

Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Vesturlandi VI. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar

Eydís Salome Eiríksdóttir¹, Sigurður Reynir Gíslason¹, Jórunn Harðardóttir², Svava Björk Þorláksdóttir², Kristjana G. Eyþórsdóttir²

RH-07-2012

¹Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík.

²Veðurstofa Íslands, Bústaðavegi 9, 150 Reykjavík.

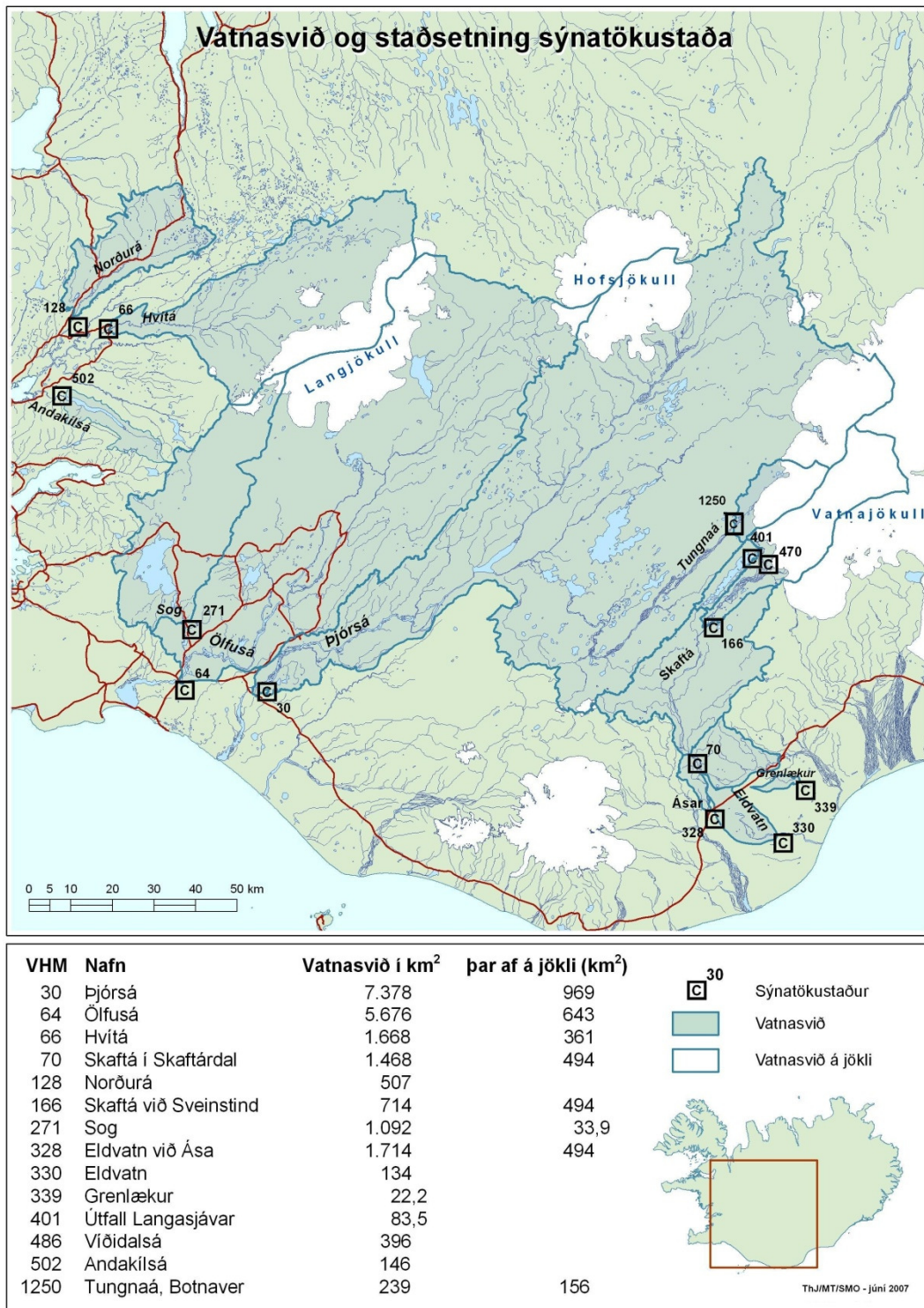


Maí 2012

EFNISYFIRLIT

1.	INNGANGUR	6
1.1	Tilgangur	6
1.2	Fyrri rannsóknir straumvatna á Vesturlandi	6
2.	AÐFERÐIR	8
2.1	Rennsli	8
2.2	Sýnataka	8
2.3	Meðhöndlun sýna	8
2.4	Efnagreiningar og meðhöndlun sýna á rannsóknarstofu.	9
2.5	Reikningar á efnaframburði	11
3.	NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	12
3.1	Sýnataka og efnamælingar	12
3.2	Hleðslujafnvægi og hlutfallsleg skekkja í mælingum	15
		16
3.3	Meðaltal mælipátta úr Norðurá við Stekk	18
3.5	Styrkbreytingar með rennsli	21
3.6	Breytingar með tíma	25
3.7	Samanburður við meðalefnasamsetningu ómengaðs árvatns á jörðinni	28
	ÞAKKARORÐ	28
	HEIMILDIR	29

Tafla 1.	Rennsli, styrkur svifaurs og uppleystra efna í Norðurá við Stekk frá 2004 til 2011	16
Tafla 2.	Styrkur uppleystra snefilefna í Norðurá við Stekk frá 2004 - 2011	17
Tafla 3.	Meðaltal mælipátta úr Norðurá við Stekk 2004 – 2001 og 1973 - 1974.....	18
Tafla 4.	Framburður Norðurár á uppleystum efnum og svifaur	19
Mynd 1.	Staðsetning sýnatökustaða	4
Mynd 2.	Norðurá skartar sínu besta	13
Mynd 3.	Yfirlitsmynd yfir söfnunarstaðinn í Norðurá.....	15
Mynd 4.	Efnalyklar úr Norðurá við Stekk 2004 - 2011	22
Mynd 5.	Efnalyklar úr Norðurá við Stekk 2004 - 2011	23
Mynd 6.	Árstíðabundnar breytingar á rennsli og styrk uppleystra efna og svifaurs í Norðurá	26
Mynd 7.	Árstíðabundnar breytingar á rennsli og styrk uppleystra efna og svifaurs í Norðurá	27



Mynd 1. Vatnasvið og staðsetningar sýnatökustaða á Vesturlandi. Árið 2011 var sýnum aðeins safnað í Norðurá við Stekk.

1. INNGANGUR

1.1 Tilgangur

Tilgangurinn með þeim rannsóknum sem hér er greint frá er að fylgja eftir mælingum sem hafa verið gerðar frá árinu 2004 í Norðurá við Stekk (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2006c; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2008; 2009; 2010; 2011). Í rannsókninni hefur rennsli verið mælt sem og styrkur uppleystra og fastra efna í Norðurá við Stekk í Borgarfirði. Frá árinu 2006 til 2010 fór fram sams konar rannsókn í Andakílsá við brú neðan Skorradalsvatns og Hvítá við Kljáfoss. Alls hefur 42 sýnum úr Norðurá yfir átta ára tímabil (2004 – 2011). Árið 2011 var fjórum sýnum safnað úr Norðurá við Stekk.

Þessi gögn gera m.a. kleift að:

- reikna meðalefnasamsetningu úrkomu á vatnasviðunum, hraða efnahvarfarofs, hraða aflræns rofs lífræns og ólífræns efnis og upptöku koltvíoxíðs úr andrúmslofti vegna efnahvarfarofs.
- reikna árlegan framburð Norðurár við Stekk á uppleystum og föstum efnum miðað við fyrirliggjandi gögn.
- skilgreina líkingar sem lýsa styrk uppleystra og fastra efna sem falli af rennsli, svokallaða efnalykla, miðað við fyrirliggjandi gögn.
- skilgreina með myndum tímaraðir fyrir styrk valinna efna í straumvötnunum og bera saman við eldri rannsókn frá 1973 - 1974 (Sigurjón Rist 1986).

Verkefnið var kostað af Umhverfissráðuneytinu (AMSUM). Rannsóknin hefur víðtækt vísindalegt gildi, ekki síst vegna þess hve margir þættir eru athugaðir samtímis: Rennsli, lífrænn aurburður (POC og PON) og ólífrænn, hitastig vatns og lofts, pH, leiðni, basavirkni („alkalinity”), uppleyst lífrænt kolefni (DOC) og uppleystu efnin; (aðalefni) Na, K, Ca, Mg, Si, Cl, SO₄, (næringarefni) NO₃, NO₂, NH₄, PO₄, N_{tot}, P_{tot}, (snefilefni) B, F, Al, Fe, Mn, Sr, Ti, (þungmálmarnir) As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V og Zn.

Þessi áfangaskýrsla er fyrst og fremst ætluð til þess að gera grein fyrir aðferðum og niðurstöðum mælinga rannsóknartímabilsins.

1.2 Fyrri rannsóknir straumvatna á Vesturlandi

Vatnamælingar Orkustofnunar hafa rekið fjölda vatnshæðarmæla í nokkra áratugi á Vesturlandi (t.d. Árni Snorrason 1990). Töluverð gögn eru til um aurburð og efnastyrk uppleystra efna í straumvötnum á Vesturlandi (Sigurjón Rist 1986; Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon, 1996; Svanur Pálsson, 1999) þó að sértæk úttekt á svifaursgögnum hafi eingöngu verið gerð fyrir Hvítá (Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon, 1998).

Síðastliðin ár hefur nokkuð bæst við af gögnum um efnasamsetningu straumvatna á Vesturlandi. Viðamikil rannsókn var gerð á straumvötnum á Vesturlandi á árunum

1973 og 1974 (Sigurjón Rist 1986). Sýni til efnarannsókna voru tekin mánaðarlega og rennsli og aurburður mæld samtímis sýnatöku. Uppleyst aðalefni, pH, leiðni, næringarsölt og gerlar voru mæld í öllum sýnunum. Þessi gagnagrunnur, ásamt fjölda annarra gagna m.a. um efnasamsetningu úrkomu og berggrunns, var túlkaður af Sigurði R. Gíslasyni o.fl. (1996). Árið 1996 var vöktun hafin að Litla-Skarði í Borgarfirði hvað varðar gróðurfar, lífverur, úrkomu og vatnabúskap. Vöktunin var í tengslum við „The European Integrated Monitoring (IM) programme“ (Albert S. Sigurðsson o.fl. 2005). Efnasamsetning straumvatna og sigvatns í nágrenni Grundartanga og á vatnasviði Laxár í Kjós var rannsökuð á árunum 1996 til 1999 (Andri Stefánsson og Sigurður R. Gíslason 2001; Sigurður R. Gíslason o.fl. 1999). Moulton og Berner (1998) og Moulton o.fl. (2000) rannsökuðu áhrif plantna á efnaveðrun á vatnasviði Andakílsár á árunum 1996-1998. Plöntur hröðuðu efnahvarfaveðrun og efnahvarfarofi og upptöku koltvíoxíðs úr andrúmslofti. Reglulegar mælingar voru gerðar frá maí 2001 til júní 2002 á afrennslismagni og styrk efna í afrennslisvatni af tünnum á Hvanneyri í Borgarfirði (Björn Þorsteinsson o.fl. 2004). Einnig var veðurgagna aflað frá sama svæði. Efnagreiningar voru gerðar á heildarstyrk köfnunarefnis (N), fosfórs (P), kalís (K), kalsíums (Ca), magnesíums (Mg), natríums (Na) og brennisteins (S). Einnig var mælt magn ólífræns köfnunarefnis (NH_4+NO_3) og fosfórs (PO_4). Niðurstöður sýndu að útskolun allra næringarefnanna er innan þeirra marka sem við mátti búast miðað við forða í jarðvegsgerð athugunarsvæðisins (Björn Þorsteinsson o.fl. 2004). Bergur Sigfússon o.fl. (2006a og b, 2008) rannsökuðu uppleyst efni í sigvatni innan þynningarsvæðisins á Grundartanga á mismunandi dýpi í jarðvegi og mismunandi tímum á árunum 2002-2003. Enn fremur gerðu Bergur og félagar tilraunir með jarðvegskjarna á rannsóknarstofu. Rannsóknir á samsætum osmíum (Os), lithíum (Li), magnesíum (Mg), thóríum (Th) og úraníum (U) í vatni, svifaur og botnskriði straumvatna í Borgarfirði og í sjó í Borgarfirði var gerð á síðasta áratug (Abdelmouhcine o. fl. 2006; Vigier o. fl. 2006;2009; Pogge von Strandmann 2006; 2007; 2008; 2011). Samspil svifaurs úr Hvítá í Borgarfirði og sjávar hefur verið rannsökuð og áhrif þess á samsætuhlutföll Li, Mg, U, Mo og Sr í sjó (Pogge von Strandmann 2008; Pearce o.fl. 2010; Jones o.fl. 2012). Venzl uppleystra efna við vatnafarslega flokkun straumvatnanna (Stefanía Halldórsdóttir o. fl. 2006) var rannsökuð árið 2007 (Sigríður Magnea Óskarsdóttir 2007, Sigríður Magnea Óskarsdóttir o.fl. 2011). Samspil efnahvarfarofs og aflræns rofs á Íslandi og þar með talið á vatnasviðum Hvítár ofan Kljáfoss og Norðurár ofan Stekks var rannsakað af Louvat o.fl. (2008). Gögn um efnasamsetningu á úrkomu frá Írafossi, Rjúpnahæð, Vegatungu, Litla Skarði og Langjökli voru tekin saman í skýrslu árið 2008 (Eydís Salome Eiríksdóttir, 2008b). Í rannsókn á áhrifum loftslags á hraða efnahvarfa- og aflrænnar veðrunar voru notuð gögn úr vatnsföllum á Austurlandi ásamt loftslagsgögnum (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2009).

2. AÐFERÐIR

2.1 Rennsli

Aurburðar- og efnasýni eru oftast tekin nærri síritandi vatnshæðarmælum í rekstri Veðurstofunnar. Stöðvarnar eru reknar samkvæmt samningi fyrir hvern stað. Við sýnatöku var gengið úr skugga um að stöðvarnar væru í lagi. Rennsli fyrir hvert sýni var reiknað út frá rennslislykli, sem segir fyrir um vensl vatnshæðar og rennslis. Á vetrum kunna að vera tímabil þar sem vatnshæð er trufluð vegna íss í farvegi. Þá er rennsli við sýnatöku áætlað út frá samanburði við lofthita og úrkomu á hverjum tíma og rennsli nálægra vatnsfalla.

Öll sýni, sem hér eru til umfjöllunar, voru tekin nærri síritandi vatnshæðarmælum og rennslið gefið upp sem augnabliksgildi þegar sýnataka fór fram. Augnabliksgildið er gefið í tímaráðatöflum fyrir einstök vatnsföll, og meðaltal augnabliksgrensla fyrir einstök vatnsföll í Töflu 1. Augnabliksgildi rennslis geta verið töluvert frábrugðin dagsmeðalrennsli. Langtímameðalrennsli sem notað er til reikninga á framburði Norðurár við Stekk er meðalrennsli vatnsáranna 2004 til 2011.

2.2 Sýnataka

Sýni til efnarannsókna voru tekin beint í 5 l brúsa rétt utan við bakka neðan við veiðihúsið að Stekk (mynd 2). Vaðið var u.þ.b. 4 metra út í ána ofan við flúðirnar. Áður en sýninu var safnað var brúsinn þveginn vandlega upp úr árvatninu. Samtímis var hitastig árvatnsins var mælt með „thermistor“ mæli. Aurburðarsýni voru tekin af bakka með handsýnataka (DH48), sem festur var á stöng. Svifaurssýnið sem notað var til mælinga á lífrænum svifaur (POC) var tekið með sama hætti og fyrir ólífrænan svifaur. Það var ávallt tekið eftir að búið var að taka sýni fyrir ólífrænan svifaur. Sýninu var safnað í sýruþvegnar glerflöskur sem höfðu verið þvegnar í 4 klukkustundir í 1 N HCl sýru fyrir sýnatöku. Flöskurnar voru merktar að utan, en ekki með pappírsmarki inni í flöskuhálsinum eins og tíðkast fyrir ólífrænan svifaur.

2.3 Meðhöndlun sýna

Sýni til rannsókna á uppleystum efnum voru meðhöndluð strax á sýnatökustað. 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 sýninu var safnað voru sýnaflöskurnar þvegnar þrisvar sinnum hver með síuðu árvatni.

Fyrst var vatn sem ætlað var til mælinga á reikulum efnunum, pH, leiðni og basavirkni, síað í tvær dökkar, 275 ml og 60 ml, glerflöskur. Næst var safnað í 1000 ml HDPE flösku til mælinga á brennisteinssamsætunum. Síðan var vatn síað í 190 ml HDPE flösku til mælinga á styrk anjóna. Þá var safnað í tvær 90 ml HDPE sýruþvegnar flöskur til snefilefnagreininga. Þessar flöskur voru sýruþvegnar af rannsóknaraðilanum ALS Global í Svíþjóð, 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 HDPE flöskur. Flöskurnar voru þvegnar með 1 N HCl fyrir hvern leiðangur. Ein flaska var ætluð fyrir hverja mælingu eftirfarandi næringarsalta; NO₃, NO₂, NH₄, PO₄. Hálfum millilítra af þynntri brennisteinssýru (1/100) er bætt við NH₄ sýnið. Vatn ætlað til mælinga á heildarmagni köfnunarefnis (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 LDPE 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. Glerflöskurnar sem notaðar voru 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.

2.4 Efnagreiningar og meðhöndlun sýna á rannsóknarstofu.

Efnagreiningar voru gerðar á Jarðvísindastofnun, ALS Global 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. Meðaltal mælinganna sem gerðar hafa verið á tímabilinu 2004 til 2011 eru í Töflu 3 og reiknaður framburður er sýndur í Töflu 4. Að lokum eru næmi og samkvæmni mælinga gefin í Töflu 5.

Uppleyst efni. Basavirkni („alkalinity“), leiðni og pH var mælt með títrun, rafskauti og leiðnimæli á Jarðvísindastofnun að loknum sýnatökuleiðangri. Endapunktur títrunar var ákvarðaður með Gran-falli (Stumm og Morgan, 1996). Aðalefni og snefilefni voru mæld af ALS Global í Svíþjóð með ICP-AES, ICP-MS (Mass Spectrometry with Inductively Coupled Plasma) og atómljómun; AF (Atomic Fluorescence). Kalíum (K) var greint með ICP-AES en styrkur þess var oft undir næmi aðferðarinnar og voru þau sýni þá mæld með jónaskilju (ICS 1000) á Jarðvísindastofnun. Næringarsöltin NO₃, NO₂, NH₄ sem og heildarmagn af uppleystu lífrænu og ólífrænu nitri, N_{tot}, voru upphaflega greind með sjálfvirkum litrófsmæli Jarðvísindastofnunar („autoanalyzer“). Árið 2006 voru gerðar samanburðarmælingar á PO₄ og N_{total} á anjónaskilju Jarðvísindastofnunar, sem skiluðu góðum niðurstöðum,

sem leiddi til þess að eru þessi efni, ásamt NO_3 , eru nú mæld með anjónaskilju (PO_4 árið 2007, N_{total} árið 2008 og NO_3 árið 2009). Styrkur fosfórs er yfirleitt lítil í árvatni og nálægt greiningarmörkum aðferðanna sem notaðar hafa verið, t.d. í Andakílsá og Norðurá þar sem ekki er hægt að meta hlut lífræns fosfórs því styrkur ólífræna hlutans er undir greiningarmörkum aðferðarinnar (Tafla 1).

Sýni til næringarsaltgreininga 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 Jarðvísindastofnun. 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 er að stilla pH sýnanna við 8,5 – 9 því að við geislun klofnar vatn og peroxíð niður í 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).

Anjónirnar flúor, klór og sulfat voru mældar með jónaskilju (ICS 2000) á Jarðvísindastofnun. Byrjað var að nota staðallinn BIGMOOSE-02 til kvörðunar á greiningunum árið 2011. Sýni til magngreininga á uppleystu lífrænu kolefni (DOC) og lífrænum aurburði (POC og PON) voru send til Umeå Marine Sciences Center í Umeå í Svíþjóð þegar 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 (SO_4).

Svifaur. Magn svifaurs og heildarmagn uppleystra efna ($\text{TDS}_{\text{mælt}}$) var mælt á Orkustofnun samkvæmt staðlaðri aðferð (Svanur Pálsson og Guðmundur Vigfússon 2000). Sýni til mælinga á lífrænum aurburði (POC, Particle Organic Carbon og PON, Particle Organic Nitrogen) sem tekin voru í sýrupvegnar svifaursflöskur voru síuð í gegn um glersíur. Glersíurnar og álpappír sem notaður var til pökkunar á síunum voru „brennd“ við 450 °C í 4 klukkustundir fyrir síun. Síuhaldarar og vatnssprautur sem notaðar voru við síunina voru þvegnar í 4 klukkustundir í 1 N HCl. Allt vatn og aurburður sem var í flöskunum var síað í gegnum glersíurnar og magn vatns og aurburðar mælt með því að vigta flöskurnar fyrir og eftir síun. Síurnar voru þurrkaðar í opnum umslögum úr álpappír við um 50 °C í einn sólarhring áður en þær voru sendar til Umeå Marine Sciences Center í Svíþjóð til efnagreininga.

2.5 Reikningar á efnaframburði

Árlegur framburður straumvatna, F , er reiknaður með eftirfarandi jöfnu eins og ráðlagt er í viðauka 2 við Óslóar- og Parísarsamþykktina (Oslo and Paris Commissions, 1995: Implementation of the Joint Assessment and Monitoring Programme, Appendix 2, Principles of the Comprehensive Study on Riverine Inputs, bls. 22-27):

$$F = \frac{Q_r * \sum_{i=1}^n (C_i Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (1)$$

Þar sem C_i er styrkur aurburðar eða uppleystra efna fyrir sýnið i (mg/kg), Q_i er rennsli straumvatns þegar sýnið i var tekið (m^3/sek), Q_r er langtímameðalrennsli fyrir vatnsföllin (m^3/sek), n er fjöldi sýna sem safnað var á tímabilinu.

3. NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

Hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum mælinga á vatni og svifaur úr Andakílsá, Hvítá og Norðurá og mat lagt á gæði þeirra.

3.1 Sýnataka og efnamælingar

Niðurstöður úr sýnum úr Norðurá við Stekk frá 2004 til 2011 eru í Töflum 1 og 2 og á myndum 6 og 7. Meðaltal mælinganna eru í Töflu 3 og þar eru einnig meðaltöl úr rannsókninni 1973 – 1974 til samanburðar.

Leiðni og pH vatns er hitastigsháð, þess vegna er getið um hitastig vatnsins þegar leiðni og pH voru mæld á rannsóknarstofu (Tafla 1, Ref. T °C). Styrkur uppleystra aðalefna er gefinn í millimólum í lítra vatns (mM), styrkur snefilefna sem míkromól (µM) eða nanómól í lítra vatns (nM). Basavirkni, skammstöfuð Alk („Alkalinity“) í Töflu 1 er gefin upp sem „milliequivalent“ í kílógrammi vatns. Það jafngildir því magni af sýru (H+) sem vatnið tók við án þess að missa búffer eiginleika sína. Það er í réttu hlutfalli við það magn kolefnis sem er í vatninu. Heildarmagn uppleysts ólífræns kolefnis (Dissolved Inorganic Carbon, DIC) er gefið sem millimól C í kíló af vatni í Töflu 1. Styrkur DIC var reiknaður 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 efnastykur („concentration“) sé eitt og hið sama.

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

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 í sýnunum (Töflur 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;

$$TDS_{reiknað} = Na + K + Ca + Mg + SiO_2 + Cl + SO_4 + CO_3 \quad (3)$$

Heildarmagn DIC í hverjum lítra vatns í Töflu 1 er umreiknað í samsvarandi magn karbónats (mg/l af 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 ($\text{Na}_2\text{CO}_3\text{NaHCO}_3$). 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 $\text{TDS}_{\text{mælt}}$ yfirleitt alltaf minna en $\text{TDS}_{\text{reikn}}$ 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 5. Þegar styrkur efna mælist minni en næmi efnagreiningaraðferðarinnar er hann skráður sem minni en (<) næmið sem sýnt er í Töflu 5. Þessi tölugildi eru tekin með í meðaltalsreikninga, en meðaltalið er þá gefið upp sem minna en (<) tölugildi meðaltalsins.

Öll sýni eru tvímæld á Jarðvísindastofnun. Meðalsamkvæmni milli mælinga er gefin í Töflu 5 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.



Mynd 2. Vatnshæðarmælirinn í Norðurá við Stekk stendur á styrkum stoðum, en ekki veitir af þegar hlaup koma í ána. Þá hækkar vatnshæðin á mælistaðnum mjög mikið þar sem þrengir að í bugðum árinna.

3.2 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 (katjónir – anjónir) og hlutfallsleg skekkja er reiknað með eftirfarandi jöfnum:

$$\text{Hleðslujafnvægi} = (Na + K + 2 * Ca + 2 * Mg) - (Alk + Cl + 2 * SO4 + F) \quad 4)$$

$$\text{Mismunur (\%)} = \frac{\text{Hleðslujafnvægi}}{(\text{katjónir} + \text{anjónir})} \quad (5)$$

Niðurstöður þessara reikninga eru sýndar í Töflu 3 og í Töflum 4 til 6. Mismunurinn er lítill, að meðaltali 2% sem verður að teljast gott þar sem skekkja milli einstakra mælinga er oft yfir 3%.



Mynd 3. Yfirlitsmynd yfir söfnunarstaðinn í Norðurá við Stekk. Örin bendir á söfnunarstaðinn.

Norðurá við Stekk																													
Sýna- númer	Dags.	kl.	Rennsli m ³ /s	Vatns hiti °C	Loft hiti °C	pH	Ref T °C	Leiðni uS cm-1	SiO2 mM	Na mM	K mM	Ca mM	Mg mM	Alk meq/l	DIC mM	SO4 mmól/kg ICP-AES	SO4 mmól/kg IC	ð34S ‰	Cl mM	F µM	Hleðsl. jafnv. meq/kg	% skekkja	TDS mg/l mælt	TDS mg/kg reiknað	DOC mM	POC µg/kg	PON µg/kg	C/N mól	Svifaur mg/l
04N002	25.2.2004	13:45	15 *	0,0	-3,20	7,27	20,1	66,0	0,185	0,258	0,008	0,1013	0,0683	0,301	0,340	0,017	0,021	11,98	0,251	1,60	0,00	0,8	47	54	0,037	143	21,8	7,68	2,6
04N008	7.5.2004	14:30	11,59	5,1	9,60	7,38	23,0	61,0	0,178	0,239	0,007	0,0966	0,0638	0,320	0,351	0,017	0,021	13,19	0,204	1,75	0,00	0,0	43	52	0,039	100	15,8	7,41	6,0
04N009	5.7.2004	08:40	6,5	11,1	12,00	7,61	23,4	67,0	0,194	0,269	0,010	0,1058	0,0691	0,392	0,414	0,018	0,021	12,47	0,193	2,05	0,00	0,1	47	58	0,026	142	21,3	7,78	4,9
04N012	5.8.2004	08:50	7,08	10,7	11,30	7,68	19,8	68,0	0,189	0,280	0,010	0,1118	0,0728	0,431	0,453	0,018	0,020	12,08	0,186	1,87	0,00	0,1	55	60	0,026	177	19,0	10,87	5,7
04N015	15.9.2004	10:45	11,36	6,8	7,90	7,52	21,6	90,0	0,189	0,275	0,010	0,1153	0,0736	0,434	0,465	0,019	0,022	11,51	0,182	1,76	0,00	0,2	52	61	0,035	107	11,0	11,31	11,7
04N018	21.10.2004	10:15	11,83	0,4	3,00	7,16	24,6	74,0	0,196	0,267	0,008	0,1138	0,0749	0,381	0,440	0,020	0,022	12,77	0,204	1,67	0,01	1,6	62	60	0,028	124	14,6	9,92	2,3
05N001	10.2.2005	10:45	11,6 *	-0,2	-11,2	7,45	21,5	74,0	0,202	0,322	0,009	0,1155	0,0815	0,335	0,363	0,023	0,019	14,46	0,318	1,57	0,03	1,8	74	62	0,032	257	33,8	8,88	13,0
05N004	23.5.2005	11:18	7,94	4,1	6,80	7,72	19,9	65,0	0,187	0,267	0,008	0,1016	0,0671	0,351	0,367	0,021	0,016	12,64	0,203	1,50	0,02	1,3	53	55	0,024	93	16,5	6,57	5,8
05N007	29.6.2005	13:50	13,38	10,0	14,20	7,83	21,0	54,4	0,167	0,224	0,007	0,0821	0,0523	0,327	0,338	0,017	0,014	10,48	0,147	1,36	-0,01	1,0	43	47	0,033	128	13,7	10,94	3,9
05N010	25.8.2005	11:15	23,84	5,9	10,70	7,69	20,1	65,2	0,194	0,265	0,008	0,1063	0,0695	0,404	0,424	0,019	0,016	12,26	0,172	1,51	0,01	0,7	35	57	0,062	128	17,9	8,38	5,2
05N013	3.10.2005	10:21	45,3	2,5	4,80	7,18	20,4	61,2	0,168	0,233	0,008	0,0911	0,0609	0,303	0,351	0,018	0,015	13,05	0,190	0,94	0,01	1,3	39	50	0,065	590	55,1	12,50	12,3
05N016	18.11.2005	10:07	8,5	0,9	6,30	7,37	21,4	73,9	0,212	0,299	0,008	0,1205	0,0811	0,463	0,510	0,021	0,018	12,96	0,212	1,22	-0,01	0,4	48	67	0,031	108	<7,97	>15,9	3,5
06V003	11.4.2006	15:00	28,2	1,3	2,7	7,18	21,8	59,8	0,135	0,239	0,008	0,0998	0,0662	0,246	0,284	0,024	0,020	13,37	0,240	2,16	0,05	4,6	36	45	0,075	301	38,8	9,0	10
06V006	30.6.2006	15:15	16,5	9,1	9,8	7,61	21,0	58,1	0,177	0,223	0,007	0,0973	0,0654	0,409	0,433	0,019	0,016	12,77	0,133	2,46	-0,03	2,2	39	53	0,032	211	34,4	7,2	4
06V009	25.7.2006	14:20	8,56	15,8	13,9	7,70	23,4	64,4	0,177	0,256	0,009	0,0993	0,0658	0,459	0,480	0,020	0,018	12,39	0,152	2,74	-0,06	4,6	31	57	0,026	140	23,7	6,9	9
06V012	12.9.2006	14:20	44,6	7,5	9,5	6,81	21,6	65,8	0,169	0,224	0,008	0,0936	0,0601	0,380	0,518	0,018	0,018	12,06	0,133	2,46	-0,01	0,8	35	50	0,051	225	33,2	7,9	11
06V015	30.10.2006	14:20	11,0	0,6	2,4	7,58	21,1	68,8	0,202	0,269	0,008	0,1128	0,0778	0,455	0,483	0,021	0,018	12,86	0,158	2,57	0,00	0,1	51	60	0,037	128	19,7	7,6	16
06V018	7.12.2006	15:35	4,95 *	0,0	2,2	7,35	21,3	64,2	0,199	0,312	0,018	0,1248	0,0893	0,429	0,474	0,024	0,022	13,07	0,259	2,77	0,03	2,0	52	64	0,027	85	16,4	6,1	7
07V003	27.2.2007	14:30	3,16	0	1,2	7,42	21,2	89,6	0,209	0,335	0,011	0,1437	0,1008	0,423	0,422	0,024	0,021	13,52	0,370	1,79	-0,06	3,3	66	67	0,017	138	21,1	7,7	0,9
07V006	15.5.2007	13:45	8	7,8	12,7	7,52	20,1	87,2	0,177	0,274	0,010	0,1108	0,0757	0,332	0,332	0,018	0,016	13,63	0,277	1,66	-0,03	2,0	44	53	0,026	587	69,8	9,8	1,2
07V009	15.6.2007	13:15	8,55	10,2	12,2	7,63	18,6	64,2	0,165	0,239	0,010	0,0931	0,0613	0,311	0,310	0,017	0,014	12,72	0,210	1,64	-0,03	2,3	41	48	0,0216	109	17,6	7,2	7,6
07V012	16.7.2007	13:55	1,79	14,4	-2,0	7,72	22,7	82,6	0,190	0,351	0,012	0,1240	0,0831	0,417	0,416	0,026	0,020	12,60	0,280	2,12	-0,01	1,0	58	63	0,056	256	32,9	9,1	0,5
07V015	18.9.2007	14:40	35,6	6,2	9,9	7,51	21,5	73,3	0,179	0,263	0,010	0,1053	0,0716	0,309	0,309	0,021	0,024	13,78	0,270	1,88	0,00	0,3	53	51	0,062	268	35,1	8,9	6,1
07V018	6.12.2007	17:45	6,07	-0,1	-6,5	7,45	20,1	72,0	0,193	0,276	0,010	0,1190	0,0798	0,374	0,374	0,022	0,027	13,31	0,300	1,85	-0,04	2,6	41	58	0,018	270	29,9	10,5	10,5
08V003	8.4.2008	13:35	5,33	3,2	2,2	7,62	21,6	86,2	0,195	0,319	0,009	0,1357	0,0946	0,373	0,372	0,025	0,024	13,51	0,407	2,62	0,01	1,1	49	66	0,049	523	67,9	8,99	10
08V006	11.6.2008	13:25	12,7	11	15,8	7,51	21,9	55,4	0,163	0,244	0,008	0,0908	0,0605	0,276	0,276	0,018	0,017	13,03	0,199	2,57	0,02	1,7	43	46	0,050	222	24,7	10,5	189
08V009	7.7.2008	13:45	4,02	16,9	16,9	7,7	22	74,1/16,9	0,170	0,293	0,010	0,1063	0,0724	0,358	0,357	0,022	0,022	11,84	0,255	2,90	0,02	1,9	40	56	0,029				58,2
08V012	9.9.2008	16:10	5,73	9,5	11,8	7,52	20,6	76,4	0,173	0,303	0,010	0,1153	0,0790	0,409	0,409	0,023	0,022	11,79	0,256	2,83	0,01	0,8	54	60	0,065	403	26,4	17,8	42,6
08V015	22.10.2008	15:15	12,6	2,9	0,6	7,6	20,8	77,3	0,194	0,294	0,009	0,1238	0,0839	0,370	0,370	0,024	0,023	15,22	0,334	2,66	0,02	1,6	44	62	0,059	297	20,9	16,5	28,8
08V018	3.12.2008	15:10	5,6	0	0,5	7,47	20,1	82,7	0,203	0,317	0,009	0,1317	0,0922	0,403	0,402	0,024	0,022	13,31	0,331	2,66	0,01	1,0	54	66	0,048	377	<15,2	<2,5	26,3
09V003	17.2.2009	14:10	71,6	0,6	6,5	7,1	19	43,6	0,112	0,196	0,006	0,0631	0,0411	0,182	0,182	0,017	0,015	15,11	0,183	2,23	0,01	1,6	58	34	0,124	564	50,4	13,1	20,1
09V006	9.7.2009	13:00	6,8	14,6	14,9	8,09	22,3	63,4	0,187	0,255	0,012	0,0923	0,0609	0,353	0,350	0,018	0,016	12,38	0,182	1,88	0,00	0,4	40	52	0,036	245	<9,8	29,1	3,1
09V009	6.10.2009	13:40	11,9	1,3		7,6	21,7	78,2/1,5	0,208	0,288	0,010	0,1178	0,0790	0,400	0,399	0,021	0,019	13,31	0,240	1,69	0,01	0,9	58	60	0,101	237	<12,9	>21,4	6,9
09V012	23.11.2009	13:30	4,97	0,5	1,3	7,59	19,4	72,4	0,214	0,299	0,009	0,1243	0,0848	0,414	0,413	0,024	0,020	12,89	0,248	1,83	0,02	1,5	60	63	0,047	98	<8,2	>14	9,7
10V003	11.5.2010	13:15	11,3	7,3	11,2	7,7	21	54,2	0,164	0,231	0,007	0,0878	0,0551	0,303	0,303	0,020	0,016		0,178	1,20	0,01	0,6	46	46	0,042	218	20,2	12,6	0,9
10V006	7.7.2010	13:15	9,13	11,9	13,4	7,8	22,1		0,190	0,298	0,011	0,1128	0,0753	0,411	0,410	0,025	0,019		0,220	1,58	0,01	1,3	51	59	0,072	191	17,1	13,1	3,6
10V009	7.9.2010	12:30	12,7	6,7	9,9	7,76	22	67,9	0,187	0,275	0,008	0,1170	0,0708	0,390	0,388	0,028	0,022		0,209	1,29	0,02	1,5	46	57	0,046	338	34,7	11,4	6,7
10V012	2.12.2010	12:50	3,6	0,2	-7,3	7,56	21,7	86,5	0,221	0,328	0,010	0,1337	0,0983	0,483	0,482		0,024		0,249	1,55	0,24	19,2	74	68	0,069	146	15,2	11,2	3,2
11V001	31.5.2011	13:00	19	4,9	10,4	7,46	19,5	59,4	0,150	0,232	0,040	0,0853	0,0588	0,270	0,269	0,015	0,016		0,217	1,48	0,04	3,8	43	50	0,076	144	13,5	12,4	4,9
11V002	13.7.2011	14:27	9,2	10,6	15,4	7,76	22,8	58,0	0,161	0,225	0,040	0,0766	0,0523	0,295	0,294	0,017	0,016		0,174	1,92	0,02	1,7	37	47	0,148	207	9,6	25,1	13,6
11V003	20.10.2011	12:50	22,1	3,4	6	7,55	21,6	67,9	0,186	0,257	0,040	0,0978	0,0675	0,344	0,343	0,020	0,021		0,236	1,68	0,01	0,5	26	58	0,086	152	7,7	23,1	26,6
11V004	24.11.2011	10:45	13,8	0,2	-0,9	7,61	22,3		0,197	0,256	0,040	0,1038	0,0708	0,338	0,338	0,023													

Norðurá við Stekk																										
Sýna- númer	Date	Time	P µM	PO4-P µM	NO3-N µM	NO2-N µM	NH4-N µM	Ntot µM	Al µM	Fe µM	B µM	Mn µM	Sr µM	As nM	Ba nM	Cd nM	Co nM	Cr nM	Cu nM	Ni nM	Pb nM	Zn nM	Hg nM	Mo nM	Ti nM	V nM
04N002	25/02/2004	13:45	0,126	0,200	3,31	0,074	0,850		0,188	0,727	0,367	0,140	0,073	<13,3	0,659	<0,018	0,518	0,617	6,85	3,05	<0,048	11,7	<0,010	1,26	6,41	0,011
04N008	6.5.2000	14:30	0,035	<0,065	1,20	0,102	1,75		0,113	0,494	0,433	0,068	0,065	<12,0	0,493	<0,018	0,112	0,392	4,67	2,52	<0,048	21,1	<0,010	1,68	2,34	0,011
04N009	4.7.2000	8:40	0,043	<0,065	0,23	0,111	1,10		0,115	0,517	0,625	0,009	0,072	<10,7	0,582	<0,018	<0,085	0,523	6,83	1,65	<0,048	27,7	<0,010	2,50	2,32	0,020
04N012	4.8.2000	08:50	<0,032	<0,065	0,31	0,089	0,822		0,071	0,274	0,680	0,008	0,078	<9,34	0,626	<0,018	<0,085	0,417	5,30	1,33	<0,048	13,2	<0,010	2,52	0,309	0,020
04N015	14.9.2000	10:45	<0,032	1,008	0,86	0,214	80,5	4,85	0,069	0,526	0,584	0,026	0,080	<9,34	1,65	<0,018	<0,085	0,554	6,34	1,68	0,110	10,5	<0,010	1,95	1,77	0,017
04N018	20.10.2000	10:15	0,039	0,933	1,46	0,069	1,00	5,13	0,088	0,440	0,509	0,081	0,077	<9,34	0,445	<0,018	0,219	0,281	6,04	1,52	<0,048	7,36	<0,010	1,94	4,11	0,012
05N001	9.2.2001	10:45	0,078	0,189	2,65	0,036	0,701	5,61	0,192	1,339	0,562	0,268	0,088	<0,801	1,43	0,026	1,242	0,500	5,57	1,66	0,176	20,2	<0,010	1,84	5,22	0,011
05N004	22.05.2001	11:18	<0,032	0,131	<0,143	0,031	0,596	3,50	0,116	0,532	0,567	0,070	0,071	<0,667	0,910	<0,018	0,307	0,614	5,29	1,09	0,065	<3,06	<0,010	2,49	1,60	0,013
05N007	28.06.2001	13:50	0,043	0,179	0,16	0,021	0,398	3,89	0,191	0,281	0,462	0,007	0,061	<0,667	0,634	<0,018	0,132	0,542	4,89	<0,852	0,052	<3,06	<0,010	1,99	2,53	0,018
05N010	24.08.2001	11:15	0,035	0,084	0,20	<0,02	0,298	3,66	0,165	0,605	0,438	0,024	0,080	1,11	0,757	<0,018	0,236	0,644	6,47	0,922	<0,048	4,01	<0,010	1,54	2,63	0,015
05N013	02.10.2001	10:21	0,061	0,103	0,25	0,056	0,470	6,19	0,426	0,781	0,396	0,037	0,067	1,00	0,808	<0,018	0,441	0,744	8,23	2,57	0,049	3,75	<0,010	1,12	15,9	0,010
05N016	17.11.2001	10:07	0,039	0,093	1,99	0,046	<0,2	8,23	0,073	0,582	0,633	0,060	0,079	1,32	1,26	<0,018	0,231	0,571	5,00	1,09	<0,048	<3,06	<0,010	3,02	1,27	0,011
06V003	10.04.2002	15:00	0,076	<0,1	1,67	<0,04	0,729	5,6	0,315	0,648	0,440	0,087	0,056	<6,67	0,536	<0,018	0,519	0,58	7,63	2,50	0,070	15,2	<0,01	1,345	11,6	0,009
06V006	29.06.2002	15:15	0,040	<0,1	<0,15	<0,04	2,448	7,71	0,146	0,550	0,469	0,017	0,061	<4,0	0,550	<0,018	0,166	0,62	6,53	3,36	<0,048	9,30	<0,01	1,90	2,15	0,018
06V009	24.7.2002	14:20	0,061	<0,1	0,96	<0,04	0,729	10,36	0,586	0,478	0,597	0,011	0,073	<0,93	0,867	0,021	0,170	0,614	9,98	3,22	0,161	269	<0,01	2,43	3,61	0,023
06V012	11.9.2002	14:20	0,046	<0,1	0,68	<0,04	0,468	11,6	0,261	0,559	0,345	0,023	0,070	<0,80	0,565	1,094	0,244	0,864	7,46	1,74	7,58	11,6	<0,01	1,05	7,64	0,014
06V015	29.10.2002	14:20	0,035	<0,1	0,70	<0,04	0,359	5,30	0,146	0,852	0,418	0,035	0,080	<0,93	0,532	1,068	0,232	0,654	5,63	1,33	6,95	15,4	<0,01	1,92	3,74	0,013
06V018	6.12.2002	15:35	0,048	<0,1	4,89	<0,04	0,120	8,63	0,073	0,543	0,510	0,021	0,091	<1,20	0,750	0,979	0,180	0,596	4,63	2,10	6,95	44,8	<0,01	2,42	2,19	0,013
07V003	27.2.2007	14:30	0,036	0,103	1,59	<0,04	1,061	3,62	0,076	0,412	0,637	0,089	0,082	<0,67	1,085	1,041	0,234	0,881	4,67	2,03	6,42	52,1	<0,01	2,46	2,02	0,010
07V006	15.5.2007	13:45	0,035	<0,2	<0,2	<0,02	<0,2	4,39	0,149	0,922	0,652	0,049	0,068	<0,67	0,939	0,046	0,195	0,502	4,22	1,54	0,154	4,37	<0,01	2,69	3,28	0,013
07V009	15.6.2007	13:15	<0,032	<0,2	<0,2	<0,02	1,022	3,36	0,114	0,252	0,551	0,015	0,060	<0,67	0,750	0,035	0,087	0,406	4,04	2,47	0,112	8,87	<0,01	2,13	1,24	0,015
07V012	16.7.2007	13:55	<0,032	<0,2	0,46	0,054	0,763	6,73	0,191	0,283	0,701	0,010	0,089	<1,33	0,681	<0,018	0,126	0,612	7,55	2,13	<0,048	9,33	<0,01	2,46	1,99	0,021
07V015	18.9.2007	14:40	0,048	<0,2	0,29	0,026	0,499	7,18	0,236	0,748	0,423	0,104	0,077	<2,67	1,799	0,036	0,321	0,815	7,853	3,00	0,063	19,3	<0,01	1,53	6,89	0,014
07V018	6.12.2007	13:35	0,067	<0,2	3,62	0,026	0,223	4,34	0,101	0,406	0,511	0,149	0,081	<1,33	0,867	<0,018	0,485	0,842	4,33	1,93	<0,048	12,1	<0,01	2,33	2,06	0,012
08V003	8.4.2008	13:35	0,037	<0,2	0,84	0,030	0,620	4,64	0,093	0,947	0,797	0,106	0,091	<0,67	1,08	<0,018	0,350	0,529	4,26	4,04	<0,048	3,59	<0,01	2,73	1,47	0,0107
08V006	11.6.2008	13:25	0,046	<0,2	0,92	<0,04	0,554	3,34	0,192	0,430	0,533	0,026	0,064	<0,93	0,743	<0,018	0,134	0,350	5,07	2,03	0,092	9,25	<0,01	2,01	3,26	0,018
08V009	7.7.2008	13:45	0,050	0,259	<0,2	0,0497	3,54	4,13	0,296	0,242	0,782	0,015	0,076	<1,20	1,07	<0,018	0,117	0,550	7,36	1,93	0,106	7,0	0,075	3,17	1,82	0,027
08V012	9.9.2008	16:10	<0,032	<0,2	<0,2	0,0415	1,13	5,14	0,116	0,355	0,742	0,007	0,085	<0,67	0,903	<0,018	0,197	4,94	5,18	4,51	<0,048	15,9	<0,01	3,53	2,86	0,020
08V015	22.10.2008	15:15	0,043	<0,2	1,09	<0,04	0,669	4,00	0,103	0,460	0,584	0,069	0,089	<0,67	0,837	<0,018	0,331	5,52	4,60	4,91	<0,048	16,7	<0,01	2,08	1,86	0,013
08V018	3.12.3008	15:10	0,058	<0,2	3,40	<0,04	0,440	4,85	0,083	0,496	0,705	0,134	0,099	<0,80	1,03	<0,018	0,590	0,865	4,19	2,28	0,0980	31,4	<0,01	2,27	1,86	0,0139
09V003	17.2.2009	14:10	0,089	0,229	2,03	0,0750	1,91	4,14	0,645	1,08	0,253	0,129	0,043	<0,67	0,457	<0,018	0,816	0,583	6,97	1,75	0,091	13,4	<0,01	0,786	27,6	0,010
09V006	9.7.2009	13:00	0,048	<0,1	0,15	0,0243	<0,2	2,47	0,207	0,308	0,491	0,007	0,066	<0,67	0,518	0,037	0,126	0,839	5,93	<0,852	0,071	18,7	<0,01	2,51	0,97	0,024
09V009	6.10.2009	13:40	0,039	<0,1	1,09	0,0381	<0,2	2,73	0,153	0,679	0,400	0,070	0,084	<0,67	0,852	0,021	0,370	0,694	4,93	1,84	0,079	3,6	<0,01	2,06	4,20	0,013
09V012	23.11.2009	13:30	0,063		1,01	0,0592	0,877	4,52	0,162	1,28	0,554	0,029	0,082	0,695	0,786	<0,018	0,173	0,677	4,99	1,15	0,083	4,60	<0,01	2,62	5,22	0,015
10V003	11.5.2010	13:15	0,051	<0,1	0,16	0,0232	0,359	4,01	0,225	0,705	0,476	0,0137	0,0587	<0,67	0,465	<0,018	0,161	0,535	4,44	1,24	0,069	3,43	<0,01	2,00	4,43	0,014
10V006	7.7.2010	13:15	0,037	<0,1	0,02	0,0385	3,199	4,65	0,261	0,602	0,687	0,0097	0,0778	1,31	0,526	<0,018	0,207	0,650	8,18	1,94	0,079	5,02	<0,01	2,85	4,59	0,020
10V009	7.9.2010	12:30	<0,032	<0,1	0,13	0,0667	1,339	3,38	0,132	0,310	0,531	0,0082	0,0759	<0,67	0,772	<0,018	0,304	0,525	5,54	1,46	0,100	21,7	<0,01	2,07	2,30	0,017
10V012	2.12.2010	12:50	0,040	<0,1	4,32	0,0461	1,811	6,53	0,106	0,607	0,741	0,008	0,091	<0,67	1,15	<0,018	0,148	1,15	3,97	1,11	0,087	<3,05	<0,01	3,20	2,99	0,015
11V001	31.5.2011	13:00	0,038	0,148	0,32	0,0511	0,657	11,3	0,194	1,14	0,736	0,024	0,067	<0,67	0,599	<0,018	0,182	0,427	4,71	1,46	0,092	10,5	<0,01	1,58	5,30	0,012
11V002	13.7.2011	14:27	<0,032	0,121	0,15	0,0603	0,670	4,18	0,179	0,251	0,918	0,009	0,049	1,48	0,697	<0,018	0,122	0,210	5,82	2,25	0,079	6,07	<0,01	2,408	2,76	0,020
11V003	20.10.2011	12:50	0,042	0,104	0,80	0,0472	0,982	4,77	0,244	0,505	0,738	0,051	0,064	<0,67	1,19	<0,018	0,365	1,208	5,87	2,79	0,107	20,34	<0,01	2,053	10,9	0,015
11V004	24.11.2011	10:45	0,077	0,108	2,54	0,0572	1,42	5,68	0,176	0,892	0,499	0,103	0,070	<0,67	0,881	<0,018	0,501	0,363	5,29	1,82	0,050	3,56	<0,01	2,13	4,85	0,014

Tafla 2. Styrkur uppleystra snefilefna í Norðurá við Stekk frá 2004 til 2011

3.3 Meðaltal mælipátta úr Norðurá við Stekk

Það má sjá á töflu 3 að meðalrennsli í Norðurá við Stekk var hærra á rannsóknartímabilinu frá 1973 – 1974 en á því rannsóknartímabili varð mikið flóð sem sýni náðist af. Gildi pH í sýnum frá 2004 – 2011 var lægra en í rannsókninni 1973 – 1974 og styrkur flestra uppleystru efnanna var lægra. Þó var alkalinity hærra sem og styrkur SO_4 og Na. Brennisteinsstyrkur hefur farið lækandi síðustu þrjá áratugi á N-hveli jarðar vegna minnkunar á brennisteini í andrúmslofti af manna völdum. Styrkur uppleystra efna er rennslisháður og það er líklega hægt að skýra mismuninn á meðaltalsgildum á þessum tveimur tímabilum með mismunandi rennsli fyrir utan styrk SO_4 . Ekki er samt gott að segja hvað veldur hærra alkalinity í eldri gögnum, það er líklegt að í fyrri rannsókninni hafi heldarmagn uppleysts ólífræns kolefnis (Dissolved Inorganic Carbon, DIC) verið mælt, þetta þarf að kanna betur. Alkalinity er mælikvarði efnaskipti á milli vatns og bergs. Eftir því sem alkalinity er hærra, því meira hefur vatnið leyst upp af af bergi. Feit- og skáletruð gildi í Töflum 1 og 2 eru útgildi og ekki tekin með í meðaltalsreikningana.

Tafla 3. Meðaltal mælipátta úr Norðurá við Stekk 2004 – 2011 og 1973 – 1974.

Norðurá v. Stekk	Rennsli m ³ /s	Vatns- °C	Loft- °C	pH	pH/leiðni °C	Leiðni µS/cm	
2004 - 2011	14,1	5,61	7,09	7,53	21,3	69,0	
1973 - 1974	35,2			7,26			
	SiO ₂ mmol/kg	Na mmol/kg	K mmol/kg	Ca mmol/kg	Mg mmol/kg	Alk meq/l	DIC mmol/kg
2004 - 2011	0,184	0,271	0,009	0,107	0,071	0,366	0,381
1973 - 1974	0,165	0,275	0,009	0,092	0,064	0,417	
	S _{total} mmol/kg	SO ₄ mmol/kg	δ ³⁴ S ‰	Cl mmol/kg	F µmól/kg	Hleðslujafnv.% meq/kg	skekkja skekkja
2004 - 2011	0,021	0,019	12,89	0,228	1,768	0,018	1,893
1973 - 1974		0,0366		0,19			
	TDS _{mælt} mg/l	TDS _{reiknað} mg/kg	DOC mmol/kg	POC µg/kg	PON µg/kg	C/N mól	Svífaur mg/l
2004 - 2011	48,0	56,7	<0,045	226,8	<26	>11	7,5
1973 - 1974	44						
	P _{total} µmól/kg	PO ₄ -P µmól/kg	NO ₃ -N µmól/kg	NO ₂ -N µmól/kg	NH ₄ -N µmól/kg	N _{total} µmól/kg	Al µmól/kg
2004 - 2011	<0,048	<0,184	<1,15	<0,051	<0,909	5,459	0,185
	Fe µmól/kg	B µmól/kg	Mn µmól/kg	Sr µmól/kg	As nmól/kg	Ba nmól/kg	Cd nmól/kg
2004 - 2011	0,596	0,564	0,053	0,074	<2,66	0,827	<0,020
	Co nmól/kg	Cr nmól/kg	Cu nmól/kg	Ni nmól/kg	Pb nmól/kg	Zn nmól/kg	Hg nmól/kg
2004 - 2011	<0,250	0,614	5,79	<2,06	<0,076	12,9	<0,012
	Mo nmól/kg	Ti nmól/kg	V mmól/l				
2004 - 2011	2,16	4,38	0,015				

3.4 Árlegur framburður Norðurár við Stekk.

Árlegur framburður Norðurár við Stekk er reiknaður með jöfnu 1 og er sýndur í Töflu 4. Meðalrennslið sem notað er í reikningunum nær yfir vatnsárin frá 2004 – 2011. Þar sem styrkur uppleystra efna hefur í einhverju tilfalli eða tilfellum mælst minni en næmi aðferðarinnar er meðalframburður á rannsóknartímabilinu gefinn upp sem minni en (<) meðaltalið, reiknað samkvæmt jöfnu 1. Aurburður og uppleyst efni eru reiknuð á sama hátt. Framburður uppleystra efna er til kominn vegna salta sem berast með loftstraumum og úrkomu á land, vegna efnahvarfarofs, vegna rotnunar lífrænna leifa í jarðvegi og vötnum og vegna mengunar. Feit- og skáletruð gildi í Töflum 1 og 2 eru útgildi og ekki tekin með í framburðarreikningana.

Tafla 4. Framburður Norðurár við Stekk á uppleystum efnum og svifaur (lífrænum og ólífrænum) í tonnnum á ári.

SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	CO ₂	S _{total}	SO ₄	Cl	F
tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár
7389	4029	228	2750	1106	11700	1320	1208	5169	22,2
TDS	TDS	DOC	POC	PON	Svifaur	P	PO ₄ -P	NO ₃ -N	NO ₂ -N
tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár
32203	37573	1439	198	20,6	6608	1,13	3,68	9,62	0,499
NH ₄ -N	N _{total}	Al	Fe	B	Mn	Sr	As	Ba	Cd
tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár
24,4	55,4	4,98	26,5	3,69	2,31	4,19	0,11	0,08	0,002
Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Mo	Ti	V
tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár	tonn/ár
0,01	0,02	0,28	0,09	0,02	0,54	0,00	0,12	0,28	0,49

Samanlagður framburður þungmálma (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Mo og Ti) með Norðurá var 1,55 tonn á ári yfir rannsóknartímabilið.

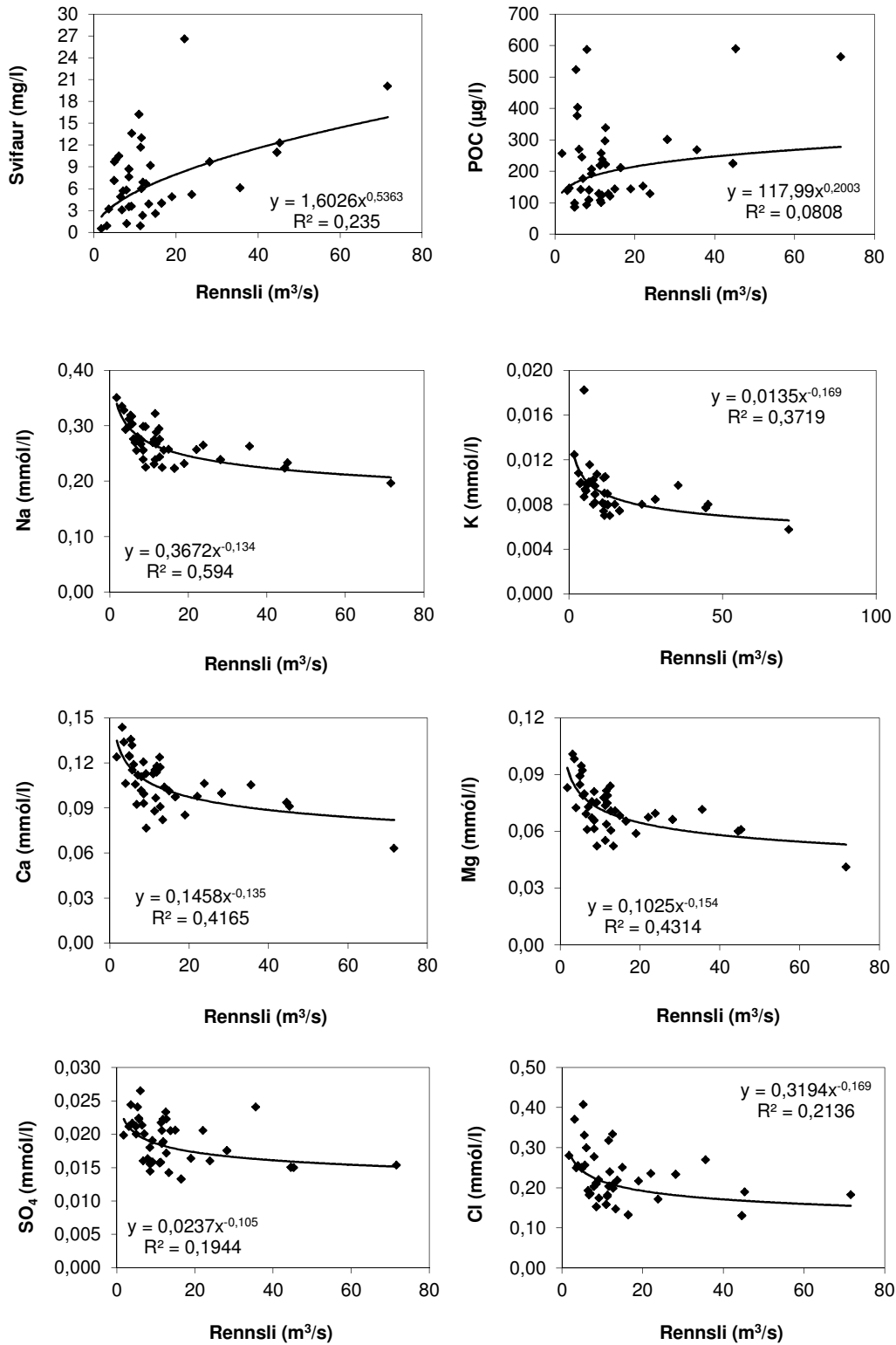
Styrkur brennisteins var mældur með ICP-AES og jónaskilju (IC). ICP-AES mælir heildarstyrk brennisteins en jónaskiljan mælir algengasta efnasamband brennisteins í köldu súrefnisríku vatni, SO₄. Mælingum á brennisteini með ICP-AES og IC ber vel saman (Tafla 1), sem gefur til kynna að önnur brennisteinsefnasambönd en SO₄ eru í litlum styrk í vatninu. Í Töflu 4 er framburður brennisteins reiknaður miðað við báðar aðferðir og er framburður á heildarstyrk brennisteins á milli 9% hærri en framburður vatnsfallanna á SO₄ sem þýðir að brennisteinn á öðru efnaformi en SO₄ er til staðar í litlum mæli.

3.5 Styrkbreytingar með rennsli

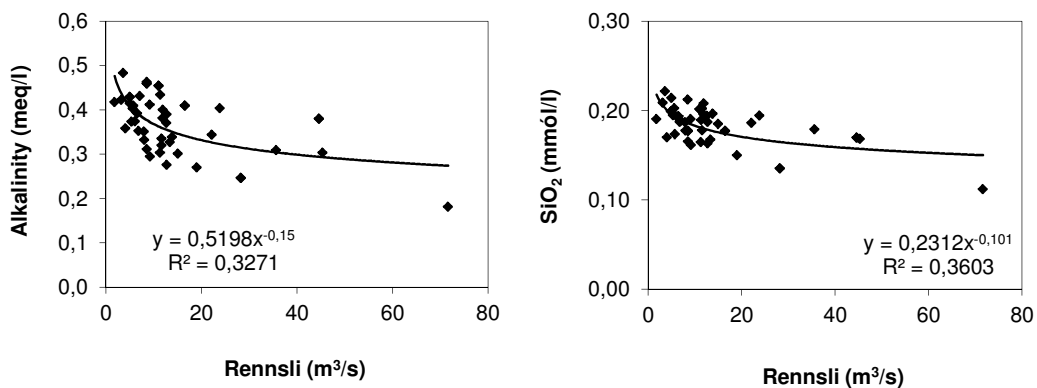
Styrkur valinna uppleystra efna og svifaurs sem fall af rennsli er sýndur á myndum 4 og 5. Þetta eru eins konar efnalyklar fyrir ólífrænan og lífrænan svifaur og valin uppleyst efni. Efnalyklarnir eru ekki byggðir upp eins og hefðbundnir aurburðarlyklar (q-fall), þar sem svifaurstyrkurinn er fyrst margfaldaður með rennsli (kg/sek) og því næst plottaður á móti augnabliksrennsli. Síðan eru venzl aurburðar og rennslis bestuð með annarrar gráðu veldisfalli og vex þá fylgni, R^2 , framburðarins við fallið. Á þessu stigi eru einungis venzl styrks uppleystra efna og rennslis skoðuð og þeim lýst með annarrar gráðu veldisfalli svipað og gert hefur verið fyrir q-fallið (Sigurður R. Gíslason ofl., 2009). Veldisfallið (efnalykillinn) og fylgnin (R^2) er sýnt við hverja mynd. Efnalyklarnir fyrir uppleystu aðalefnin sem rekja uppruna sinn til bergs og úrkomu eru tvö konar: 1. Venzl á styrk uppleystu efnanna og augnabliksrennslis þegar safnað var er sýnt vinstra megin á opnunni. 2. Venzl styrks uppleystra efna sem rekja uppruna sinn til veðrunar bergs (þ.e. heildarstyrkur efnanna, leiðréttur fyrir efnum sem koma inn á vatnasviðið með úrkomu) og augnabliksrennslis þegar safnað var er sýnt á myndunum á hægri hluta opunnar. Öll efnin á hægri síðunni rekja uppruna sinn eingöngu til bergs. Mælingar á svifaur úr vatnsföllunum frá árinu 2008 voru mun hærri en fyrri ár og eru þær tölur ská og feitletraðar í töflunum. Þau gögn eru ekki tekin með í meðaltals- og framburðarreikninga og ekki notaðar í myndum, né í aurburðarlyklunum eða tímaröðunum.

Styrkur svifaurs óx með rennsli í Norðurá við Stekk og styrkur uppleystra aðalefna minnkaði með rennsli eins og almennt gildir um dragár og jökulár. Sterk fylgni er á milli molibdens og rennslis, en Mo er hreyfanlegt efni sem er bergættað. Styrkur klórs er um þrisvar sinnum hærri í lágu rennsli en háu. Fyrir vikið verður leiðrétting á uppleystum efnum, tilkomnum vegna úrkomu, mjög mikil í Norðurá í lágrennsli. Líklega er leiðréttingin of mikil í lágrennsli, þar sem fundust tilvik um neikvæðan styrk Na eftir leiðréttingu. Þetta bendir til innkomu klórs sem er ekki sjávarættaður, hugsanlega vegna söltunar á vegum, en Norðurá rennur á löngum kafla nálægt þjóðvegi nr. 1. Samkvæmt Vegagerðinni í Borgarfirði var um 331 tonni af vegasalti og úrgangs fiskisalti dreift á veginn frá Borganesi að Sveinatungu (vegamótum við Norðurárdal) sem er svæðið sem þeir þjónusta. Líklega hefur tæplega helmingur þess verið dreift fyrir ofan Söluskálann að Baulu að enda þjónustusvæðisins. Skv. Saltkaupum, sem er söluaðili saltsins, er 98% af vegasaltinu NaCl.

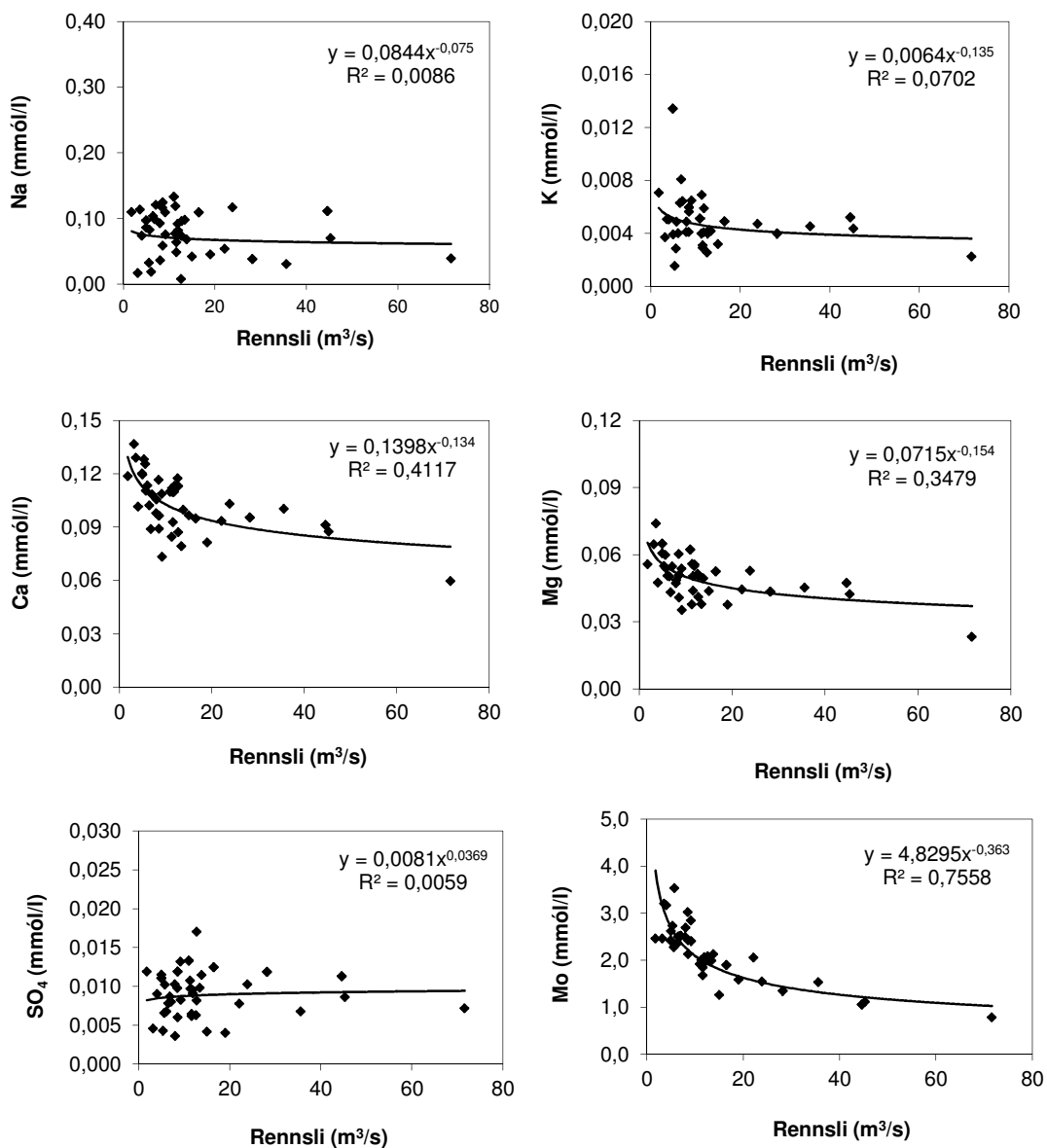
Sýni frá því í febrúar 2009 er tekið í leysingum og bætir því miklu við efnalyklana fyrir vatnsfallið.



Mynd 4. Vensl augabliksrennsli við styrk svifaur og uppleyst aðalefni þegar sýnum var safnað úr Norðurá við Stekk 2004 – 2011.



Gögn leiðrétt gagnvart úrkomu (að Mo undanskildu)



Mynd 5. Vensl augabliksrennsli og styrks uppleystra efna sem rekja uppruna sinn til veðrunar bergs í Norðurá við Stekk 2004 – 2011.

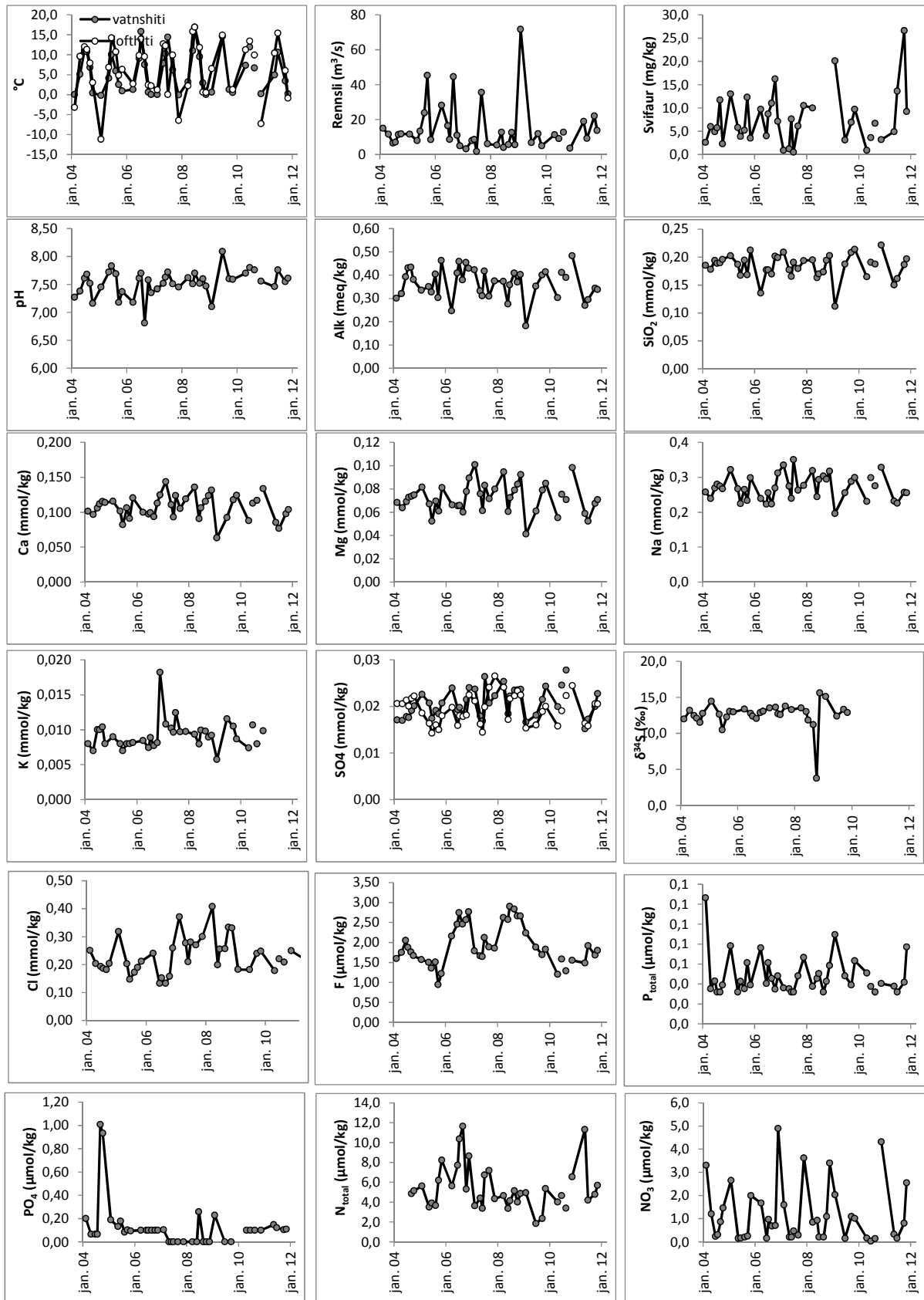
3.6 Breytingar með tíma

Breytingar með tíma eru sýndar á myndum 6 og 7, fyrir flest efnin sem mæld hafa verið í Norðurá frá 2004 til 2011.

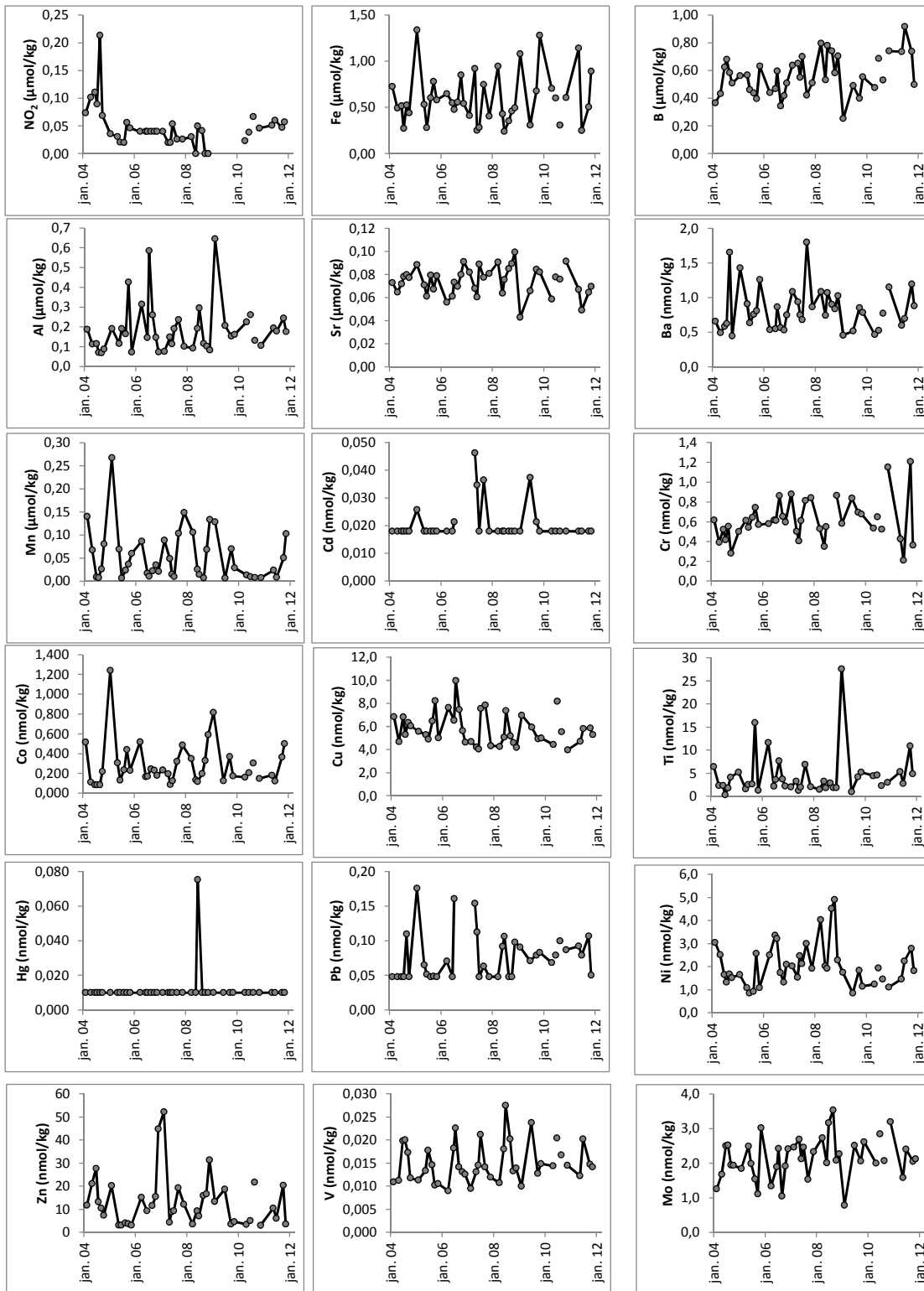
Rennsli Norðurár er breytilegt allt árið um kring þar sem vatnasviðið er stórt og svarar allri ákomu fljótt. Styrkur uppleystra efna er rennslisháður og vegna þess hve rennslið er óreglulegt yfir árið er styrkur uppleystra efna fremur óreglulegur. Þó var styrkur Na, Ca, Mg, Cl, SO₄ og Mn lægri á sumrin en á veturna. Styrkur V var lægri á veturna en á sumrin.

Styrkur brennisteins stendur í stað, bæði SO₄ (hvítir hringir á mynd 6) og heildarstyrkur S (gráir hringir á mynd 6). Styrkur brennisteins minnkaði í öllum straumvötnum á Suðurlandi á rannsóknartímabilinu 1972 til 2004 (Sigurður R. Gíslason og Peter Torssander 2006), en styrkur þess hefur vaxið aftur í Sogi við Þrastarlund og Ölfusá við Selfoss. Brennisteinsgögn frá árunum 2009 og 2010 bentu til þess að hluti brennisteins væri á öðru formi en SO₄ þar sem styrkur Stotal og SO₄ var ekki sambærilegur á því tímabili. Styrkur þeirra í sýnum frá 2011 er hins vegar sambærilegur og því lítið meira um það að segja.

Hlutföll brennisteinssamsætna er stöðugur frá 2004 til 2008 en eitt sýni er mun lægra og þau sem á eftir koma eru svipuð og þau voru áður. Hlutföll stöðugu brennisteinssamsætanna ³²S og ³⁴S geta hjálpað til við að rekja uppruna brennisteins í straumvötnum. Algengasta stöðuga samsæta brennisteins er ³²S eða um 95% brennisteins á yfirborði jarðar. Hún hefur massann 32 g/mól. Um 4,2% brennisteins hefur massann 34 g/mól. Hlutföllin eru gefin upp í prómill ($\delta^{34}\text{S}/^{32}\text{S} \text{ ‰}$) miðað við hlutföllin í Canon Diabolo-loftsteininum. Hlutföll samsætanna er um 20‰ í sjó, um 18‰ í DMS sem er brennisteinn ættaður úr lífrænum himnum í yfirborðslögum sjávar. Brennisteinn úr lífrænu eldsneyti er um 2‰ til 5‰ og brennisteinn úr basalti um 0‰, en ef brennisteinn er upprunninn í súlfíðum eins og hveragasi (H₂S) eða súlfíðsteindum (FeS), þá eru hlutföllin lægri en í basalti og jafnvel neikvæð. Ef brennisteinninn er að uppruna fyrst og fremst frá basalti og sjó, þ.e. sjávarættaður brennisteinn í úrkomu, ættu hlutföll brennisteinsins að vera á milli 0‰ og 20‰.



Mynd 6. Styrkbreytingar á svifaur og uppleystum efnum í sýnum Norðurá við Stekk 2004 – 2011. Gráir hringir á SO₄ grafinu tákna heildarstyrk S og hvítu hringirnir tákna styrk SO₄.



Mynd 7. Styrkbreytingar á uppleystum efnum í sýnum úr Norðurá við Stekk 2004 – 2011.

3.7 Samanburður við meðalefnasamsetningu ómengaðs árvatns á jörðinni

Styrkur uppleystra efna í Norðurá er nokkuð frábrugðinn heimsmeðaltalinu, sem ber mjög keim af efnahvarfarofi á kalksteini. Styrkur kísils Norðurá er svipaður og meðaltal í ám meginlandanna, styrkur klórs og natríum nokkru hærri í Norðurá og vegur þar hæst seltan frá sjónum. Strkur kalíum, kalsíum, magnesíum, kolefnis, brennisteins og heildarstyrkur uppleystra efna er lægri í Norðurá en að meðaltali í heiminum.

ÞAKKARORÐ

Umhverfisráðuneytið (AMSUM) hefur kostað rannsóknina í Norðurá og hafa fulltrúar hennar sýnt verkefninu mikinn áhuga og stuðning. Sérstaklega viljum við þakka Helga Jenssýni og Gunnari Steini Jónssýni frá Umhverfisstofnun frá Orkuveitu Reykjavíkur.

HEIMILDIR

- Abdelmouhcine, Gannoun, Kevin W. Burton, Nathalie Vigier, Sigurdur R. Gíslason, Nick Rogers, Fatima Mokadem and Bergur Sigfússon 2006. The influence of weathering process on riverine osmium isotopes in a basaltic terrain, *Earth and Planetary Science Letters* 243, bls. 732-748.
- Albert S. Sigurðsson, Sigurður H. Magnússon, Borgþór Magnússon, Jóhanna M. Thorlacius, Hreinn Hjartarson, Páll Jónsson, Hlynur Óskarsson, Bjarni D. Sigurdsson og Ásrún Elmarsdóttir 2005. Integrated Monitoring at Litla-Skard. Project Overview 1996-2004. Umhverfisstofnun, Reykjavík, 65. bls.
- Andri Stefánsson og Sigurður Reynir Gíslason 2001. Chemical weathering of basalt, SW Iceland: Effects of rock crystallinity and secondary minerals on chemical fluxes to the ocean. *American Journal of Science* 301, bls. 513-556.
- AMAP 1997. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway, 188 bls.
- Árni Snorrason 1990. Markmið og skipulag vatnamælinga á Íslandi. Í Vatnið og landið, Guttormur Sigbjarnarson (ritstjóri). Vatnafræðiráðstefna, október 1987. Orkustofnun, Reykjavík, bls. 89-93.
- Bergur Sigfusson, Graeme I. Paton, Sigurdur R. Gíslason 2006a. The impact of sampling techniques on soil pore water carbon measurements of an Icelandic Histic Andosol, *Science of the Total Environment*, 369, 203–219.
- Bergur Sigfusson, Gíslason, S.R. and Paton, G.I. 2006b. The effect of soil solution chemistry on the weathering rate of a Histic Andosol. *Journal of Geochemical Exploration*, 88, 321-324.
- Bergur Sigfusson, Gíslason, S.R. and Paton, G.I. 2008. Pedogenesis and weathering rates of a Histic Andosol in Iceland: Field and experimental soil solution study. *Geoderma*, 144, 572-592
- Björn Þorsteinsson, Guðmundur Hrafn Jóhannesson, Þorsteinn Guðmundsson, 2004. Athuganir á afrennslismagni og efnaútskolun af túnnum á Hvanneyri. *Fræðaging landbúnaðarins* 2004: 77-83.
- Eugster, H. P. 1970. Chemistry and origin of the brines of Lake Magadi, Kenya. *Mineral. Soc. Am. Spec. Paper* 3, bls. 213-235.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Luiz Gabriel Quinn Camargo, Jórunn Harðardóttir, Kristjana G. Eypórsdóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, 2007. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Vesturlandi. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. RH-14-2007. 41 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Luiz Gabriel Quinn Camargo, Jórunn Harðardóttir, Kristjana G. Eypórsdóttir, Svava Björk Þorláksdóttir og Peter Torssander 2008a. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Vesturlandi. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. RH-06-2008, 43 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, 2008b. Efnasamsetning úrkomu á Íslandi. Samantekt gagna frá Rjúpnahæð, Írafossi, Vegatungu, Litla-Skarði og Langjökli. RH-01-2008. 28 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Sigríður Magnea Óskarsdóttir, Kristjana G. Eypórsdóttir, Njáll

- Fannar Reynisson og Peter Torssander. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Vesturlandi III, 2009. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. RH-05-2009, 43 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Svava B. Þorláksdóttir og Kristjana G. Eyþórsdóttir. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Vesturlandi IV, 2010. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. RH-21-2010, 46 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Svava B. Þorláksdóttir og Kristjana G. Eyþórsdóttir. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Vesturlandi IV, 2011. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. RH-06-2011, 46 bls.
- Hardy, L. A. og Eugster, H. P. 1970. The evolution of closed-basin brines. *Mineral. Soc. Am. Spec. Pub.* 3, bls. 273-290.
- Jón Ólafsson J. 1979. The chemistry of Lake Myvatn and River Laxá. *Oikos* 32, 82–112.
- Jones, B. F., Eugster H. P. og Rettig S. L. 1977. Hydrochemistry of the Lake Magadi basin, Kenya. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41, bls. 53-72.
- Jones M.T., Pearce C.R., Oelkers E.H. (2012). An experimental study of the interaction of basaltic riverine particulate material and seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 77, 108-120.
- Koroleff F. 1983. *Methods of Seawater Analysis*. Grasshoff K, Ehrhardt M. Kremling K. (Eds.). 2nd edition Verlag Chemie GmbH, Weinheim. Bls. 163-173.
- Likens, G.E., Bormann, R.H., and Johnson, N.M., 1981, Interaction between major biogeochemical cycles in terrestrial ecosystems, in Likens, G.E., editor, *Some Perspectives of the Major Biogeochemicals Cycles-SCOPE 17*: New York, John Wiley, bls. 93 – 112.
- Martin, J.M., og Meybeck, M. 1979. Elemental mass-balance of material carried by world major rivers: *Marine Chemistry*, v. 7, bls. 173 206.
- Martin, J.M., og Whitfield, M. 1983. The significance of the river input of chemical elements to the ocean, Í Wong, S.S.,ritstj., *Trace Metals in Seawater*, Proceedings of the NATO Advanced Research Institute on Trace Metals in Seawater, March 1981: Erice, Plenum Press, bls. 265-296.
- Meybeck, M. 1979. Concentrations des eaux fluviales en éléments majeurs et apports en solution aux océans: *Rev. Geologie Dynamique et Geographie Physique* 21, bls. 215 246.
- Meybeck, M. 1982. Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers: *American Journal of Science* 282, bls. 401-450.
- Louvat P., Gíslason S.R., and Allégre C.J. (2008). Chemical and mechanical erosion rates in Iceland as deduced from river dissolved and solid material. *American Journal of Science*, 308, 679-726.
- Moulton K.L, Berner RA 1998. Quantification of the effect of plants on weathering: *Studies in Iceland. Geology* 26, 895-898.
- Moulton K.L, West J, Berner RA 2000. Solute flux and mineral mass balance approaches to the quantification of plant effects on silicate weathering. *American Journal of Science* 300, 539-570

- Oslo and Paris Commissions 1995. Implementation of the Joint Assessment and Monitoring Programme, 68 bls.
- Parkhurst D.L., Appelo C.A.J. 1999. User's guide to PHREEQC (Version 2) – a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Water resources investigations report 99-4259. Lakewood: US Geological Survey.
- Pearce C.R., Kevin W. Burton, Philip A.E. Pogge von Strandmann, Rachael H. James, Sigurður R. Gíslason, 2010. Molybdenum isotope behaviour accompanying weathering and riverine transport in a basaltic terrain. *EPSL*, 295, bls 104-114.
- Plummer, N.L., og Busenberg, E. 1982. The solubility of calcite, aragonite and vaterite in CO₂-H₂O solutions between 0 and 90°C, and an evaluation of the aqueous model for the system CaCO₃-CO₂-H₂O: *Geochimica et Cosmochimica Acta* 46, bls. 1011-1040.
- Pogge von Strandmann, Kevin W. Burton, Rachael H. James, Peter van Calsteren, Sigurður R. Gíslason and Fatima Mokadem 2006. Riverine behaviour of uranium and lithium isotopes in an actively glaciated basaltic terrain, *Earth and Planetary Science Letters*, 251, 134-147.
- Pogge von Strandmann, Philip A.E., Kevin W. Burton, Rachael H. James, Peter van Calsteren, Sigurður R. Gíslason 2007. The influence of weathering processes on riverine magnesium isotopes in a basaltic terrain. *Earth and Planetary Science Letters*, 251: 134-147.
- Pogge von Strandmann, P.A.E., James, R.H., van Calsteren, P., Gíslason, S.R. and Burton, K.W., 2008b. Lithium, magnesium and uranium isotope behaviour in the estuarine environment of basaltic islands. *Earth and Planetary Science Letters*, 274(3-4).
- Pogge von Strandmann Philip A.E., Kevin W. Burton, Don Porcelli, Rachael H. James, Peter van Calsteren, Sigurður R. Gíslason 2011. Transport and exchange of U-series nuclides between suspended material, dissolved load and colloids in rivers draining basaltic terrains. *Earth and Planetary Science Letters* 301, 125-136.
- Roig B., Gonzalez C., Thomas O. 1999. Measurement of dissolved total nitrogen in wastewater by UV photooxidation with peroxodisulphate. *Analytica Chimica Acta* 389 bls 267-274. Sigríður Magnea Óskarsdóttir 2007. Spatial Distribution of Dissolved Constituents in Icelandic River Waters. MS-thesis in Geology, University of Iceland, Faculty of Science, Department of Geosciences, Reykjavík, June 2007, 67 bls.
- Sigríður Magnea Óskarsdóttir, Sigurdur Reynir Gíslason, Arni Snorrason, Stefanía Gudrún Halldorsdóttir, Gudrún Gísladóttir 2011. Spatial distribution of dissolved constituents in Icelandic river waters. *Journal of Hydrology*, Volume 397, Issues 3-4, 3 February 2011, Pages 175-190
- Sigurður R. Gíslason, Stefán Arnórsson og Halldór Ármannsson 1996. Chemical weathering of basalt in SW Iceland: Effects of runoff, age of rocks and vegetative/glacial cover. *American Journal of Science*, 296, bls. 837-907.
- Sigurður R. Gíslason, Jón Ólafsson, Árni Snorrason, Ingvi Gunnarsson og Snorri Zóphaníasson, 1998. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi II. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar, Hafrannsóknastofnunar og Vatnamælinga Orkustofnunar, RH-20-98, 39 bls.

- Sigurður Reynir Gíslason, Björn Þór Guðmundsson og Eydís Salome Eiríksdóttir 1998. Efnasamsetning Elliðaána 1997 til 1998. Raunvísindastofnun Háskólans, RH-19-98, 100 bls.
- Sigurður Reynir Gíslason, Eydís Salome Eirísdóttir, Matthildur Bára Stefánsdóttir og Andri Stefánsson 1999. Vatnsrannsóknir í nágrenni iðnaðarsvæðisins á Grundartanga. Lokaskýrsla 15. júlí 1999. Unnið fyrir Norurál hf. og Íslenska járnblendifélagið hf., 143 bls.
- Sigurður Reynir Gíslason, Matthildur Bára Stefánsdóttir og Eydís Salome Eiríksdóttir 2000. ARCTIS, regional investigation of arctic snow chemistry: Results from the Icelandic expeditions, 1997-1999. Raunvísindastofnun, Reykjavík, RH-05-2000, 48 bls.
- Sigurður R. Gíslason og Eydís S. Eiríksdóttir 2003. Molybdenum control of primary production in the terrestrial environment. In: Water-Rock Interactions (Wanty R. B. and Seal II R. R., eds.), 1119-1122. Taylor & Francis Group, London.
- Sigurður R. Gíslason og Peter Torssander 2006. The response of Icelandic river sulfate concentration and isotope composition, to the decline in global atmospheric SO₂ emission to the North Atlantic region. Environmental Science and Technology, 40,680-686.
- Sigurður R. Gíslason, Eric Oelkers og Árni Snorrason (2006b). The role of river suspended material in the global carbon cycle. Geology 34, 49–52.
- Sigurdur Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Gudmundur Bjarki Ingvarsson, Bergur Sigfússon, Eydís Salome Eiríksdóttir, Sverrir Óskar Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir and Peter Torssander (2006c). Chemical composition, discharge and suspended matter of rivers in North-Western Iceland. The database of the Science Institute, University of Iceland, and the Hydrological Service of the National Energy Authority. RH-07-2006.
- Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Luiz Gabriel Quinn Camargo, Eydís Salome Eiríksdóttir, Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir, 2007. Efnasamsetning og rennsli straumvatna á slóðum Skaftár 2002 til 2006. RH-13-2007, 65 bls.
- Sigurdur R. Gíslason, Eric H. Oelkers, Eydís S. Eiríksdóttir, Marin I. Kardjilov, Gudrun Gísladóttir, Bergur Sigfússon, Árni Snorrason, Sverrir Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Peter Torssander, Niels Oskarsson, 2009. Direct evidence of the feedback between climate and weathering. Earth and Planetary Science Letters, 277, (1-2), bls. 213-222.
- Sigurjón Rist 1986. Efnarannsókn vatna. Borgarfjörður, einnig Elliðaár í Reykjavík: Reykjavík, Orkustofnun, OS-86070/VOD-03, 67 bls.
- Stefanía G. Halldórsdóttir, Sigurdsson, F., Jónsdóttir, J.F., Jóhannsson, Th., 2006. Hydrological classification for Icelandic Waters. Nordic Water 2006: Experience and challenges in implementation of the EU Water Framework Directive, Vingsted Denmark, August 6th-9th 2006. (Eds.) Jens Christian Refsgaard and Anker Lager Højberg, bls. 219 – 236.
- Stefán Arnórsson, Sven Sigurðsson og Hörður Svavarsson 1982. The chemistry of geothermal waters in Iceland. I. Calculation of aqueous speciations from 0° to 370 °C: Geochimica et Cosmochimica Acta 46, bls. 1513-1532.
- Stumm, W. og Morgan, J. 1996. Aquatic Chemistry. Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters, 3rd ed. John Wiley & sons, New York, 1022 bls.

- Svanur Pálsson 1999. Efnastyrkur í nokkrum jökulám. Orkustofnun, Vatnamælingar, OS-99019, 30 bls.
- Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996. Gagnasafn aurburðarmælinga 1963-1995. Orkustofnun, OS-96032/VOD-05 B, 270 bls.
- Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1998. Framburður svifaus í Hvítá í Borgarfirði. Orkustofnun, Vatnamælingar, OS-98017, 21 bls.
- Sweewton R. H., Mesmer R. E. og Baes C. R. Jr. 1974. Acidity measurements at elevated temperatures. VII. Dissociation of water. J. Soln. Chem. 3, nr. 3 bls. 191-214.
- Vigier N., K.W. Burton, S.R. Gislason, N.W. Rogers, S. Duchene, L. Thomas, E. Hodge and B. Schaefer 2006. The relationship between riverine U-series disequilibria and erosion rates in a basaltic terrain, Earth and Planetary Science Letters 249, bls. 258-273.
- Vigier, N., S.R. Gislason, K.W. Burton, R. Millot, F. Mokadem 2009. The relationship between riverine lithium isotope composition and silicate weathering rates in Iceland. Earth and Planetary Science Letters, 287, Issues 3-4, 434-441. doi:10.1016/j.epsl.2009.08.026

Tafla 4. Næmi efnagreininga á uppleystum efnum og hlutfallsleg skekkja.

	Næmi µmól/l	Skekkja hlutfallsleg skekkja	Stað frávi	ICP- SFM	ICP- AES	AFS	IC	AA	Raf- skau	Títtru	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								
Mg ICP-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					x				
		>1,58µmól/l									
P ICP-MS (SGAB)	0,032	3%			x						
P-PO ₄	0,065	0,065-0,484									x
		>0,484									
N-NO ₂	0,04	0,040-0,214									x
		>0,214									
N-NO ₃	0,143	0,142-0,714									x
		>0,714									
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	Skekkja	Stað	ICP- SFM	ICP- AES	AFS	IC	AA	Raf- skau	Títtru	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
 AA: Atomic adsorption
 IC2000 Ion Chromatograph Dionex 2000