

Efnasamsetning Þingvallavatns 2007

RH-09-2008

Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason

Raunvísindastofnun Háskólans, Dunhaga 3, 107 Reykjavík.



Mái 2008

EFNISYFIRLIT

INNGANGUR	3
Tilgangur	3
AÐFERÐIR	3
Sýnataka	3
Meðhöndlun sýna	3
Efnagreiningar og meðhöndlun sýna á rannsóknarstofu að lokinni söfnun	4
Uppleyst efni	4
NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	5
Sýnataka og efnamælingar.....	5
Hleðslujafnvægi og hlutfallsleg skekkja í mælingum	7
Meðaltal uppleystra efna í Þingvallavatni og efnasamsetning Vellankötlu og Silfru	7
ÞAKKARORÐ	8
HEIMILDIR	9
TÖFLUR OG MYNDIR	
Mynd 1.	
Tafla 1. Styrkur uppleystra efna og lífræns aurburðar	13
Tafla 2. Hlutföll lífrænna efna í svifaur og á uppleystu formi.	14
Tafla 3. Næmi efnagreiningaraðferða og hlutfallsleg skekkja mælinga.....	15



VHM	Nafn	Vatnasvið í km ²	þar af á jökli (km ²)
30	Þjórsá	7.378	969
64	Ölfusá	5.676	643
66	Hvítá	1.668	361
70	Skaftá í Skaftárdal	1.468	494
128	Norðurá	507	
166	Skaftá við Sveinstind	714	494
271	Sog	1.092	33,9
328	Eldvatn við Ása	1.714	494
330	Eldvatn	134	
339	Grenlækur	22,2	
401	Útfall Langasjávar	83,5	
486	Víðidalsá	396	
502	Andakilsá	146	
1250	Tungnaá, Botnaver	239	156

C 30 Sýnatökustaður
 Vatnasvið
 Vatnasvið á jökli

Th/JMT/SMO - Júní 2007

Mynd 1. Vatnasvið og staðsetningar sýnatökustaða á Suðurlandi.

INNGANGUR

Tilgangur

Tilgangurinn með þeim rannsóknum sem hér er greint frá er að skilgreina styrk uppleystra efna og lífræns kolefnis í Þingvallavatni og lindum á Þingvallasvæðinu og hvernig þessir þættir breytast með árstíðum og rennsli frá 9. júlí 2008 til 524. apríl 2008.

Sýni voru tekin fjórum sinnum á eftirfarandi stöðum frá 9. júlí til 28. apríl 2008 úr Þingvallavatni við Steingrímsstöð og einu sinni úr lindunum Silfru og Vellankötlu, hinn 19. Október 2007 (Tafla 1). Verkefnið er kostað af Umhverfisstofnuneytinu. Þessi áfangaskýrsla er fyrst og fremst ætluð til þess að gera grein fyrir aðferðum og niðurstöðum mælinga rannsóknartímabilsins.

AÐFERÐIR

Hér verður aðferðum við sýnatöku og efnagreiningar lýst ítarlega. Þetta er gert til þess að auðvelda mat á gæðum niðurstaðna.

Sýnataka

Sýni til rannsókna á uppleystum efnum voru tekin úr Þingvallavatni af stíflu við Steingrímsstöð og úr lindunum Silfru og Vellankötlu. Sýnum úr Þingvallavatni var safnað með 5 lítra Niskin safnara og var safnað af um eins meters dýpi. Sýnunum var safnað eftir að vatn hafði runnið í nokkurn tíma í gegn um safnarann til hreinsunar. Sýnin voru svo geymd í safnanum, sem er loftþéttur og ógegnsær, á meðan keyrt var að Þrastarlundi. Þar voru sýnin meðhöndluð eins og lýst verður síðar.

Sýnum úr Silfru og Vellankötlu var dælt beint úr lindunum af um hálfis meters dýpi. Reyndar var ekki tekið beint úr Vellankötlu, heldur úr sprungu í klöpp, þeirri sömu og Vellankatla streymir upp um á nokkru dýpi í Þingvallavatni.

Aurburðarsýnið úr Þingvallavatni við Steingrímsstöð, sem notað var til mælinga á lífrænum aurburði (POC), var tekið með með handsýnataka (DH48) sem festur var á stöng og látinn síga um 1,5 m ofan í vatnið og upp aftur. Sýninu var safnað í sýrupvegna aurburðarflöskur sem höfðu verið þvegnar í 4 klst. í 1 N HCl síru fyrir sýnatöku. Flöskurnar voru merktar að utan, en ekki með pappírsmarki inni í flöskuhálsinum eins og tíðkast fyrir ólífrænan aurburð.

Meðhöndlun sýna

Sýni til rannsókna á uppleystum efnum voru meðhöndluð um 20 til 30 mínútum eftir söfnun, við Þrastarlund. Vatnið var síað í gegnum sellulósa asetat-síu með 0,2 µm porustærð. Þvermál síu var 142 mm og Sartorius® („in line pressure filter holder, SM16540“) síuhaldari úr tefloni notaður. Sýninu var þrýst í gegnum síuna með „peristaltik“-dælu. Slöngur voru úr sílikoni. Síur, síuhaldari og slöngur voru þvegnar með því að dæla a.m.k. einum lítra af árvatni í gegnum síubúnaðinn og lofti var hleypt af síuhaldara með þar til gerðum loftventli. Áður en síuðu sýni var safnað, voru sýnaflöskurnar þvegnar þrisvar sinnum hver með síuðu árvatni.

Fyrst var vatn sem ætlað var til mælinga á reikulum efnum, pH, leiðni og basavirkni, síað í tvær dökkar, 275 ml og 60 ml, glerflöskur. Næst var safnað í 1000 ml „high density pólýethelín“ flösku til mælinga á brennisteinssamsætum. Síðan var vatn síað

í 190 ml „low density pólýethelýn“ flösku til mælinga á styrk anjóna. Þá var safnað í tvær 90 ml „high density pólýethelýn“ sýrubvegna flöskur til snefilefnagreininga. Þessar flöskur voru sýrubvegna af rannsóknaraðilanum SGAB Analytica, sem annaðist snefilefnagreiningarnar og sumar aðalefnagreiningar. Út í þessar flöskur var bætt einum millilítra af fullsterkri hreinsaðri saltpéturssýru í lok söfnunar á hverjum stað. Þá var síuðu árvatni safnað á fjórar sýrubvegna 20 ml „high density pólýethelýn“ flöskur. Flöskurnar voru þvegna með 1 N HCl fyrir hvern leiðangur. Ein flaska var ætluð fyrir hverja mælingu eftirfarandi næringarsalta; NO₃, NO₂, NH₄, PO₄. Sýnin til mælinga á NH₄ og PO₄ voru sýrð með 0,5 ml af þynntri (1/100) brennisteinssýru. Vatn ætlað til mælinga á heildarmagni á lífrænu og ólífrænu uppleystu næringarefninu nitur (N) var síað í sýrubvegna 100 ml flösku. Þessi sýni voru geymd í kæli söfnunardaginn en fryst í lok hvers dags. Sýni til mælinga á DOC var síað eins og önnur vatnssýni. Það var síað í 30 ml sýrubvegna „low density pólýethelýn flösku“. Sýrulausnin (1 N HCl) stóð a.m.k. 4 klst. í flöskunum fyrir söfnun, en þær tæmdar rétt fyrir leiðangur og skolaðar með afjónuðu vatni. Þessi sýni voru sýrð með 0,4 ml af 1,2 N HCl og geymd í kæli þar til þau voru send til Svíþjóðar þar sem þau voru greind. Aurburðarflöskurnar sem settar voru í aurburðartakann fyrir söfnun á POC voru þvegna í 4 klukkustundir í 1 N HCl sýru áður en farið var í söfnunarleiðangur. Allar flöskur og sprautur sem komu í snertingu við sýnin fyrir POC og DOC voru þvegna í 4 klukkustundir í 1 N HCl sýru.

Efnagreiningar og meðhöndlun sýna á rannsóknarstofu að lokinni söfnun

Efnagreiningar voru gerðar á Raunvísindastofnun, AB Analytica í Luleå í Svíþjóð, Umeå Marine Sciences Center í Umeå í Svíþjóð og við Stokkhólmsháskóla. Niðurstöður þeirra greininga sem búið er að framkvæma eru sýndar í Töflum 1 og 2. Meðalefnasamsetning á sýnum sem safnað hefur verið úr Þingvallavatni er í Töflu 1 og einnig er gefnar upp sambærilegar upplýsingar frá Sogi við Þrastarlund, Ölfusá og Þjórásá. Í Töflu 2 er gert grein fyrir hlutföllum efna í lífrænum aurburði (C/N) og hlutföllum næringarefna, á lífrænu og ólífrænu formi.

Uppleyst efni. Basavirkni („alkalinity“), leiðni og pH var mælt með títrun, rafskauti og leiðnimæli á Raunvísindastofnun að loknum sýnatökuleiðangri. Endapunktur títrunar var ákvarðaður með Gran-falli (Stumm og Morgan, 1996). Aðalefni og snefilefni voru mæld af AB Analytica með ICP-AES, ICP-MS (Mass Spectrometry with Inductively Coupled Plasma) og atómljómun; AF (Atomic Fluorescence). Notaðar voru tvær tegundir massagreina með plasmanu; svokallað ICP-QMS, þar sem „quadrupole“ er notaður til að nema massa efnanna, og hins vegar ICP-SMS þar sem „a combination of a magnetic and an electrostatic sector“ er notað til að skilja að massa efnanna. Næringarsöltin NO₃, NO₂, NH₄ sem og heildarmagn af uppleystu lífrænu og ólífrænu nitri, N_{tot}, voru greind með sjálfvirkum litrófsmæli Jarðvísindastofnunar („autoanalyzer“). Styrkur fosfórs (PO₄) var mældur á jónaskilju (IC 2000).

Sýni til næringarsaltagreininga voru tekin úr frysti og látin standa við stofuhita nóttina fyrir efnagreiningu þannig að þau bráðnuðu að fullu. Sýni til mælinga á N_{tot} voru geisluð í kísilstautum í þar til gerðum geislunarbúnaði á Raunvísindastofnun til að brjóta niður lífrænt efni í sýnunum. Fyrir geislun voru settir 0,17 µl af fullsterku vetnisperoxíði og 1 ml af 1000 ppm bórsýrubuffer (pH 9) í 11 millilítra af sýni. Þessi sýni voru greind innan tveggja daga eftir geislun. Nauðsynlegt var að stilla pH sýnanna við 8,5 – 9 því að geislun veldur klofnar vatns og peroxíðs niður í H⁺ jónir, sem veldur sýringu sýnisins, og OH radikala, sem hvarfast við lífrænt efni í sýninu og

brytur það niður (Koroleff, 1982; Roig et al., 1999). Oxun efna er mjög háð pH í umhverfinu og hún gengur auðveldar fyrir sig við hátt pH en lágt (Koroleff, 1982; Roig et al., 1999; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2007). Þetta er sérstaklega nauðsynlegt á ferskvatni með lágt alkalinity, því geislunin hefur mest áhrif á pH gildi þess.

Anjónirnar; flúor, klór og sulfat voru mæld með jónaskilju á Jarðvísindastofnun (IC 2000) á rannsóknartímabilinu. Sýni til greininga á heildarmagni uppleysts kolefnis (DOC) og á magni lífræns aurburðar (POC og PON) voru send til Umeå Marine Sciences Center í Umeå í Svíþjóð strax og búið var að sía POC og PON-sýni í gegnum glersíur eins og lýst verður hér á eftir. Sýni til mælinga á brennisteinssamsætum voru látin seytla í gegnum jónaskiptasúlur með sterku “anjóna-jónaskiptaresini”. Sýnaflöskur voru vigtaðar fyrir og eftir jónaskipti til þess að hægt væri að leggja mat á heildarmagn brennisteins í jónaskiptaefni. Þegar allt sýnið hafði seytlað í gegn og loft komist í jónaskiptasúlurnar var þeim lokað og þær sendar til Stokkhólms til samsætumælinga. Loftið var látið komast inn í súlurnar til þess að tryggja að nægt súrefni væri í þeim svo að allur brennisteinn héldist á formi sulfats (SO₄).

NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

Sýnataka og efnamælingar

Niðurstöður mælinga sem búið er að framkvæma eru sýndar í Töflu 1 og 2. Meðaltal mælinga fyrir vatnsföllin er sýnt í Töflu 1. Enn fremur er meðaltal fyrir Sog við Þrastrlund, Ölfusá við Selfoss og Þjórsá við Urriðafoss gefið til samanburðar. Í Töflu 2 er gert grein fyrir hlutföllum efna í lífrænum aurburði (C/N) og hlutföllum næringarefna, á lífrænu og ólífrænu formi.

Leiðni og pH vatns er hitastigsháð, þess vegna er getið um hitastig vatnsins þegar leiðni og pH voru mæld á rannsóknarstofu (Tafla 3 – 6). Styrkur uppleystra aðalefna er gefinn í millimólum í lítra vatns (mmól/l), styrkur snefilefna sem míkromól (µmól/l) eða nanómól í lítra vatns (nmól/l). Basavirkni, skammstöfuð Alk („Alkalinity“) í Töflum 1, 3, - 6, er gefin upp sem „milliequivalent“ í kílógrammi vatns. Heildarmagn uppleysts ólífræns kolefnis (Dissolved Inorganic Carbon, DIC) er gefið sem millimól C í hverju kg vatns í Töflum 1, 3 - 6. Reiknað er samkvæmt eftirfarandi jöfnu út frá mælingum á pH, hitastigi sem pH-mælingin var gerð við, basavirkni og styrk kísils. Gert er ráð fyrir að virkni („activity“) og efnastyrkur („concentration“) sé eitt og hið sama.

$$DIC = 1000 \frac{\left(Alk - \frac{K_w}{10^{-pH}} - \frac{Si_T}{\left(\frac{10^{-pH}}{K_{Si}} + 1 \right)} + 10^{-pH} \right)}{\left(\left(\frac{10^{-pH}}{K_1} + 1 + \frac{K_2}{10^{-pH}} \right)^{-1} + 2 \left(\frac{(10^{-pH})^2}{K_1 K_2} + \frac{10^{-pH}}{K_2} + 1 \right)^{-1} \right)} \quad (1)$$

K_1 er hitastigsháður kleyfnistuðull kolsýru (Plummer og Busenberg 1982), K_2 er hitastigsháður kleyfnistuðull bikarbónats (Plummer og Busenberg 1982), K_{Si} er hitastigsháður kleyfnistuðull kísilsýru (Stefán Arnórsson o.fl. 1982), K_w er hitastigsháður kleyfnistuðull vatns (Sweeton o.fl. 1974) og Si_T er mældur styrkur Si (Töflur 1, 3, 4, 5 og 6). Allar styrktölur eru í mólum á lítra nema „alkalinity“ sem er í „equivalentum“ á lítra. Þessi jafna gildir svo lengi sem pH vatnsins er lægra en 9 og heildarstyrkur uppleystra efna (TDS) er minni en u.þ.b. 100 mg/l. Við herra pH þarf að taka tillit til fleiri efnasambanda við reikningana og við mikinn heildarstyrk þarf að nota virknistuðla til að leiðrétta fyrir mismun á virkni og efnastyrk.

Heildarmagn uppleystra efna (TDS: „total dissolved solids“) er samanlagður styrkur uppleystra aðalefna í milligrömmum í lítra vatns (mg/l) reiknaður á eftirfarandi hátt;

$$TDS_{\text{reiknað}} = Na + K + Ca + Mg + SiO_2 + Cl + SO_4 + CO_3 \quad (2)$$

Heildarmagn uppleysts ólífræns kolefnis sem gefið er í millimólum DIC í hverjum lítra vatns í Töflum 1, 3, 4, 5 og 6 er umreiknað í karbónat (CO_3) í jöfnu 3. Ástæðan fyrir þessu er að þegar heildarmagn uppleystra efna er mælt eftir síun í gegnum 0,45 μm porur með því að láta ákveðið magn sýnis gufa upp breytist uppleyst ólífrænt kolefni að mestu í karbónat áður en það fellur út sem kalsít ($CaCO_3$) og loks sem tróna ($Na_2CO_3NaHCO_3$). Áður en að útfellingu trónu kemur tapast yfirleitt töluvert af CO_2 úr vatninu til andrúmslofts (Eugster 1970, Jones o.fl. 1977 og Hardy og Eugster 1970). Vegna þess að CO_2 tapast til andrúmslofts er $TDS_{\text{mælt}}$ yfirleitt alltaf minna en TDS_{reikn} í efnagreiningartöflunum. Meðalstyrkur aurburðar í árvatninu er gefinn í milligrömmum í lítra (mg/l). Styrkur nitursambanda og fosfórs er gefinn í míkromólum í lítra vatns.

Næmi efnagreiningaraðferða er sýnd í Töflu 3. Þegar styrkur efna mælist minni en næmi efnagreiningaraðferðarinnar er hann skráður sem minni en (<) næmið sem sýnt er í Töflu 8. Þessar tölur eru teknar með í meðaltalsreikninga, en meðaltalið er þá gefið upp sem minna en (<) tölugildi meðaltalsins.

Öll sýni eru tvímæld á Raunvísindastofnun. Meðalsamkvæmni milli mælinga er gefin í Töflu 3 sem hlutfallsleg skekkja milli mælinganna. Hún er breytileg milli mælinga og eftir styrk efnanna. Hún er hlutfallslega meiri fyrir lágan efnastyrk en háan. Styrkur næringarsalta er oft við greiningarmörk efnagreiningaraðferðanna. Af þessum sökum er skekkja mjög breytileg eftir styrk efnanna. Næmi og skekkja fyrir heildarmagn lífræns og ólífræns fosfórs og niturs, P_{tot} og N_{tot} , er lakari en fyrir aðrar næringasaltagreiningar (Tafla 8). Þetta stafar af meðhöndlun sýna og geislun í útfjólubláu ljósi fyrir efnagreiningu.

Hleðslujafnvægi og hlutfallsleg skekkja í mælingum

Hægt er að leggja mat á gæði mælinga á aðalefnum eða hvort mælingar vanti á aðalefnum eða ráðandi efnasamböndum með því að skoða hleðslujafnvægi í lausn (Töflur 3-6). Ef öll höfuðefni og ríkjandi efnasambönd eru greind og styrkur þeirra er réttur er styrkur neikvætt hlaðinna efnasambanda og jákvætt hlaðinna efnasambanda jafn. Hleðslujafnvægið er reiknað með eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Hleðslujafnv.} = \text{Katjónir} - \text{Anjónir} = Na + K + 2 Ca + 2 Mg - \text{Alk} - Cl - 2 SO_4 - F \quad (3)$$

og mismunur sem hlutfallsleg skekkja

$$Mism\% = 100 \frac{Hleðslujafnvægi}{(katjónir + anjónir)} \quad (4)$$

Jafna 4 er frábrugðin jöfnum úr fyrri efnavöktunarskýrslum en þá var deilt með meðaltali hleðslna anjóna og katjóna, en nú er deilt með summu þeirra. Tölugildið nú er því 2 sinnum lægra en fyrri gildi. Þetta er gert til samræmis við svipaða reikninga í reiknilíkönnum eins og PREEQC (Parkhurst og Appelo 1999.).

Niðurstöður þessara reikninga eru sýndar í Töflu 3 og fyrir tímabilið 2005 til 2006 fyrir þau vatnsföll sem við á í Töflum 4 til 6. Mismunurinn er lítill, að meðaltali 1,2%, sem verður að teljast gott þar sem skekkja milli einstakra mælinga er oftast yfir 3%.

Meðaltal uppleystra efna í Þingvallavatni og efnasamsetning Vellankötlu og Silfru.

Styrkur uppleystra efna (TDS) í Silfru er svipaður og meðalstyrkur TDS í útfalli Þingvallavatns. Styrkur TDS í Vellankötlu er hins vegar lægri (Tafla 1).

Styrkur SiO₂ í lindunum er hár, 0,263 mmól/l, og hærri en í Þingvallavatni, sem bendir til kísilnáms kísilþörunga í vatninu. Meðalstyrkur kísils við Steingrímsstöð var 0,226 eða rétt aðeins hærri en meðalstyrkur Sogs við Þrastarlund frá tímabilinu 20.12.2004 til 05.12.2007 en í lok árs 2004 tók styrkur kísils í Sogi að hækka miðað við rannsóknartímabilið frá 1998 til 2004 (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2008).

Styrkur aðalefnanna Ca, Mg, SO₄ og Cl var lægri í Silfru og Vellankötlu en við Steingrímsstöð en styrkur Na og F svipaður. Styrkur fosfórs (P og PO₄) var hærri í uppsprettunum en í vatninu og sama má segja um styrk NO₃. Styrkur NO₂ og NH₄ var hins vegar svipaður. Heildarstyrkur köfnunarefnis (N_{tot}), lífræns og ólífræns, var mjög hár, og um helmingi hærri í lindunum en í vatninu. Styrkur lífræns N (DON) var 14,5 μmól/l í Silfru og 9,6 μmól/l í Vellankötlu á meðan hann var 8,33 μmól/l í Þingvallavatni við Steingrímsstöð. Styrkur fosfórs var um 60% hærri í lindunum en í vatninu en styrkur lífræns fosfórs var ekki mælanlegur. Hlutfall fosfórs og niturs (P/N) bendir til þess að N sé takmarkandi fyrir vöxt ljóstillífandi lífvera, en það er einmitt raunin fyrir næringarefnabúskap í gosbeltinu, þar sem fosfór leystist úr bergi en nitur berst inn á vatnasviðin með úrkomu (Klein o.fl. 2007). Styrkur snefilefna og þungmálmanna var yfirleitt lægri eða jafnhár í lindunum og í vatninu, en þó voru nokkur snefilefni sem höfðu hærri styrk, sérstaklega var styrkur Cr í Silfru hár. Þessi háí krómstyrkur skilar sér út í Þingvallavatn og niður í Sog sem hefur mun hærri krómstyrk en Ölfusá en þó sérstaklega hærri en Þjórsá (Tafla 1).

ÞAKKARORÐ

Umhverfisráðuneytið, Orkuveita Reykjavíkur, Þjóðgarðurinn á Þingvöllum og Landsvirkjun kostuðu rannsóknina og hafa fulltrúar hennar sýnt verkefninu mikinn áhuga og stuðning.

HEIMILDIR

- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Kristjana G. Eypórsdóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir, Peter Torssander, 2008. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi XI. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar, RH-05-2008, 50 bls
- Klein H., Benedictow A. and Fagerli H., 2007. Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM, Iceland. Norwegian Meteorological Institute, 26 bls.
- Sigurður R. Gíslason, Jón Ólafsson og Árni Snorrason 1997a. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar, Hafrannsóknastofnunar og Orkustofnunar. Raunvísindastofnunaraskýrsla, RH-25-97, 28 bls.
- Sigurður Reynir Gíslason, Jón Ólafsson, Árni Snorrason, Ingvi Gunnarsson og Snorri Zóphóníasson 1998f. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi, II. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar, Hafrannsóknarstofnunar og Orkustofnunar. Raunvísindastofnun Háskólans, RH-20-98, 39 bls.
- Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Eydís Salome Eiríksdóttir, Sverrir Óskar Elefsen, Ásgeir Gunnarsson og Peter Torssander 2000a. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi, III . Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnnunar. Raunvísindastofnun, RH-13-2000, 32 bls.
- Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Eydís Salome Eiríksdóttir, Sverrir Óskar Elefsen, Ásgeir Gunnarsson og Peter Torssander 2001. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi, IV . Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnnunar. Raunvísindastofnun, RH-13-2000, 36 bls.
- Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Eydís Salome Eiríksdóttir, Bergur Sigfússon, Sverrir Óskar Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson, og Peter Torssander 2002a. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi, V. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. Raunvísindastofnun, RH-12-2002, 36 bls.
- Sigurður Reynir Gíslason , Árni Snorrason, Eydís Salome Eiríksdóttir, Bergur Sigfússon, Sverrir Óskar Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson, og Peter Torssander 2003a. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi, VI. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnnunar. Raunvísindastofnun, RH-03-2003, 85 bls.
- Sigurður Reynir Gíslason , Árni Snorrason, Eydís Salome Eiríksdóttir, Bergur Sigfússon, Sverrir Óskar Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson, Einar Örn Hreinsson og Peter Torssander 2004. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi, VII. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnnunar. Raunvísindastofnun, RH-06-2004, 40 bls.

- Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Guðmundur Bjarki Ingvarsson, Eydís Salome Eiríksdóttir, Bergur Sigfússon, Sverrir Óskar Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson, Bjarni Kristinsson, Svava Björk Þorláksdóttir og Peter Torssander 2005. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi VIII. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. Raunvísindastofnun, Reykjavík, Iceland, RH-11-2005, 46 p.
- Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Guðmundur Bjarki Ingvarsson, Luiz Gabriel Quinn Camargo, Eydís Salome Eiríksdóttir, Sverrir Óskar Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir og Peter Torssander 2006a. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi IX. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. RH-05-2006.
- Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Guðmundur Bjarki Ingvarsson, Luiz Gabriel Quinn Camargo, Eydís Salome Eiríksdóttir, Jórunn Harðardóttir, Kristjana G. Eyþórsdóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2007. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi X. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. RH-12-2007, 52 bls.

TÖFLUR

Tafla 1. Tímaröð og meðaltal fyrir styrk uppleystra aðalefna, lífræns kolefnis, lífræns níturs í Þingvallavatni. Meðaltal vatnsfalla á Suðurlandi til samanburðar.

Sýna númer	Staðsetning	Dagsetning	Tími	Vatns- hiti °C	Loft- hiti °C	pH	T °C (pH/ leiðni)	Leiðni µS/sm	SiO ₂ mmól/l	Na mmól/l	K mmól/l	Ca mmól/l	Mg mmól/l	Alk (a) meq/kg	DIC mmól/l	SO ₄ mmól/l ICP-AES	SO ₄ mmól/l I.C.	δ ³⁴ S ‰	Cl mmól/l I.C.	F µmól/l I.C.	Hleðslu- jafnvægi	% skekkja	
07U003	Silfra	19.10.2007	14:50	3,4	9,5	9,36	22,9	72,5	0,263	0,385	0,013	0,099	0,043	0,452	0,399	0,018	0,014		0,162	3,20	0,03	2,23	
07U004	Vellankatla	19.10.2007	17:05	2,8	10,2	9,27	23,3	51,7	0,263	0,267	0,011	0,070	0,038	0,319	0,273	0,014	0,012		0,126	2,52	0,02	1,91	
07U001	Steingrímsstöð	9.7.2007	14:05	11,7	17	7,52	19,4	60,6	0,203	0,357	0,016	0,104	0,058	0,469	0,468	0,025	0,022		0,176	3,53	0,00	0,20	
07U002	Steingrímsstöð	8.10.2007	14:05	6,8	5,9	7,66	22,8	70,6	0,202	0,367	0,016	0,101	0,059	0,460	0,459	0,025	0,021		0,172	3,52	0,02	1,29	
07U005	Steingrímsstöð	5.12.2007	13:55	3,7	3,2	7,6	20	71,8	0,197	0,346	0,015	0,104	0,059	0,465	0,464	0,025	0,021		0,171	3,61	0,00	0,27	
08U001	Steingrímsstöð	28.4.2008	14:00	3,2	9,6	8,03	22	72	0,218	0,347	0,016	0,104	0,060	0,479	0,464	0,027							
Meðaltal:																							
<i>Steingrímsst. 2007</i>				6,35	8,93	7,70	21,1	68,8	0,205	0,354	0,016	0,103	0,059	0,468	0,464	0,0256	0,0214		0,173	3,55	0,00	0,59	
<i>Sog 1998 - 2007</i>				6,7	8,1	7,76		74,0	0,190	0,364	0,015	0,104	0,059	0,480	0,464	0,023	0,023	8,55	0,179	3,53			
<i>Ölfusá 1996 - 2007</i>				5,0	6,58	7,52		70,5	0,228	0,335	0,014	0,100	0,060	0,473	0,519	0,025	0,024	7,74	0,147	4,55			
<i>Þjórsá 1996 - 2007</i>				5,11	7,03	7,67		83,8	0,219	0,397	0,013	0,119	0,071	0,564	0,607	0,057	0,056	2,93	0,107	8,55			
Sýna númer	Staðsetning	Dagsetning	Tími	TDS mg/l mælt	TDS mg/kg reiknað	DOC mmól/l	POC µg/kg	PON µg/kg	C/N	Svifaur mg/l	P µmól/l	PO ₄ -P µmól/l	NO ₃ -N µmól/l	NO ₂ -N µmól/l	NH ₄ -N µmól/l	N _{tot} µmól/l	P _{tot} µmól/l	Al µmól/l	Fe µmól/l	B µmól/l	Mn µmól/l	Sr µmól/l	
07U003	Silfra	19.10.2007	14:50		62	0,026				0,749	0,718	3,57	0,028	<0,2	18,3		1,401	0,009	0,505	<0,0005	0,034		
07U004	Vellankatla	19.10.2007	17:05		48	0,028				0,836	1,025	3,80	0,023	0,318	13,7		1,127	<0,007	0,279	<0,0005	0,038		
07U001	Steingrímsstöð	9.7.2007	14:05		63	0,063	250	37,0	7,88	0,329	0,455	0,53	0,036	<0,2	9,30		0,279	0,052	0,571	0,009	0,056		
07U002	Steingrímsstöð	8.10.2007	14:05		63	0,043	335	54,6	7,16	0,282	0,453	1,42	0,023	0,203	9,50		0,338	0,172	0,628	0,009	0,057		
07U005	Steingrímsstöð	5.12.2007	13:55		62	0,037	150	17,9	9,78	0,336	0,320	0,34	<0,02	0,376		0,226	0,050	0,697	0,007	0,057			
08U001	Steingrímsstöð	28.4.2008	14:00							0,394			<0,2	0,013		9,36	0,328	0,061	0,789	0,003	0,060		
Meðaltal:																							
<i>Steingrímsst. 2007</i>					63	0,048	245	36,5	8,27	0,335	0,409	<0,767	<0,024	<0,290	9,39		0,293	0,084	0,671	0,007	0,058		
<i>Sog 1998 - 2007</i>				50	63	<0,019	299	34,7	12,4	11,3	0,35	0,297	<0,514	<0,057	<0,48	4,16		0,422	0,25	0,629	0,033	0,060	
<i>Ölfusá 1996 - 2007</i>				51	65	<0,044	533	59,2	12,6	54,4	0,434	0,344	<1,84	<0,077	<1,07	5,16		0,696	0,943	<0,516	0,119	0,068	
<i>Þjórsá 1996 - 2007</i>				59	73	<0,019	299	34,8	13,3	90,4	3,38	1,13	<0,832	<1,47	<0,07	<0,82		0,770	<0,567	0,330	0,909	0,063	
Sýna númer	Staðsetning	Dagsetning	Tími	As nmól/l	Ba nmól/l	Cd nmól/l	Co nmól/l	Cr nmól/l	Cu nmól/l	Ni nmól/l	Pb nmól/l	Zn nmól/l	Hg nmól/l	Mo nmól/l	Ti nmól/l	V µmól/l	CO ₃ mmól/l IC						
07U003	Silfra	19.10.2007	14:50	<2,67	1,01	<0,018	<0,085	42,1	2,80	1,20	<0,05	4,74	<0,01	1,18	<0,021	0,463	0,350						
07U004	Vellankatla	19.10.2007	17:05	<2,67	0,72	<0,018	<0,085	17,5	<1,57	<0,85	<0,05	3,36	<0,01	1,00	1,08	0,412	0,263						
07U001	Steingrímsstöð	9.7.2007	14:05	3,54	22,6	<0,018	<0,085	15,2	<1,57	1,82	0,071	58,6	<0,01	1,70	1,75	0,330	0,467						
07U002	Steingrímsstöð	8.10.2007	14:05	<2,67	65,8	<0,018	<0,085	15,8	2,60	2,15	0,053	211	<0,01	1,52	9,48	0,355	0,423						
07U005	Steingrímsstöð	5.12.2007	13:55	<1,33	17,0	<0,018	0,112	15,4	2,12	1,59	<0,05	25,7	0,011	1,80	2,78	0,332	0,249						
08U001	Steingrímsstöð	28.4.2008	14:00	1,37	18,4	<0,018	0,12	15,52	2,05	4,46	0,05	30,43	<0,01	1,67	1,23	0,37	0,438						
Meðaltal:																							
<i>Steingrímsst. 2007</i>				<2,23	30,9	<0,018	<0,101	15,5	<2,08	2,51	<0,057	81,4	<0,01	1,67	3,81	0,339	0,380						
<i>Sog 1998 - 2007</i>				<1,57	0,842	<0,030	0,239	16,3	<3,26	<2,59	<0,095	<11,3	<0,011	1,49	2,42	0,319							
<i>Ölfusá 1996 - 2007</i>				<1,34	0,902	<0,032	0,564	11,1	5,48	<3,44	<0,125	<18,8	<0,011	2,24	21,2	0,244							
<i>Þjórsá 1996 - 2007</i>				<1,36	0,553	<0,086	0,325	3,73	3,87	<2,98	<0,508	<14,3	<0,011	4,46	20,2	0,267							

Tafla 2. Hlutföll lífrænna efna í svifaur og á uppleystu formi.

	TDN	DIP		DOP		DIN	DON	DIN/ DON
	N _{total} µmól/l	NO ₃ -N µmól/l	NO ₂ -N µmól/l	NH ₄ -N µmól/l	N _{tot} -DIN µmól/l			
Steingrímsstöð	9,4	<0,77	<0,024	<0,290	1,08	8,33	0,13	
Sog v. Þrastarlund	3,76	<0,46	<0,053	<0,392	<0,90	>2,86	<0,316	
Ölfusá, Selfoss	5,12	<1,77	<0,077	<0,748	<2,60	>2,52	<1,03	
Þjórsá, Urriðafoss	4,4	<1,59	<0,070	<0,539	<2,19	>2,20	<1,00	
Heimsmeðaltal		7,14	0,065	1,14	8,57	18,6	0,46	
	P _{total} µmól/l ICP-MS	P _{total} µmól/l col (c)	PO ₄ -P µmól/l	P _{tot} -DIP µmól/l	DIP/ DOP			
Steingrímsstöð	0,316		0,409	-0,094				
Sog v. Þrastarlund	0,366	0,127	0,304	0,062	5,9			
Ölfusá, Selfoss	0,434	0,438	0,347	0,087	5			
Þjórsá, Urriðafoss	1,12	0,147	0,793	0,332	3,39			
Heimsmeðaltal	0,323	0,323			0,67			
	DOC mmól/l	POC µg/kg	PON µg/kg	C/N mól	Svifaur mg/l	POC/ Svifaur %	DOC/ (DOC+POC) % reiknað	
Steingrímsstöð	0,048	245	36,5	8,27			70	
Sog v. Þrastarlund	<0,020	386	36	14	9	4,29	<38	
Ölfusá, Selfoss	<0,043	529	60,3	10,9	53	0,962	<50	
Þjórsá, Urriðafoss	<0,019	299	36,1	11,7	90	0,325	<43	
Heimsmeðaltal							60	

Tafla 3. Næmi efnagreiningaraðferða og hlutfallsleg skekkja mælinga.

Efni	Næmi µmól/l	Skekkja hlutfallsleg skekkja	Staðal frávik	ICP- SFMS	ICP- AES	AFS	IC 2000	AA	Raf- skaut	Títrun	Auto analyser
Leiðni		± 1.0									
T°C		± 0,1									
pH		± 0,05							x		
SiO ₂ ICP-AES (RH)	1,66	2,00%	1,8								
SiO ₂ ICP-AES (SGAB)	1	4%			x						
Na ICP-AES (RH)	0,435	3,30%	2,8								
Na ICP-AES (SGAB)	4,35	4%			x						
K Jónaskilja (RH)	1,28	3%									
K ICP-AES (RH)	12,8										
K ICP-AES (SGAB)	10,2	4%			x						
K AA	1,1	4%									
Ca ICP-AES (RH)	0,025	2,60%	1,6								
Ca ICP-AES (SGAB)	2,5	4%			x						
Mg ICP-AES (RH)	0,206	1,60%	1,6								
P-AES (SGAB)	3,7	4%			x						
Alk.		3%								x	
CO ₂		3%					x				
SO ₄ ICP-AES (RH)	10,4	10%	8,2								
SO ₄ HPCL	0,52	5%									
SO ₄ ICP-AES (SGAB)	1,67	15%			x						
Cl	28,2	5%					x				
F	1,05	1,05-1,58 µmól/l ±10% >1,58µmól/l ±3%					x				
P ICP-MS (SGAB)	0,032	3%			x						
P-PO ₄	0,065	0,065-0,484 µmól/l ±1 µmól/l >0,484 µmól/l ±5%									x
N-NO ₂	0,04	0,040-0,214 µmól/l ±0,014 µmól/l >0,214 µmól/l ±5%									x
N-NO ₃	0,143	0,142-0,714 µmól/l ±0,071 µmól/l >0,714 µmól/l ±10%									x
N-NH ₄	0,2	10%									x
Al ICP-AES (RH)	0,371	3,80%	3,2								
B ICP-AES (SGAB)	0,925										
B ICP-MS (SGAB)	0,037			x							
Sr ICP-AES (RH)	0,023	15%									
Sr ICP-MS (SGAB)	0,023	4%			x						
Ti ICP-MS (SGAB)	0,002	4%			x						
Fe ICP-AES (RH)	0,358	12%	15								
Fe ICP-AES (SGAB)	0,143	10%		x							
Mn ICP-AES (RH)	0,109	26%	24								
		nmól/l									
Mn ICP-MS (SGAB)	0,546	8%		x							
Al ICP-MS (SGAB)	7,412	12%		x							
As ICP-MS (SGAB)	0,667	9%		x							
Cr ICP-MS (SGAB)	0,192	9%		x							
Ba ICP-MS (SGAB)	0,073	6%		x							
Fe ICP-MS (SGAB)	7,162	4%		x							
Co ICP-MS (SGAB)	0,058	8%		x							
Ni ICP-MS (SGAB)	0,852	8%		x							
Cu ICP-MS (SGAB)	1,574	8%		x							

Efni	Næmi µmól/l	Skekkja hlutfallsleg skekkja	Staðal frávik	ICP- SFMS	ICP- AES	AFS	IC 2000	AA	Raf- skaut	Títrun	Auto analyser
Zn ICP-MS (SGAB)	3,059	12%		x							
Mo ICP-MS (SGAB)	0,521	12%		x							
Cd ICP-MS (SGAB)	0,018	9%		x							
Hg ICP-AF (SGAB)	0,01	4%				x					
Pb ICP-MS (SGAB)	0,048	8%		x							
V ICP-MS (SGAB)	0,098	5%		x							
Th ICP-MS (SGAB)	0,039			x							
U ICP-MS (SGAB)	0,002	12%		x							
Sn ICP-MS (SGAB)	0,421	10%		x							
Sb ICP-MS (SGAB)	0,082	15%		x							

ICP-SFMS: Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

ICP-AES: Inductively coupled plasma optical emission spectrometer

AFS: Atomic Fluoriscence

IC2000 Ion Chromatograph Dionex 2000

AA: Atomic adsorption

Tafla 3 frh. Næmi efnagreiningaraðferða og hlutfallsleg skekkja mælinga.