

HV 2021-34
ISSN 2298-9137



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Efnasamsetning þingvallavatns.
Gögn frá árinu 2020

Eydís Salome Eiríksdóttir

HAFNARFJÖRÐUR - JÚNÍ 2021

Efnasamsetning þingvallavatns. Gögn frá árinu 2020

Eydís Salome Eiríksdóttir

*Skýrslan er unnin fyrir þjóðgarðinn á þingvöllum og samstarfsaðila um
vöktun þingvallavatns, og Umhverfisstofnun*

Upplýsingablað

Titill: Efnasamsetning Þingvallavatns. Gögn frá árinu 2020		
Höfundur: Eydís Salome Eiríksdóttir		
Skýrsla nr: HV 2021-34	Verkefnisstjóri: Eydís Salome Eiríksdóttir	Verknúmer: 9204
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 26	Útgáfudagur: 16. júní 2021
Unnið fyrir: Þjóðgarðinn á Þingvöllum og samstarfsaðila um vöktun Þingvallavatns, og Umhverfisstofnun	Dreifing: Opið	Yfirfarið af: Fjóla Rut Svavarsdóttir
Ágrip Vöktun á efnasamsetningu Þingvallavatns hefur staðið frá árinu 2007. Framkvæmdin var í höndum Jarðvísindastofnunar Háskólans fram til ársins 2018 þegar hún færðist til Hafrannsóknastofnunar. Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir niðurstöðum mælinga og efnagreininga á sýnum sem tekin voru í útfalli Þingvallavatns við Steingrímsstöð 2019–2020. Þær niðurstöður eru bornar saman við niðurstöður fyrra rannsóknartímabils, 2007–2018, í sýnum úr útfalli Þingvallavatns og lindunum Vellankötlu og Silfru. Niðurstöðurnar voru notaðar til að meta vatnsgæði í Þingvallavatni m.v. reglugerð 796/1999 og lög um stjórn vatnamála (nr. 36/2011). Abstract <i>The outlet of Lake Þingvallavatn has been monitored since 2007 until today. The project was run by the Institute of Earth Science from 2007–2018 but was taken over by the Marine and Freshwater Research Institute in 2019. This report presents the results of measurements and chemical analyzes of samples collected at the outlet of Þingvallavatn at Steingrímsstöð 2019–2020. These results are compared with the results of the previous research period, 2007–2018, in samples from the outlet of the lake and the springs Vellankatla and Silfra. The results were used to classify the lake according to criteria set forward in the Icelandic regulation no. 796/1999 and the water management act no. 36/2011.</i>		

Lykilorð: Efnavöktun, aðalefni, snefilefni, næringarefni, efnabúskapur, vatnsgæði, ástand stöðuvatna. Water monitoring, major elements, trace elements, nutrients, lake chemistry, lake water quality.

Undirskrift verkefnisstjóra:

Eyþín Salome Þríksdóttir

Undirskrift forstöðumanns sviðs:

Gudni Gudbergsson

Efnisyfirlit

Bls.

1 Inngangur.....	1
2 Eiginleikar vatnasviðsins	2
3 Framkvæmd vöktunar	4
3.1 Sýnataka.....	4
3.2 Meðhöndlun sýna og efnamælingar	5
4 Niðurstöður og umræður	6
4.1 Gæði niðurstaðna	6
4.2 Styrkur aðalefna.....	6
4.3 Styrkur næringarefna	7
4.4 Styrkur snefilefna	8
4.5 Samanburður við eldri gögn.....	9
4.6 Vatnsgæði í Þingvallavatni	10
5 Lokaorð	11
Þakkið	12
Heimildir	13
Viðauki	14

Myndaskrá

Mynd 1. Vatnasvið og staðsetningar sýnatökustaða á Suður- og Vesturlandi.	3
Mynd 2. Sýnatökustaður í útfalli Þingvallavatns.....	15
Mynd 3. Styrkur aðalefna í útfalli Þingvallavatns 2019-2020	18
Mynd 4. Styrkur næringarefna í útfalli Þingvallavatns 2019-2020	19
Mynd 5. Styrkur snefilefna í útfalli Þingvallavatns 2019-2020	20
Mynd 6. Styrkur snefilefna í útfalli Þingvallavatns 2019-2020	21
Mynd 7. Niðurstöður mælinga í útfalli Þingvallavatns og í lindunum Silfru og Vellankötlu: pH, leiðni, aðalefni	22
Mynd 8. Niðurstöður mælinga í útfalli Þingvallavatns og í lindunum Silfru og Vellankötlu: snefilefni	23

Töfluskra

Tafla 1. Meðalefnasamsetning í útfalli Þingvallavatns (2007–2020 og fyrir árið 2020) og í lindunum Silfru og Vellankötlum 2007–2020.	16
Tafla 2. Efnasamsetning vatnssýna úr útfalli Þingvallavatns og lindunum Silfru og Vellankötlum 2019–2020:.....	17
Tafla 3. Efri umhverfismörk málma og næringarefna í hverjum umhverfisflokki	24
Tafla 4. Vatnsgæði í Þingvallavatni árið 2020	24
Tafla 5. Ástand vaktaðra straumvatna á Suðurlandi m.t.t. eðlisefnafræðilegra gæðapátta	25
Tafla 6. Næmi efnagreiningaraðferða og hlutfallsleg skekkja mælinga.....	26

1 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 var skipt í þrjá megin verkþætti og sáu Náttúrufræðistofa Kópavogs og Jarðvísindastofnun um vöktunarþætti í samræmi við samninga. Verkpættir og framkvæmdaraðilar voru eftirfarandi: 1. Efna- og eðlisþættir í írennsli og útfalli, Jarðvísindastofnun Háskólans, 2. Lífríkis-, efna- og eðlisþættir í vatnsbol, Náttúrufræðistofa Kópavogs og 3. Fiskistofnar, Veiðimálastofnun (nú Hafrannsóknastofnun).

Árið 2019 dró Umhverfisstofnun sig úr samstarfinu þegar vöktun samkvæmt stjórn vatnamála hófst í Þingvallavatni. Við það byrjaði nýr kafli í vöktuninni. Umhverfisstofnun gerði sérstaka samninga við Hafrannsóknastofnun og Náttúrufræðistofu Kópavogs um vöktun á eðlisefnafræðilegum gæðapáttum og forgangsefnum í vatninu (Eydís Salome Eiríksdóttir 2020; 2021). Á sama tíma gerðu Landsvirkjun, Orkuveita Reykjavíkur, Þjóðgarðurinn á Þingvöllum, Bláskógabyggð og Grímsnes- og Grafningshreppur (hér eftir kallaðir samstarfsaðilar) með sér samstarfssamning um frekari vöktun á efnaþáttum, öðrum en þeim sem Umhverfisstofnun stóð fyrir, og lífríki í Þingvallavatni. Í kjölfarið gerðu samstarfsaðilar samning við Hafrannsóknastofnun og Náttúrustofu Kópavogs um framkvæmd vöktunar. Framkvæmd efnavöktunarinnar var áður á vegum Jarðvísindastofnunar Háskólans og voru gefnar út árlegar skýrslur um niðurstöðurnar (t.d. Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019) og var hluti þeirra birtur í grein í Náttúrufræðingnum árið 2020 (Eydís Salome Eiríksdóttir og Sigurður Reynir Gíslason 2020).

Í þessari skýrslu eru birtar niðurstöður efnagreininga á sýnum sem tekin voru í útfalli Þingvallavatns við stíflu við inntak Steingrímsstöðvar, og í lindunum Silfru og Vellankötlu (mynd 1). Safnað hefur verið saman öllum efnagögnum (utan forgangsefna), hvort sem þeim var aflað fyrir Umhverfisstofnun eða samstarfsaðila um vöktun Þingvallavatns. Það er gert til að samantektin sé sem heildstæðust. Sýnatökustaðir eru þeir sömu og á fyrra rannsóknatímabili (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019; Eydís Salome Eiríksdóttir og Sigurður Reynir Gíslason 2020). Niðurstöðurnar eru birtar í töflum og myndum og fjallað eru um þær í texta og þær m.a. bornar saman við eldri niðurstöður.

2 Eiginleikar vatnasviðsins

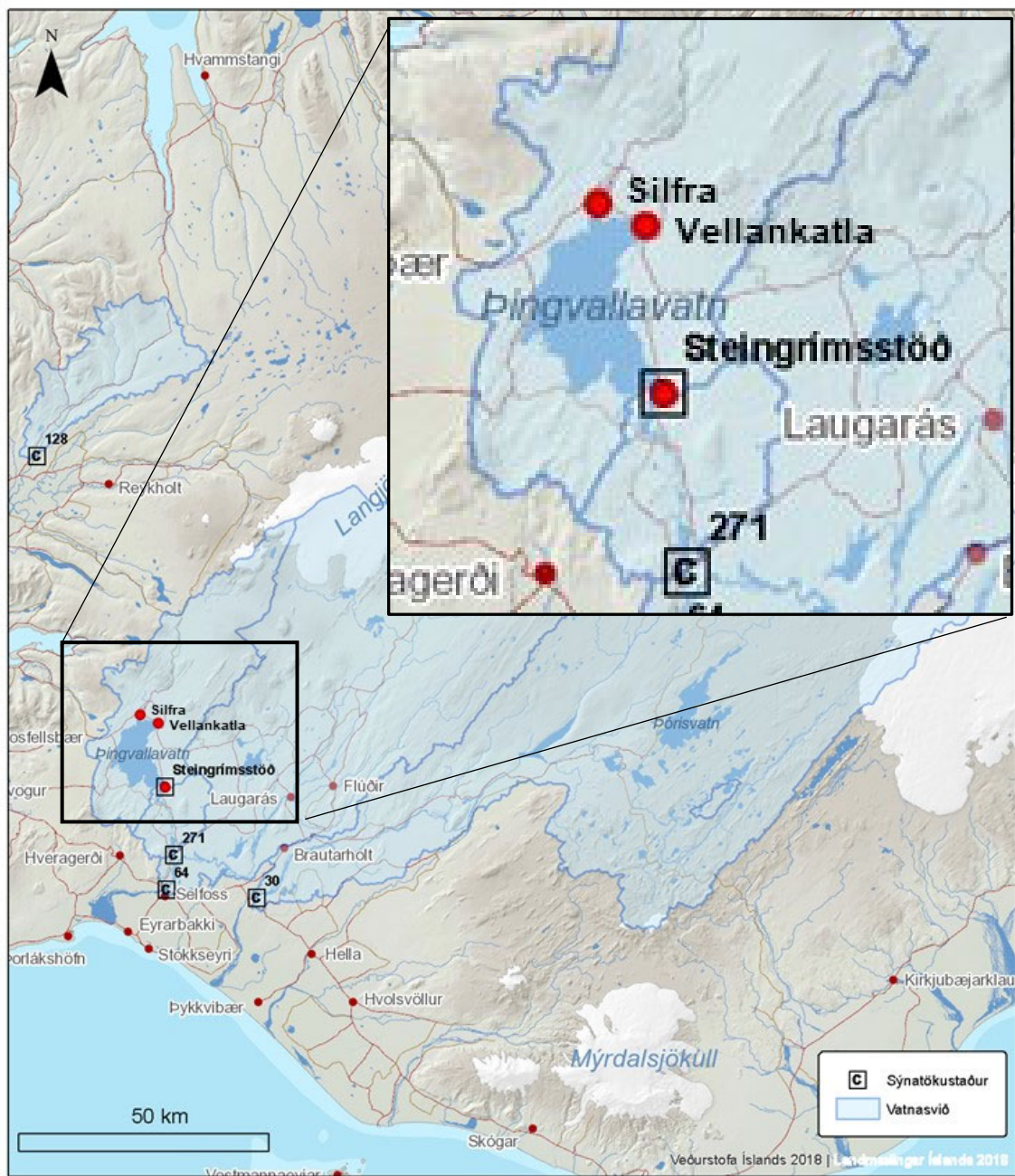
Þingvallavatn er myndað þar sem sigdalurinn á Þingvöllum sker grunnvatnsborðið. Það er 84 km² að flatarmáli og er meðaldýpi um 34 m, en mesta dýpi allt að 100 m (Árni Snorrason, 2002). Heildarrúmmál vatnsins er 3 km³ og meðalrennsli úr vatninu er um 100 m³/s. Dvalartími vatnsins í Þingvallavatni er því um 1 ár.

Meðalrennsli grunnvatns til vatnsins er um 90 m³/s en 5 m³/s af yfirborðsvatni renna í vatnið (Öxará, Villingavatnsá og Ölfusvatnsá). Auk þess fellur úrkoma sem nemur um 4 m³/s á vatnið (Árni Snorrason, 2002). Samkvæmt Árnýju E. Sveinbjörnsdóttur og Sigfúsi J. Johnsen (1992) er um 90% vatnsins upprunnið í lindum sem falla í norðanvert vatnið. Grunnvatnið sem kemur upp í lindunum, hefur runnið allt frá Langjökli og ber með sér uppleyst efni úr bergi og jarðvegi út í vatnið (Hákon Aðalsteinsson o.fl., 1992; Jón Ólafsson, 1992).

Hákon Aðalsteinsson og félagar (1992) telja að um 64% af innstreymi til vatnsins sé úr Silfru og um 20% úr Vellankötlu og öðrum lindum í Vatnsvíki. Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnason (2002) telja hins vegar að lindarvatnið skiptist í þrjá meginstrauma; Almannagjárstraumur (Silfra) 30 m³/s, Hrafnagjárstraumur (Vellankatla) um 20 m³/s og Miðfellsstraumur um 25 m³/s sem fellur í austanvert vatnið sunnan undan Miðfelli.

Auk leysta efna sem berast í vatnið með grunnvatnsstraumum eru sjávarættuð efni sem koma inn á vatnasviðið með úrkomu og önnur efni sem berast með yfirborðsvatni, sum vegna náttúrulegra ferla og önnur ekki. Óhvarfgjörn efni ferðast með vatnsmassanum að útfalli Þingvallavatns og berast til sjávar. Hvarfgjörn efni og næringarefni tefjast innan stöðuvatnsins sökum efnahvarfa og upptöku lífvera í vatninu.

Í þessari skýrslu eru dregnar saman niðurstöður efnavöktunar sem gerð var 2019–2020. Safnað hefur verið saman öllum efnagögnum (utan forgangsefna), hvort sem þeim var aflagð fyrir Umhverfisstofnun eða samstarfsaðila um vöktun Þingvallavatns. Það er gert til að samantektin sé sem heildstæðust. Eins eru niðurstöðurnar bornar saman við eldri gögn sem safnað var á árunum 2007 til 2018 (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2019).



VHM	Nafn	Vatnavið (km ²)	Þar af á jökli (km ²)
30	Þjórsá	7314	960
64	Ölfusá	5662	628
128	Norðurá	513	0
271	Sogið	1143	34
	Steingrímsstöð	949	34

Mynd 1. Vatnasvið og staðsetningar sýnatökustaða á Suður- og Vesturlandi.

3 Framkvæmd vöktunar

3.1 Sýnataka

Sýni til rannsókna á efnasamsetningu Þingvallavatns voru tekin úr útfalli vatnsins af stíflu við Steingrímsstöð (64,13297 °N 21,02862 °V) (mynd 1). Sýnum var safnað mánaðarlega í útfallinu frá apríl til desember 2019, alls níu sýni, og fjórum sinnum yfir árið 2020, á sama tíma og úr Þjórsá, Ölfusá og Sogi (Eydis Salome Eiríksdóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2021). Einu sýni var safnað úr Silfru og Vellankötlum árið 2020. Það er sambærilegt og gert hefur verið frá því að vöktun þeirra hófst.

Vatnssýnum var safnað með því að kasta fötu í bandi af stíflu Steingrímsstöðvar (Mynd 2). Söfnunin var gerð þeim megin sem opið var fyrir loku stíflunnar til að tryggja hreyfingu á vatninu. Fatan var skoluð með vatninu og svo fyllt aftur til söfnunar. Vatninu var hellt úr fötunni í brúsa sem áður hafði verið þveginn þrisvar sinnum úr vatninu. Sýnum úr Silfru og Vellankötlum var dælt beint í gegnum síubúnað í söfnunarflöskur.

Mæling á pH, leiðni og súrefnisstyrk/-mettun var gerð beint í vatninu á sama tíma og söfnunin fór fram. Mæling á pH var einnig gerð á rannsóknastofu. Sýnin voru síuð á staðnum með Cellulose Acetate síum með 0,2 µm porustærð, 142 mm í þvermál. „In-line“ síuhaldari úr teflon (Sartorius) var notaður til að sía sýnin og peristaltisk dæla var notuð til að dæla vatninu í gegnum síubúnaðinn. Áður voru flöskur hreinsaðar þrisvar sinnum með síuðu sýni. Fyrst var síað í 300 ml og 60 ml brúnar glerflöskur fyrir mælingar á basavirkni/alkalinity og pH. Flöskurnar voru fylltar frá botni og upp til að minnka snertingu vatns við andrúmsloft. Þá var síað í eina 1000 ml plastflösku til mælinga á brennisteinsísótópum. Að því loknu var síað í tvær 100 ml PE plastflöskur til mælinga á næringarefnum (NO₃, NO₂, NH₄, PO₄, N-total og P-total) og anjónum (Cl, F, SO₄) og síðast var vatn síað í 50 ml PE plastflösku til mælinga á katjónum og snefilmálmum (SiO₂, Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, B, Mn, Sr, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Mo, Ti, V). Í síðustu flöskuna var bætt 0,5 ml af fullsterkri hreinsaðri saltpétursýru (HNO₃). Sýni til mælinga á heildarstyrk lífræns kolefnis (TOC) var ekki síað heldur var því hellt beint í sýnaglasíð úr brúsanum og í það var bætt 0,3 ml af fullsterkri saltsýru (HCl). Þegar komið var á rannsóknastofu voru næringarefnasýni sett í frysti og TOC sýni í kæli og þau send eins fljótt og auðið var til greininga í Svíþjóð.

3.2 Meðhöndlun sýna og efnamælingar

Efnagreiningar voru gerðar á Hafrannsóknastofnun, Jarðvísindastofnun Háskólans og hjá ALS í Svíþjóð og Danmörku.

Mælingar á leiðni og pH voru gerðar á söfnunarstað samtímis sýnasöfnun. Basavirkni („alkalinity“) og pH var mælt með titrun og pH-rafskauti á Hafrannsóknastofnun að loknum sýnatökuleiðangri. Endapunktur títrunar var ákvarðaður með Gran-falli (Stumm og Morgan, 1996).

Aðalefni og snefilefni voru mæld af ALS Scandinavia með ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy)¹, ICP-MS (Mass Spectrometry with Inductively Coupled Plasma)² og atómljómun; AF (Atomic Fluorescence)³.

Styrkur flúors, klórs og súlfats var mældur með anjónaskilju (Dionex IC2000) á Jarðvísindastofnun Háskólans. Alþjóðlegu staðlarnir BIGMOOSE-02 og MAURI 09 voru notaðir til kvörðunar á þeim greiningunum.

Styrkur næringarefna var mældur með sjálfvirkum litrófsmæli (Autoanalyser)⁴ hjá ALS í Danmörku. Heildarstyrkur TOC var einnig mældur hjá ALS í Danmörku⁵.

Sýnum hefur verið safnað til mælinga á brennisteinssamböndum á rannsóknatímabilinu en þau hafa ekki verið greind ennþá. Til stendur að mæla þau í samstarfi við Carl-Magnus Mörtz prófessor við Stokkhólmsháskóla en það samstarf er framhald á því sem verið hefur síðan 2007.

¹ SS EN ISO 11885: 2009 and US EPA Method 200.7: 1994

² SS EN ISO 17294- 2: 2016 and US EPA Method 200.8: 1994

³ SS EN ISO 17852: 2008.

⁴ DS/EN ISO 11732:2005; DS/ISO 29441:2010; DS/EN ISO 6878:2004

⁵ DS/EN 1484:1997

4 Niðurstöður og umræður

4.1 Gæði niðurstaðna

Næmi efnagreiningaraðferða og upplýsingar um efnagreiningaraðferðir eru í töflu 6. Þar koma einnig fram greiningarmörk/næmi (limit of quantification; LOQ) fyrir hvert efni.

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 (tafla 2). Ef öll aðalefni og ríkjandi efnasambönd eru greind og mólstyrkur þeirra er réttur er magn neikvæðra og jákvæðra hleðslna í vatninu jafnt. Hleðslujafnvægið (katjónir – anjónir) og hlutfallsleg skekkja er reiknað með eftirfarandi jöfnum:

$$\text{Hleðslujafnvægi} = (Na + K + 2 * Ca + 2 * Mg) - (Alkalinity + Cl + 2 * SO_4 + F) \quad (\text{jafna 1})$$

$$\text{Mismunur (\%)} = \frac{\text{Hleðslujafnvægi}}{(\text{katjónir} + \text{anjónir})} * 100 \quad (\text{jafna 2})$$

Mólstyrkur Ca, Mg og SO₄ er margfaldaður með tveimur þar sem þær jónir eru tvígildar og vega tvöfalt á við hinar aðaljónirnar sem notaðar eru til reikninganna (equivalent).

Mismunur katjóna og anjóna í þeim sýnum sem safnað var úr straumvötnum á Suðurlandi var að meðaltali 2,6 %. Það er sambærilegt við það sem verið hefur gert hefur verið grein fyrir í fyrri skýrslum Jarðvísindastofnunar (t.d. Eyðís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019). Almennt mældist styrkur katjóna lítillga hærri en styrkur anjóna og getur það stafað af því að mögulega verður lítillsháttar afgösun á sýnum frá því þeim er safnað þangað til alkalinity (basavirkni) er mæld. Alkalinity í árvatninu er haldið uppi af bíkarbonat jónum, HCO₃⁻ sem er sú anjón sem mest er af í vatninu. Lítillsháttar afgösun getur því valdið því að heildarstyrkur anjóna getur lækkað aðeins í vatnssýnunum.

4.2 Styrkur aðalefna

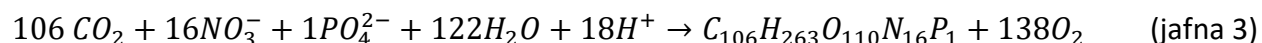
Til aðalefna í vatni teljast SiO₂, Na, K, Ca, Mg, SO₄, Cl, F og uppleyst ólífrænt kolefni (DIC). Meðaltal mælinga sem gerðar voru í útfalli Þingvallavatns, Silfru og Vellankötlu á eðlisfræðilegum þáttum og styrk aðalefna er sýndur í töflu 1 og niðurstöður einstakra mælinga frá 2019 til 2020 er í töflu 2 og á mynd 3. Þar sést að leiðni var stöðug frá 68–74 µS/cm og að meðaltali 72 µS/cm. Leiðni er óbein mæling á styrk hlaðinna efna (jóna) í lausn. Stöðugleiki á leiðni í vatninu bendir til að styrkur uppleystra aðalefna breytist lítið yfir, innan árstíða og á milli ára. Gildi pH voru 7,29–7,97 í útfallinu og 9,45 og 9,37 í Silfru og Vellankötlu. Súrefnismettun vatns í útfallinu var frá 97–102% og styrkur súrefnis var frá 11,2–14,6mg/l. Styrkur súrefnis var lægri að sumri en vetri vegna þess

að leysni súrefnis í vatni minnkar með auknum vatnshita. Heildarmagn uppleystra efna (TDS) var stöðugt frá 61–64 mg/l. Hlutfallslega er mest magn (mg/l) af uppleystu kolefni (DIC í töflum 1 og 2) og þá koma $\text{SiO}_2 > \text{Na} > \text{Cl} > \text{Ca} > \text{SO}_4 > \text{Mg} > \text{K}$. Ef miðað er við fjölda móla (mól/l) breytist röðin og þá er mest af $\text{DIC} > \text{Na} > \text{SiO}_2 > \text{Cl} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{SO}_4 > \text{K}$.

Styrkur uppleystra aðalefna breytist mjög lítið eftir árstíðum. Efnin Na og Cl eru óhvarfgjörn efni sem taka lítið þátt í efnahvörfum í vatninu. Önnur efni, eins og SiO_2 , Ca og Mg, eru hvarfgjarnari og geta fallið út eða verið tekin upp af lífverum í vatninu. Kísill (SiO_2) er aðalefni og er mikilvægt næringarefni fyrir kísilþörunga. Styrkur kísils ætti því að breytast eftir því hvernig frumframleiðni kísilþörunga er háttað. Það væri því viðbúið að sjá lækkun á styrk kísils á sumrin en hækkun á veturna þegar frumframleiðni er takmörkuð af sólarljósi. Það er hins vegar ekki að sjá neina árstíðabundna breytingu á kísilstyrk í Þingvallavatni árin 2019–2020.

4.3 Styrkur næringarefna

Meðalstyrkur næringarefna er sýndur í töflu 1 og niðurstöður einstakra mælinga á styrk næringarefna er í töflu 2 og á mynd 4. Ljóstillífandi lífverur (frumframleiðendur) þarfnast sólarljóss og næringarefna til vaxtar (jafna 3). Næringarefni sem þurfa að vera til staðar í miklu magni, auk kolefnis (C), eru köfnunarefni (N) og fosfór (P) og þegar um kísilþörunga er að ræða, kísill (Si). Ef sólarljós, styrkur næringarefna og hiti er nægilegur er ljóstillífun samfelld, en ef eitt þeirra næringarefna sem nauðsynleg eru frumframleiðendum klárast úr umhverfinu, stöðvast ljóstillífunin og þörungarnir taka að rotna (jafna 3 gengur til vinstri). Við það skilast næringarefni aftur inn í vistkerfið og geta nýst öðrum frumframleiðendum. Þannig myndast hringrás næringarefna innan vistkerfa og aðeins hluti þeirra skolest út úr kerfinu með straumvötnum.



Ljós er grundvallar forsenda fyrir ljóstillífun og skortur á því hefur takmarkandi áhrif á hana. Þess vegna er ljóstillífun og upptaka næringarefna lítil á dimmasta tíma ársins. Þá er niðurbrot lífræns efnis hins vegar meira og því er styrkur uppleystra næringarefna í vatninu yfirleitt meiri að vetri en að sumri.

Styrkur uppleysts ólífræns köfnunarefnis (NO_3 , NO_2 , NH_4) var alltaf undir greiningarmörkum aðferðarinnar árið 2020 nema í sýninu sem safnað var í desember 2020. Styrkur fosfórs mældist í öllum sýnum árið 2020 og í fjórum sýnum árið 2019. Eins og kom fram í skýrslu um efnavöktun Þingvallavatns árið 2019 var greining á styrk fosfats (PO_4) í fyrstu fimm sýnunum sem safnað var á árinu 2019 líklega gölluð hjá greiningaraðila (ALS) og mældist styrkurinn alltaf undir greiningarmörkum (Eydís Salome Eiríksdóttir og Alice Benoit-Cattin 2020). Það má þó telja afar

ólílegt að styrkur PO_4 hafi verið undir greiningarmörkum þar sem hann hefur verið um tífalt hærri síðan 2007. Niðurstöðum þessara mælinga er sleppt við útreikninga á meðalstyrk PO_4 og í töflum og myndum þar sem þær eru ótrúverðugar.

Mynd 4 sýnir styrk næringarefna 2019–2020. Þar má sjá að lítill munur er á heildarstyrk fosfórs (P-total) og ólífræns fosfats (PO_4). Munurinn á milli þessara tveggja mælipátta liggja í styrk lífrænna efnasambanda fosfórs. Það er því hlutfallslega lítill hluti fosfats á lífrænu formi í útfalli Þingvallavatns, að meðaltali 18% af heildarstyrk fosfórs árið 2020 (DOP; Tafla 1). Hins vegar er mun meira af köfnunarefni á lífrænu formi í útfallinu en ólífrænt köfnunarefni og er það ráðandi, fimmfalt herra að meðaltali en ólífrænt köfnunarefni (DON; Tafla 1). Þennan mun á heildarstyrk fosfórs og köfnunarefnis og ólífrænna efnasambanda þeirra efna má sjá glögglega á tveimur neðstu gröfunum á mynd 4.

Hlutfallslega er mun meira af uppleystu fosfati (P) en köfnunarefni (N) í Þingvallavatni miðað við þörf ljóstillífandi lífvera (jafna 3). Það er í takt við aðrar greiningar á styrk næringarefna í vatni sem rennur af ungu, auðleystu basalti á eldvirka beltinu á Íslandi (sjá t.d. samantekt í Sigríður Magnea Óskarsdóttir o.fl. 2011). Það bendir til þess að frumframleiðni í Þingvallavatni sé takmörkuð af styrk köfnunarefnis fremur en öðrum næringarefnum. Það endurspeglast einnig í því að styrkur köfnunarefnis er mjög lágur í útfalli Þingvallavatns og alltaf undir greiningarmörkum þar sem hann hefur verið tekinn upp af frumframleiðandi lífverum á meðan dvalartíma vatnsins stóð. Það er hins vegar ekki raunin í lindarvatni sem streymir inn í Þingvallavatn þar sem frumframleiðni hefur ekki áhrif á það vatn. Styrkur nítrats (NO_3) var að meðaltali um 3,6 og 3,3 $\mu\text{mól/l}$ í Silfru og Vellankötlu (Tafla 1) 2007–2020, sem er um 20 sinnum herra en það sem mælist að meðaltali í útfallinu. Minna munar á styrk NO_2 og NH_4 í innrennslinu og útfallinu.

Heildarstyrkur lífræns kolefnis (total organic carbon; TOC í töflu 2) var mældur í sýnunum en ekki styrkur POC og DOC eins á árunum 2007–2019. Styrkur TOC var hann oftast undir greiningarmörkum árið 2019 en árið 2020 fengust lægri greiningarmörk og var styrkur TOC alltaf yfir greiningarmörkum eftir það. Styrkurinn var frá 0,14 til 1 mg/l í útfallinu og að meðaltali 0,513 mg/l. Styrkur TOC var ekki mældur í lindunum.

4.4 Styrkur snefilefna

Niðurstöður mælinga á styrk snefilefna í sýnum frá 2019 og 2020 úr útfalli Þingvallavatns eru í töflu 2 og á myndum 5 og 6. Meðaltal mælinga á styrk snefilefna frá 2007–2020 eru í töflu 1, auk þess sem meðaltal mælinga frá 2020 er einnig birt í þeirri töflu. Snefilefni eru efni sem eru í mjög litlu magni í vatninu og eru mörg hver nauðsynleg næringarefni fyrir lífverur. Ólílegt er þó að

skortur á þeim fari að hamla framleiðni í Þingvallavatni miðað við það sem fram kemur í kafla 4.1 um næringarefni. Sum snefilefni eru eitruð lífverum t.d. kadmín (Cd), blý (Pb), kvikasilfur (Hg) og arsen (As) og mikilvægt er að fylgjast með styrk þeirra því styrkur margra snefilefna getur aukist vegna mengunar af völdum manna. Langtímabreytileiki í styrk snefilefna er sýndur á mynd 8. Þar sést að það hefur ekki orðið breyting á styrk þeirra vegna tilfærslu á framkvæmd efnavöktunar frá Jarðvísindastofnun yfir til Hafrannsóknastofnunar 2019 og styrkur snefilefna er innan þess breytileika sem mælst hefur frá því að vöktun hófst árið 2007. Fjallað er um vatnsgæði Þingvallavatns metin m.t.t. snefilefna í kafla 4.6.

4.5 Samanburður við eldri gögn

Á myndum 7 og 8 eru niðurstöður úr útfallinu og lindunum frá árunum 2019 og 2020 settar með eldri mælingum (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019) inn á gröf til að hægt sé að gera sér grein fyrir hvort einhverjar breytingar hafa orðið á efnastyrk með tíma, sérstaklega hvað varðar það þegar framkvæmd efnavöktunarinnar færðist frá Jarðvísindastofnun yfir til Hafrannsóknastofnunar. Það eru alltaf smávægilegar breytingar á efnastyrk en almennt skera gögn frá 2019–2020 sig ekki úr gagnasafninu, sérstaklega ekki hvað varðar aðalefni. Þó hefur orðið töluverð lækkun á kísil (SiO_2), sérstaklega árin 2019 og 2020. Sambærilega lækkun má einnig sjá í Sogi við Þrastarlund (Eydís Salome Eiríksdóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2021). Ekki er ljóst af hverju þessi breyting stafar en ekki er að sjá sambærilega breytingu í Norðurá, sem þó er með lágan kísilstyrk líkt og Þingvallavatn, Ölfusá eða Þjórsá. Þannig að ekki er auðvelt að skýra þessa breytingu með breytingum á efnagreiningaraðferðum hjá ALS, og því líklegast að þetta sé raunveruleg lækkun á kísilstyrk í Þingvallavatni. Það þyrfti þó að kanna með því að endurmæla kísilstyrk í þessum sýnum.

Varðandi næringarefni sést að styrkurinn er á pari við það sem verið hefur frá því að mælingar hófust árið 2007, en þó eru mælingar á N-total og NH_4 lægri en oft áður, hugsanlega vegna þess að gæði mælinga á næringarefnum hefur aukist. Mælingar á NH_4 eru viðkvæmar og mengun á sér auðveldlega stað, bæði við söfnun og mælingu. Mælingar á styrk snefilefna (mynd 8) sýna að þær eru oft breytilegri en mælingar á aðalefnum, og skýrist það af því hve lágur efnastyrkur þeirra efna er. Greiningartækni tekur sífelldum breytingum og tækin verða næmari með árunum. Snefilefnasýni eru einnig viðkvæmari fyrir mengun í sýnatöku. Því eru alltaf eitt og eitt efni/sýni sem sker sig úr gagnasafninu.

Styrkur snefilefna er lágur í Þingvallavatni. Söfnun sýna fyrir snefilefnagreiningar og efnagreiningarnar sjálfar eru mjög krefjandi og lítið þarf út af að bregða til að mengun verði. Flest

snefilefni haf tekið litlum breytingum í Þingvallavatni og lindunum yfir rannsóknartímabilið en þó eru alltaf eitt og eitt sýni sem sker sig úr hvað varðar styrk snefilefna. Þau sýni hafa annað hvort orðið fyrir mengun í söfnun eða greiningu.

Mynd 7 og 8 eru gagnlegar til að draga fram þær breytingar sem verða á efnasamsetningu vatnsins frá því að það rennur um lindir til Þingvallavatns og þar til það fellur úr vatninu, áfram niður vatnasviðið. Þar sést t.d. að pH í lindunum er mun hærra en í útfalli vatnsins en lindarvatn á Íslandi hefur almennt hátt pH gildi. Myndirnar sýna einnig að styrkur flestra aðalefna (Na, Ca, Cl, F og alkalinity (DIC)) eru svipuð í Silfru og í útfallinu en lægri í Vellankötlu. Styrkur SiO_2 , Mg og SO_4 eru sambærileg í lindunum. Styrkur SiO_2 lækkar á dvalartíma vatnsins, vegna upptöku kísilþörunga, en styrkur Mg og SO_4 hækkar, vegna ákomu þeirra á vatnið. Mynd 7 sýnir að styrkur næringarefna í lindunum Silfru og Vellankötlu er sambærilegur og hærri en í útfalli Þingvallavatns, vegna upptöku ljóstillífandi lífvera í vatninu á næringarefnum á dvalartíma vatnsins. Mynd 8 sýnir langtímabreytingar snefilefna í Silfru, Vellankötlu og útfalli Þingvallavatns. Þar sést að styrkur Fe, Mn, Sr, Cu, Ti og Mo er hærri í útfallinu en í lindunum. Styrkur Al er hins vegar lægri í útfallinu en í lindunum, líklega vegna þess hve leysni álsteinda er mikið háð pH gildi vatnsins og lækkar með lækkandi pH. Styrkur V er lítillega lægri í útfallinu en í lindunum en mest áberandi er munurinn sem er á krómstyrk (Cr) í Silfru miðað við það sem mælist í Vellankötlu og útfalli Þingvallavatns. Það má rekja til þess að Cr styrkur í lindinni Silfru, aðaluppsprettu vatns í Þingvallavatni, er hár (46,9 nmól/l; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019). Ýmislegt hefur verið rætt varðandi það en helst þykir líklegt að vatnið renni um óvenju krómríkt berg og því til stuðnings hefur verið bent á að styrkur Cr í Hvítá í Borgarfirði er einnig hár (meðalstyrkur 23,6 nmól/l; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2011). Vatnasvið Hvítár í Borgarfirði nær upp að Langjökli líkt og vatnasvið Þingvallavatns svo vatnið hefur hugsanlega runnið um sambærilegt berg á leið sinni niður vatnasviðið.

4.6 Vatnsgæði í Þingvallavatni

Niðurstöður mælinga á næringarefnum í útfalli Þingvallavatns árið 2020 bendir til þess að vatnið sé í umhverfisflokki I (næringarfátækt vatn) samkvæmt reglugerð nr. 796/1999 (töflur 3 og 4). Fosfórstyrkur í vatninu hefur oft verið á mörkum umhverfisflokks I og II en meðalstyrkur PO_4 og P-total árið 2020 er í flokki I. Styrkur köfnunarefnis í útfallinu hefur alltaf verið langt undir efri mörkum í umhverfisflokki I (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019; Eydís Salome Eiríksdóttir og Alice Benoit-Cattin 2020). Heildarstyrkur agnabundinna og uppleystra næringarefna (TN og TP) var mældur í einu sýni úr útfallinu, og fellur það í umhverfisflokk I m.t.t. þeirra mælinga. Sama má segja um heildarstyrk lífræns kolefnis (TOC) í útfallinu, hann er í umhverfisflokki I miðað við TOC í straumvötnum í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns (ath. ekki eru gefin upp

viðmið fyrir TOC í stöðuvötnum í reglugerðinni). Mat á gæðum vatns í Þingvallavatni árið 2020, byggt á þungmálmum, bendir til að vatnið sé í umhverfisflokki I miðað við efnin As, Cd, Cu, Ni, Pb og Zn. Styrkur Cr fellur í flokk II í reglugerð nr. 796/1999. Áður hefur verið bent á að styrkur Cr í Þingvallavatni er óvenju hár miðað við styrk þess í öðru ferskvatni á Íslandi (16,2 nmól/l; Eydís S. Eiríksdóttir o.fl. 2019), eins og greint er frá í kafla 4.5.

Sé Þingvallavatn flokkað miðað við það vatn sem rennur í það úr Silfru og Vellankötlu má sjá að það fellur í umhverfisflokk I m.v. öll snefilefni nema Cr sem fellur í umhverfisflokk II, eins og í útfallinu. Vatn í Silfru og Vellankötlu fellur í umhverfisflokk I miðað við N-total og í flokk II miðað við fosfór (P-total og PO₄). Það skal þó tekið fram að ekki er venjan að flokka stöðuvötn eftir innrennsli þeirra heldur er þetta aðeins gert til að draga fram þann mun sem er á innrennsli og útrennsli Þingvallavatns.

Árið 2011 voru sett lög á Alþingi um stjórn vatnamála, nr. 36/2011, og á grundvelli þeirra reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun sem og reglugerð um stjórn vatnamála nr. 935/2011. Meginmarkmið lagarammans er að vernda vatn og vatnavistkerfi og tryggja gæði vatns til lengri tíma. Samkvæmt lögunum hafa verið sett fram viðmið til að nota við ástandsflokkun m.t.t. lífríkis og eðlisefnafræði vatnanna (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2020). Niðurstöður þeirra mælinga sem kynntar eru í þessari skýrslu nýtast til að meta ástand Þingvallavatns m.t.t. eðlisefnafræðilegra gæðapátta; meðaltali mælinga á pH, rafleiðni (leiðni), alkalinity (basavirkni) og styrks uppleystu næringarefnanna NO₃, PO₄ og NH₄, á ársgrundvelli. Meðaltal mælinga í útfalli Þingvallavatns (tafla 1) var notað ásamt þeim viðmiðunum sem birtar hafa verið til ástandsflokkunar straum- og stöðuvatna (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2020) og benda niðurstöðurnar til að Þingvallavatn sé í mjög góðu ástandi (náttúrulegu ástandi) m.t.t. eðlisefnafræðilegra gæðapátta (tafla 5).

5 Lokaorð

Í þessari skýrslu eru teknar saman niðurstöður mælinga og efnagreiningar á sýnum úr Þingvallavatni frá árinu 2019–2020. Sýnunum var safnað mánaðarlega frá mars til desember 2019 en fjórum sinnum yfir árið 2020; um vor, sumar, haust og vetur, á sama tíma og úr Þjórsá, Ölfusá og Sogi. Niðurstöður úr útfallinu eru bornar saman við niðurstöður úr lindunum Silfru og Vellankötlu og við eldri niðurstöður á myndum, töflum og í texta. Styrkur einstakra efna breyttist ekki við tilfærslu á framkvæmd efnavöktunar í Þingvallavatni frá Jarðvísindastofnun til Hafrannsóknastofnunar þar sem lögð var áhersla á að nota sömu söfnunarstaði, söfnunar- og mæliaðferðir og gert var á Jarðvísindastofnun. Niðurstöður mælinga á næringarefnum og

snefilefnum voru notaðar til að meta vatnsgæði í Þingvallavatni skv. reglugerð um varnir gegn mengun vatns og eins til að meta ástand vatnsins m.t.t. eðlisefnafræðilegra gæðapátta, skv. viðmiðum sem lögð hafa verið fram vegna vinnu við stjórn vatnamála. Ástand Þingvallavatns er mjög gott miðað við eðlisefnafræðilega gæðapætti og viðmið sett fram í tengslum við stjórn vatnamála. Athugun á vatnsgæðum Þingvallavatns 2020 skv. reglugerð um varnir gegn mengun vatns, bendir til þess að vatnið falli í umhverfisflokk I, nema styrkur króms (Cr) sem lendir í umhverfisflokki II. Ástæðan fyrir því er ekki talin vera vegna álags af mannavöldum heldur frá náttúrunnar hendi.

Mikilvægt er að fylgjast áfram vel með ástandi lífríkis og efnastyrk í Þingvallavatni því það er viðkvæmt fyrir mengun af mannavöldum. Regluleg vöktun er því nauðsynleg til langs tíma þar sem sveiflur í lífríkinu hafa áhrif á efnastyrk í vatninu, bæði árstíðabundnar og til langs tíma. Eins er mikilvægt að halda áfram að vakta efnasamsetningu vatns sem streymir um lindirnar Silfru og Vellankötlum þar sem það vatn verður ekki fyrir breytingum í lífríki vatnsins en gæti orðið fyrir áhrifum af breytingum á eiginleikum ákomu sem fellur á vatnasviðið.

Þakkir

Bestu þakkir til Finns Ingimarssonar og Haraldar Rafns Ingvasonar á Náttúrufræðistofu Kópavogs sem unnið hafa að vöktun á Þingvallavatni um árabil. Einnig fær Sigurður Reynir Gíslason á Jarðvísindastofnun Háskólans bestu þakkir fyrir samstarf um vöktun á efnasamsetningu Þingvallavatns síðan 2007, traust og vináttu í gegnum tíðina. Samstarfsaðilar um vöktun Þingvallavatns (Landsvirkjun, Orkuveita Reykjavíkur, Þjóðgarðurinn á Þingvöllum, Bláskógabyggð og Grímsnes- og Grafningshreppur), Aðalbjörg Birna Guttormsdóttir og Tryggvi Þórðarson hjá Umhverfisstofnun fá bestu þakkir fyrir áframhaldandi stuðning við verkefnið.

Heimildir

- Árni Snorrason. (2002). *Vatnafar á vatnasviði Þingvallavatns Í: Þingvallavatn. Undraheimur í mótun.* (ritstj. Pétur M. Jónasson & Páll Hersteinsson). (ritstj. Pétur M. Jónasson og Páll Hersteinsson), Mál og menning, bls. 110–119.
- Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen. (1992). Stable isotope study of the Thingvallavatn area. Groundwater origin, age and evaporation models. *Oikos*, 64. 136-150.
- Eydís Salome Eiríksdóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir. (2021). *Efnavöktun straumvatna á Suðurlandi. Niðurstöður ársins 2020.* Haf- og vatnarannsóknir. HV 2021-33. 54 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir. (2021). *Vöktun á eðlisefnafræðilegum gæðapáttum í Þingvallavatni 2020.* Greinargerð Hafrannsóknastofnunar, KV 2021-3. 18 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir. (2020). *Efnavöktun í útfalli Þingvallavatns 2019.* Greinargerð Hafrannsóknastofnunar. KV 2020-04, 16 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir og Sigurður Reynir Gíslason. (2020). *Efnabúskapur Þingvallavatns.* Náttúrufræðingurinn 90 (1). Bls 65 – 79.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Alice Benoit-Cattin. (2020). *Efnasamsetning Þingvallavatns 2019.* Haf- og vatnarannsóknir. HV 2020-27. 22 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Deirdre Clark, Carl-Magnus Mörtz og Sigurður Reynir Gíslason. (2019). *Efnasamsetning Þingvallavatns 2007–2018*, RH-02-2019, 42 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jörunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir, Kristjana G. Eypórsdóttir. (2011). *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Vesturlandi V.* Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar. Raunvísindastofnun Háskólans, Reykjavík, RH-06-2011, 46 bls.
- Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnason. (2002). *Grunnvatnið til Þingvallavatns.* Í: Þingvallavatn, undraheimur í mótun (ritstj. Pétur M. Jónasson og Páll Hersteinsson), Mál og menning. Bls. 120 – 135.
- Hákon Aðalsteinsson, Pétur M. Jónasson og Sigurjón Rist. (1992). Physical characteristics of Thingvallavatn, Iceland. *Oikos* 64. Bls. 121-135.
- Jón Ólafsson. (1992). Chemical characteristics and trace elements of Thingvallavatn. *Oikos* 64. 151– 161.
- Sigríður Magnea Óskarsdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Stefánía Guðrún Halldorsdóttir, Guðrún Gísladóttir. (2011). Spatial distribution of dissolved constituents in Icelandic river waters. *Journal of Hydrology* 397, 175–190.
- Stumm, W. og J. Morgan. (1996). *Aquatic Chemistry. Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*, 3rd ed. John Wiley & sons, New York, 1022 bls.

Viðauki



Mynd 2. Sýnatökustaður í útfalli Þingvallavatns. Sýnum var safnað í útfalli Þingvallavatns, á stíflunni, þeim megin sem botnlökan var opin (A og C). Mælingar á leiðni, pH og súrefni voru gerðar af bakka við inntak Steingreimsstöðvar, þar sem hreyfing var á vatninu (C).

Tafla 1. Meðalefnasamsetning í útfalli Þingvallavatns (2007–2020 og fyrir árið 2020) og í lindunum Silfru og Vellankötlum 2007-2020. Gögn eldri en 2019 hafa verið birt í árlegum skýrslum Jarðvísindastofnunar (t.d. Eyðís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019).

Vatnsfall	Vatnshiti °C	Lofthiti °C	pH	Leiðni µS/sm	SiO ₂ µmól/l	Na µmól/l	K µmól/l	Ca µmól/l	Mg µmól/l	Alkalinity meq/l	DIC µmól/l	S-total µmól/l ICP-OES	SO ₄ µmól/l I.C.	δ ³⁴ S ‰	δ ³³ S ‰	Cl µmól/l	F µmól/l I.C.	TDS mg/l mælt	TDS mg/l reikn.
Þingvallavatn útfall 2007-2020	6,0	6,7	7,61	69,9	182	380	15,7	103	58,3	0,479	487	25,2	23,9	8,84	4,74	172	3,64		63
Þingvallavatn útfall 2020	4,8	6,5	7,55	71,9	154	396	15,9	102	56,6	0,490	490		24,1			166	3,96		62
Silfra 2007-2020	3,7	6,7	9,33	69,3	249	376	11,8	98,1	41,4	0,460	431	15,8	15,5	11,3	6,36	157	3,36		61
Vellankatla 2007-2020	2,8	6,4	9,24	52,2	248	272	10,8	70,5	37,0	0,334	305	13,6	12,1	11,3	6,29	122	2,59		49
Heimsmeðaltal					0,173	0,224	0,033	0,334	0,138		0,853	0,09	0,09				5,26	100	100
WHO Guidelines																	79		

Vatnsfall	DOC µg/kg	POC µg/kg	PON µg/kg	C/N mól	TOC mg/l	P _{total} µmól/l	DIP PO ₄ -P µmól/l	DOP P _{tot} -DIP µmól/l	DIP/ DOP	TDN N _{total} µmól/l	NO ₃ -N µmól/l	NO ₂ -N µmól/l	NH ₄ -N µmól/l	DIN µmól/l	DON µmól/l	DIN/ DON	DOC/ DON (DOC+POC) %
Þingvallavatn útfall 2007-2020	483	439	38,4	12,8		0,314	<0,253	0,080	3,91	<2,90	<0,221	<0,045	<0,512	0,88	2,02	0,436	52
Þingvallavatn útfall 2020					0,513	0,335	0,274	0,061	5,49	<2,59	<0,159	<0,040	<0,229	0,43	2,16	0,198	
Silfra 2007-2020	396					0,765	0,678	0,087	8,78	4,65	3,60	0,055	0,414	4,07	0,58	7,04	
Vellankatla 2007-2020	<444					0,880	0,785	0,094	9,32	<4,48	3,28	<0,067	<0,633	3,98	0,50	8,00	
Heimsmeðaltal						0,323			0,67		7,14	0,065	1,14	8,57	18,6	0,46	60
Umhverfismörk II						1,3	0,8			54							
WHO Guidelines											806	65,2					

Vatnsfall	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
Þingvallavatn útfall 2007-2020	0,285	0,084	<0,711	0,010	0,0616	1,43	0,896	<0,021	<0,115	16,8	2,35	1,64	<0,087	<16,0	<0,011	1,56	<2,59	0,350
Þingvallavatn útfall 2020	0,184	0,053	0,638	0,006	0,0645	1,60	0,686	<0,019	<0,085	16,2	2,02	2,04	<0,049	<3,6	<0,017	1,43	1,87	0,357
Silfra 2007-2020	1,37	<0,010	0,584	<0,001	0,0352	<1,24	0,949	<0,018	<0,083	46,9	<1,87	<1,61	<0,077	<7,91	<0,010	1,15	<0,880	0,476
Vellankatla 2007-2020	1,22	<0,007	<0,307	<0,001	0,0401	<0,917	0,521	<0,032	0,120	19,1	<1,77	<1,58	<0,078	<3,77	<0,011	0,934	0,755	0,427
Heimsmeðaltal		0,716		1,85														
Umhverfismörk II						67		0,9		96	47	256	4,8	306				
WHO Guidelines			222 ^P	7,28 ^P		133	9470	26,7		962	31.500	1190	48,3	45.900	29,9	730		

Útfall 2007-2020 n=61; Silfra og Vellankatla n=15

Umhverfismörk II fyrir málma, næringarefni og lífrænt kolefni í yfirborðsvatni til verndar lífríki (flokkur B – Lítið snortið vatn, www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/796-1999)

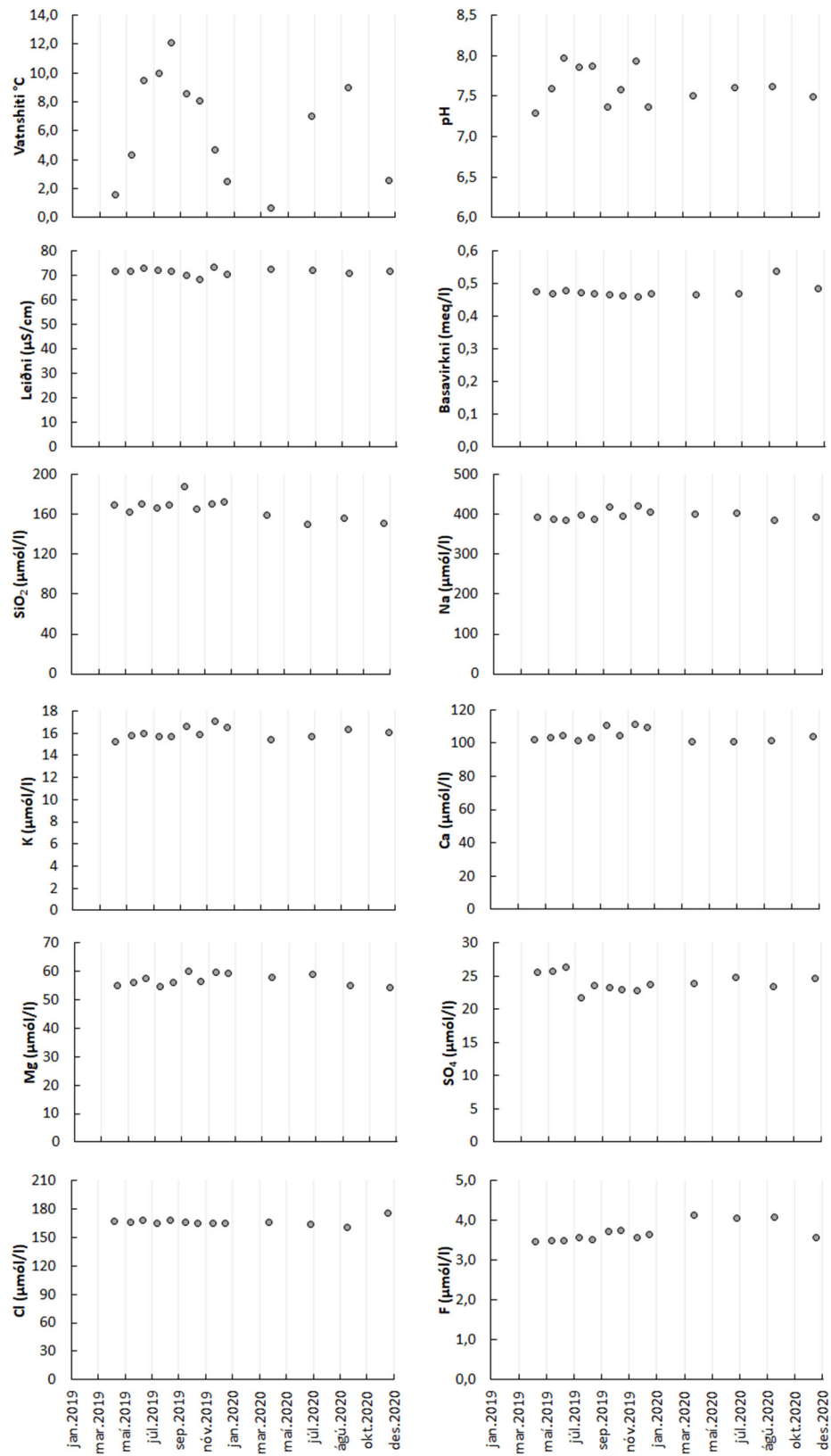
Upplýsingar um styrk DOC, POC og PON eru aðeins aðgengilegar til ársins 2018

Tafla 2. Efnasamsetning vatnssýna úr útfalli Þingvallavatns og lindunum Silfru og Vellankötlu 2019–2020: Styrkur uppleystra aðalefna næringarefna og snefilefna auk heildarstyrks lífræns kolefnis (TOC).

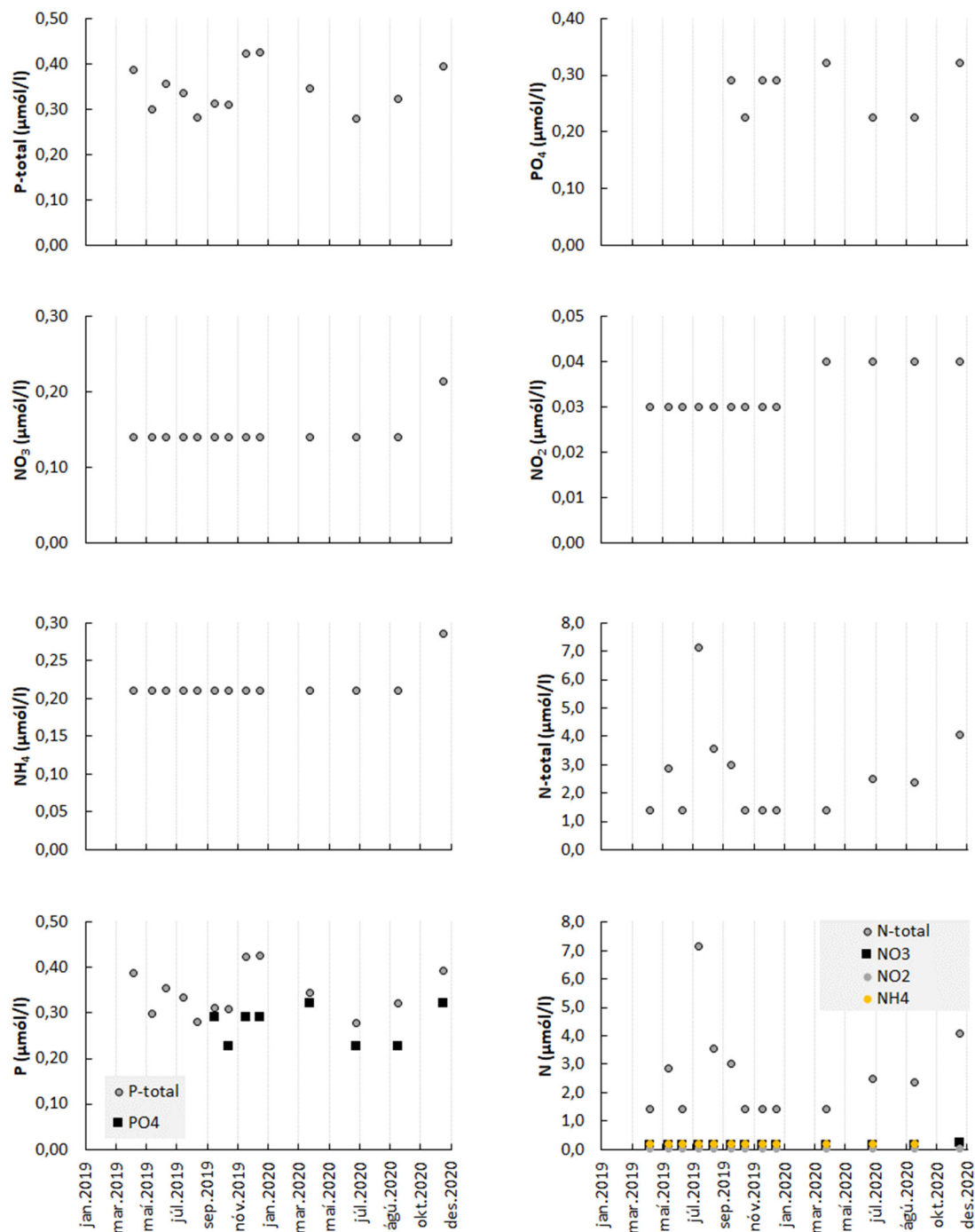
Sýnanúmer	Vatnsfall	Dags	kl	Loft-hiti °C	Vatns-		pH	Leiðni µS/cm	SiO ₂ µmól/l	Na µmól/l	K µmól/l	Ca µmól/l	Mg µmól/l	Alkalinity meq/l	DIC µmól/l	SO ₄ µmól/l	Cl µmól/l	F µmól/l	Hleðslu-	Hleðslu-	TDS _{reikn.} mg/l	TOC mg/l	O ₂ %	O ₂ mg/l	TN	TP
					jafnvægi	jafnvægi													ósíuð sýni	ósíuð sýni						
20190408-11:40	Útfall	8.4.2019	11:40		1,6	7,29	71,8	169	392	15,2	102	55	0,475	475	25,5	167	3,46	25	1,80	62	<0,10	104,4	13,6			
20190514-11:30	Útfall	14.5.2019	11:30		4,3	7,59	71,7	162	388	15,8	103	56	0,468	468	25,7	166	3,48	33	2,30	61	0,38	109,6	12,5			
20190611-12:15	Útfall	11.6.2019	12:15		9,5	7,97	73,0	170	387	15,9	105	58	0,480	479	26,3	168	3,50	23	1,60	63	0,29	108,5	12,3			
20190715-12:30	Útfall	15.7.2019	12:30		10,0	7,86	72,3	166	399	15,7	102	55	0,472	472	21,7	165	3,58	43	3,10	61	0,21	105,0	11,3			
20190813-12:20	Útfall	13.8.2019	12:20		12,1	7,87	71,7	169	387	15,7	103	56	0,468	468	23,6	168	3,51	34	2,40	61	0,23	99,4	11,59			
20190916-12:15	Útfall	16.9.2019	12:15		8,6	7,36	70,1	188	419	16,6	111	60	0,466	466	23,3	166	3,73	94	6,50	64	<0,50	100,9	11,92			
20191015-12:00	Útfall	15.10.2019	12:30		8,1	7,58	68,4	165	396	15,9	105	56	0,463	462	22,9	165	3,76	56	4,00	61	<0,50	97,4	12,53			
20191118-12:15	Útfall	18.11.2019	12:15		4,7	7,93	73,5	171	421	17,1	111	60	0,460	459	22,8	165	3,57	105	7,20	62	<0,50	96,6	13,19			
20191216-11:30	Útfall	16.12.2019	11:30		2,5	7,36	70,6	173	405	16,5	109	59	0,469	469	23,7	165	3,65	75	5,20	62	<0,50	96,3	13,8			
20200324-13:30	Útfall	24.3.2020	13:30	2	0,7	7,50	72,7	160	402	15,4	101	58	0,465	465	23,8	166	4,1	52	3,65	61	0,56	ekki mælt		2,93	0,419	
20200625-13:00	Útfall	25.6.2020	13:00	10	7,0	7,60	72,0	150	404	15,7	101	59	0,471	470	24,7	163	4,1	52	3,64	61	0,35	97,2	11,24			
20200917-13:15	Útfall	17.9.2020	13:15	10	9,0	7,62	70,9	156	385	16,4	101	55	0,538	538	23,4	160	4,1	40	2,39	64	0,14	101,1	13,8			
20201217-12:10	Útfall	17.12.2020	12:10	4	2,6	7,49	71,8	151	393	16,1	104	54	0,486	486	24,6	176	3,57	10	0,71	62	1,00	102,6	14,6			
20201006-13:50	Silfra	6.10.2020	13:50	7	3,5	9,45	70,5	240	398	12,4	98	40	0,471	447	16,7	151	3,93	26	1,95	63						
20201006-14:50	Vellankatla	6.10.2020	14:50	7	2,9	9,37	54,6	237	282	12,1	71	36	0,358	338	13,0	116	3,06	6	0,62	51						
																					</					

¹ Heildarstyrkur uppleysts fosfórs (P-total) mældur með ICP-OES

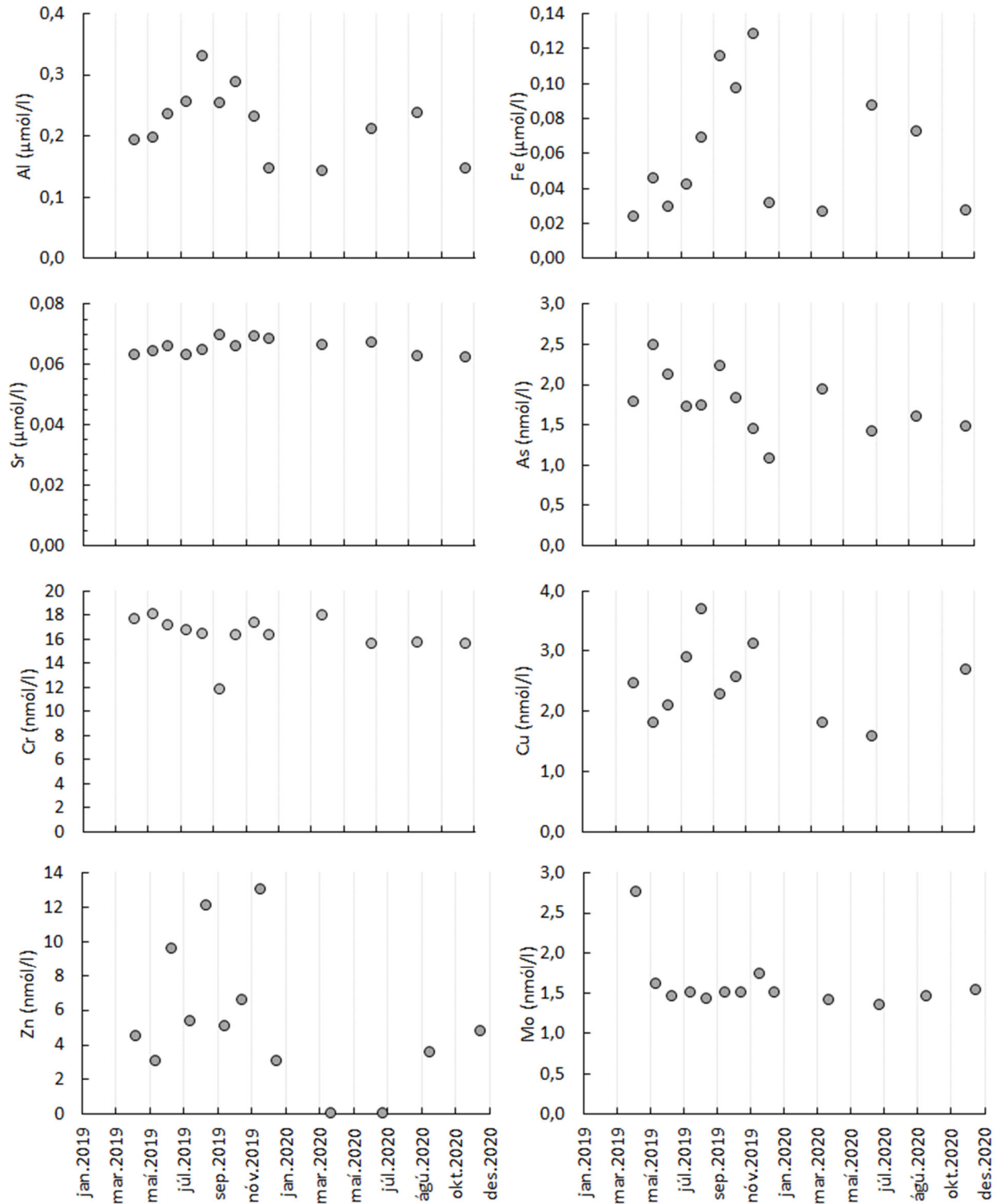
² Heildarstyrkur uppleysts fosfórs (P-total) mældur með litrófsmæli



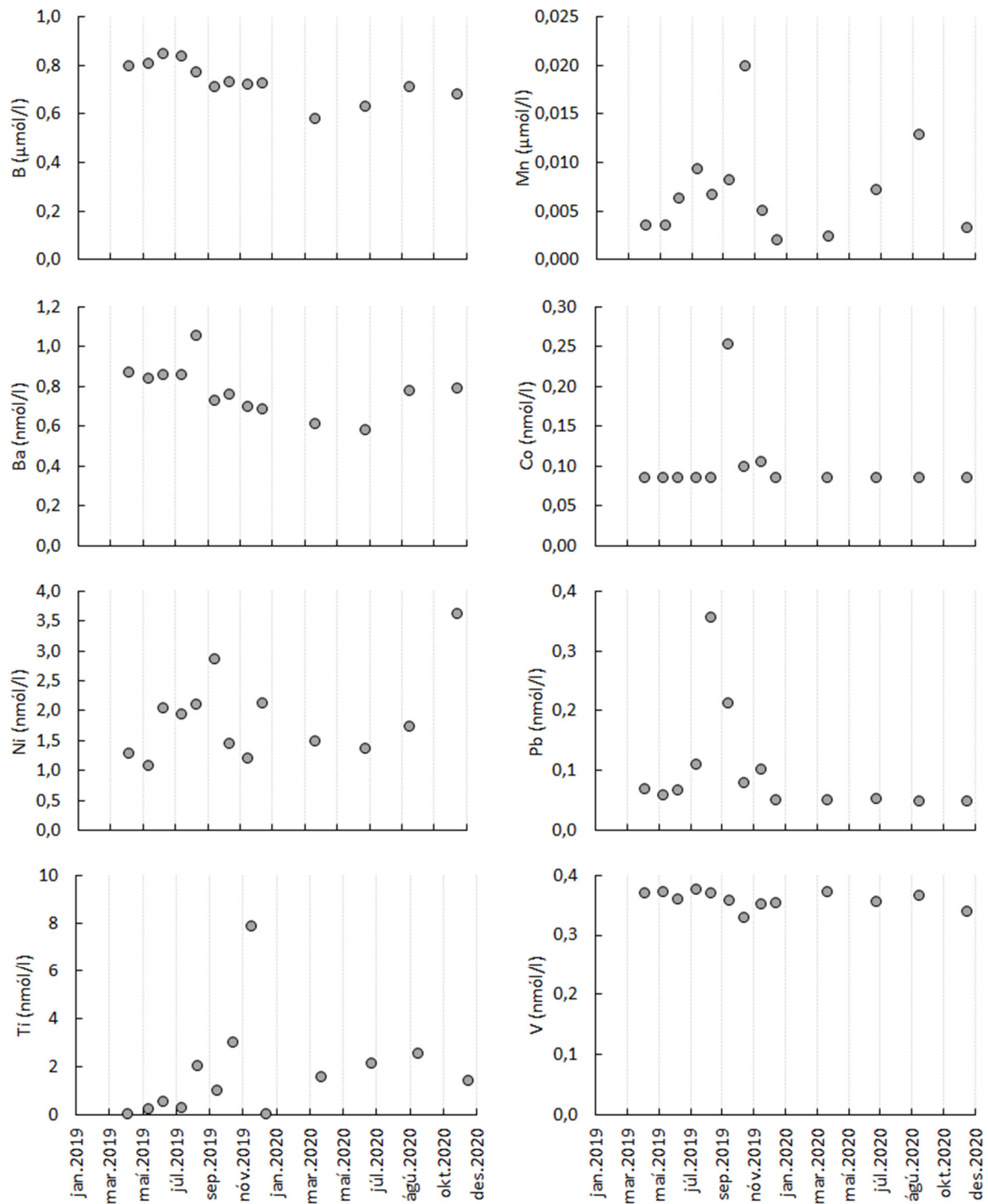
Mynd 3. Styrkur aðalefna í útfalli Þingvallavatns 2019-2020.



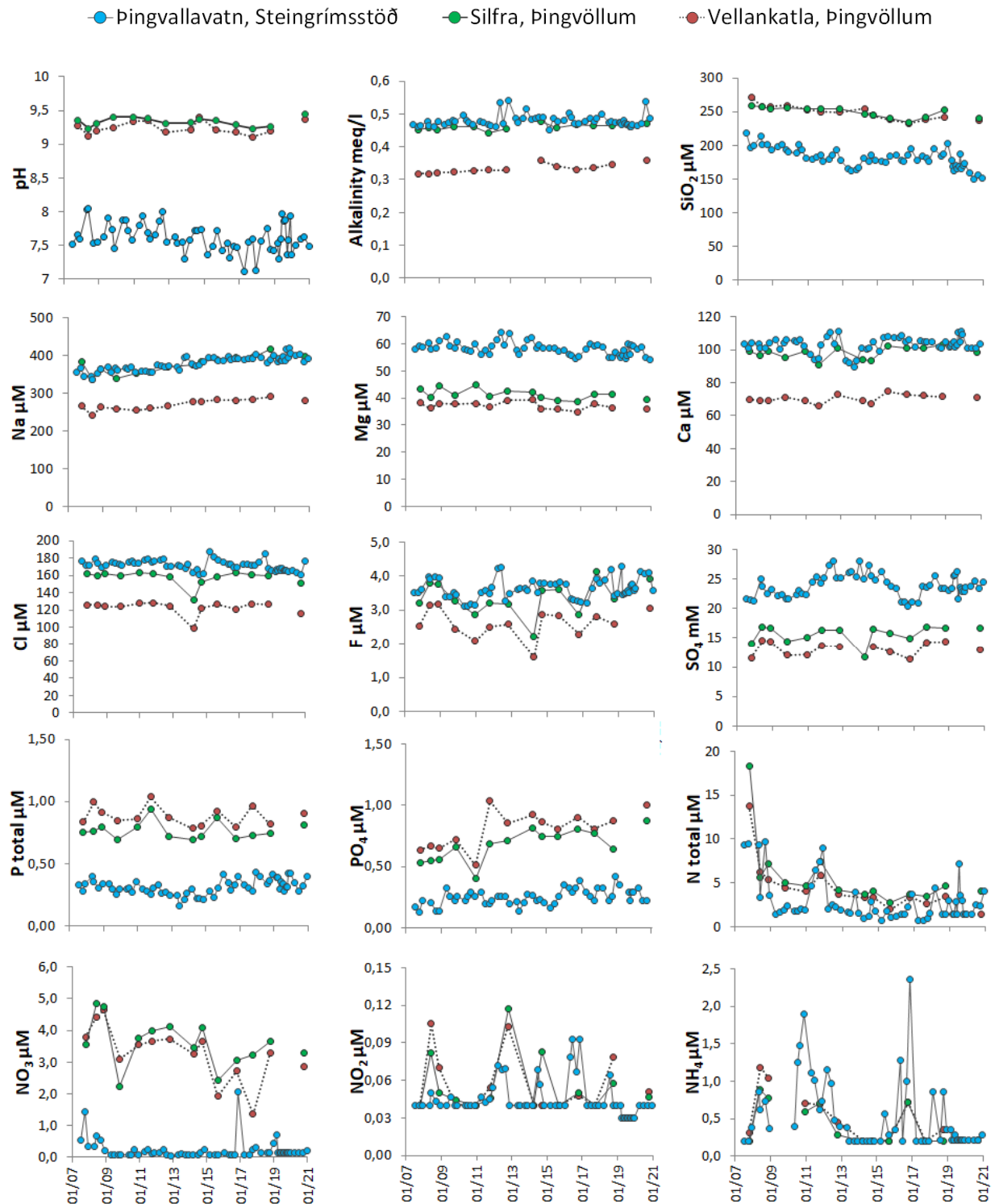
Mynd 4. Styrkur næringarefna í útfalli Þingvallavatns 2019-2020.



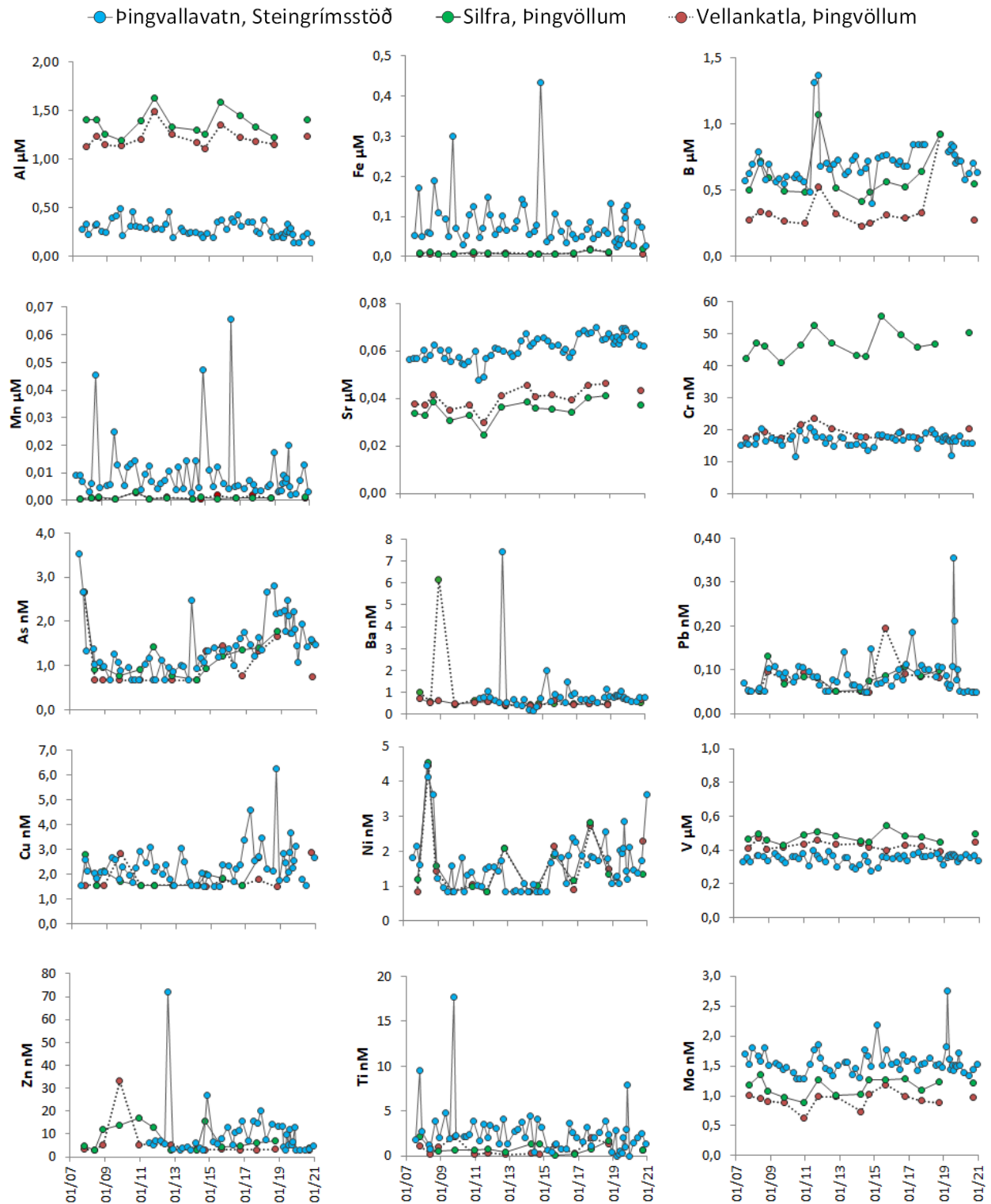
Mynd 5. Styrkur snefilefna í útfalli Þingvallavatns 2019-2020.



Mynd 6. Styrkur snefilefna í útfalli Þingvallavatns 2019-2020.



Mynd 7. Niðurstöður mælinga í útfalli Þingvallavatns og í lindunum Silfru og Vellankötlu: pH, leiðni, aðalefni.



Mynd 8. Niðurstöður mælinga á rannsóknartímabilinu (2007-2021) í útfalli Þingvallavatns og í lindunum Silfru og Vellankötlu: snefilefni.

Tafla 3. Efri umhverfismörk málma og næringarefna í hverjum umhverfisflokki til verndar lífríki í yfirborðsvatni samkvæmt reglugerð 796/1999. Styrkur umreiknaður í nmól/l og μmól/l til að nota til samanburðar við þau gögn sem birt eru í skýrslunni.

A. Efri umhverfismörk málma og næringarefna í yfirborðsvatni til verndar lífríki							
Málmar í yfirborðsvatni			A	B	C	D	E
Kopar	nmól/l	<7,6	47	142	708	>708	
Zínk	nmól/l	<76	306	918	4589	>4589	
Kadmíum	nmól/l	<0,1	0,9	2,7	13,3	>13,3	
Blý	nmól/l	<1,0	4,8	14,5	72	>72	
Króm	nmól/l	<5,8	96	288	1442	>1442	
Nikkel	nmól/l	<12	256	767	3833	>3833	
Arsenik	nmól/l	<5,3	67	200	1001	>1001	
Næringarefni í ám							
P-total	μmól/l	<0,6	1,3	2,9	4,8	>4,8	
PO ₄ -P	μmól/l	<0,3	0,8	1,6	3,2	>3,2	
NH ₃	μmól/l	<0,6	1,5	5,9	14,7	>14,7	
N-total	μmól/l	<21	54	107	178	>178	

Tafla 4. Vatnsgæði í Þingvallavatni árið 2020 byggt á meðalefnastyrk þeirra efna sem miðað er við í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999. Sjá mörk flokka og litamerkingu í töflu 3.

Þingvallavatn, útfall		
P_{total}	μmól/l	0,335
PO₄-P	μmól/l	0,274
N_{total}	μmól/l	<2,59
As	nmól/l	1,60
Cd	nmól/l	<0,019
Cr	nmól/l	16,2
Cu	nmól/l	2,02
Ni	nmól/l	2,04
Pb	nmól/l	<0,049
Zn	nmól/l	<3,6

Tafla 5. Ástand vaktaðra straumvatna á Suðurlandi m.t.t. eðlisefnafræðilegra gæðapátta miðað við viðmið sem gefin eru upp í skýrslu fagstofnanna (Eydis Salome Eiríksdóttir o.fl. 2020). Blár litur táknar mjög gott (náttúrulegt) ástand.

Vatnsfall		Þingvallavatn
Vatnagerð		LL4
Vatnshlotanr.		104-2232-R
pH		7,55
Leiðni	μS/sm	71,9
Alkalinity	meq/l	0,490
PO ₄ -P	μmól/l	0,274
NO ₃ -N	μmól/l	<0,159
NH ₄ -N	μmól/l	<0,229

Tafla 6. Næmi efnagreiningaraðferða og hlutfallsleg skekkja mælinga.

Efni	Rannsóknar- stofa	Aðferð/Tæki	Einingar	Næmi	Skekkja
Leiðni	Hafró	Leiðnimælir	µS/cm		± 1,0
T°C	Hafró	Hitamælir	°C		± 0,1
pH	Hafró	pH mælir			± 0,05
Svifaur	Veðurstofan		mg/l	1,0	
SiO ₂	ALS	ICP-AES	µmól/l	1,07	
Na	ALS	ICP-AES	µmól/l	4,35	
K	ALS	ICP-AES	µmól/l	10,2	
Ca	ALS	ICP-AES	µmól/l	2,50	
Mg	ALS	ICP-AES	µmól/l	3,70	
Alkalinity	Hafró	Títrun	meq/l		3%
CO ₂	Hafró	Jónaskilja	µmól/l		3%
SO ₄	JHÍ	Jónaskilja	µmól/l	10,4	10%
S	ALS	ICP-AES	µmól/l	6,24	
Cl	JHÍ	Jónaskilja	µmól/l	28,2	5%
F	JHÍ	Jónaskilja	µmól/l	1,05	10%
N-NO ₂	ALS	Autoanalyser	µmól/l	0,036	
N-NO ₃	ALS	Autoanalyser	µmól/l	0,14	
N-NH ₄	ALS	Autoanalyser	µmól/l	0,29	
N-total	ALS	Autoanalyser	µmól/l	1,43	
P-PO ₄	ALS	Autoanalyser	µmól/l	0,03	
P-total	ALS	Autoanalyser	µmól/l	0,1	
P	ALS	ICP-AES	µmól/l	0,032	
Al	ALS	ICP-SFMS	µmól/l	0,007	
B	ALS	ICP-SFMS	µmól/l	0,05/0,93	
Fe	ALS	ICP-SFMS	µmól/l	0,007	
Sr	ALS	ICP-SFMS	µmól/l	0,023	
Ti	ALS	ICP-SFMS	µmól/l	0,001	
Mn	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,546	
As	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,667	
Cr	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,192	
Ba	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,073	
Co	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,085	
Ni	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,852	
Cu	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	1,57	
Zn	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	3,06	
Mo	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,521	
Cd	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,018	
Hg	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,010	
Pb	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,048	
V	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,098	
Th	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,086	
U	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,002	
Sn	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,421	
Sb	ALS	ICP-SFMS	nmól/l	0,082	
TOC	ALS	Skalar Formacs TON/TN	mg/l	0,1	
DOC	Umeå	Carlo Erba 1108	µmól/l	8,0	
DOC	NMÍ		µmól/l	9,0	
POC	NMÍ		µg µg/l ¹ µg/l ²	2,00 10,0 6,67	6,50%
PON	Umeå	Shimadzu TOC5000	µg	1,5	
PON	NMÍ		µg µg/l ¹ µg/l ²	0,40 2,00 1,33	11%
POP	NMÍ		µg µg/l ¹ µg/l ²	0,40 2,00 1,33	

¹Næmi ef vatnssýni er 200 ml, ²Næmi ef vatnssýni er 300 ml.

Greiningar hjá ALS eru LOQ. Allar greiningar eru gerðar undir staðlaðri EPA aðferð, nr. 200.7 fyrir ICP-AES og nr. 200.8 fyrir ICP-SFMS.

Hg greiningar með AFS eru gerðar skv. SS-EN ISO 17852:2008.



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna