og varð mestur fyrir saurkólíabakteríur í september, 170 í 100 ml en saurkokka í ágúst, 70 í 100 ml. Líklega tengist aukning styrksins beitarnandi sem er norðan lækjarins næst Reykjanesbraut. Lítið var hinsvegar um saurbakteríurnar í læknum yfir vetrarmánuðina svo ólíklegra er að um sé að ræða mengun frá skólpi. Niðurstöður bakteríutalninga eru sýndar á 8. og mynd 9.

pH í Vífilsstaðvatni var á bilinu 7,0 – 9,7, hæst í ágúst 2007 en lægst í október 2007. Í Vífilsstaðalæk var það á bilinu 6,6 – 8,4 hæst í júní 2007 en lægst september 2007. pH er sýnt á mynd 10.

Meðalrafleiðni í Vífilsstaðavatni var 139,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en í Vífilsstaðalæk 126,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (sjá mynd 11). Rafleiðnin hækkaði í Vífilsstaðavatni fram í júlí en lækkaði svo aftur. Í Vífilsstaðalæk var slíkur ferill óljósari. Í Vífilsstaðvatni mældist rafleiðnin lægst 113,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  í desember 2007 og í Vífilsstaðalæk 91,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  í júní 2007. Hæstu gildin í Vífilsstaðavatni voru í júlí 2007 (166,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) og í Vífilsstaðalæk í ágúst 2007 (144,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Súrefni í Vífilsstaðavatni var ætíð um eða vel yfir fullri metnun þess (sjá mynd 12). Hæst var mettnarhlutfallið í júlí, 110,3%.

Grugg í Vífilsstaðavatni var á bilinu 0,92 - 3,33 NTU, að meðaltali 1,47 NTU (sjá mynd 13). Mest grugg var júní, eftir hvassviðri, en minnst ágúst. Grugg var ekki mælt í Vífilsstaðalæk.

Styrkur fosfórs (P) í Vífilsstaðavatninu var á bilinu  $<7,0$  – 21,6  $\mu\text{g}/\text{l}$  en meðalstyrkur hans var  $<13,5$   $\mu\text{g}/\text{l}$ . Styrkur fosfórs í Vífilsstaðalæk var svipaður eða á bilinu  $<6,9$  – 21,0  $\mu\text{g}/\text{l}$  og að meðaltali 12,7  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Í báðum vötnunum jókst styrkurinn um vorið en minnkaði svo aftur síðsumars. Yfir sumartímamann (maí-ágúst) var styrkur fosfórs yfirleitt um 15 - 20  $\mu\text{g}/\text{l}$  en utan hans 8-9  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Undantekningin var sýnið frá desember 2007 í Vífilsstaðalæk en í því var styrkurinn 21  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Styrkur fosfats ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) var undir greiningarmörkum ( $<3,6$  –  $<4,0$   $\mu\text{g}/\text{l}$ ) í öllum sýnum í báðum vötnunum og er því ekki sýndur á mynd. Niðurstöður efnagreininga á fosfór eru sýndar á mynd 14.

Heildarstyrkur köfnunarefnis (t-N) var á bilinu 232 – 535  $\mu\text{g}/\text{l}$  í Vífilsstaðavatni en ívið minni í Vífilsstaðalæk eða 209 – 469  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Að meðaltali var hann 388  $\mu\text{g}/\text{l}$  í Vífilsstaðavatni og 345  $\mu\text{g}/\text{l}$  í Vífilsstaðalæk. Í báðum vötnunum var hann minnstur í mars/apríl 2007 en jókst er leið á sumarið og náði hámarki í júlí 2007 í Vífilsstaðavatni og júní 2007 í Vífilsstaðalæk. Hann minnkaði síðan fram til haustsins en jókst aftur yfir háveturinn (Vífilsstaðalækur). Styrkur ammóníaks var yfirleitt svipaður bæði í vatninu og læknum, um 30 – 40  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Í þeim báðum var hámark í júní 2007, í Vífilsstaðavatni var styrkurinn þá 85,3  $\mu\text{g}/\text{l}$  en í Vífilsstaðalæk 64,8  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Í síblönduðum vötnum eins og Vífilsstaðvatni skilar niðurbrot undir plöntubreidunum að jafnaði mestum ammóníakstyrk á þeim tímum sem vatnið er heitast (G.E. Hutchinson 1957). Styrkur óklofins ammóníaks ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) var ávallt lítill í Vífilsstaðalæk (0 – 2,8  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) en var yfirleitt ívið meiri í Vífilsstaðavatni og náði þar 25,6  $\mu\text{g}/\text{l}$  í ágúst 2007. Í of miklum styrk (yfir 10-100  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) er óklofið ammóníak

eitrað fiskum (Steven C. Chapra 1997), sérstaklega seiðum. Styrkur nítrats ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) var lítill framan af eða oftast undir  $50 \mu\text{g/l}$ . Í Vífilsstaðavatni lækkaði hann úr  $43 \mu\text{g/l}$  í apríl 2007 niður í  $<15 \mu\text{g/l}$  í ágúst sama ár en jókst síðan í síðustu sýnatökunni (september 2007) og hafði þá náð  $187 \mu\text{g/l}$ . Hann jókst í Vífilsstaðalæk fram í október og hélst allmikill fram yfir áramót (um  $213 - 365 \mu\text{g/l}$ ). Hugsanleg skýring á aukningunni er aukið niðurbrot lífræns efnis og nitrun við súrefnisríkar aðstæður. Niðurstöður efnagreininga á köfnunarefni eru sýndar á mynd 15, á ammóníaki á myndum 16. og 17. og nítrati á mynd 18.

Styrkur blaðgrænu  $\alpha$  í Vífilsstaðavatni var á bilinu  $0,9 - 4,1 \text{ mg/l}$ , mestur í maí og minnstur í júlí 2007. Þar sem sú blaðgræna  $\alpha$  sem mældist er talin að nokkru leyti vera upphvirflaðir botn- eða ásætupörungar er líklegt að nokkur dagamunur geti verið á blaðgrænu  $\alpha$  eftir því hve hvasst hefur verið hverju sinni, sérstaklega fyrri hluta vaxtartímans á meðan vatnablöndurnar eru ekki fullvaxnar. Niðurstöður efnagreininga á blaðgrænu  $\alpha$  má sjá á mynd 19.

Heildarstyrkur lífræns kolefnis var á bilinu  $2,51 - 5,10 \text{ mg/l}$  í Vífilsstaðavatni en  $1,42 - 4,19 \text{ mg/l}$  í Vífilsstaðalæk. Að meðaltali var styrkurinn  $3,76 \text{ mg/l}$  í Vífilsstaðavatni en  $2,59 \text{ mg/l}$  í Vífilsstaðalæk. 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 og Stóráróslæk árið 2005 – 2006 (Tryggvi Þórðarson 2006a). Hæstu gildin bæði í vatninu og læknum fengust um sumarið, yfirleitt um  $2,5 - 5 \mu\text{g/l}$ . Á öðrum tímum var styrkurinn minni eða um  $1,4 - 2,3 \mu\text{g/l}$ . Niðurstöður á efnagreiningum á lífrænu kolefni má sjá á mynd 20.

Styrkur flestra málma var aðeins meiri í Vífilsstaðavatni en í Vífilsstaðalæk. Styrkur kadmíums (Cd) var þó svipaður á báðum stöðunum. Styrkur málmanna í Vífilsstaðavatni var oftast áberandi meiri í sýnum frá lok júní en frá öðrum tímum. Má vafalaust tengja það hvasviðrinu sem hafði orðið skömmu fyrir sýnatökuna og meðfylgjandi upphvirflun fastra agna í vatninu. Sams konar áhrif sáust á gruggstyrk (NTU) og styrk ammóníaks ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) og auk þess að einhverju leyti í heildarstyrk fosfórs og köfnunarefnis en sá styrkur viðhélst að nokkru í vatninu fram eftir sumri. Áhrifa hvasviðrisins gætti ekki í málmstyrknum í læknum, væntanlega vegna bindingar og jöfnunar í Vatnsmýrinni. Styrkur málmanna er sýndur á myndum 21. – 26.

### **Aðrar efnagreiningar**

Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis lét efnagreina sýni sem voru tekin 5 sinnum úr vatnsbóli Garðbæinga í Dýjakrókum á árunum 2002 til 2007 (Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis 2007). Vatnstöku er nýlega hætt í vatnsbólinu en vatn af sama uppruna er væntanlega stór hluti þess vatns sem í Vífilsstaðavatni rennur. Niðurstöður Heilbrigðiseftirlitsins fyrir þau efni sem hér eru til umfjöllunar eru sýndar í töflu 5. Þær sýna að styrkur köfnunarefnissambanda (nítrats og nítrít) er talsvert meiri í því grunnvatni sem í vatnið rennur heldur en í vatninu sjálfu. Er þó ammóníak og lífrænt bundið köfnunarefni vantalið þar sem þau efnasambönd voru ekki greind. Í grunnvatninu var köfnunarefnisstyrkurinn (sem N) að meðaltali rúmlega  $620 \mu\text{g/l}$  (nítrat og nítrít) þessi ár en í Vífilsstaðavatni 2007 var styrkur t-N  $388 \mu\text{g/l}$ . Einu þekktu köfnunarefnisuppsprettunum sem skýrt gætu hin háu gildi í grunnvatninu eru hesthúsahverfin á Kjöavöllum og önnur umsvif þar í

kring. Aðrar þekktar uppsprettur eru ekki taldar geta skýrt hin háu gildi. Lúpínubreiðurnar sem víða er að finna á svæðinu leggja þó til óþekkt magn köfnunarefnis en varla nægilegt til að skýra styrkinn. Vatn úr Elliðavatni er væntanlega hluti þess grunnvatns sem streymir í Vífilsstaðavatn en í því var heildarstyrkur köfnunarefnis árin 2001 – 2002 að meðaltali aðeins 81  $\mu\text{g/l}$  (Tryggvi Þórðarson 2003e). Að síðustu er úrkoma uppspretta köfnunarefnis en mælingar á styrk nitrats og ammóníaks í úrkomu í Reykjavík og Írafossi (Kevin Barrett 2002) hefur gefið meðaltal um 230  $\mu\text{g/l}$ . Hluti þeirra efna nær ekki grunnvatninu heldur er tekið upp af gróðri á svæðinu. Styrkur fosfórs í vatnsbólunni var aftur á móti nokkurn veginn í samræmi við mældan styrk þess í vatninu. Ætla verður að fosfórin í grunnvatninu hafi nær eingöngu verið í formi fosfats. Styrkur málma var yfirleitt lægri í vatnsbólunni heldur en í Vífilsstaðavatni. Þó var styrkur króms hærri.

**Tafla 5. Niðurstöður efnagreininga Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis frá árunum 2002 og 2007 á vatni frá vatnsbólunni Dýjakrókum.**

Mælipættir	Eining	Meðaltal	Staðalfrávik	N
NO <sub>3</sub> -N	$\mu\text{g/l}$	620	180	3
NO <sub>2</sub> -N	$\mu\text{g/l}$	< 2	< 0, 1	4
TOC	mg/l	< 1,29	< 0,61	4
Fosfór (P)	$\mu\text{g/l}$	15,56	0,60	5
Kopar (Cu)	$\mu\text{g/l}$	0,678	0,610	5
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$	1,96	2,050	5
Kadmíum (Cd)	$\mu\text{g/l}$	< 0,002	< 0,000	4
Bly (Pb)	$\mu\text{g/l}$	< 0,051	< 0,061	5
Króm (Cr)	$\mu\text{g/l}$	0,784	0,093	5
Nikkel (Ni)	$\mu\text{g/l}$	0,297	0,187	4
Arsen (As)	$\mu\text{g/l}$	< 0,947	< 0,879	5

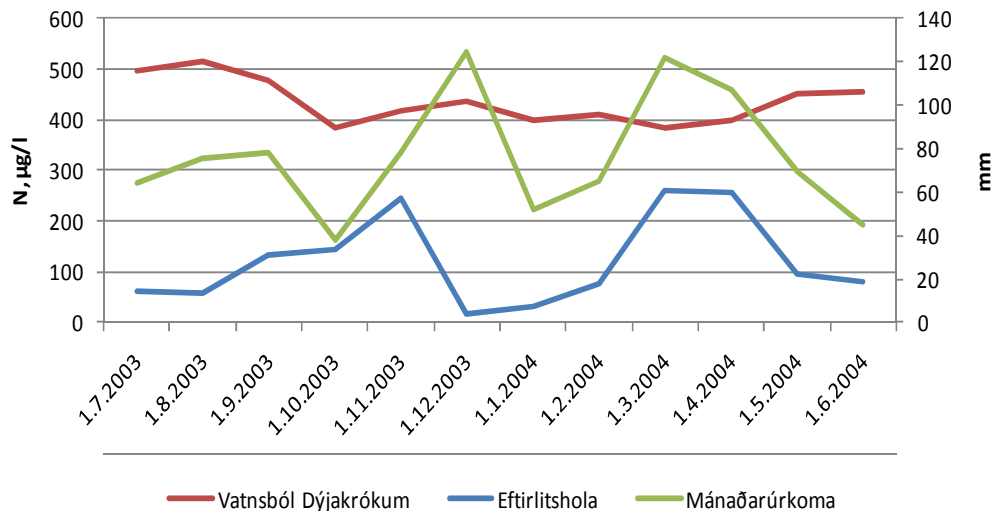
N/P hlutfallið í grunnvatninu, reiknað út frá meðaltölum nitrats, var um 40 eða meira. Nær er ekki hægt að komast þar sem styrkur ammóníaks og lífræns köfnunarefnis er óþekktur.

Árið 2003 og fram í árið 2004 lét Heilbrigðiseftirlitið einnig efnagreina mánaðarlega níturat og málma í vatni úr vatnsbólunni í Dýjakrókum og úr borholu sem staðsett er á vatnasviði Vífilsstaðavatns á milli hesthúsahverfanna á Kjóavöllum og vatnsbólsins. Staðsetningu borholunnar má sjá á mynd 1. Niðurstöður fyrir níturatgreiningarnar eru sýndar í töflu 6 og á mynd 27. Sýni var tekið úr báðum vatnstökuholum vatnsbólsins og eru meðaltöl þeirra einnig gefin í töflunni. Á myndinni er til samanburðar sýnd mánaðarúrkoma á sýnatökutímanum. Ætla mætti að eitthvað samband kunni að vera á milli úrkomu og styrks í grunnvatninu í borholunni. Níturatstyrkurinn í vatnsbólunni á þessu tímabili var að meðaltali 435  $\mu\text{g/l}$  sem er heldur minni styrkur en sá sem fékkst úr mælingum eftirlitsins sem greint er frá hér að ofan. Styrkur nitrats í borholunni var hinsvegar að meðaltali aðeins 121  $\mu\text{g/l}$ .

**Tafla 6. Niðurstöður mánaðarlegra efnagreininga Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis frá árinu 2003 og 2004 á nitrati (NO<sub>3</sub>-N) í grunnvatni í vatnsbólunni í Dýjakrókum og í nálægri borholu.**

	9.7. 2003	13.8. 2003	10.9. 2003	8.10. 2003	12.11. 2003	10.12. 2003	14.1. 2004	11.2. 2004	10.3. 2004	14.4. 2004	12.5. 2004	23.6. 2004	Meðal-tal*
Eftirlitshola, $\mu\text{g/l}$	61	58	131	144	244	15	31	76	260	256	94	81	121
Dýjakrókar, hola 2, $\mu\text{g/l}$	474	487	452	403	394	413	371	378	384	383	418	425	415
Dýjakrókar, hola 3, $\mu\text{g/l}$	517	540	500	362	439	458	428	444	384	411	481	483	454
Meðaltal Dýjakrókar, $\mu\text{g/l}$	496	514	476	383	417	436	400	411	384	397	450	454	435*

\*Óviktáð



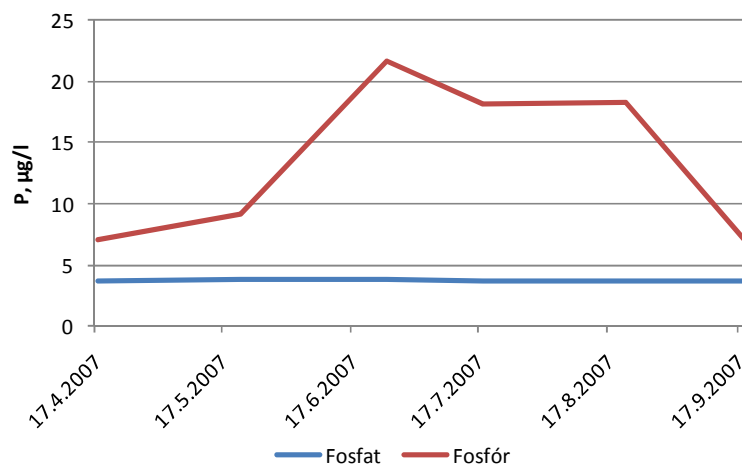
Mynd 27. Nítrat í vatnsbólunni Dýjkrókum og eftirlitsborholu 2003-2004. Einnig er sýnd mánaðarúrkoma.

Byggt á gögnum frá Heilbrigðiseftirliti Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæði í töflu 6 og upplýsingum af heimasíðu Veðurstofunnar.

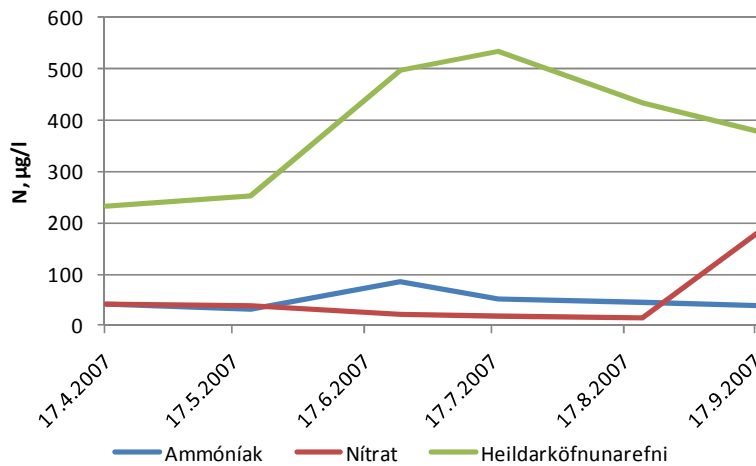
### Vægi fosfórs og köfnunarefnis

Styrkur næringarefna í stöðuvötnum gefur vísbendingar um hvaða næringarefni takmarki framleiðni svifþöruna í vötnunum. Nauðsynlegt er þó að hafa góðar upplýsingar um framleiðslu og næringarefnabúskap tiltekins vatns yfir langan tíma til að meta ábyggilega hvort það er köfnunarefni eða fosfór sem er takmarkandi á hverjum tíma, bæði efnin eða hvorugt.

Yfirlit yfir styrk heildarfosfórs (t-P), fosfats ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), heildarköfnunarefnis (t-N), nítrats ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) og ammóníaks ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) í Vífilsstaðavatni er sýnt sérstaklega á myndum 28. og 29.



Mynd 28. Heildarstyrkur fosfórs (t-P) og fosfats ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) í Vífilsstaðavatni apríl-september 2007.



**Mynd 29. Heildarstyrkur köfnunarefnis (t-N), nítrats (NO<sub>3</sub>-N) og ammóníaks (NH<sub>4</sub>-N) í Vífilsstaðavatni apríl-september 2007.**

Ætla má að fosfór verði takmarkandi fyrir venjulega þörunga þegar styrkur hans er undir 2,2 µg/l (C.S. Reynolds 1992) tilvísun í (Johan U. Gobbelaar og W. Alan House 1996). Almennt má reikna með að við styrk fosfats (PO<sub>4</sub>-P) < 2 µg/l sé fosfór takmarkandi og við styrk < 15 µg/l fyrir samanlögð efnin nítrat (NO<sub>3</sub>-N) og ammóníak (NH<sub>4</sub>-N) sé köfnunarefni takmarkandi (G. F. Lee og A. Jones-Lee 1998). Fosfatstyrkur í Vífilsstaðavatni mældist ætíð undir greiningarmörkum (<3,6 - <3,8 µg P/l) á tímabilinu. Samanlagður styrkur nítrats og ammóníaks (61 - 225 µg N/l) var hinsvegar ætíð langt yfir 15 µg N/l. Þótt upplýsingar um styrk fosfats séu ekki nægilega nákvæmar til að vita hvort styrkur þess í Vífilsstaðavatni fari undir þessi mörk eru þetta vísbendingar um að yfirleitt takmarki fosfór fremur framleiðni svifþörunga í Vífilsstaðavatni en köfnunarefni.

Svifþörungar 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.

Hlutföll köfnunarefnis og fosfórs eru oft notuð til að gefa vísbendingar um hvort efnið gangi fyrir til þurrðar og verði þar með takmarkandi. Hlutföll köfnunarefnis og fosfórs hafa hinsvegar enga merkingu í þessu sambandi ef nóg er af báðum efnunum (Johan U. Gobbelaar og W. Alan House 1996), þ.e. yfir 2 µg N/l yfir 15 µg P/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 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 svifþörunga, t.d. snefilefni, hitastig, ljósmagn, afát, botnfelling og útskolun. Hlutfall N/P getur einnig sveiflast yfir sólarhringinn (G. Y. Rhee og I. J. Gotham 1980) tilvísun í (Johan U. Gobbelaar og 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 og Jonathan J. Cole 1985)

kunni að einhverju leyti eða á vissum tímabilum að takmarka framleiðni vatnsins en styrkur þessara efna var hinsvegar ekki mældur. Skortur á molybdenum kemur t.d. í veg fyrir upptöku og bindingu köfnunarefnis (Robert W. Howarth og Jonathan J. Cole 1985, R. Marino o.fl. 2003).

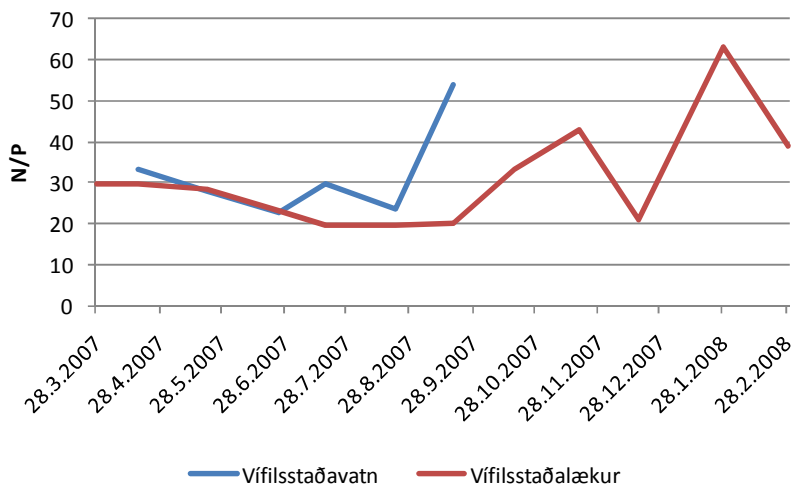
Í töflu 7 er gefið yfirlit yfir hvernig N/P hlutföll hafa verið notuð til að giska á hvort efnið kunni að takmarka vaxtarhraða svifþörungna í stöðuvötnum.

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

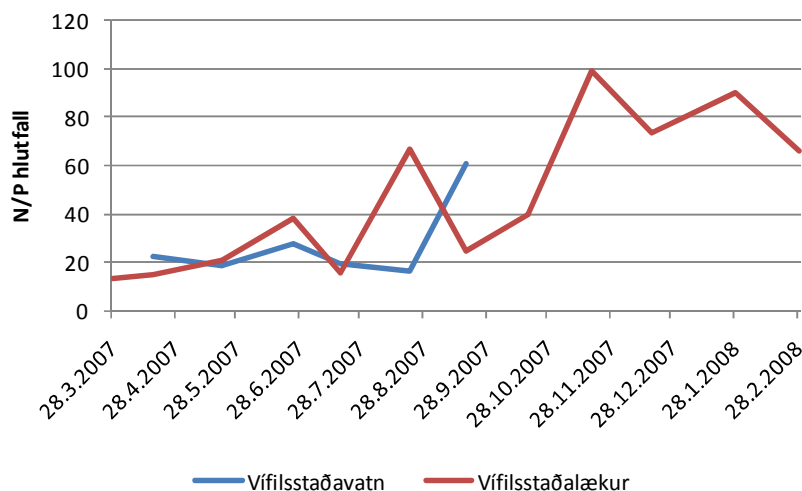
Köfnunarefni (N) er líklegri til að vera takmarkandi	Annað hvort N eða P, hvorki N né P eða bæði N og P gætu verið takmarkandi	Fosfór (P) er líklegri til að vera takmarkandi	Heimildir
<7,2		>7,2	(Steven C. Chapra 1997, C. F. Mason 1981)
<10		>10	(Noriko Takamura o.fl. 2003)
<12		>12	(P. Dillon og F.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

Hraði umsetningar á köfnunarefni annarsvegar og fosfór hinsvegar getur einnig verið misjafn og gert notkun á N/P hlutfallinu varasama. Yfirleitt er talið að umsetning á fosfór sé hraðari (G. P. Harris 1986) tilvísun í (I. Tonno og 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 7 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, ammóníak og fosfat). Á hinn bóginn er hluti af heildarstyrk fosfórs í ólífrænu, föstu formi það fast bundinn að aðeins hluti hans nýtist gróðrinum. Sá hluti er einnig misjafn frá einum tíma til annars og einum stað til annars. Í íslenskum vötnum sem ekki eru jökulskotin er þessi hluti þó væntanlega ekki mikill.

Hlutfall heildarköfnunarefnis og heildarfosfórs í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk er sýnt á mynd 30 og samanlagðs styrks nítrats og ammóníaks annarsvegar og fosfats hinsvegar á mynd 31. Hlutfallið var hátt á báðum stöðunum, sérstaklega í læknum. N/P-hlutfall heildarstyrks efnanna var á bilinu 23,0 – 53,9 í Vífilsstaðavatni og 19,6 – 63,2 í Vífilsstaðalæk. N/P-hlutfall uppleystra efna (níturat, ammóníak og fosfat) var 16,8 -60,7 í Vífilsstaðavatni en 13,7 – 99,4 í Vífilsstaðalæk. Við túlkun þessara talna ber að huga sérstaklega að þessum hlutföllum á miðju sumri þegar frumframleiðni var mest. Í júlí voru þessi hlutföll í Vífilsstaðavatni 29,6 fyrir heildarstyrk efnanna og 19,6 fyrir níturat, ammóníak og fosfat. Sambærileg hlutföll í læknum á sama tíma voru 19,8 og 15,9.



**Mynd 30. Hlutfall heildarköfnunarefnis og heildarfosfórs (N/P, vikt) í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk á tímabilinu mars 2007-mars 2008.**



**Mynd 31. Hlutfall samanlagðs styrks nítrots og ammóníaks og fosfats (N/P, vikt) í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk á tímabilinu mars 2007-mars 2008.**

Af ofansögðu er ljóst að líklega er fosfór frekar takmarkandi fyrir frumframleiðni svifþörungum í Vífilsstaðavatni yfir vaxtartímann en köfnunarefni.

Þetta er þó ekki einhlítt. Eins og að framan greinir mældist styrkur nýtanlegs uppleysts fosfórs, þ.e. fosfats ( $\text{PO}_4$ ), í öllum tilvikum undir greiningarmörkum ( $<3,6$ - $<3,8 \mu\text{g/l}$ ). Því er ekki hægt að útiloka að styrkur þess hafi engu að síður verið nægjanlegur fyrir framleiðslu svifþörungum ( $>2,2 \mu\text{g/l}$  (C.S. Reynolds 1992)) og aðrir þættir hafi þá takmarkað framleiðsluna. Það er þó ekki talið líklegt á meðan framleiðsla var í hámarki. Köfnunarefni í formi sem gróðurinn getur nýtt sér ( $\text{NO}_3$  og  $\text{NH}_4$ ) var hinsvegar nægilegt í Vífilsstaðavatni allan þann tíma sem sýnataka stóð yfir svo hægt ætti að vera að fullyrða að köfnunarefni var ekki takmarkandi fyrir framleiðni svifþörungum.

Vatnablöturnar eru síður háðar styrk næringarefna í vatninu á hverjum tíma því þær geta líka náð efnunum upp í gegnum ræturnar. Botn- og ásætubörunar hafa einnig

betri aðgang að næringarefnum í botnleðjunni og frá vatnablöndunum en svifþörungur. Gera má ráð fyrir að langmest af frumframleiðslu í vatninu sé af völdum vatnablantna og ásætu- og botnþörungum en að svifþörungur standi eingöngu fyrir hluta heildarfrumframleiðslunnar.

Í íslenskum straumvötnum er svifþörungum ekki að finna nema ef þau falla úr stöðuvötnum og þá aðallega næst vötnunum sem þau falla úr. Auk þess ber þá viðstöðulaust til sjávar á skömmum tíma. Gróður straumvatna er yfirleitt ásætuþörungur og ef straumhraði er mjög lítil og dýpi nægjanlegt einnig vatnablöndur. Vatnablöndur í straumvötnum geta líka fengið næringu með rótunum úr botnlögum en ásætuþörungarnir eingöngu með vatninu sem ber næringarefni stöðugt að og tryggir sennilega lágmarks upptöku þeirra á efnunum (Gísli Már Gíslason og Hákon Aðalsteinsson 1998). Það eru auk þess litlar vísbendingar um að næringarefni takmarki lífmassa í straumhörðum ám en talið líklegra að straumkraftar eða ljósmagn takmarki hann (J. Hilton o.fl. 2006). Gert er ráð fyrir að flestar ár á Íslandi séu í hópi straumharðra áa. Straumhraði þess hluta Vífilsstaðalækjar sem rannsakaður var er hinsvegar víða lítil. Hann er jafnframt víða yfirskyggður af reiðingsgrasi sem dregur úr ljóstillífun annars vatnagróðurs. Frumframleiðni ásætuþörunganna og annars vatnagróðurs er þó háður styrk næringarefnanna og stöðugum aðburði þeirra í lækjarvatninu en erfiðara hefur reynst að finna reglu fyrir straumvötnin um hvort og þá hvaða efni það er hverju sinni.

## Flokkun Vífilsstaðavatns og Vífilsstaðalækjar

### *Næringarástand Vífilsstaðavatns*

Frumframleiðsla og lífmassi eru þeir þættir sem best lýsir næringarástandi tiltekins vatns. Næringarefni eru þó notuð sem óbeinn mælikvarða á næringarástand og tegundir lífvera í vatninu geta sömuleiðis gefið vissa vísbendingu um næringarástand þess.

Flokka má næringarástand Vífilsstaðavatns á grundvelli flokkunarþátta reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Þannig flokkun gefur að vatnið sé næringarfátækt (oligotroph) á grundvelli styrks blaðgrænu  $\alpha$ , fosfórs og fosfats, næringarlágt (oligo/mesotroph) á grundvelli heildarköfnunarefnis en næringarríkt (meso-/eutroph) á grundvelli lífræns kolefnis og ammóníaks.

Þótt blaðgræna  $\alpha$  í vatnsbol stöðuvatna sé mælikvarði á lífmassa á það eingöngu við um svifþörungum en ekki háplöntur og botn- og ásætuþörungum sem ætla verður að séu ríkjandi í Vífilsstaðavatni. Í Vífilsstaðavatni er því næringarástandið nokkuð örugglega næringarríkara en styrkur blaðgræunnar segir til um. Það gæti því látið nærri að Vífilsstaðavatn sé næringarlágt (oligo/mesotroph) eða hálfnæringarríkt (mesotroph). Mat þetta er háð allnokkurri óvissu. Á grundvelli umhverfismarkaflokka reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns jafngildir þetta umhverfismarkaflokkum II til III en hálfnæringarrík vötn (mesotroph) eru þar ekki til sem sérstakur flokkur.



## **Náttúrulegt ástand**

### **Viðmiðanir**

Við ákvörðun á náttúrulegu ástandi verður reynt að hafa í huga ástand eins og hefur líklega verið fyrir tæknibyltinguna í iðnaði og landbúnaði sem hófst aðallega 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 vatnasviðanna fyrir Vífilsstaðavatn og Vífilsstaðalæk hefur ekki verið gerð og er því ekki hægt að styðjast við hana eins og gert er ráð fyrir í leiðbeiningum Umhverfisstofnunar (Umhverfisstofnun 2004). Þar sem álagspættir á vatnasviðunum eru fáir kemur það væntanlega ekki að sök. Álagspættirnir felast nær eingöngu í hestahaldi í hesthúsahverfum norðaustan vatnsins og annarri starfsemi í tengslum við hross á sama svæði. Hugsanlega er einnig eitthvert álag á lækinn af starfsemi á Vífilsstöðum, m.a. búfé. Það er þó væntanlega ekki mikið. Ekki er vitað um neina mengunaruppsprettu vegna hernaðarumsvifa á vatnasviðinu á stríðsárunum. Eitthvað álag er einnig af umferð ökutækja.

Hér er gert ráð fyrir því að álag á bæði Vífilsstaðavatn og Vífilsstaðavatnlæk hafi í flestum tilvikum verið mjög lítið. Samkvæmt því ættu flest mæld gildi því að vera nálægt náttúrulegum gildum. Þetta gildir þó ekki um álag af völdum heildarköfnunarefnis, ammóníaks og lífræns kolefnis á Vífilsstaðavatn og Vífilsstaðalæk. Gera verður ráð fyrir að köfnunarefni í hrossataði og hlandi á svæðunum með hesthúsabyggðunum berist að einhverju leyti ofan í jarð- og berggrunninn sem ammóníak og bundið lífrænt köfnunarefni og hafni að hluta til í Vífilsstaðavatni og síðan Vífilsstaðalæk, væntanlega eftir að hafa að einhverju leyti breyst í nítrat. Hár nítratstyrkur og nokkur styrkur lífræns kolefnis er staðfestur í grunnvatninu, sbr. mælingar Heilbrigðiseftirlitsins sem gerð var grein fyrir hér framar. Sömuleiðis er talið líklegt að eitthvað ammóníak berist í vatnið þessa leið og valdi álagi þótt gögn um það vanti.

Þessu til viðbótar má gera ráð fyrir að óþekkt magn köfnunarefnis frá lúpínubreiðum á vatnasviði Vífilsstaðavatns berist í vatnið. Þótt það muni leiða til hærri styrks köfnunarefnis í vatninu verður það ekki talið til mengunarálags á vatnið heldur til náttúrulegs hluta köfnunarefnis sem í vatnið berst.

Ætla verður því að styrkur heildarköfnunarefnis, lífræns kolefnis og ammóníaks sé eitthvað hærri en náttúrulegur styrkur efnanna í Vífilsstaðavatni og Vífilsstaðalæk.

Við oxum ammóníaks og niðurbrot lífræns efnis yfir í nítrat á leið vatnsins í jarð- og berggrunninum mun ganga á uppleyst súrefni í grunnvatninu og e.t.v. verður þar staðbundinn súrefnisminnkun eða jafnvel skortur. Sé nægjanlegt lífrænt efni enn til staðar í vatninu mun þá köfnunarefni í formi nítrats geta afnitrast fyrir tilstilli baktería og hverfa úr vatninu. Hlutfall köfnunarefnis og lífræns kolefnis þarf þó að vera yfir 0,7 til 1,3 (J.R. Burford og J.M. Bremmer 1975) tilvitnun í (Daniel P. Smith og Richard Otis 2007). Þetta hlutfall í grunnvatninu var 0,43 svo almenn afnitrun hefur væntanlega ekki getað átt sér stað.

Styrkur köfnunarefnis, ammóníaks og fosfórs stöðuvötnum á Suðvesturlandi er gefinn í töflu 8. Bakkatjörn og Reykjavíkurtjörn verða að teljast verulega næringarrík vötn og sennilega talsvert menguð. Vífilstaðavatn er ekki í flokki slíkra vatna en af öðrum vötnum í töflunni er það með mesta styrk heildarköfnunarefnis og ammóníaks og næst mesta styrk fosfórs.

**Tafla 8. Meðalstyrkur næringarefna og hlutfall köfnunarefnis og fosfórs í 10 stöðuvötnum á Suðvesturlandi.**

Vatn	Köfnunar- efni (t-N)	Fosfór (t-P)	Fosfat (PO <sub>4</sub> -P)	Ammóníak (NH <sub>4</sub> -N)	N/P
Bakkatjörn, Seltjarnarnesi <sup>1)</sup>	3.447	610	220	144	5,7
Reykjavíkurtjörn, Norðurtjörn <sup>2)</sup>	1.113	112	50	149	9,9
Reykjavíkurtjörn, Suðurtjörn <sup>2)</sup>	1.043	98	49	235	10,6
Vatnsmyrantjörn <sup>2)</sup>	919	72	40	174	12,8
<b>Vífilstaðavatn</b>	<b>388</b>	<b>13,5</b>	<b>&lt;3,7</b>	<b>49,2</b>	<b>28,7</b>
Urriðakotsvatn <sup>3)</sup>	377	5,2	5,0	<15,7	72,5
Hafravatn <sup>4)</sup>	308	6,6	4,0	<5,8	46,7
Leirvogsvatn <sup>5)</sup>	190	6,2	2,6	<5,7	30,6
Meðalfellsvatn <sup>6)</sup>	181	9,6	1,7	<5,8	18,9
Elliðavatn <sup>7)</sup>	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 2006a). 4) (Tryggvi Þórðarson 2004b). 5) (Tryggvi Þórðarson 2004c). 6) (Tryggvi Þórðarson 2004e). 7) (Tryggvi Þórðarson 2003e).

Heildarstyrkur fosfórs og köfnunarefnis ásamt styrk ammóníaks er heldur lægri í Vífilstaðalæk en í Vífilstaðavatni. Aftur á móti er styrkur nítrats í Vífilstaðalæk tæplega þrefaldur styrkurinn í Vífilstaðavatni. Líklega má skýra þetta með niðurbroti lífræns köfnunarefnis og nitrun á leið vatnsins frá vatninu niður að sýnatökustaðnum í læknum. Ekki er þó hægt að útiloka að eitthvert álag frá starfsemi á Vífilstöðum eigi hlut að máli, sennilega helst beitarland sem þar er. Vísbendingar um það er einnig að fá frá styrk saurbaktería (myndir 6 og 7). Þessar tölur eru þó að svo komnu máli ekki taldar benda til þess að mengunarálág sé meira á Vífilstaðalæk en Vífilstaðavatn.

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

### Næringarefni

Styrkur fosfórs í yfirborðsvatni í heiminum er oftast á bilinu 5-20 µg/l PO<sub>4</sub>-P en í ósnortnum vötnum allt niður í 1 µg/l (Deborah Chapman og Vitaly Kimstach 1996).

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

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

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

Sambærileg gögn ( $N=42$ ) eru til fyrir 7 ómenguð eða nær ómenguð stöðuvötn á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn, Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn og Urriðakotsvatn (Tryggvi Þórðarson 2003e, 2004b, 2004c, 2004e, 2006a, 2008). Í þeim var heildarfosfór undir 8,6  $\mu\text{g/l}$  í 50% tilvika en undir 16,0  $\mu\text{g/l}$  í 90% tilvika. Fyrir fosfat voru þessi gildi 5,2 og 8,9  $\mu\text{g/l}$ .

Náttúrulegur styrkur nitrats ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) í yfirborðsvatni er venjulega undir 100  $\mu\text{g/l}$  (Deborah Chapman og Vitaly Kimstach 1996). Árin 1997-1998 mældist nitrattstyrkur á 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  $\mu\text{g N/l}$  (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 1999). Inn í þessi gildi vantar hinsvegar fastan hluta köfnunarefnis en köfnunarefni í náttúrulegu vatni er að talsverðu leyti bundið í lífrænu efni (Brit Lise Skjelkvale o.fl. 2001) sem að stórum hluta er í föstu formi. Á heimsvísu er náttúrulegt fast köfnunarefni í ám um þriðjungu meira en náttúrulegt uppleyst köfnunarefni (Elizabeth Kay Berner og Robert A. Berner 1996).

Einnig liggja fyrir niðurstöður frá mengunarflokkunum Háskólasetsins í Hveragerði á straumvötnum (Tryggvi Þórðarson 2003f, 2003d, 2003c, 2003b, 2003a, 2003g, 2003h, 2003i, 2003j, 2003k, 2003e, 2004a, 2004d, 2006b, 2006a, 2007). Samkvæmt þeim gögnum eru 50- og 90-hundraðshlutamörk fyrir heildarstyrk köfnunarefnis 125 og 335  $\mu\text{g/l}$  ( $N=248$ ) og ammóníak 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 ammóníak ( $N=157$ ).

<sup>5</sup> Elliðaár, austurkvísl (E1), Hólmsá, Suðurá, Bugða, Kaldakvísl, Laxá í Kjós, Leirvogsa, Úlfarsá, Varmá, eftir skólþrosun var hætt, Botnsá, Brynjudalsá, Fossá, Kiðafellsá og Stórákrókslækur

<sup>6</sup> Eyjafjarðará, Glerá, Hörgá, Svarfaðardalsá, Fnjóská, Skjálfafljót og Laxá í Þingeyjarsýslu

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 Urriðakotsvatn (Tryggvi Þórðarson 2003e, 2004b, 2004c, 2004e, 2006a, 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 ammóníak (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 fátækur af lífrænum efnem, 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. sumsstaðar valdið aukningu lífræns efnis í yfirborðsvatni á síðustu árum (Rolf D. Vogt o.fl. 2001). Ástæðan er aukið niðurbrot uppsafnaðs lífræns efnis í umhverfinu vegna hitastigshækkunar og að einhverju leyti aukinnar uppgufunar vatns sem gerir vatnið rammara.

Til eru efnagreiningar frá mengunarflokkunum Háskólasetursins í Hveragerði á straumvötnum (Tryggvi Þórðarson 2003f, 2003d, 2003c, 2003b, 2003a, 2003g, 2003h, 2003i, 2003j, 2003k, 2003e, 2004a, 2004d, 2006b, 2006a, 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 7 ómenguð eða nær ómenguð stöðuvötn á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn og Urriðakotsvatn (Tryggvi Þórðarson 2003e, 2004b, 2004c, 2004e, 2006a, 2008). 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 málum í 10-12 ósíuðum sýnum úr hverri af 21 ám (N=236), 14 á Suðvesturlandi og 7 á Norðurlandi (Tryggvi Þórðarson 2003f, 2003d, 2003c, 2003b, 2003a, 2003g, 2003h, 2003i, 2003j, 2003k, 2003e, 2004a, 2004d, 2006b, 2006a, 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 7 ómenguðum eða nær ómenguðum stöðuvötnum á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatni, Leirvogsvatni, Hafravatni og Elliðavatni, Reynisvatni, Rauðavatni og Urriðakotsvatni (Tryggvi Þórðarson 2003e, 2004b, 2004c, 2004e, 2006a, 2008). Tölur yfir 50-hundraðshlutamörk og 90-hundraðshlutamörk fyrir málma (N=30 fyrir blý og 42 fyrir aðra málma) eru þessar: Kopar: 0,50 og 1,27 µg/l, zink: 5,12 og 7,92 µg/l, kadmíum: 0,014 og 0,025, blý: 0,090 og 0,136 µg/l, króm: 0,36 og 0,95 µg/l, nikkell: 0,23 og 0,73 µg/l og arsen: 0,09 og 0,13 µg/l.

### Blaðgræna α

Vegna sambærilegra mengunarflokkunar er til gögn um blaðgrænu α fyrir 7 ómenguð eða nær ómenguð stöðuvötnum á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn og Urriðakotsvatn (Tryggvi Þórðarson 2003e, 2004b, 2004c, 2004e, 2006a, 2008). Í þeim sýnum (N=42) var styrkur blaðgrænu α undir 2,3 µg/l í 50% tilvika en undir 4,8 µg/l í 90% tilvika.

### Saurbakteríur

Einnig liggja fyrir niðurstöður um saurbakteríur frá mengunarflokkunum Háskólasetursins í Hveragerði á straumvötnum (Tryggvi Þórðarson 2003f, 2003d, 2003c, 2003b, 2003a, 2003g, 2003h, 2003i, 2003j, 2003k, 2003e, 2004a, 2004d, 2006b, 2006a, 2007). Samkvæmt þeim gögnum eru 50- og 90-hundraðshlutamörk fyrir þéttleika saurkólíabaktería (21 á, N=248) 10 og 171 í 100 ml og saurkókkabaktería (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 saurkókkabakteríur (4 ár, N=158) 3 og 28 í 100 ml.

Gögn um bakteríuþéttleika eru til fyrir 7 ómenguð eða nær ómenguðu stöðuvötn á Suðvesturlandi: Meðalfellsvatn, Leirvogsvatn, Hafravatn og Elliðavatn, Reynisvatn, Rauðavatn og Urriðakotsvatn (Tryggvi Þórðarson 2003e, 2004b, 2004c, 2004e, 2006a, 2008). Í þeim sýnum var þéttleiki saurkólíabaktería (N=69) undir 2 í 100 ml í 50% tilvika en undir 15 í 100 ml í 90% tilvika og þéttleiki saurkókkabaktería (N=33) 3 í 100 ml og 8 í 100 ml.

### Mat á náttúrulegu og raunverulegu ástandi

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

samanburðar einnig sýnt meðaltal efnastyrks í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi, miðgildi stakra mælinga í 62 Íslenskum vötnum frá árunum 1997-1998, meðalstyrkur í fimm öðrum vötnum á Suðvesturlandi og styrkur í grunnvatni sem að hluta fellur í Vífilsstaðavatn.

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

**Tafla 9. Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Vífilsstaðavatns**

Taflan sýnir raunverulegt og áætlað náttúrulegt ástand vatnsins bæði sem styrk og umhverfismarkaflokk. Í töflunni er enn fremur sýndar tölur yfir meðaltal efnastyrks í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi, meðaltal stakra mælinga í 59-62 íslenskum vötnum og meðalstyrk í Meðalfellsvatni (n=11 fyrir bakteríur en 6 fyrir aðra þætti), Leirvogsvatni (n=11 fyrir bakteríur en 6 fyrir aðra þætti), Hafravatni (n=11 fyrir bakteríur en 6 fyrir aðra þætti), Elliðaavatni (n= 36 fyrir bakteríur en 18 fyrir aðra þætti) og Urriðakotsvatni (n= 12 fyrir bakteríur og 6 fyrir aðra þætti). Auk þess er sýndur styrkur næringarefna og málma í grunnvatni sem að hluta berst í Vífilsstaðavatn.

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

	Meðaltal úrkomu Reykjavík og á Írafossi <sup>1)</sup>	Meðaltal í 59-62 ísl. vötnum	Meðalfellsvatn	Leirvogsvatn	Hafravatn	Elliðaavatn	Urriðakotsvatn	Grunnvatn sem berst í Vífilsstaðavatni <sup>4)</sup>	Vífilstaðavatn			
									Raunverulegt ástand		Náttúrulegt ástand	
									MG	UF	ÁG	UF
Saurkólí í 100 ml			2,4*	0,7*	1,4*	1,7*	3,5*		2,6*	II	8	II
Saurkokkar í 100 ml							1,3*		1,3*	II	4	II
t-P (µg/l)		15,1 <sup>2)</sup>	9,63	6,22	6,56	16,4	5,2	15,6	13,5	II	12	II
t-N (µg/l)	233 (NO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> )	172,3 <sup>2)</sup>	180,5	190	308*	81	377	622 (NO <sub>3</sub> og NO <sub>2</sub> )	388	III	280	II
NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	172		<5,8	<5,7	<5,8	21,5	<15,7		49,2	III	15	II
Blaðgræna α (µg/l)			2,6	1,39	2,0**	1,8	3,0		2,4	II	2,2	II
TOC (mg/l)		1,18 <sup>3)</sup>	1,20	1,30	4,91	4,8	3,17	<1,29	3,76	III	3,2	III
Cu (µg/l)	1,313		0,363	0,375	0,287	0,597	0,611	0,678	1,450	III	0,6	II
Zn (µg/l)	10,65		1,88*	1,23	0,72	<0,74	6,71	1,96	7,55	III	6,4	II
Cd (µg/l)	0,013		<0,0180	<0,0236	<0,0110	<0,027	<0,014	0,002	<0,074	III	0,02	II
Pb (µg/l)	0,278		0,050*	0,036*	0,053	0,0314	<0,157	0,05	<0,438	III	0,15	II
Cr (µg/l)	0,221		0,297	0,314	0,362	1,31	0,694	0,784	0,350	III	0,9	II
Ni (µg/l)	0,522		0,233	0,162	0,155	0,307	0,850	0,297	0,483	II	0,9	II
As (µg/l)	0,032		<0,0880	<0,0880	<0,0880	<0,068	<0,093	0,947	<0,100	II	0,1	II

1) (Kevin Barrett 2002). 2) (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003). 3) (Hilmar Malmquist o.fl. 2004). 4) (Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis 2007)

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

Náttúruleg gildi í Vífilsstaðavatni eru flest hver ákvörðuð nálægt þeim gildum sem mældust í vatninu.

Mæld gildi fyrir heildarköfnunarefni, ammóníak og blý í Vífilsstaðavatni eru hinsvegar það mikið hærra en ákvörðuð náttúruleg gildi í vatninu að þeir flokkunarþættir lenda í slakari umhverfismarkaflokki. Eitt einstakt sýni hækkaði talsvert meðalstyrk sýnanna fyrir blý í vatninu. Það er því óvíst að meðaltalið gefi rétta mynd af blýmengun í vatninu.

Í töflu 10 er sýnt mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Vífilsstaðalækjar. Þar eru einnig sýnd meðaltöl mældra gilda ásamt áætluðum náttúrulegum gildum í læknum fyrir sömu þætti en auk þess gildi yfir efna- og bakteríustyrk í nokkrum ám ásamt meðaltali efnastyrks í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi.

**Tafla 10. Mat á raunverulegu og náttúrulegu ástandi Vífilsstaðalækjar.**

Til samanburðar eru einnig sýnt meðaltal efnastyrks í úrkomu í Reykjavík og við Írafoss og meðaltöl fyrir fjórar ár í Kjósinni, sex á Norðurlandi (tveir dälkar) og þrjár í Reykjavík (tveir dälkar). Auk þess er sýndur meðalstyrkur í Stórárókslæk en hann rennur úr Urriðakotsvatni.

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

	Meðaltal úrkomu í Reykjavík og á Írafossi	Meðaltal Fnjóskár, Skjálftandafljóts og Laxár í Þingeyjar-sýslu (N=42)	Meðaltal Eyja-fjarðar-ár, Hörgár og Svarv-adarsár (N=36)	Meðaltal Botnsár, Brynjudalsár, Fossár og Kiða-fellsár (N=48)	Meðaltal neðst í austur-kvisl Elliðaóa (N=12)	Meðaltal Hólmsár og Suðurár (N=24)	Stóra-króks-lækur (N=12)	Vífilstaðalækur			
								Raunverulegt ástand		Náttúrulegt ástand	
								MG	UF	AG	UF
Saurkólí í 100 ml		5,3	31	6	9	8	5*	<7*	I	8	I
Saurkokkar í 100 ml						6	1*	<4*	I	4	I
t-P (µg/l)		27,4	<24,3	<13	7,0	7,1	8	<12,7	I	10	I
PO4-P (µg/l)		16,7	<6,73	<7	6,4	6,7	2,9	<3,8	I	7	I
t-N (µg/l)	233**	271	<156	<96	221	92,5	195,8	345	II	200	I
NH4-N (µg/l)	172	<11,5	15,1	<7,2	5,95	5,58	44,6	36,3	III	20	II
TOC (mg/l)		2,23	1,31	<1,23	1,95	1,21	2,56	2,59	II	2,2	II
Cu (µg/l)	1,313	<0,61	1,64	<0,45	0,590	0,368	0,726	0,7	II	0,8	II
Zn (µg/l)	10,651	2,24	2,32	<24,30	1,80	0,82	1,004	1,7	I	2,3	I
Cd (µg/l)	0,013	<0,017	<0,041	<0,023	<0,007	<0,006	<0,011	0,109*	III	0,012	II
Pb (µg/l)	0,278	<0,024	<0,069	<0,048	0,040	0,018	0,06	0,08	I	0,1	I
Cr (µg/l)	0,221	1,386	0,490	0,689	1,012	0,965	0,73	<0,4	II	0,8	II
Ni (µg/l)	0,522	0,372	0,421	0,449	0,406	0,299	0,454	<0,3	I	0,5	I
As (µg/l)	0,032	<0,082	<0,068	<0,101	<0,184	0,164	<0,120	<0,1	I	0,15	I

\* Geómetrisk meðaltöl \*\* NO<sub>3</sub>-N og NH<sub>3</sub>-N.

Skærrauðar tölur ásamt < merki merkir að við útreikninginn voru notuð einhver gildi sem voru undir greiningarmörkum.

Flest gildi fyrir náttúrulegt ástand Vífilsstaðalækjar eru nálægt þeim gildum sem mældust. Aðeins náttúrulegur heildarstyrkur köfnunarefnis og styrkur ammóníaks og kadmíums víkur nægilega frá mældum gildum til að lenda í öðrum umhverfismarkaflokki. Hátt geómetriskt meðaltal mæligilda fyrir kadmíum er þó vegna eins óvenjulega hás gildis sem er 11 sinnum herra en meðaltal annarra gilda. Að svo komnu máli er því ekki ástæða til að ljá slakri flokkun á grundvelli kadmíums sérstaka vikt.

### 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 Vífilsstaðavatns er gefin í töflu 11 og Vífilsstaðalækjar í töflu 12.

Bæði vatnið og lækurinn hlutu góða flokkun sem var oftast A. Þó flokkuðust bæði vötnin í B flokk fyrir heildarköfnunarefni og ammóníak auk þess sem Vífilsstaðavatn flokkaðist í B flokk fyrir blý og Vífilsstaðalækur í B flokk fyrir kadmíum.

Tafla 11. Mengunarflokkun Vífilsstaðavatns.

	Umhverfismarkaflokkar		Mengunarstaða skv. núverandi ástandi	Mengunarflokkun	
	Náttúrulegt ástand	Núverandi ástand			
Saurkólí	I	I	Mjög lítil eða engin saurmengun	A	Ósnortið vatn
Saurkokkar	I	I	Mjög lítil eða engin saurmengun	A	Ósnortið vatn
t-P	I	I	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
t-N	I	II	Lágt næringargildi (oligo-/mesotrophy)	B	Lítið snortið vatn
NH <sub>4</sub> -N	II	III	Næringarríkt (meso-/eutrophy)	B	Lítið snortið 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	II	Lítill hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
Cd	II	II	Lítill hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
Pb	I	II	Lítill hætta á áhrifum	B	Lítið snortið vatn
Cr	II	II	Lítill 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

Tafla 12. Mengunarflokkun Vífilsstaðalæks.

	Umhverfismarkaflokkar		Mengunarstaða skv. núverandi ástandi	Mengunarflokkun	
	Náttúrulegt ástand	Núverandi ástand			
Saurkólí	I	I	Mjög lítil eða engin saurmengun	A	Ósnortið vatn
Saurkokkar	I	I	Mjög lítil eða engin saurmengun	A	Ósnortið vatn
t-P	I	I	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
PO <sub>4</sub>	I	I	Næringarfátækt (oligotrophy)	A	Ósnortið vatn
t-N	I	II	Lágt næringarefnagildi (oligo-/mesotrophy)	B	Lítið snortið vatn
NH <sub>4</sub>	II	III	Næringarríkt (meso-/eutrophy)	B	Lítið snortið vatn
TOC	II	II	Lágt næringargildi (oligo-/mesotrophy)	A	Ósnortið vatn
Cu	II	II	Lítill hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Zn	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á ferðum	A	Ósnortið vatn
Cd	II	III	Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki	B	Lítið snortið vatn
Pb	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
Cr	II	II	Lítill hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
Ni	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn
As	I	I	Mjög lítil eða engin hætta á áhrifum	A	Ósnortið vatn



## Tillaga að langtímamarkmiðum

Reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns mælir fyrir um að setja skuli langtímamarkmið fyrir vötn í því skyni að varðveita náttúrulegt ástand þeirra. Langtímamarkmiðin skulu vera um flokk A (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 frjálssar hendur í því efni.

Hér eru lögð til langtímamarkmið um náttúrulegt ástand í mengunarflokki A fyrir öll flokkunaratriðin. Slík markmið samræmast vel markmiðum með friðlýsingu Vífilsstaðavatns (Umhverfisstofnun 2009a). Það jafngildir óbreyttri flokkun fyrir önnur flokkunaratriði en heildarstyrk köfnunarefnis og styrk ammóníaks í báðum vötnunum og blýs í Vífilsstaðavatni og kadmíums í Vífilsstaðalæk. Til að ná þeim markmiðum er nauðsynlegt að draga úr álagi af völdum köfnunarefnis en fyrir flesta aðra þætti er svigrúm til aukinnar mengunar innan flokks A en það svigrúm er talsvert (sjá töflur 13 og 14). Ef ákvarðað verður langtímamarkmið um mengunarflokk B fyrir flokkunarþætti sem flokkast hafa í mengunarflokk A væri verið að samþykkja að mengun mætti aukast verulega. Markmið um flokkun í B flokk jafngildir því að samþykkja að raunverulegt ástand flokkist í umhverfismarkaflokk sem er einum flokki lakari en umhverfismarkaflokkurinn fyrir náttúrulegt ástand. Ef markmið um mengunarflokk B yrði sett þýddi það að fyrir suma flokkunarþættina yrðu markmiðin þau að stefna að umhverfismarkaflokki III eða IV en þá má t.d. vænta næringaraugði eða áhrifa á lífríkið.

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

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. Ef það verður þá metið svo í ljósi reynslunnar að óframkvæmanlegt sé að ná markmiði um náttúrulegt ástand, þ.e. mengunarflokk A, er e.t.v. ástæða til að slaka upp á langtímamarkmiðinu.

Þegar hefur stærsti hluti vatnasviðs Vífilsstaðavatns verið friðað í því skyni að verja vatnið fyrir mengun. Aðalmengunarhættan stafar hinsvegar af mengun sem berst að vatninu með grunnvatni frá athafnasvæði hestamanna utan friðlandsins. Jafnvel þótt grípa eigi til sérstakra ráðstafana til að draga úr mengun frá hestahaldinu á eftir að koma í ljós hvort þær muni nægja til að minnka álagið frá athafnasvæðinu samhliða aukinni uppbyggingu og umsvifum. Mjög áriðandi er að mengunarvarnir á athafnasvæðinu verði strangar eigi það að takast.

**Tafla 13. Svigrúm til mengunar í Vífilsstaðavatni innan flokks A.**

Í dálkinum lengst til hægri er sýnt hve mikið styrkurinn þyrfti hlutfallslega að hækka til að vatnið falli um flokk, úr A í B eða lækka (mínustölur) til að flokkunin hækki úr flokki B í flokk A.

	Mældur styrkur	Markmið	Hlutfallsleg hækkun/lækkun styrks að neðri mörkum flokks B, %
Saurkólí í 100 ml	2,6*	<14	438
Saurkokkar í 100 ml	1,3*	<14	977
t-P (µg/l)	13,5	<20	48
t-N (µg/l)	388	<300	-23
NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	49,2	<25	-49
Blaðgræna α (µg/l)	2,4	<8	233
TOC (mg/l)	3,76	<6	60
Cu (µg/l)	1,450	<3	107
Zn (µg/l)	7,55	≤ 20	165
Cd (µg/l)	<0,074	≤ 0,1	35
Pb (µg/l)	<0,438	≤ 0,2	-54
Cr (µg/l)	0,350	≤ 5	1.329
Ni (µg/l)	0,483	≤ 15	3.006
As (µg/l)	<0,100	≤ 0,4	300

\* Geómetriskt meðaltal.

**Tafla 14. Svigrúm til mengunar í Vífilsstaðalæk innan flokks A.**

Í dálkinum lengst til hægri er sýnt hve mikið styrkurinn þyrfti hlutfallslega að hækka til að vatnið falli um flokk, úr A í B eða lækka (mínustölur) til að flokkunin hækki úr flokki B í flokk A.

	Mældur styrkur	Markmið	Hlutfallsleg hækkun/lækkun styrks að neðri mörkum flokks B, %
Saurkólí í 100 ml	<7*	<14	100
Saurkokkar í 100 ml	<4*	<14	250
t-P (µg/l)	<12,7	<20	57
PO <sub>4</sub> -P (µg/l)	<3,8	<10	163
t-N (µg/l)	345	<300	-13
NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	36,3	<25	-31
TOC (mg/l)	2,59	<3	16
Cu (µg/l)	0,7	≤ 3	329
Zn (µg/l)	1,7	≤ 5	194
Cd (µg/l)	0,109*	≤ 0,1	-8
Pb (µg/l)	0,08	≤ 0,2	150
Cr (µg/l)	<0,4	≤ 5	1.150
Ni (µg/l)	<0,3	≤ 0,7	133
As (µg/l)	<0,1	≤ 0,4	300

\* Geómetriskt meðaltal.

Tölurnar sýna að talsvert svigrúm er oftast til aukinnar mengunar þótt langtímamarkmið um flokk A sé valið. Hinsvegar þarf að draga úr menguninni í báðum vötnunum af völdum heildarköfnunarefnis og ammóníaks. Auk þess þarf styrkur blýs í Vífilsstaðavatni og kadmíums í Vífilsstaðalæk að minnka, í fyrra tilvikinu um a.m.k. 54% en í því síðara um a.m.k. 8%. Eins og nefnt hefur verið er enn talið óvíst að um raunverulega mengun af völdum blýs og kadmíums sé að ræða í þessum tilvikum en engin þekkt uppspretta þessara efna er að finna á vatna- eða áhrifasviðinu önnur en bílaumferð. Í báðum tilvikum voru einstök há mæligildi fyrir þessi efna að ræða og er eins líklegt að tilviljun hafi ráðið því að meðalgildin (geómetriskt meðaltal fyrir kadmíum í Vífilsstaðalæk) eru jafn há og raun ber vitni. Háa gildið fyrir blý í Vífilsstaðavatni var 2,5 sinnum hærra en meðaltal hinna fimm gildanna og háa gildið fyrir kadmíum var eins og áður sagði um 11 sinnum hærra en meðaltal hinna 11 gildanna. Tíminn og frekari vöktun verður að leiða hið rétta í ljós og er vert að bíða með aðgerðir vegna þeirra efna þar til þetta er orðið víst.

## 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 umtalsverð uppbygging á sviði hestamennsku muni eiga sér stað á grunnvatnssviði Vífilsstaðavatns næstu árin og áratugina og samsvarandi aukning ýmissa mannglegra umsvifa. Samfara uppbyggingunni muni álag á vatnið kunna að aukast þrátt fyrir að mengaðasta ofanvatninu muni verða veitt út af vatnasviðinu. Þetta gerir tíða vöktun æskilega, sérstaklega á meðan breytingarnar á mengunarálagi ganga yfir. Þannig yrði hægt að grípa fyrir inn í ef í ljós kæmi að eitthvað væri að fara úrskaiðis. Þótt mengunarástand vatnsins sé gott nú er styrkur sumra flokkunarþáttanna í hærri kantinum, þ.e. heildarstyrkur köfnunarefnis (t-N), styrkur ammóníaks (NH<sub>4</sub>-N) og styrkur lífræns kolefnis (TOC) og nauðsynlegt er að fylgjast vel með þeim. Mælingar á vegum Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis á árunum 2002 – 2006 á vatni vatnsbólsins í Djákrókum sýndu að styrkur nítrats, (NO<sub>3</sub>-N) var á bilinu 460 – 810 µg/l sem er óvenju mikið. Gera verður ráð fyrir að köfnunarefnið í neysluvatninu sé að mestu leyti komið í grunnvatnið á leið þess frá Elliðavatni undir athafnasvæði hestamanna og nálægum svæði þar sem húsdýraáburði hefur m.a. verið dreift. Þar sem nóg er af köfnunarefni í Vífilsstaðavatni er talið líklegt að fosfór geti frekar takmarkað frumframleiðni í vatninu, a.m.k. á meðan birta er næg og hitastig nægt. Ef svo er má ætla að vatnið sé sérlega viðkvæmt fyrir fosfórmengun.

Í ljósi ofanritaðs er því lagt til að tíðni vöktunar á næringarefnum og lífrænum efnun verði árleg. Þar sem styrkur næringarefna getur haft áhrif á styrk blaðgrænu  $\alpha$  er lagt til að blaðgrænan verði einnig vöktuð árlega. Tíð vöktun baktería virðist ekki eins aðkallandi. Hinsvegar flokkast Vífilsstaðavatn í flokk B fyrir blý og Vífilstaðalækur í flokk B fyrir kadmíum jafnvel þótt ekkert bendi til mengunar af völdum þessara efna. Því er æskilegt að ekki líði mjög langur tími þar til málmagreiningar eru endurteknar þótt há tíðni vöktunarinnar sé ekki talin nauðsynleg. Álag frá málmum kann ennfremur að aukast eftir því sem umferð og hlutfall þéttra flata á vatnasviðinu eykst.

Ekki er talið að mismunandi mengunarástand sé í einstökum hlutum vatnsins. Þar sem vatnið er lítið og grunnt er talið réttlætalegt, miðað við ástand vatnsins núna, að stunda vöktunina með því að taka sýni af landi, t.d. með því að vaða út í vöðlum og taka sýni með stöng, þó ekki nálægt þekktum vatnssuppsprettum. Þannig næst talsvert hagræði í sýnatöku.

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.

**Tafla 15. Tillaga að vöktun Vífilsstaðavatns vegna ákvæða reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.**

Vöktunarpáttur	Tíðni (ár)	Næsta vöktun	Skýringar
Saurkokkar	6	2013	Þessir þættir benda til góðs ástands vatnsins. Ekki er að vænta neikvæðra breytinga á bakteríuþéttleika á næstunni. Tíðrar vöktunar er því ekki þörf.
Saurkólí	6	2013	
Blaðgræna $\alpha$	1	2010	Styrkur sumra þessara efna (t-N, $\text{NH}_4\text{-N}$ og TOC) var frekar mikill. Ástæðan er sennilega aðallega mengun frá nálægu hestahaldi. Samkvæmt skipulagstillögum mun hesthald og tengd umsvif aukast mikið. Því er nauðsynlegt að fylgjast vel áhrifunum hugsanlegra breytinga á vatnið. Eðlilegt er að vakta næringarefni og blaðgrænu saman.
t-P	1	2010	
t-N	1	2010	
$\text{NH}_4\text{-N}$	1	2010	
TOC	1	2010	
Cu	12	2013	
Zn	12	2013	Vatnið er yfirleitt vel stutt varðandi styrk málma. Álagið af þeirra völdum mun þó væntanlega aukast í takt við aukið hlutfall fastra flata og aukna umferð ökutækja á vatnasviðinu. Hraðra breytinga er hins vegar ekki að vænta og því er ekki þörf tíðrar vöktunar. Hins vegar var styrkur blýs í Vífilsstaðavatni og kadmíums í Vífilsstaðalæk hærri en vænta mátti. Því er talin ástæða til að endurtaka fljótlega vöktun málma til að ganga úr skugga um hvort um tilfallandi niðurstöðu var að ræða nú.
Cd	12	2013	
Pb	12	2013	
Cr	12	2013	
Ni	12	2013	
As	12	2013	

Sýnataka í Vífilsstaðalæk svo nálægt upptökum úr Vífilsstaðavatni og ofan mestu áhrifa frá byggð skilar mun takmarkaðri upplýsingum um mengun lækjarins en sýnataka neðarlega í Hraunsholtslæk. Því er lagt til að við áframhaldandi sýnatöku vegna vöktunar lækjarins verði sýnatökustaðurinn færður neðst eða neðarlega í lækinn eða sýnatökustað á þeim kafla bætt við. Gera þarf sjálfstætt mat á tíðniþörf vöktunar lækjarins eftir fyrstu sýnatökuna á þeim stað. Því er hér ekki lögð til tíðni fyrir vöktun á mengunarstöðu lækjarins.

### Viðkvæm svæði og aðgerðaráætlanir

Það verkefni sem gerð hefur verið grein fyrir hér að framan tekur ekki til tillögugerðar um aðgerðaráætlanir, sbr. 3 tl. fyrstnefndrar greinar og gr. 8.3 reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

Þegar langtímamarkmiðin hafa verið ákveðin þarf að móta stefnu um nauðsynlegar aðgerðir 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.

### Heimildir

- AMAP 1997. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report. Oslo, AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Program). 188 bls.
- Andrés Arnalds 1997. Rannsóknir á Alaskalúpinu. Ársrit Skógræktarfélag Íslands 179:13-231.
- Arinbjörn Vilhjálmsson 2009. Auglýsing um tillögu að breytingu aðalskipulags Garðabæjar 2004-2016 - Kjóavellir. Heimasíða Garðabæjar ([www.gardabaer.is](http://www.gardabaer.is)) Sótt 20. apríl 2009.
- 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 og Kristján Sæmundsson 1992. Vatnafarskort, Elliðavatn 1613 III SV 1:25.000.

- Reykjavík. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnanesbær og Reykjavíkurborg.
- Árni Hjartarson. 2003. Grunnvatnsstraumar á höfuðborgarsvæðinu. Orkustofnun <http://www.os.is/ros/jfr/x-grunnvatnsstraumar.html>. (Sótt 23.7 2009)
- L. Arvola, A. R. Raike, P. Kortelainen og M. Jarvinen 2004. The effect of climate and landuse on TOC concentrations and loads in Finnish rivers. *Boreal Environment Research* 9:381-7.
- Kevin Barrett 2002. Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme. Observations from N.E. Atlantic Coastal Stations in 2000. Kjeller, Norway. OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, Working Group on Inputs to the Marine Environment (INPUT). Norwegian Institute for Air Research (NILU). NILU OR 12/2002.
- Elizabeth Kay Berner og Robert A. Berner 1996. *Global Environment. Water, Air, and Geochemical Cycles*. New Jersey, Prentice-Hall, Inc. Simon & Saddle River. 376 bls.
- Bjarni Jónsson 2004. Kviðgaddalaus hornsíli í Vífilsstaðavatni. Þróun og sérstaða. Í: *Líffræði - vaxandi vísindi. Afmælisráðstefna Líffræðifélags Íslands og Líffræðistofnunar Háskólans 19. og 20. nóvember 2004*. Askja, Reykjavík 114 bls.
- I. Blindow, G. Andersson, A. Hargeby og S. Johansson 1993. Long-Term Pattern of Alternative Stable States in 2 Shallow Eutrophic Lakes. *Freshwater Biology* 30:159-67.
- Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon og 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.
- J.R. Burford og J.M. Bremner 1975. Relationships between denitrification capacities of soils and total water-soluble and readily decomposable soil organic matter. *Soil Biology & Biochemistry* 7:389-94.
- Deborah Chapman og 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 bls.
- Steven C. Chapra 1997. *Surface Water Quality Modeling*. Boston, WCB/McGraw-Hill. 844 bls.
- P. Dillon og F. Rigler 1974. The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. *Limnology and Oceanography* 19:767-73.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason og Ingvi Gunnarsson 1999. Næringarefni straumvatna á Suðurlandi. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar, Hafrannsóknastofnunar og Orkustofnunar. Reykjavík. Raunvísindastofnun Háskólans. RH-18-99. 36 bls.
- F. Pálmason, J. Gudmundsson og H. Sverrisson Estimates of symbiotic nitrogen fixation in two lupin species in Iceland. Í: *Wild and cultivated lupins from the Tropics to the Poles. Proceedings of the 10th International Lupin Conference, Laugarvatn, Iceland, 19-24 June 2002*. International Lupin Association (<http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=200530171> 95)
- Florida Lakewatch 2000. *A beginner's Guide to Water Management - Nutrients*. Information Circular #102. Gainesville, Florida, 32 bls.

- Gagnabanki Vatnamælinga. 1996. Sog, Ljósafossvirkjun; útrennsli Meðalrennsli í m<sup>3</sup>.  
<http://www.os.is/vatnam/gogn/rennsli/77002.html>. (Sótt 2003)
- Garðabær 2007. Aðalskipulag Garðabæjar 2004 - 2016. Heimasíða Garðabæjar.  
<http://www.gardabaer.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=5071>. (Sótt 21. apríl 2009)
- Garðabær 2009. Auglýsing um deiliskipulag í Garðabæ og Kópavogi.  
<http://www.gardabaer.is/Pages/1233>. (Sótt 24. maí 2009)
- R.O. Gilbert 1987. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. New York, Van Nostrand Reinhold.
- Gísli Már Gíslason og Hákon Aðalsteinsson 1998. Áhrif landrænna þátta á líf í straumvötnum. Náttúrufræðingurinn 68:97-112.
- Johan U. Gobbelaar og W. Alan House 1996. Phosphorus as a Limiting Resource in Inland Waters; Interactions with Nitrogen. Í H. Tiessen (ritstj.): Phosphorus in the Global Environment. Transfers, Cycles and Management. Scientific Committee On Problems of the Environment (SCOPE), Wiley. 255-75 bls.
- Charles R. Goldman 1960. Molybdenum as a Factor Limiting Primary Productivity in Castle Lake, California. Science 132:1016 - 7.
- H.L. Golterman, S.R. Clymo og 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 bls.
- Guðlaugur Rúnar Guðmundsson 2001. Örnefni og leiðir í landi Garðabæjar. Safn til sögu Garðabæjar III. Garðabær, Garðabær.
- S. J. Guildford og 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.
- H. Hafliðason, G. Larsen og G. Olafsson 1992. The Recent Sedimentation History of Thingvallavatn, Iceland. OIKOS 64:80-95.
- G. P. Harris 1986. Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation. London, UK, Chapman and Hall.
- Hákon Aðalsteinsson, Sigurjón Rist, Stefán Hermannsson og Svanur Pálsson 1989. Stöðuvötn á Íslandi, skrá um stöðuvötn stærri en 0,1 km<sup>2</sup>. Orkustofnun. OS-89004/VOD-02. 48 bls. bls.
- Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis. 2007. Efna- og eðlisfræðilegir þættir 2002 - 2008. Efnasamsetning neysluvatns. Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis, (Sótt 6. júlí 2009)
- Helgi Torfason, Árni Hjartarson, Haukur Jóhannesson, Jón Jónsson og Kristján Sæmundsson 1993. Berggrunnskort, Elliðavatn 1613 III-SV-B 1:25.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnanesbær og Reykjavíkurborg.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson og Haraldur Rafn Ingvason 2003. Áhrif vatnsmiðlunar á vatnalífríki Skorradalsvatns: 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 og Kristinn Einarsson 1999b. Næringarefni í íslenskum stöðuvötnum. Í: *Líffræðirannsóknir á Íslandi* (Ritstj. S. S. Snorrason & R. S. Stefánsson). Reykjavík: Líffræðifélag Íslands 95 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson og 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 og Sigurður S. Snorrason 1999a. Yfirlitskönnun á vistfræði Íslenskra vatna. Í: *Líffræðirannsóknir á Íslandi* (Ritstj. S. S. Snorrason & R. S. Stefánsson). Reykjavík: Líffræðifélag Íslands 94 bls.
- Hilmar Malmquist, Finnur Ingimarsson og 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 og Stefán Már Stefánsson 2008. Mengunarflokkun á Reykjavíkurtjörn. Unnið fyrir Umhverfis- og samgöngusvið Reykjavíkurborgar. Kópavogur. Náttúrufræðistofa Kópavogs. 47 bls.
- J. Hilton, M. O'Hare, M. J. Bowes og J. I. Jones 2006. How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Science of the Total Environment* 365:66-83.
- Robert W. Howarth og Jonathan J. Cole 1985. Molybdenum Availability, Nitrogen Limitation, and Phytoplankton Growth in Natural Waters. *Science* 229:653-5.
- G.E. Hutchinson 1957. A treatise on limnology. Vol. I. Part 1. Geography and physics of lakes. Vol. I. Part 2. Chemistry of lakes. New York., Wiley.
- E. Jeppesen, J. P. Jensen, M. Sondergaard og T. Lauridsen 1999. Trophic dynamics in turbid and clearwater lakes with special emphasis on the role of zooplankton for water clarity. *Hydrobiologia* 409:217-31.
- Jón Jónsson 1994. Frá fjöru til fjalls. Safn til sögu Garðabæjar. Garðabær, Garðabær. 51 bls.
- Jón Ólafsson 1979. Physical characteristics of Lake Mývatn and River Laxá. *OIKOS* 32:38-66.
- Landform ehf. 2008. Garðabær og Kópavogsbær. Kjóavellir. Greinargerð með tillögu að deiliskipulagi hesthúsahverfis og íþróttaleikvangs að Kjóavöllum. Selfoss. Landform ehf., 28 bls.
- H. Laudon, S. Kohler og I. Buffam 2004. Seasonal TOC export from seven boreal catchments in northern Sweden. *Aquatic Sciences* 66:223-30.
- G. F. Lee og A. Jones-Lee 1998. Determination of Nutrient Limiting Maximum Algal Biomass in Waterbodies. Report ([http://www.gfredlee.com/Nutrients/nut\\_limit.html](http://www.gfredlee.com/Nutrients/nut_limit.html)). El Macero, CA. G. Fred Lee & Associates.
- David R. Maidment (ritstj.) 1992. Handbook of Hydrology. New York, McGraw-Hill, Inc.
- R. Marino, R. W. Howarth, F. Chan, J. J. Cole og 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.
- C. F. Mason 1981. Biology of Freshwater Pollution. New York, Longman Group Limited. 250 bls.
- T. Mattsson, P. Kortelainen og A. Raike 2005. Export of DOM from boreal catchments: impacts of land use cover and climate. *Biogeochemistry* 76:373-94.

- B. Moss 1998. Shallow Lakes, Biomanipulation and Eutrophication. SCOPE (Scientific Committee on Phosphates in Europe) Newsletter. Vol. 29 (special Issue). Bruxelles, Belgium, CEFIC (European Chemical Industry Council).
- David D. Myrold og Kerstin Huss-Danell 2003. Alder and lupine enhance nitrogen cycling in a degraded forest soil in Northern Sweden. *Plant and Soil* 254:47-56.
- A. Nilsson 1997. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environmental Report. Oslo, AMAP Monitoring and Assessment Programme. 188 bls.
- Páll Stefánsson 2004. Framkvæmd vatnsverndar og stjórnun vatnsauðlindar á höfuðborgarstæðinu. MS verkefni. Námsbraut á meistarastigi í umhverfisfræðum. Háskóli Íslands. Reykjavík
- Gareth Rees, Jamie Bartram, E. B. Pike og W. D. Robertson 2000. Chapter 3. Resourcing and Implimentation. Í J. Bartram & G. Rees (ritstj.): *Monitoring Bathing Waters. A Practical Guide to the Design and Implimentation of Assessments and Monitoring Programmes*. London & New York, E & FN Spon. 337 bls.
- C.S. Reynolds 1992. Eutrophication and the management of planktonic algae: what Vollenweider couldn't tell us. Í D. W. Sutcliffe & J. G. Jones (ritstj.): *Eutrophication: Research and application to water supply*. Freshwater Biological Association. 4-29 bls.
- G. Y. Rhee og I. J. Gotham 1980. Optimum N-P Ratios and Coexistence of Planktonic Algae. *Journal of Phycology* 16:486-9.
- Marten Scheffer 1998. *Ecology of Shallow Lakes. Population and Community Biology Series*. Vol. 22. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers. 357 bls.
- Sigurður Arnarson 2009. Belgjurrtir í skógrækt á Íslandi: I. hluti. *Skógræktarritið* 2009:14-23.
- Brit Lise Skjelkvale, Arne Henriksen, Gunnar Steinn Jónsson, Jaakko Mannio, Anders Wilander, Jens Peder Jensen, Eirik Fjeld og 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.
- Daniel P. Smith og Richard Otis 2007 *Florida Passive Nitrogen Removal Study. Literature Review and Database*. Prepared For: Florida Department of Health.66.
- V. H. Smith 1979. Nutrient Dependence of Primary Productivity in Lakes. *Limnology and Oceanography* 24:1051-64.
- Sólrún Harðardóttir 2001. *Vífilsstaðavatn - gersemi Garðabæjar*. Garðabær, Umhverfisnefnd Garðabæjar. 23 bls.
- Robert W. Sterner 2008. On the Phosphorus Limitation Paradigm for Lakes. *International Review of Hydrobiology* 93:433-45.
- Stjórnartíðindi B 2008a. Auglýsing nr. 660/2008 um breytingu á aðalskipulagi Garðabæjar 2004-2016, Kjóavellir, Vífilsstaðavatn og Grunnvötn.
- Stjórnartíðindi B 2008b. Samþykkt nr. 958/2008 um hesthúsahverfi á Kjóavöllum í landi Kópavogs og Garðabæjar.
- Stjórnartíðindi B 2008c. Auglýsing nr. 388/2008 um breytingu á aðalskipulagi Garðabæjar 2000-2012, Kjóavellir.
- Noriko Takamura, Yasuro Kandono, Michio Fukushima, Megumi Nakagawa og BAIK-H. O. KIM 2003. Effects of aquatic macrophytes on water quality and



- phytoplankton communities in shallow lakes. *Ecological Research* 18:381-95.
- R.V. Thomann og J.A. Mueller 1987. *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*. New York, NY., Harper and Row, Publishers. 644 bls.
- I. Tonno og T. Noges 2003. Nitrogen fixation in a large shallow lake: rates and initiation conditions. *Hydrobiologia* 490:23-30.
- Trausti Jónsson. 2008. Árið 2007. Tíðafarsyfirlit. Heimasíða Veðurstofu Íslands. Veðurstofa Íslands <http://vedur.is/vedur/frodleikur/greinar/nr/1126>. (Sótt 26. maí 2009)
- Tryggvi Þórðarson 2003a. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Kaldakvísl. 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. Bugða. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003d. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Brynjudalsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003e. Mengunarstaða Elliðavatns 2001-2002. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 60 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003f. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Botnsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003g. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Kiðafellsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 33 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003h. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Laxá í Kjós. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 41 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003i. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Leirvogsa. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003j. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Úlfarsá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2003k. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Varmá. Hveragerði. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. 41 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2004a. Flokkun vatna á Norðurlandi eystra. Eyjafjarðará, Glerá, Hörgá og Svarfaðardalsá. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 39 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2004b. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Hafravatn. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði.
- Tryggvi Þórðarson 2004c. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Leirvogsvatn. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði.
- Tryggvi Þórðarson 2004d. Mengunarflokkun Hólmsár, Suðurár og Elliðaáa. Hveragerði. Háskólasetrið í Hveragerði. 48 bls.

- Tryggvi Þórðarson 2004e. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Meðalfellsvatn. Hveragerði. Háskólastríð í Hveragerði.
- Tryggvi Þórðarson 2006a. Mengunarflokkun á Urriðakotsvatni og ofanverðum Stórákrókslæk. Hveragerði. Háskólastríð í Hveragerði. 59 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2006b. Flokkun vatna á Norðurlandi eystra, Fnjóská, Sjálfandafljót og Laxá í Þingeyjarsýslu. Hveragerði. Háskólastríð í Hveragerði. 53 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2007. Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Varmá. Endurflokkun. Hveragerði. Háskólastríð í Hveragerði. 19 bls.
- Tryggvi Þórðarson 2008. Mengunarflokkun á Rauðavatni og Reynisvatni. Hveragerði. Háskólastríð í Hveragerði. 57 bls.
- 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.
- Umhverfisstofnun. 2009a. Náttúruminjaskrá. Umhverfisstofnun <http://www.ust.is/LogOgReglur/Fridlysingar/Fridlond//nr/5043>. (Sótt 21. apríl 2009)
- Umhverfisstofnun. 2009b. Náttúruminjaskrá. Umhverfisstofnun <http://www.ust.is/Naturuvernd/Natturuminjaskra/nr/72>. (Sótt 20. apríl 2009)
- Veðurstofa Íslands. 2009. Mánaðargildi fyrir stöð 001 - Reykjavík. Heimasíða Veðurstofu Íslands. [http://vedur.is/Medaltalstoflur-txt/Stod\\_001\\_Reykjavik.ManMedal.txt](http://vedur.is/Medaltalstoflur-txt/Stod_001_Reykjavik.ManMedal.txt). (Sótt 25. maí 2009)
- Rolf D. Vogt, Egil Gjessing, Dag Olav Andersen, Nicholas Clarke, Tone Gadmar, Kevin Bishop, Ulla Lundstrøm og 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.
- VSÓ Ráðgjöf. 2003. Arnarnesvegur (411). Reykjanesbraut - Breiðholtsbraut og tengibraut um Hörðuvelli í landi Kópavogs og Reykjavíkur. Mat á umhverfisáhrifum. [http://net.vso.is/verkefni/arnarnesvegur/4-flokkur/index\\_e.html](http://net.vso.is/verkefni/arnarnesvegur/4-flokkur/index_e.html). (Sótt 21. apríl 2009)
- R.G. Wetzel 1995. Limnology. Philadelphia., W.B. Saunders Co.

## Viðauki

Tafla A. Samband mengunarflokkunar við náttúrulegt og raunverulegt ástand.

Tafla B. Niðurstöður: Vífilsstaðavatn.

Tafla C. Niðurstöður: Vífilsstaðalækur.



**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.** Niðurstöður mælinga og efna- og bakteríugreininga í Vífilsstaðavatni 23. mars 2007 - 29. febrúar 2008.

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

Dags.	Blað-græna a (mg/l)	Loft-hiti °C	Vatns-hiti °C	pH	Raf-leiðni μS/cm	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Grugg (NTU)	Saur-kóli í 100 ml	Saur-kokkar í 100 ml	t-P (μg/l)	PO <sub>4</sub> -P (μg/l)	t-N (μg/l)	NH <sub>4</sub> -N (μg/l)	NH <sub>3</sub> -N (μg/l)*	NO <sub>3</sub> -N (μg/l)	TOC (mg/l)	IC (mg/l)	TC	Cu (μg/l)	Zn (μg/l)	Cd (μg/l)	Pb (μg/l)	Cr (μg/l)	Ni (μg/l)	As (μg/l)
28.3.2007		3,4	4,9	8,66	135				0	0																
17.4.2007	1,6	6,3	6,0	8,86	138,5	13,04	104,7	1,08	7	<1	<7,0	<3,7	232	40,8	3,6	42,7	2,51	6,99	9,50	0,7	5,1	0,038	0,11	0,4	0,4	<0,1
21.5.2007	4,1	3,8	6,5	9,14	147,6	11,95	100,0	1,31	<1	<1	9,1	<3,8	254	32,9	5,3	39,4	2,90	12,50	15,4	0,5	2,9	0,045	0,19	0,5	<0,2	<0,1
25.6.2007	3,3	15,7	14,2	7,82	155,0			3,33	1	<1	21,6	<3,8	496	85,3	1,4	20,8	4,43	8,97	13,4	3,8	18,4	0,095	1,13	0,5	1,1	0,1
18.7.2007	0,9	14,5	17,6	8,86	166,0	10,54	110,3	1,20	2	<1	18,1	<3,7	535	53,2	10,3	19,2	5,10	10,30	15,4	1	4,8	0,070	0,40	0,2	0,4	<0,1
21.8.2007	2,7	14,8	13,6	9,72	157,5	10,71	102,8	0,92	6	8	18,3	<3,6	434	45,5	25,6	<15,0	4,41	6,39	10,8	0,8	5,4	0,069	0,30	0,2	0,3	<0,1
18.9.2007	1,8	8,8	5,5	8,22	139,7	12,40	100,5	0,97	11	1	<7,0	<3,7	377	37,5	0,8	187,0	3,19	8,61	11,8	1,9	8,7	0,125	0,50	0,3	0,5	<0,1
18.10.2007		10,1	5,0	7,00	136,0				14	3																
19.11.2007		6,6	0,0	7,90	127,5				<2	<1																
18.12.2007		3,0	4,9	7,47	113,3				2	<1																
28.1.2008		0,2	0,1	7,47	127,0				<1	<1																
29.2.2008		1,1	1,0	7,90	126,0				<1	<1																
Meðaltal	2,4	7,4	6,6	8,25	139,1	11,73	103,7	1,47	<4	<2	<13,5	<3,7	388	49,2	7,9	<54,0	3,76	8,96	12,72	1,5	7,6	0,074	0,44	0,4	<0,5	<0,1
Staðalfrávik	1,2	5,4	5,7	0,80	15,2	1,08	4,2	0,92	<5	<2	<6,5	<0,1	125	19,0	9,3	<66,1	1,03	2,23	2,44	1,3	5,6	0,032	0,37	0,1	<0,3	<0,0
Miðgildi	2,2	6,5	5,3	8,1	137,3	11,95	102,8	1,14	<2	<1	<13,6	<3,7	406	43,2	4,5	<30,1	3,80	8,79	12,60	0,9	5,3	0,070	0,35	0,4	<0,4	<0,1
Geómetriskt meðaltal	2,1	5,5	4,4	8,22	138,3	11,69	103,6	1,31	<3**	<1**	<12,1	<3,7	370	46,7	4,2	<35,1	3,64	8,73	12,52	1,1	6,3	0,068	0,34	0,3	<0,4	<0,1
10percentil	1,3	1,3	0,2	7,47	126,1	10,61	100,2	0,95	<1	<1	<7,0	<3,7	243	35,2	1,1	<17,1	2,71	6,69	10,15	0,6	3,9	0,042	0,15	0,2	<0,3	<0,1
90percentil	3,7	14,8	14,1	9,11	157,3	12,78	108,1	2,32	<11	<3	<20,0	<3,8	516	69,3	18,0	<114,9	4,77	11,40	15,40	2,9	13,6	0,110	0,82	0,5	<0,8	<0,1
Max	4,1	15,7	17,6	9,72	166,0	13,04	110,3	3,33	14	8	21,6	<3,8	535	85,3	25,6	187,0	5,10	12,50	15,40	3,8	18,4	0,125	1,13	0,5	1,1	0,1
Min	0,9	0,2	0,0	7,00	113,3	10,54	100,0	0,92	0	0	<7,0	<3,6	232	32,9	0,8	<15,0	2,51	6,39	9,50	0,5	2,9	0,038	0,11	0,2	<0,2	<0,1

\* Reiknað skv. Chapra (Steven C. Chapra 1997). \*\* Reiknað á grundvelli n+1.

**Tafla C.** Niðurstöður mælinga og efna- og bakteríugreininga í Vífilstaðalæk 28. mars 2007-29. febrúar 2008.

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

Dags.	Loft- hiti °C	Vatns- hiti °C	pH	Raf- leiðni µS/cm	Saur- kólí í 100 ml	Saur- kokkar í 100 ml	t-P (µg/l)	PO <sub>4</sub> - P (µg/l)	t-N (µg/l)	NH <sub>4</sub> - N (µg/l)	NH <sub>3</sub> - N (µg/l)*	NO <sub>3</sub> -N (µg/l)	TOC (mg/l)	IC (mg/l)	TC	Cu (µg/l)	Zn (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	As (µg/l)	
28.3.2007	5,5	6,6	8,03	130,3	0	0	<7,0	<3,8	209	36,9	0,5	<15,0	1,82	6,79	9,12	0,8	2,6	0,745	0,10	0,3	<0,2	<0,1	
17.4.2007	7,5	6,4	7,95	133,4	4	1	<7,0	<3,9	209	35,4	0,4	23,0	2,33	7,31	9,90	0,3	0,3	0,034	0,02	0,3	<0,2	<0,1	
21.5.2007	3,9	5,6	7,16	137,5	8	2	9,2	<3,9	262	32,4	0,1	49,5	2,59	8,65	12,8	0,4	1	0,083	0,04	0,2	0,2	<0,1	
25.6.2007	16,2	14,8	8,44	91,4	3	10	20,2	<3,7	469	64,8	2,6	76,9	4,15	8,88	12,7	1	1,1	0,042	0,05	0,3	0,5	<0,1	
18.7.2007	14,8	14,6	7,00	139,1	63	13	18,8	<3,7	368	37,3	0,1	21,5	3,82	8,72	12,3	0,5	0,8	0,030	0,09	<0,1	0,3	<0,1	
21.8.2007	16,8	12,0	6,74	144,2	50	70	18,8	<3,7	373	34,4	0,0	212,0	3,58	7,81	12,0	0,4	1,4	0,032	0,03	0,1	0,4	<0,1	
18.9.2007	10,4	6,5	6,55	132,9	170	3	15,6	<3,7	312	30,3	0,0	60,3	4,19	7,48	9,56	0,7	2,7	0,024	0,10	0,1	0,5	<0,1	
18.10.2007	11,2	5,7	7,25	138,6	8	18	9,0	<3,9	300	33,9	0,1	122,0	2,08	6,74	8,48	1	2,4	0,071	0,10	0,5	0,4	<0,1	
19.11.2007	5,2	0,1	7,57	143,9	<2	<1	9,7	<4,0	417	32,4	0,1	365,0	1,74	5,80	7,36	0,5	1,3	0,054	0,07	0,5	0,2	<0,1	
18.12.2007	3,8	3,9	7,12	100,4	<2	12	21,0	<3,8	443	36,1	0,0	244,0	1,56	6,67	8,47	0,7	1,4	0,161	0,12	0,6	0,3	<0,1	
28.1.2008	0,2	0,2	7,17	120,5	2	<1	<6,9	<3,7	436	31,5	0,0	303,0	1,80	6,39	7,81	1,4	5,2	0,051	0,21	0,6	<0,5	<0,1	
29.2.2008	1,2	0,4	7,46	106,8	2	1	8,8	<3,7	342	30,1	0,1	213,0	1,42	6,00	7,82	0,3	0,7	0,156	0,04	0,6	0,2	<0,1	
Meðaltal	8,1	6,4	7,37	126,6	<26	<11	<12,7	<3,8	345	36,3	0,3	<142,1	2,59	7,27	9,86	0,7	1,7	0,124	0,08	<0,4	<0,3	<0,1	
Staðalfrávik	5,7	5,1	0,55	17,8	<50	<20	<5,7	<0,1	89	9,3	0,7	<120,9	1,05	1,06	2,05	0,3	1,3	0,201	0,05	<0,2	<0,1	<0,0	
Miðgildi	6,5	6,1	7,21	133,2	<4	<3	<9,5	<3,8	355	34,2	0,1	<99,5	2,21	7,05	9,34	0,6	1,4	0,053	0,08	<0,3	<0,3	<0,1	
Geómetriskt meðaltal	6,02	4,35	7,35	125,3	<7**	<4**	<11,6	<3,8	334	35,5	0,2	<89,9	2,46	7,21	9,69	0,6	1,5	0,109	0,08	<0,3	<0,3	<0,1	
10percentil	1,46	0,22	6,77	101,0	<2	<1	<7,0	<3,7	214	30,4	0,0	<21,7	1,58	6,04	7,81	0,3	0,7	0,030	0,03	<0,1	<0,2	<0,1	
90percentil	16,06	14,34	8,02	143,4	<62	<18	<20,1	<3,9	442	37,3	0,5	<297,1	4,12	8,71	12,66	1,0	2,7	0,161	0,12	<0,6	<0,5	<0,1	
Max	16,80	14,80	8,44	144,2	170	70	21,0	<4,0	469	64,8	2,6	365,0	4,19	8,88	12,80	1,4	5,2	0,745	0,21	0,6	0,5	<0,1	
Min	0,20	0,10	6,55	91,4	0	0	<6,9	<3,7	209	30,1	0,0	<15,0	1,42	5,80	7,36	0,3	0,3	0,024	0,02	<0,1	<0,2	<0,1	

\* Reiknað skv. Chapra (Steven C. Chapra 1997). \*\* Reiknað á grundvelli n+1,01.