

# Efnasamsetning Þingvallavatns 2007 – 2009

**RH-23-2010**

Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason

Raunvísindastofnun Háskólans, Dunhaga 3, 107 Reykjavík.

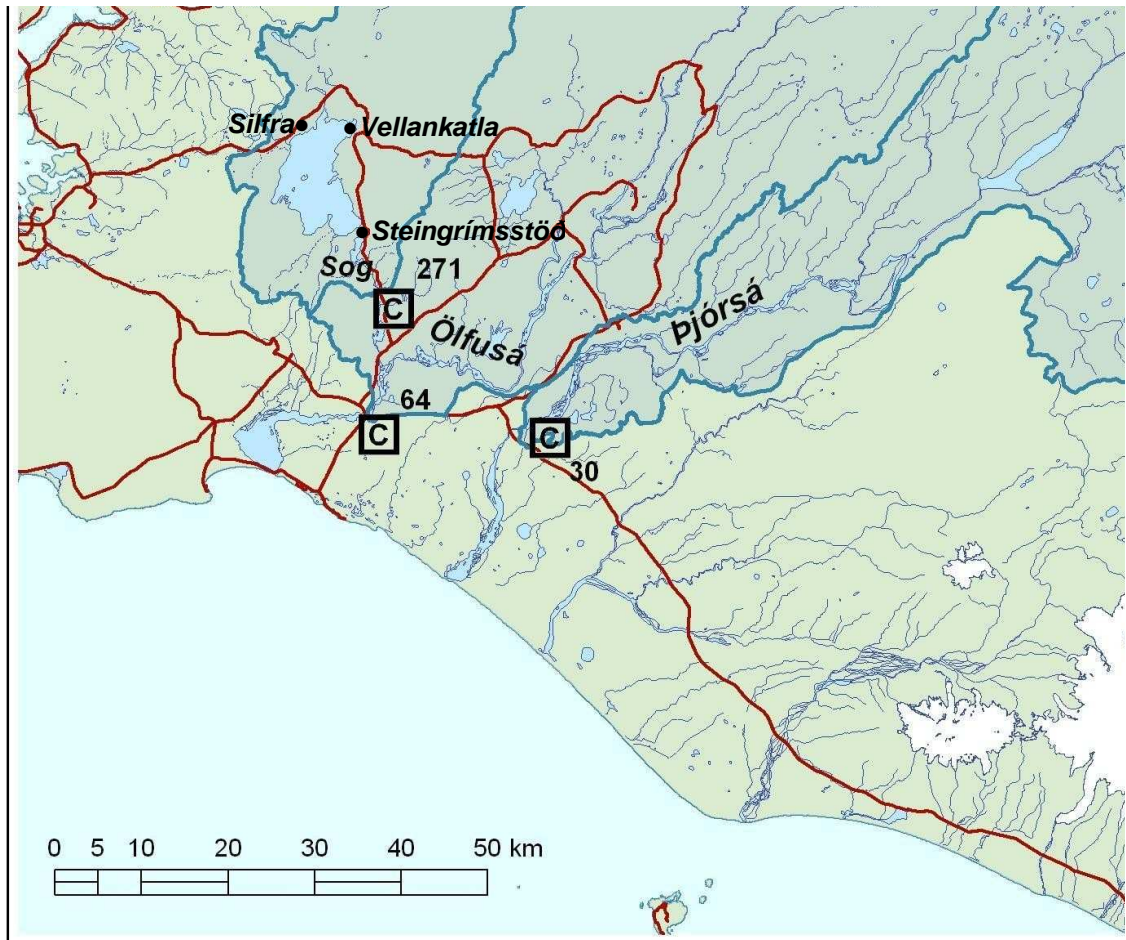


**September 2010**



## EFNISYFIRLIT

INNGANGUR	5
AÐFERÐIR	5
Sýnataka	5
Meðhöndlun sýna	6
Efnagreiningar og meðhöndlun sýna á rannsóknarstofu að lokinni söfnun.	7
NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	8
Sýnataka og efnamælingar	8
Hleðslujafnvægi og hlutfallsleg skekkja í mælingum	10
Árstíðabundnar styrkbreytingar á uppleystum efnunum.	11
Meðaltal uppleystra efna í innflæði og útflæði Þingvallavatns	11
ÞAKKARORÐ	13
HEIMILDIR	14
TÖFLUR OG MYNDIR	17



Mynd 1. Staðsetningar sýnatökustaða á Suðurlandi. Hluti vantasviða Sogs, Ölfusár og Þjórsár er skyggður.

## INNGANGUR

Vorið 2007 gerðu Umhverfisstofnun, Landsvirkjun, Orkuveita Reykjavíkur og Þjóðgarðurinn á Þingvöllum með sér samkomulag og samstarfssamning um vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Vöktuninni er skipt í þrjá meginverkpætti og um hvern verkpátt sér framkvæmdaraðili í samræmi við þar að lútandi samning. Verkpættir og framkvæmdaraðilar á fyrsta og öðru ári vöktunarinnar (2007 og 2008) voru eftirfarandi: 1. Efna- og eðlisþættir í írennsli og útfalli, Jarðvísindastofnun Háskólans, 2. Lífríkis- og efna- og eðlisþættir í vatnsbol, Náttúrufræðistofa Kópavogs og 3. Fiskistofnar, Veiðimálastofnun.

Í þessari skýrslu er fjallað um einn þátt vöktunarinnar, að skilgreina efna- og eðlisþættir í írennsli og útfalli og niðurstöður frá árunum 2007 til 2009. Í þeim tilgangi voru tekin vatnssýni ellefu sinnum úr Þingvallavatni við Steingrímsstöð og fjórum sinnum úr lindunum Silfru og Vellankötlu á tímabilinu (Tafla 1). Um 64% af vatninu sem fellur í Þingvallavatn er komið úr Silfru og Vellankatla er ein af stærstu lindunum á svæðinu (Jón Ólafsson 1992). Verkefnið er kostað af Umhverfisráðuneytinu, Þjóðgarðinum á Þingvöllum, Orkuveitu Reykjavíkur og Landsvirkjun. 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 á um eins metradýpi. Sýnunum var safnað eftir að vatn hafði runnið í nokkurn tíma í gegn um safnarann til hreinsunar. Sýnin voru svo geymd í safnaranum, sem er loftþéttur og ógegnsær, á meðan keyrt var að Prastarlundi. Þar voru sýnin meðhöndluð eins og lýst verður síðar.

Sýnum úr Silfru og Vellankötlu var dælt beint úr lindunum af um hálfis metradýpi, í gegnum síur og í sýnaflöskur eins og lýst er í næsta kafla. Reyndar var ekki tekið beint úr Vellankötlu, heldur úr sprungu í klöpp, þeirri sömu og Vellankatla streymir upp um á nokkru dýpi í Þingvallavatni. Það var gert til að forðast áhrif frá stöðuvatninu.

Svifaurssýni til mælinga á lífrænum aurburði (POC) sem safnað var úr Þingvallavatni við Steingrímsstöð 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 sýruþvegnar aurburðarflöskur sem höfðu verið þvegnar í 4 klst. í 1 N HCl sýru fyrir sýnatöku. Sýnum til mælinga á lífrænum aurburði var ekki safnað úr lindunum. 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 í Þingvallavatni voru meðhöndluð um 20 til 30 mínútum eftir söfnun, við Þrastarlund. Vatnið var síað í gegnum sellulósa asetat-síu með 0,2  $\mu\text{m}$  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 pólýethelýn“ 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“ sýruþvegnar flöskur til snefilefnagreininga. Þessar flöskur voru sýruþvegnar 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 sýruþvegnar 20 ml „high density pólýethelýn“ flöskur. Flöskurnar voru þvegnar með 1 N HCl fyrir hvern leiðangur. Ein flaska var ætluð fyrir hverja mælingu eftirfarandi næringarsalta;  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ . Sýnin til mælinga á  $\text{NH}_4$  og  $\text{PO}_4$  voru sýrð með 0,5 ml af þynntri (1/100) brennisteinssýru. Vatn ætlað til mælinga á heildarmagni á lífrænu og ólífrænu uppleystu næringarefnum nitur (N) var síað í sýruþvegna 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 sýruþvegna „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 þvegnar 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 þvegnar í 4 klukkustundir í 1 N HCl sýru.

## Efnagreiningar og meðhöndlun sýna á rannsóknarstofu

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 Þjórsá. Í Töflu 2 er gert grein fyrir hlutföllum efna í lífrænum aurburði (C/N) og hlutföllum næringarefna, á lífrænu og ólífrænu formi.

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 massageina með plasmanu; svokallað ICP-QMS, þar sem „quadropole“ 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  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$  voru efnagreind með sjálfvirkum litrófsmæli Jarðvísindastofnunar („autoanalyzer“). Heildarmagn af uppleystu lífrænu og ólífrænu nitri,  $\text{N}_{\text{tot}}$ , var mælt með jónaskilju (IC2000) sem og styrkur fosfórs ( $\text{PO}_4$ ). Á árinu 2010 var einnig farið að mæla styrk  $\text{NO}_3$  með jónaskilju (sýni frá árinu 2009).

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  $\text{N}_{\text{tot}}$  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  $\mu\text{l}$  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  $\text{H}^+$  jónir, sem veldur sýringu sýnisins, og OH radikala, sem hvarfast við lífrænt efni í sýninu og brýtur 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 súlfat 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 seytle 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 seytleð 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 súlfats (SO<sub>4</sub>).

## NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

### Sýnataka og efnamælingar

Niðurstöður mælinga sem búið er að framkvæma eru sýndar í Töflum 1 og 2 og á myndum 1 til 3. Meðaltal mælinga fyrir vatnsföllin er sýnt í Töflu 1 og niðurstöður mælinga á einstökum sýnum í Töflu 2. Meðalstyrkur uppleystra efna í Silfru, Vellankötlum, Þingvallavatni við Steingrímsstöð og úr Sogi við Þrastarlund (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2010) er svo sýndur á myndum 1 til 3 með 95% öryggismörkum. Það er gott til að átta sig á mismun á innstreymi og útrennsli Þingvallavatns. Niðurstöður úr Sogi er svo haft til viðmiðunar til að hægt sé að átta sig á hugsanlegum breytingum á efnasamsetningu vatnsins á leið frá Þingvallavatni að Þrastarlundi.

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 bíkarbónats (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;

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

Heildarmagn uppleysts ólífræns kolefnis sem gefið er í millimólum DIC í hverjum lítra vatns í Töflum 1 og 2 er umreiknað í karbónat ( $CO_3$ ) í jöfnu 2. Ástæðan fyrir þessu er að þegar heildarmagn uppleystra efna er mælt eftir síun í gegnum 0,45  $\mu m$  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). Styrkur nitursambanda og fosfórs er gefinn í míkrómólum í lítra vatns.

Næmi efnagreiningaraðferða er sýnt í Töflu 3. Þegar styrkur efna mælist minni en næmi efnagreiningaraðferðarinnar er hann skráður sem minni en (<) næmið (Tafla 3). 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.

### 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:

$$\begin{aligned} \text{Hleðslujafnv.} &= \text{Katjónir} - \text{Anjónir} = \\ &(\text{Na} + \text{K} + 2 \text{Ca} + 2 \text{Mg}) - (\text{Alk} - \text{Cl} - 2 \text{SO}_4 - \text{F}) \end{aligned} \quad (3)$$

og mismunur sem hlutfallsleg skekkja

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

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 reiknilíkönum eins og PREEQC (Parkhurst og Appelo 1999.).

Niðurstöður þessara reikninga eru sýndar í Töflu 3 og fyrir tímabilið 2007 til 2009 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%.

## Árstíðabundnar styrkbreytingar á uppleystum efnum.

Styrkur uppleystra aðalefna í lindunum sem renna í Þingvallavatn breytist lítið sem ekkert yfir rannsóknartímabilið (mynd 5). Styrkur uppleystra aðalefna var yfirleitt lægri í Vellankötlun en í Silfru, nema kísill ( $\text{SiO}_2$ ) sem var eins á báðum stöðum. Einnig voru pH gildi og basavirkni (Alkalinity) örlítið lægra í Vellankötlun. Styrkur uppleystra aðalefna breyttist yfirleitt lítið í útfallinu við Steingrímsstöð. Það var helst pH gildið og styrkur  $\text{SiO}_2$  og  $\text{SO}_4$  sem voru breytileg. Gildi pH hækkaði yfir sumartímamann og styrkur  $\text{SiO}_2$  lækkaði á sama tíma vegna ljóstillífunar og kísilnáms kísilþörungna úr vatninu. Munurinn á sumar og vetrar styrk  $\text{SiO}_2$  var hins vegar lítill. Styrkur  $\text{SiO}_2$  var lægri við Steingrímsstöð en í lindunum og styrkur  $\text{SO}_4$ , Mg og Cl var hærri. Styrkur annarra aðalefna féll saman við styrk þeirra í Silfru.

Næringarsöltin  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$  og  $\text{P}_{\text{total}}$  voru lægri í útfallinu en í lindunum sem stafar af næringarefnaámi ljóstillífanði lífvera í vatninu. Styrkur N total var hins óreglulegri (mynd 2). Styrkur  $\text{NO}_2$  hefur ekki verið efnagreindur í sýnum frá árinu 2009 vegna bilunar í tækjakosti. Það hefur þó ekki úrslitaáhrif á túlkun gagnanna þar sem styrkur þess er svo lágur.

Styrkur snefilefnanna, sem voru yfir greiningarmörkum, er sýndur á mynd 3. Styrkur Fe, Mn, Sr, Ba, Zn, Ti og As var hærri í útfallinu við Steingrímsstöð en í lindunum, en styrkur Al og V var lægri. Styrkur Cu og Ni var svipaður við Steingrímsstöð en í lindunum. Styrkur Cr var svipaður í Vellankötlun og við Steingrímsstöð en mun hærri í Silfru.

## Meðaltal uppleystra efna í innflæði og útfleði Þingvallavatns

Meðalstyrkur uppleystra efna í útfalli Þingvallavatns við Steingrímsstöð og í lindunum Silfru og Vellankötlun er að finna í Töflu 1. Einnig meðalstyrkurinn borinn saman á milli sýnatökustaðanna og hann einnig borinn saman við styrk efna í Sogi við Þrastarlund (gögn frá árunum 2007 til 2009) á myndum 2 til 5.

Gildi pH í lindunum er hátt, 9,2 og 9,3, sem er dæmigert fyrir lindavatn á basaltsvæðum sem er einangrað frá andrúmsloftinu. Gildi pH í útfalli Þingvallavatns er lægra, eða um 7,7, og er svipað og sést í Soginu (mynd 2). Styrkur uppleystra efna (TDS) í Silfru er hærri en í Vellankötlun sem hefur aftur svipað TDS og Þingvallavatn við Steingrímsstöð (Tafla 1). Styrkur  $\text{SiO}_2$  í lindunum er hærri en í Þingvallavatni sem bendir til kísilnáms kísilþörungna í vatninu. Meðalstyrkur kísils við Steingrímsstöð var mjög svipaður meðalstyrk kísils í Sogi við Þrastarlund frá tímabilinu 1998 – 2009. Bera tók á hækkun kísilstyrks í Sogi í lok árs 2004 miðað við rannsóknartímabilið frá 1998 til 2004 (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2008; 2009). Sú styrkukning hefur ekki verið skýrð. Styrkur aðalefnanna Na, Mg, Ca,  $\text{SO}_4$  og Cl er hærri í Silfru en í Vellankötlun þar liggur munurinn á styrk TDS í lindunum tveimur. Styrkur kísils, klórs og brennisteins var hærri við útfallið en í lindunum.

Ljóstillífun þörungna krefst ákveðinna þátta og meðal þeirra eru næringarefnin fosfór og nitur. Heildarstyrkur fosfórs í lindunum ( $P_{\text{total}}$ ) og styrkur ólífræns fosfórs ( $PO_4$ ) var hærri í lindunum en við Steingrímsstöð (mynd 3). Ólífrænn fosfór var 4 – 6 sinnum hærri en lífrænn fosfór (Tafla 1). Næringarefnið nitur ( $NO_3$ ,  $NO_2$ ,  $NO_2$  og  $N_{\text{total}}$ ) var einnig í hærri styrk í lindunum og var hluti ólífrænna og lífrænna nitursambanda svipaður í Silfru, ólífræn nitursambönd voru um 30% hærri í Vellankötlu og í útfallinu var hluti lífrænna nitursambanda yfirgnæfandi (DIN/DON  $\sim 0,2$ ; Tafla 1). Þessar niðurstöður sýna mikið næringarefnanám vegna ljóstillífunar í Þingvallavatni. 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 (Sigurður R. Gíslason og Eydís S. Eiríksdóttir, 2002). Þörungarnir eru þurftarfrekari á nitursambönd en á fosfór og það sést fyrirbyggjandi gögnum að efnastyrkur niturs (DIN) lækkar mjög mikið í vatninu eftir að lindirnar streyma inn í stöðuvatnið. Á mynd 3 má einnig sjá meðalstyrk málmana Fe, V, og Mo sem eru nauðsynlegir við ljóstillífun.

Mynd 4 sýnir styrk ýmissa þungmálma og annarra snefilefna sem mældust fyrir ofan greiningarmörk. Reyndar var styrkur arsens, As, oft undir greiningarmörkum en var haft með í þessarri samantekt þar sem mikið hefur bæst við af gögnum undanfarið um arsen og afdrif þess á Nesjavallasvæðinu (Bergur Sigfússon óbirt gögn). Efnagreining á arseni er erfið og í aðferðinni sem beitt var á rannsóknartímabilinu hefur styrkur klórs í sýninu áhrif á greiningarmörk. Greiningarmörkin er því ekki alltaf þau sömu frá einu sýni til annars. Sýnin úr Vellankötlu voru í öllum tilfellum undir greiningarmörkum og þar var tölugildi mælinganna notuð við reikningana. Úr Silfru var 1 sýni af 4 undir greiningarmörkum og var það útilokað við reikningana. Samanburður á meðalstyrk As, sem reiknaður er út frá mælanlegum gildum, bendir til að As sé um 60% herra í útfallinu við Steingrímsstöð en í Silfru (mynd 4). Styrkur As við útfallið var einnig mun breytilegri en styrkur þess í Silfru.

Meðalstyrkur málma var yfirleitt hærri í Silfru en í Vellankötlu, sérstaklega styrkur Cr. Í því sambandi má kannski ímynda sér að myntin í Peningagjá hafi áhrif á styrk málma í vatninu. Ál styrkur er mjög háður pH gildi vatnsins og það skýrir háan Al styrk í lindunum, þar sem pH fer upp undir 10. Styrkur annarra málma, t.d. Cr, Ni, Ti og B er einnig háður pH gildi vatnsins og ýmist hækkar eða lækkar með hækkandi pH. Styrkur Ba, Mn, Ti og Zn er hærri, en breytilegur, í Þingvallavatni við Steingrímsstöð en í lindunum (og í Sogi nema Mn; Mynd 4) á meðan Cr styrkur er langhæstur í Silfru. Ekki verður gerð frekari tilraun til að skýra þessa hegðun málmana að svo stöddu.

## **ÞAKKARORÐ**

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

## HEIMILDIR

- Bergur Sigfússon 2009, óbirt gögn.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Kristjana G. Eyþórsdóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir, Peter Torssander, 2008. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi XI. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar, RH-05-2008, 50 bls
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Kristjana G. Eyþórsdóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir, Peter Torssander, 2009. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi XII. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar, RH-04-2004, 52 bls
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Kristjana G. Eyþórsdóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir, Peter Torssander, 2010. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi XIII. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar, RH-22-2004, 52 bls
- Jón Ólafsson 1992. Chemical characteristics and trace elements of Thingvallavatn. Oikos 64, bls 151-16
- Sigurður R. Gíslason S. R og Eydís S. Eiríksdóttir E. S. 2004. Molybdenum control of primary production in the terrestrial environment. Í; Water-Rock Interactions (Wanty R. B. and Seal II R. R., ritsj.), 1119-1122. Taylor & Francis Group, London.
- 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 Orkustofnunar. 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 Orkustofnunar. 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 Orkustofnunar. 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 Orkustofnunar. 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 OG MYNDIR**

Tafla 1. Meðalstyrkur uppleystra efna í innstreymi og útrennsli Þingvallavatns. Reikningarnir eru byggðir á gögnum frá 2007 til 2009.

Vatnsfall	Rennsli	Vatns-	Loft-	pH	Leiðni	SiO <sub>2</sub>	Na	K	Ca	Mg	Alkalinity	DIC	SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	δ <sup>34</sup> S	Cl	F	TDS
	m <sup>3</sup> /sek	hiti °C	hiti °C															
											(a)		ICP-AES	I.C.	(b)	I.C.	I.C.	reiknað
Silfra		3,40	7,90	9,33	70,03	0,258	0,356	0,012	0,097	0,042	0,455	0,437	0,017	0,016	8,60	0,161	3,51	62
Vellankatla		2,80	6,20	9,21	51,8	0,261	0,258	0,0115	0,070	0,0376	0,320	0,273	0,0147	0,0131	9,12	0,125	2,82	48
Steingrímsstöð		6,30	6,72	7,69	71,2	0,206	0,357	0,0161	0,103	0,0596	0,471	0,466	0,0256	0,0224	#DIV/0!	0,173	3,66	63
Heimsmeðaltal						0,173	0,224	0,033	0,334	0,138		0,853	0,090	0,090		0,162	5,26	100

Vatnsfall	DOC		POC		PON	C/N	Svífaur	P <sub>total</sub>	DIP	DOP	TDN		NH <sub>4</sub> -N	DIN	DON	DIN/ DON		
	mmól/l	µg/kg	µg/kg	mól					mg/l	µmól/l	µmól/l	µmól/l					DIP/ DOP	N <sub>total</sub>
Silfra	0,031							0,750	0,574	0,176	4,25	9,3	3,85	0,053	0,517	4,42	4,87	0,91
Vellankatla	<0,050							0,899	0,670	0,229	3,46	7,69	3,99	<0,066	0,847	<4,90	>2,79	>1,76
Steingrímsstöð	0,041	531	44,5	12				0,321	<0,271	0,050	6,46	4,71	0,52	<0,031	<0,377	<0,92	>3,79	>0,24
Heimsmeðaltal								0,323			0,67		7,14	0,065	1,14	8,57	18,60	0,46

Vatnsfall	Al	Fe	B	Mn	Sr	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Mo	Ti	V
	µmól/l	µmól/l	µmól/l	µmól/l	µmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	nmól/l	µmól/l
Silfra	1,31	<0,01	0,58	<0,001	0,03	<1,33	2,05	<0,02	<0,09	44,09	<2,06	<2,05	<0,07	<8,40	<0,01	1,15	<0,54	0,46
Vellankatla	1,163	<0,0070	0,304	<0,001	0,0380	<1,17	0,6	<0,018	<0,090	18,03	1,89	<1,90	0,069	11,20	<0,01	0,94	1,12	0,426
Steingrímsstöð	0,322	0,1097	0,634	0,0121	0,0582	<1,52	17,4	<0,022	<0,135	16,50	<2,16	<2,11	<0,074	90,48	<0,010	1,60	4,40	0,350
Heimsmeðaltal	1,85	0,716		1,85	0,716													209

(a) Alkalinity eða basavirkni, (b) gögn fyrir δ<sup>34</sup>S eru örfá, frá 2007

Tafla 2. Niðurstöður mælinga á styrk uppleystra efna, lífræns kolefnis og lífræns níturs í innflæði og útrennsli Þingvallavatns.

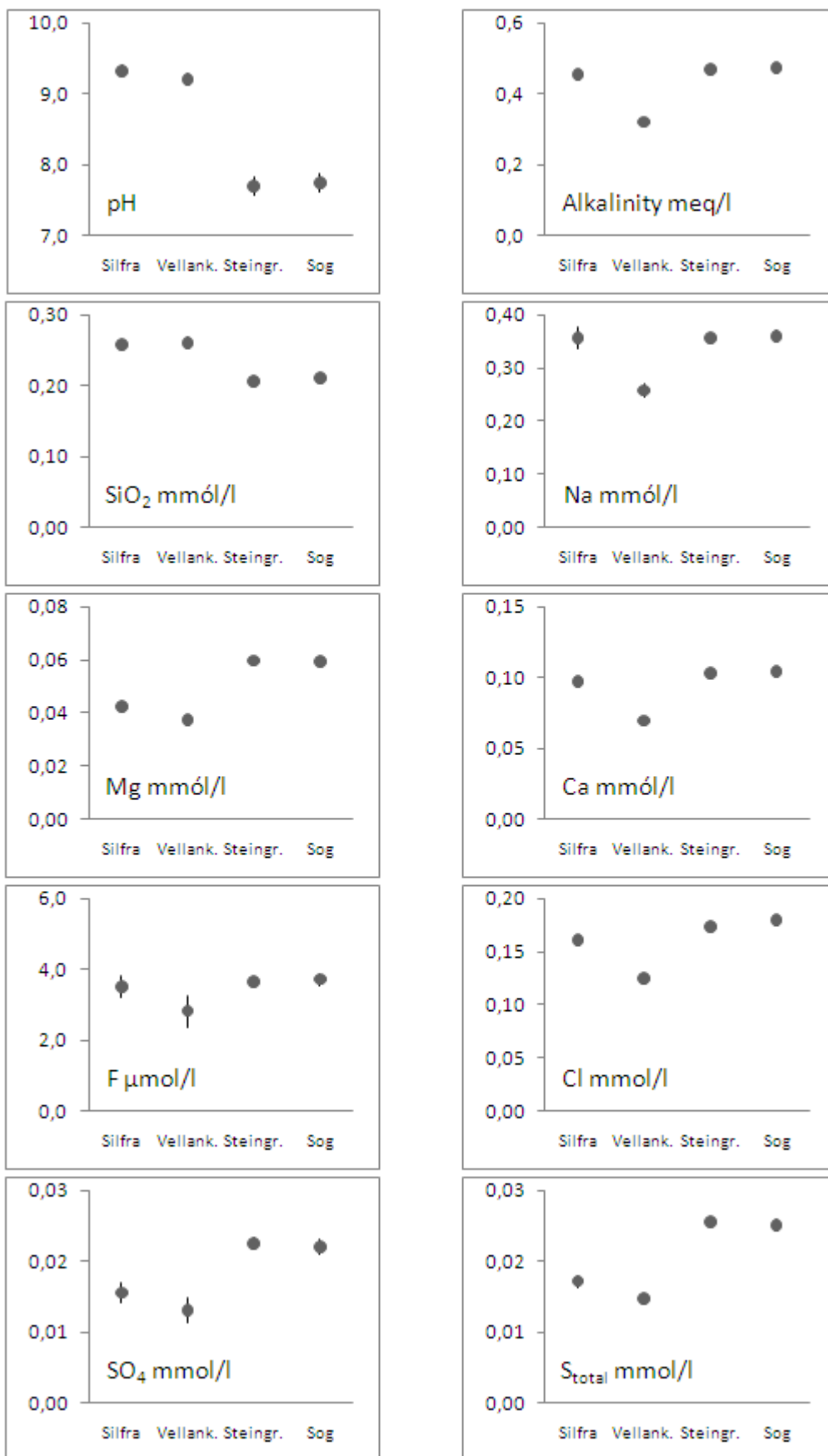
Sýna númer	Staðsetning	Dagsetning	Tími	Vatns- hiti °C	Loft- hiti °C	pH	T °C (pH/leiðni)	Leiðni µS/sm	SiO <sub>2</sub> mmól/l	Na mmól/l	K mmól/l	Ca mmól/l	Mg mmól/l	Alk (a) meq/kg	DIC mmól/l	S <sub>total</sub> mmól/l	SO <sub>4</sub> mmól/l	δ <sup>34</sup> S ‰	Cl mmól/l	F µmól/l	Hleðslu- jafnvægi	% skekkja
07U001	Steingr.st	19.10.2007	14:50	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	6,8	0,176	3,53	0,00	0,20
07U002	Steingr.st	19.10.2007	17:05	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	6,3	0,172	3,52	0,02	1,29
07U003	Silfra	9.7.2007	14:05	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	8,6	0,162	3,20	0,03	2,23
07U004	Vellankatla	8.10.2007	14:05	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	9,1	0,126	2,52	0,02	1,91
07U005	Steingr.st	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	Steingr.st	28.4.2008	14:00	3,2	9,6	8,03	22	72,0	0,218	0,347	0,016	0,104	0,060	0,479	0,489	0,027	0,025		0,179	3,99	0,025	1,77
08U002	Silfra	31.5.2008	13:55	3,4	10,8	9,23	22,5	69,2	0,256	0,337	0,010	0,096	0,040	0,458	0,450	0,016	0,017		0,159	3,81	0,032	2,49
08U003	Vellankatla	31.5.2008	14:50	2,8	2,8	9,12	21,3	51,8	0,256	0,241	0,011	0,069	0,036	0,319	0,305	0,014	0,014		0,126	3,16	0,013	1,43
08U004	Steingr.st	31.5.2008	16:00	6,7	9,5	8,04	22,2	72,2	0,201	0,338	0,014	0,101	0,058	0,465	0,475	0,025	0,024		0,175	3,93	0,025	1,85
08U005	Steingr.st	10.9.2008	15:15	10	12,8	7,53	20,9	73,2	0,206	0,353	0,015	0,101	0,058	0,461	0,494	0,026	0,023		0,169	3,98	0,001	0,06
08U006	Silfra	17.11.2008	13:30	3,4	4,6	9,31	20,4	73	0,256	0,364	0,012	0,099	0,044	0,451	0,444	0,018	0,017		0,162	3,77	0,010	0,75
08U007	Vellankatla	17.11.2008	14:45	2,8	5,1	9,2	20,3	54,4	0,254	0,264	0,011	0,069	0,038	0,322	0,307	0,016	0,014		0,124	3,18	0,010	1,02
08U008	Steingr.st	2.12.2008	16:45	2,9	-3,9	7,54	20,3	77,5	0,192	0,366	0,017	0,104	0,061	0,478	0,511	0,027	0,023		0,171	3,95	0,007	0,46
09U001	Steingr.st	21.4.2009	14:55	2,1	6,1	7,63	20,2	73	0,217	0,369	0,017	0,106	0,063	0,469	0,495	0,026	0,022		0,175	3,39	0,02	1,67
09U002	Steingr.st	8.7.2009	13:20	11,1	13,6	7,9	22,6	73,7	0,219	0,356	0,018	0,100	0,059	0,473	0,487	0,025	0,022		0,174	3,41	0,01	0,63
09U003	Steingr.st	8.10.2009	12:50	6,7	2,3	7,73	21,6	69,2	0,208	0,368	0,018	0,104	0,058	0,480	0,501	0,024	0,022		0,173	3,53	0,01	0,47
09U004	Silfra	28.10.2009	12:15	3,4	6,7	9,4	20,1	65,4	0,256	0,341	0,011	0,096	0,041	0,460	0,454	0,017	0,014		0,159	3,27	0,03	2,48
09U005	Vellankatla	28.10.2009	13:20	2,8	6,7	9,25	20	49,1	0,270	0,260	0,013	0,071	0,038	0,323	0,305	0,015	0,012		0,124	2,44	0,01	1,29
09U006	Steingr.st	26.11.2009	12:30	4,4	-2,2	7,45	21	69,4	0,208	0,362	0,017	0,106	0,061	0,477	0,518	0,026	0,022		0,172	3,46	0,01	0,62

Sýna númer	Staðsetning	Dagsetning	Tími	TDS <sub>reiknað</sub> mg/kg	DOC mmól/l	POC µg/kg	PON µg/kg	C/N mól	P µmól/l	PO <sub>4</sub> -P µmól/l	NO <sub>3</sub> -N µmól/l	NO <sub>2</sub> -N µmól/l	NH <sub>4</sub> -N µmól/l	N <sub>tot</sub> µmól/l
07U001	Steingr.st	19.10.2007	14:50	63	0,063	250,1	37	7,9	0,329	0,170	0,53	0,036	<0,2	9,30
07U002	Steingr.st	19.10.2007	17:05	63	0,043	335,2	54,6	7,2	0,282	0,124	1,42	0,023	0,203	9,50
07U003	Silfra	9.7.2007	14:05	62	0,026				0,749	0,530	3,57	0,028	<0,2	18,3
07U004	Vellankatla	8.10.2007	14:05	48	0,028				0,836	0,638	3,80	0,023	0,318	13,7
07U005	Steingr.st	5.12.2007	13:55	62	0,037	150	17,9	9,8	0,336	0,224	0,34	<0,02	0,376	
08U001	Steingr.st	28.4.2008	14:00	66	0,026	352	58,0	7,1	0,394		0,336	0,013	0,856	9,36
08U002	Silfra	31.5.2008	13:55	63	0,018				0,762	0,553	4,865	0,082	0,893	5,67
08U003	Vellankatla	31.5.2008	14:50	49	<0,1				0,998	0,668	4,403	0,105	1,185	6,25
08U004	Steingr.st	31.5.2008	16:00	63	0,009	296	32,2	11	0,358	0,206	0,671	0,050	0,619	3,30
08U005	Steingr.st	10.9.2008	15:15	65	0,0549	471	33,6	16	0,302	0,133	0,545	0,044	0,728	9,68
08U006	Silfra	17.11.2008	13:30	63	0,034				0,791	0,553	4,739	0,050	0,774	7,19
08U007	Vellankatla	17.11.2008	14:45	50	0,1157				0,917	0,650	4,638	0,070	1,039	5,37
08U008	Steingr.st	2.12.2008	16:45	66	0,0358	2392	112	25	0,342		0,210	<0,04	0,363	3,61
09U001	Steingr.st	21.4.2009	14:55	66	0,0516	472	42,3	13	0,339	0,770	0,028		<0,2	<0,2
09U002	Steingr.st	8.7.2009	13:20	65	0,0308	639	51,7	14	0,301	<0,1	<0,06		<0,2	<0,2
09U003	Steingr.st	8.10.2009	12:50	66	0,0641	244	26,5	11	0,252	<0,1	<0,06		<0,2	0,407
09U004	Silfra	28.10.2009	12:15	63	0,0450				0,697	0,658	2,221		<0,2	6,01
09U005	Vellankatla	28.10.2009	13:20	51	0,0466				0,846	0,723	3,102		<0,2	5,42
09U006	Steingr.st	26.11.2009	12:30	67	0,0383	244	23,6	12	0,293		<0,06		<0,2	1,51

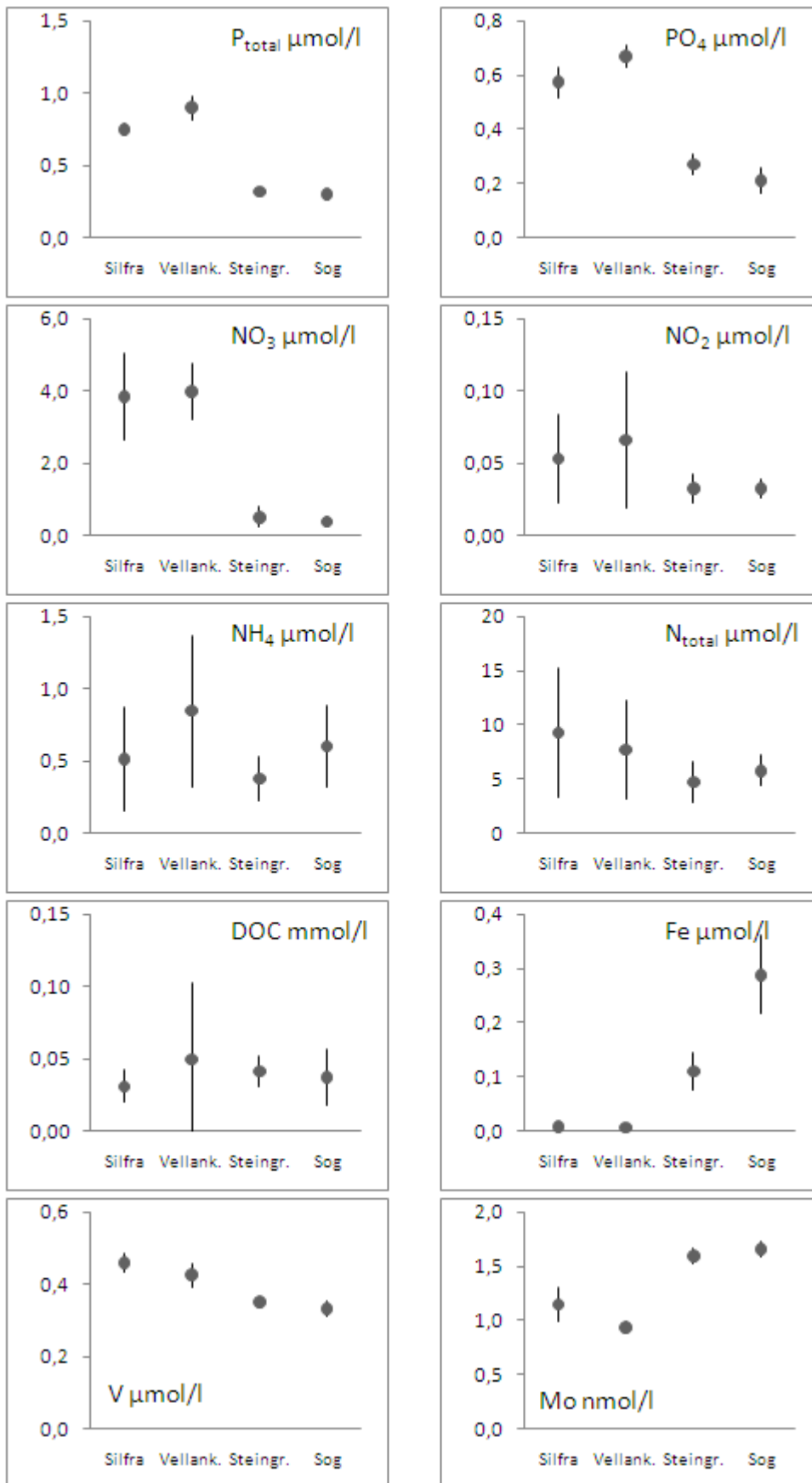
Tafla 2 frh. Niðurstöður mælinga á styrk uppleystra efna, lífræns kolefnis og lífræns níturs í innflæði og útrennsli Þingvallavatns.

Sýna númer	Staðsetning	Dagsetning	Tími	Al μmól/l	Fe μmól/l	B μmól/l	Mn μmól/l	Sr μmól/l	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
07U001	Steingr.st	19.10.2007	14:50	0,279	0,052	0,571	0,009	0,056	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
07U002	Steingr.st	19.10.2007	17:05	0,338	0,172	0,628	0,009	0,057	<2,67	65,75	<0,018	<0,085	15,8	2,60	2,15	0,05	211	<0,01	1,52	9,48	0,36
07U003	Silfra	9.7.2007	14:05	1,40	0,009	0,505	<0,0005	0,034	<2,67	1,01	<0,018	<0,085	42,1	2,80	1,20	<0,05	4,74	<0,01	1,18	<0,021	0,46
07U004	Vellankatla	8.10.2007	14:05	1,13	<0,007	0,279	<0,0005	0,038	<2,67	0,72	<0,018	<0,085	17,5	<1,57	<0,85	<0,05	3,36	<0,01	1,00	1,08	0,41
07U005	Steingr.st	5.12.2007	13:55	0,226	0,050	0,697	0,007	0,057	<1,33	16,97	<0,018	0,11	15,4	2,12	1,59	<0,05	25,7	0,011	1,80	2,78	0,33
08U001	Steingr.st	28.4.2008	14:00	0,328	0,061	0,789	0,003	0,060	1,37	18,35	<0,018	0,12	15,5	2,05	4,46	0,05	30,4	<0,01	1,67	1,23	0,37
08U002	Silfra	31.5.2008	13:55	1,40	0,013	0,718	0,001	0,033	0,92	0,57	<0,018	<0,085	47,1	<1,57	4,55	<0,05	<3,05	<0,01	1,36	0,91	0,49
08U003	Vellankatla	31.5.2008	14:50	1,24	<0,007	0,341	0,001	0,037	<0,67	0,52	<0,018	<0,085	18,0	<1,57	4,46	<0,05	<3,05	<0,01	0,95	0,25	0,47
08U004	Steingr.st	31.5.2008	16:00	0,330	0,057	0,704	0,006	0,056	1,02	13,03	<0,018	0,11	17,3	1,86	4,14	0,06	35,3	<0,01	1,58	0,72	0,37
08U005	Steingr.st	10.9.2008	15:15	0,259	0,190	0,581	0,046	0,058	1,07	8,52	<0,018	0,16	20,2	2,09	3,61	<0,05	64,2	<0,01	1,80	3,84	0,36
08U006	Silfra	17.11.2008	13:30	1,26	<0,007	0,599	0,001	0,039	0,95	6,15	<0,018	<0,085	46,2	2,14	1,59	0,13	11,97	<0,01	1,07	0,56	0,46
08U007	Vellankatla	17.11.2008	14:45	1,15	<0,007	0,327	0,001	0,042	<0,67	0,65	<0,018	0,11	19,4	<1,57	1,42	0,10	5,35	<0,01	0,91	0,96	0,40
08U008	Steingr.st	2.12.2008	16:45	0,246	0,109	0,700	0,005	0,062	0,98	8,01	<0,018	0,13	16,5	2,09	1,24	0,10	105,21	<0,01	1,51	2,05	0,33
09U001	Steingr.st	21.4.2009	14:55	0,397	0,093	0,561	0,005	0,060	<0,67	16,3	<0,018	<0,085	17,3	2,66	0,95	0,11	168	<0,01	1,54	4,76	0,379
09U002	Steingr.st	8.7.2009	13:20	0,423	0,050	0,587	0,006	0,057	1,25	6,90	0,04	<0,085	16,8	2,58	<0,85	0,09	57,7	<0,01	1,51	1,91	0,359
09U003	Steingr.st	8.10.2009	12:50	0,489	0,301	0,547	0,025	0,060	1,06	7,43	0,05	0,34	16,3	1,83	1,59	0,08	49,2	<0,01	1,45	17,69	0,342
09U004	Silfra	28.10.2009	12:15	1,20	0,007	0,493	0,001	0,031	0,77	0,44	<0,018	<0,085	41,0	1,72	<0,85	0,07	13,82	<0,01	0,98	0,67	0,426
09U005	Vellankatla	28.10.2009	13:20	1,14	<0,007	0,268	<0,0005	0,035	<0,67	0,50	<0,018	<0,085	17,2	2,85	<0,85	0,08	33,03	<0,01	0,88	2,19	0,418
09U006	Steingr.st	26.11.2009	12:30	0,221	0,072	0,604	0,013	0,056	0,88	7,28	<0,018	0,18	15,1	2,30	<0,85	0,09	189,63	<0,01	1,48	2,23	0,322

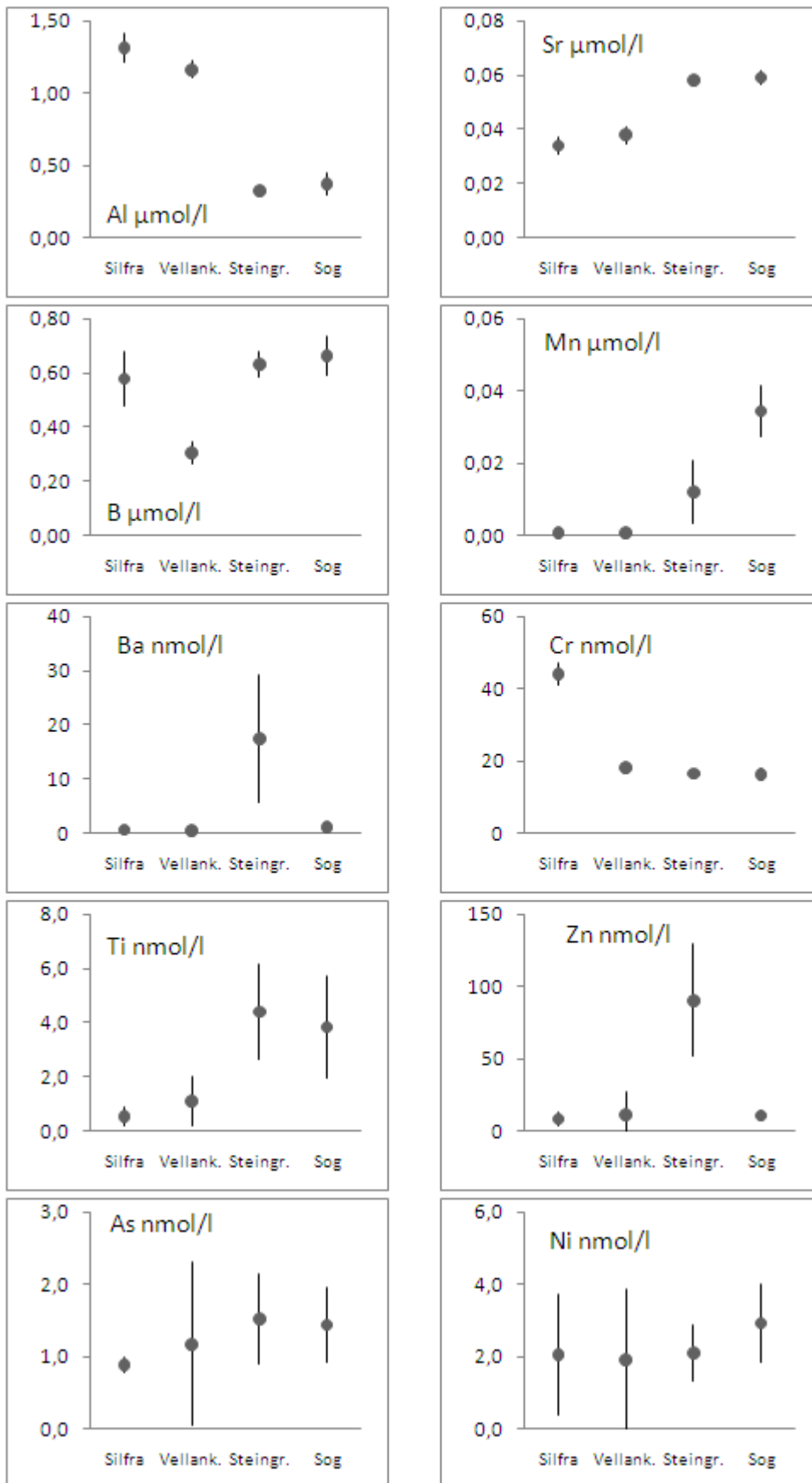
a) Alkalinity eða basavirkni



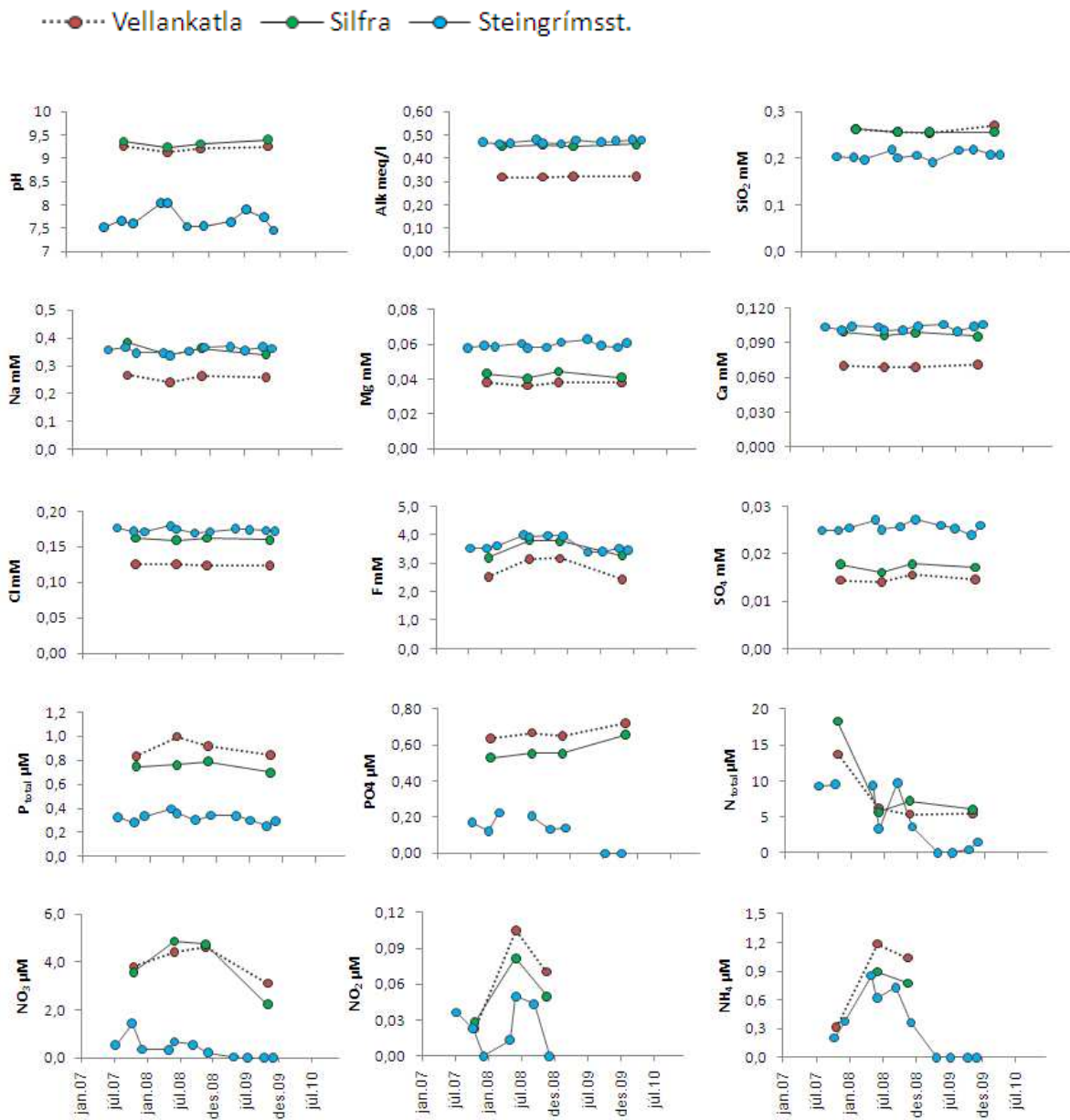
Mynd 2. Meðalstyrkur uppleystra aðalefna (með 95% öryggis-mörkum) úr innstreymi og útrennsli Þingvallavatns. Gögn úr Sogi við Þrastarlund frá 2007 til 2009 eru til samanburðar.



Mynd 3. Meðalstyrkur lífræns kolefnis og uppleystra næringarefna (með 95% öryggismörkum) úr innstreymi og útrennsli Þingvallavatns. Gögn úr Sogi við Þrastarlund frá 2007 til 2009 eru til samanburðar.



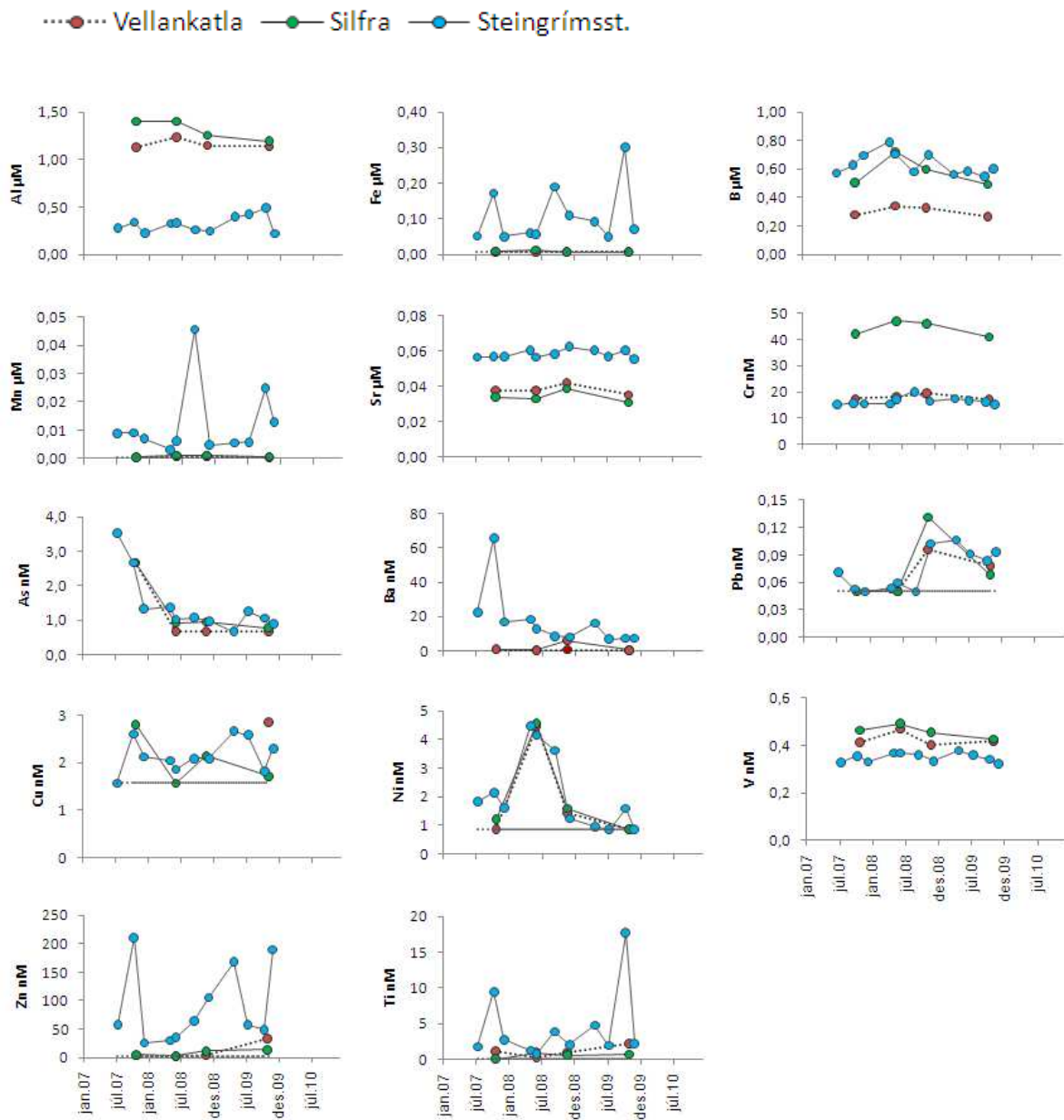
Mynd 4. Meðalstyrkur uppleystra þungmálma og annarra snefilefna (með 95% öryggismörkum) úr innstreymi og útrennsli Þingvallavatns. Gögn úr Sogi við Þrastarlund frá 2007 til 2009 eru til samanburðar.



Mynd 5. Basavirkni, pH og styrkur uppleystra aðal- og næringarefna í vatni í innstreymi og útflæði Þingvallavatns í tímaröð.

\* Basavirkni = Alkalinity meq/l





Mynd 6. Styrkur uppleystra snefilefna í vatni í innstreymi og útlæði Þingvallavatns í tímaröð. Greiningarmörk efna eru sýnd með brotalínu. Þau eru aðeins gefin upp þar sem styrkur efnanna er nálægt greiningarmörkum.

Tafla 3. Næmi efnagreiningaraðferða og hlutfallsleg skekkja mælinga.

Efni	Næmi µmól/l	Skekkja hlutfallsleg skekkja	Staðal frávik	ICP- SFMS	ICP- AES	AFS	IC	AA	Raf- skaut	Títrun	Auto analyser
Leiðni		± 1,0									
T°C		± 0,1									
pH		± 0,05							x		
SiO <sub>2</sub> ICP-AES (RH)	1,66	2,00%	1,8								
SiO <sub>2</sub> ICP-AES	1	4%			x						
Na ICP-AES (RH)	0,435	3,30%	2,8								
Na ICP-AES	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	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 <sub>2</sub>		3%					x				
SO <sub>4</sub> ICP-AES (RH)	10,4	10%	8,2								
SO <sub>4</sub> HPCL	0,52	5%									
SO <sub>4</sub> ICP-AES	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 <sub>4</sub>	0,065	0,065-0,484 µmól/l ±1 µmól/l >0,484 µmól/l ±5%									x
N-NO <sub>2</sub>	0,04	0,040-0,214 µmól/l ±0,014 µmól/l >0,214 µmól/l ±5%									x
N-NO <sub>3</sub>	0,143	0,142-0,714 µmól/l ±0,071 µmól/l >0,714 µmól/l ±10%									x
N-NH <sub>4</sub>	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								
	<b>nmól/l</b>										
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	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

AFS: Atomic Fluoriscence

IC2000 Ion Chromatograph Dionex 2000

AA: Atomic adsorption