



Icelandic Museum
of Natural History

Brynjólfsgata 5
IS-107 Reykjavík

S./Tel. 577 1800

nmsi@nmsi.is
www.nmsi.is

ÞINGVALLAVATN

Náttúruperla undir álagi

Dr. Hilmar J. Malmquist forstöðumaður

Sportkafarafélag Íslands – 07.01.2016

Efnistöð

Einkenni og sérkenni vistkerfisins

Jarð- og vatnafræðilegir þættir

Líffræðilegir þættir

Löggjöf og regluverk til verndar vistkerfinu

Helstu álagsþættir og aðsteðjandi vandi

Staðbundnir

Mengun vegna búsetu og umferðar

Mengun vegna Nesjavallavirkjunar

Annað (köfun, fleira?)

Hnattrænir

Loftslagshlúnun og hlúnun vatns

Loftborin, langt að komin efnamengun

Gögn

- 1885-1930 Arthur Feddersen, Bjarni Sæmundsson, Árni Friðriksson, Ostenfeld & Wesenberg-Lund
Almennar rannsóknir einkum á fiski en einnig smádýralífi og gróðri
- 1974-1992 **Pétur M. Jónasson o.fl.**
Umfangsmiklar, alhliða rannsóknir á vistkerfi vatnsins og vatnasviðinu
- 1989- Orkuveita Reykjavíkur o.fl.
Rannsóknir á þungmálmum í seti, gróðri og dýrum.
Mælingar á 5 ára fresti, síðast 2012
Líffræðist.H.Í, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Matís ohf., Náttúrufræðistofa Kópavogs
- 1992- Líffræðistofnun HÍ, Háskólinn á Hólum, Náttúrufræðistofa Kópavogs
Rannsóknir á bleikju og hornsíli – þróunarfræði
- 1997- Líffræðistofnun HÍ, Náttúrufræðistofa Kópavogs
Rannsóknir á áhrifum affallsvatns frá Nesjavallavirkjun
- 2007- Náttúrufræðistofa Kópavogs og Jarðvísindastofnun HÍ
Árleg vöktun á vatnsgæðum þingvallavatns:
efna- og eðlisþættir, þörungar, dýrasvif og murta
Vöktunarverkefni kostað af Orkuveitu Reykjavíkur, Landsvirkjun, Þjóðgarðinum á Þingvöllum, Umhverfisstofnun og umhverfisráðuneytinu

Meginmarkmið vöktunar

samstarfssamningur 2.4.2007

„Meta og kortleggja ástand og breytingar sem kunna að verða á lífríki og efna- og eðlisþáttum vegna hugsanlegra álagsþátta, jafnt af mannlegum sem náttúrulegum toga.“

Álagsþættir: Ofauðgun næringarefna
Mengunaróhöpp
Nýting vatns (ekki vatnsmiðlun)
Loftslagshlúnun

Breytur sem eru vaktaðar:

Efna – og eðlisþ: T, pH, súrefni, rafleiðni, rýni
Aðal- og snefilefni í írennsli, frárennsli og vatnsbol

Svifþörungur: Tegundir og magn (talning + blaðgræna-a)

Svifdýr: Krabbadýr og Hjóldýr

Fiskur: Murta

+ „Ný“ gögn: **Vatnshiti við Steingrímsstöð 1962–2011.**

Ísalagnir og ísabrot 1974–2015.

Útbreiðsla kransþörungabeltis á botni, 2015.

Lög og reglur

Lög nr. 47/2004 um þjóðgarðinn á Þingvöllum

„4. gr. Innan þjóðgarðsins er óheimilt að gera nokkuð það sem getur spillt eða mengað vatn þar, bæði vatn á yfirborði og grunnvatn.

Vernda skal lífríki Þingvallavatns og gæta þess að raska ekki búsvæðum og hrygningarstöðvum bleikjuafbrigða og urriðastofna sem nú lifa í vatninu.“

Lög nr. 85/2005 um verndun vatnasviðs Þingvallavatns

...Þingvallavatn og vatn á verndarsvæði Þingvallavatns er viðkvæmur viðtaki (gagnvart nitri, 18. gr.) og skal vera í ástandsflokki A (ósnortið, næringarefnasnautt vatn) (reglugerð nr. 650/2006).

Reglug. nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

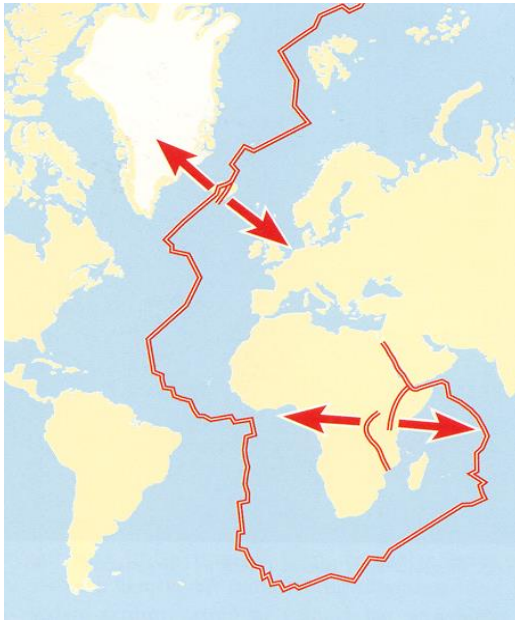
Töluleg viðmið (blaðgræna-a, T-P, T-N) fyrir 5 vatnsgæðaflokka (A, B, C, D, E).

Ákvæði alþjóðasáttmála UNESCO um menningar- og náttúruarfleifð

Júlí 2004 - **Heimsminjaskráning**: Þingvellir og nyrsti hluti Þingvallavatns innan þjóðgarðsins v. einstaks menningarlandslags.

Janúar 2011 – **Bráðabirgðatillaga**. Þingvallavatn og allt vatnasviðið v. einstakrar náttúruarfleifðar (jarðfræði og lífríki).

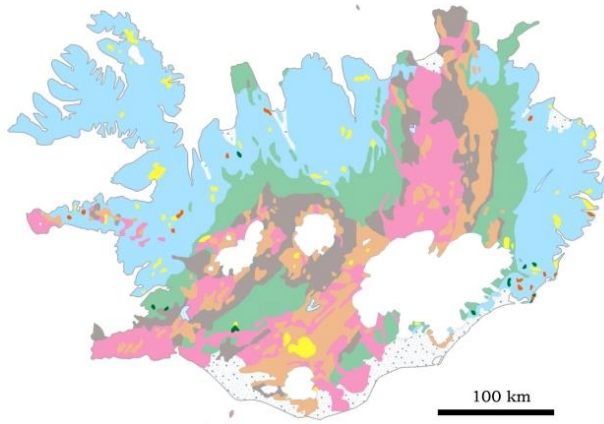
Jarðfræðileg sérstaða



Flekaskil - Mið-Atlantshafshryggurinn

Ísland er eini staðurinn á jörðinni þar sem ganga má þurrum fótum á flekaskilum.

Óvíða jafn stórbrotið umhverfi og á Þingvöllum þar sem reginöfl náttúrunnar með flekaskilum, eldi og ís blasa við. Mikið vísindalegt gildi.



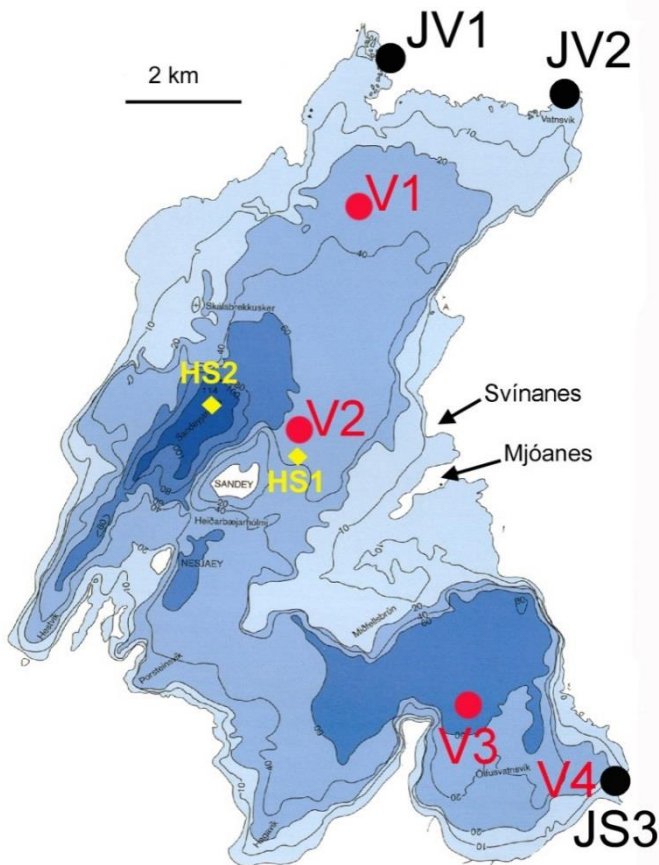
Flekaskilunum fylgir eldvirkni

Ungar basaltbergmyndanir frá Nútíma (<10.000 ára) algengar á Íslandi, en fágætar á hnattræna vísu.

Sigdældin með Þingvöllum og Þingvallavatni er að miklu leyti þakin hraunum frá Nútíma.

Vatnafræðileg sérstaða

Sýnatökustaðir í vöktun



Pingvallavatn: Stærsta vatn landsins og af gerð lindavatna.

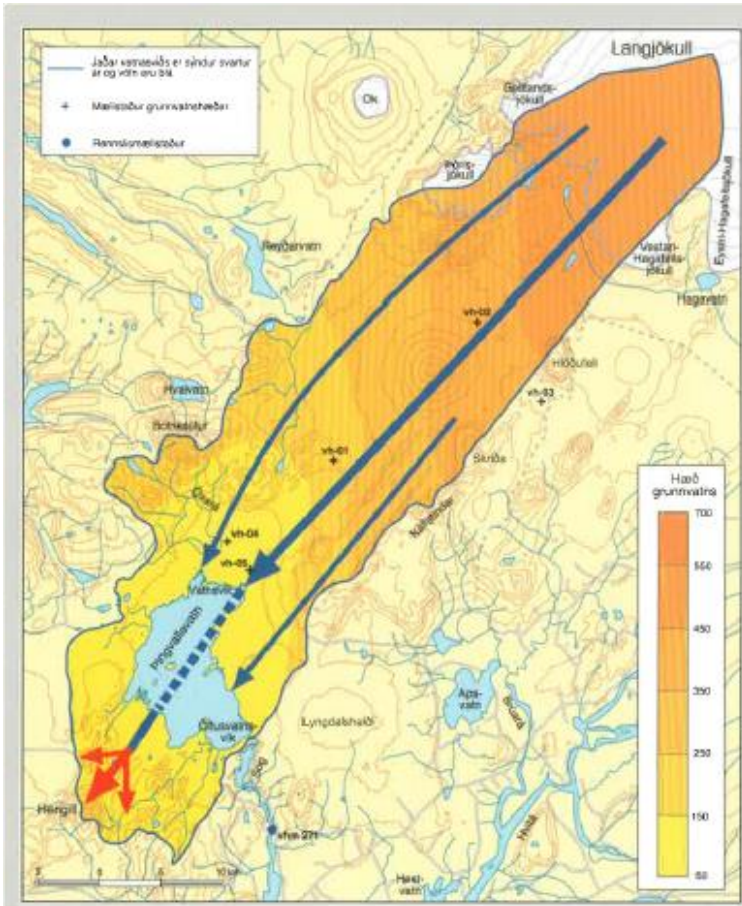
Flatarmál: 83,7 km². Rúmmál: 2800 Gl.
Meðaldýpi: 35 m. Mesta dýpi: 114 m.
Viðstöðutími: 330 dagar.

Lindavatnskerfin á Íslandi teljast til vatnafræðilegra sérkenna á alþjóðavísu.

Fylgja virka gosbeltinu og hraunum frá Nútíma þar sem berggrunnur er gljúpur og lekur. Yfirborðsvatn hripar niður, vatnið síast og næringa- og snefilefni leysast úr berginu og ganga í samband við vatnið.

Lindavötn: hrein – tær – köld – stöðug

Vatnafræðileg sérstaða



~ 90% ($\sim 90 \text{ m}^3/\text{s}$) af írennsli Þingvallavatns sprettur fram í lindum við bakka og þó aðallega út í norðanvert vatnið.

Þrjár meginstraumar grunnvatns berast til Þingvallavatns:

Almannagjárstraumur: $\sim 30 \text{ m}^3/\text{s}$, $3,0\text{--}3,2^\circ\text{C}$
Hrafnagjárstraumur: $\sim 20 \text{ m}^3/\text{s}$, $2,7\text{--}2,9^\circ\text{C}$
Miðfellsstraumur: $\sim 25 \text{ m}^3/\text{s}$, $\sim 4^\circ\text{C}$
+ sunnan og vestan: $\sim 15 \text{ m}^3/\text{s}$, $4\text{--}+10^\circ\text{C}$

Freysteinn Sigurðsson & Guttormur Sigbjarnarson 2002, 2011.

Einhver áhöld um stærð vatnsstraumanna. Samkvæmt eldri athugunum (Hákon Aðalsteinsson o.fl. 1992) er Almannagjárstraumurinn talinn vera ca. 65% af írennslinu.

Vatnafræðileg sérstaða



© Kristján Jónasson

Þingvallavatn

Tært og blátt

Tærleiki \equiv lítið af þörungum.
Sólarljós nær óvenju djúpt niður.

Kjörskilyrði í Þingvallavatni:
lágmarksmagn sólarorku fyrir ljóstillífun
($\sim 1\%$ af ljósmagni við yfirborð) nær
niður á ~ 40 m dýpi.

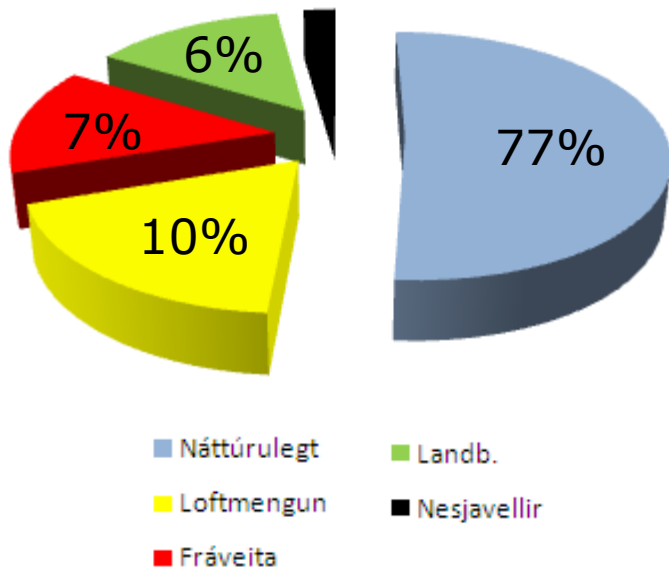
Í Lagarfljóti er þetta ekki niður á 0,5 m!

Vötnum með tærleika Þingvallavatns fer
fækkandi á Jörðu – einkum vegna
ofauðgunar á næringarefnum (N og P, v.
landbúnaðar, þéttbýlis, umferðar og
iðnaðar).

Vatnafræðileg sérstaða

Heildarákoma niturs
á vatnasviðið ~ 710 tonn/ári

~330 tonn T-N (~170 tonn
NO₃) berast til vatnsins/ári



Gunnar St. Jónsson 2012, 2015.
Hákon Aðalsteinsson & Pétur M. Jónasson 2002, 2011.

Þingvallavatn er næringarefnasnautt

N (nitur) og P (fosfór) eru helstu næringarefnin í takmörkuðum mæli sem gróður þarf til vaxtar. Gróðurinn þarf N:P í hlutfallinu 7:1 (16:1 m.v. mólfjölda).

Styrkur N (og P) í írennsli vatnsins er lítill.
T-N er að meðaltali 86-98 µg/l
T-P er að meðaltali 26-31 µg/l

Mikilvægustu næringarefnin berast því til Þingvallavatns í hlutfallinu 3:1 til 4:1 (6:1 til 9:1 m.v. mólfjölda).

Það þýðir að nitur er takmarkandi fyrir frumframleiðslu Þingvallavatns og ræður þ.a.l. miklu um hve tært það er og blátt.

Líffræðileg sérstaða

Fjögur afbrigði bleikju

Ólík í útliti, lífssögu og lífsháttum.

Hvergi vitað um jafn mörg bleikjuafbrigði og í Þingvallavatni og óvíða er útlitsmunur eins glöggur.

Einnig tvö ólík afbrigði hornsíla.

Afar áhugavert í vísindalegu tilliti, einkum í þróunarfræði.

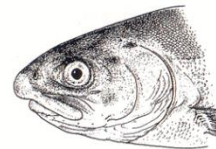
Dæmi um samsvæða tegundamyndun - ein tegund að kvíslast í fleiri á tiltölulega skömmum tíma.

„Galapagos Norðursins“!

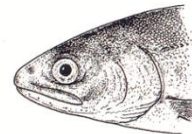
Dvergbleikja



Kuðungableikja



Murta

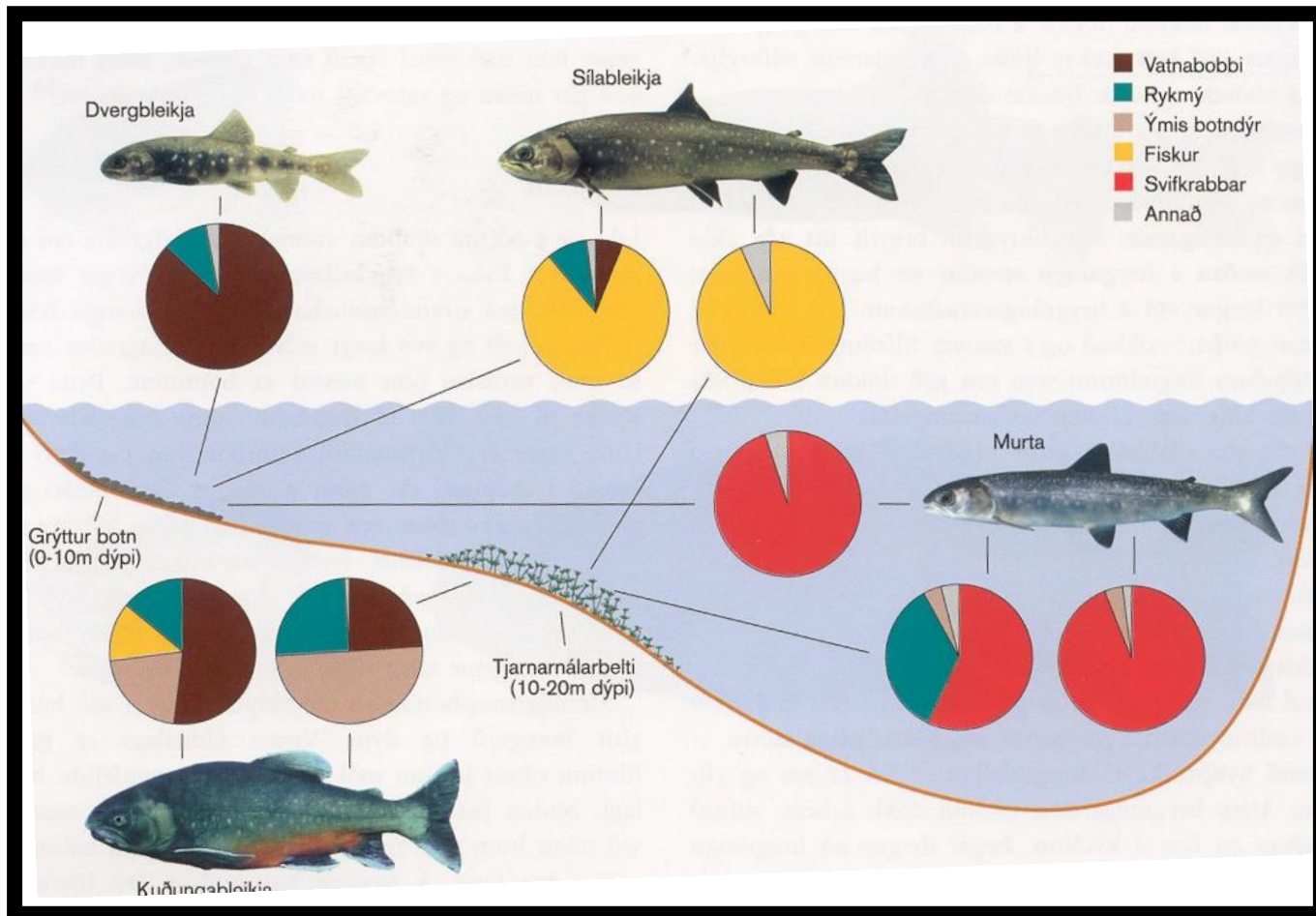


Sílaleikja



Líffræðileg sérstaða

Mikil sérhæfing bleikjurgerða í fæðu- og búsvæðavali

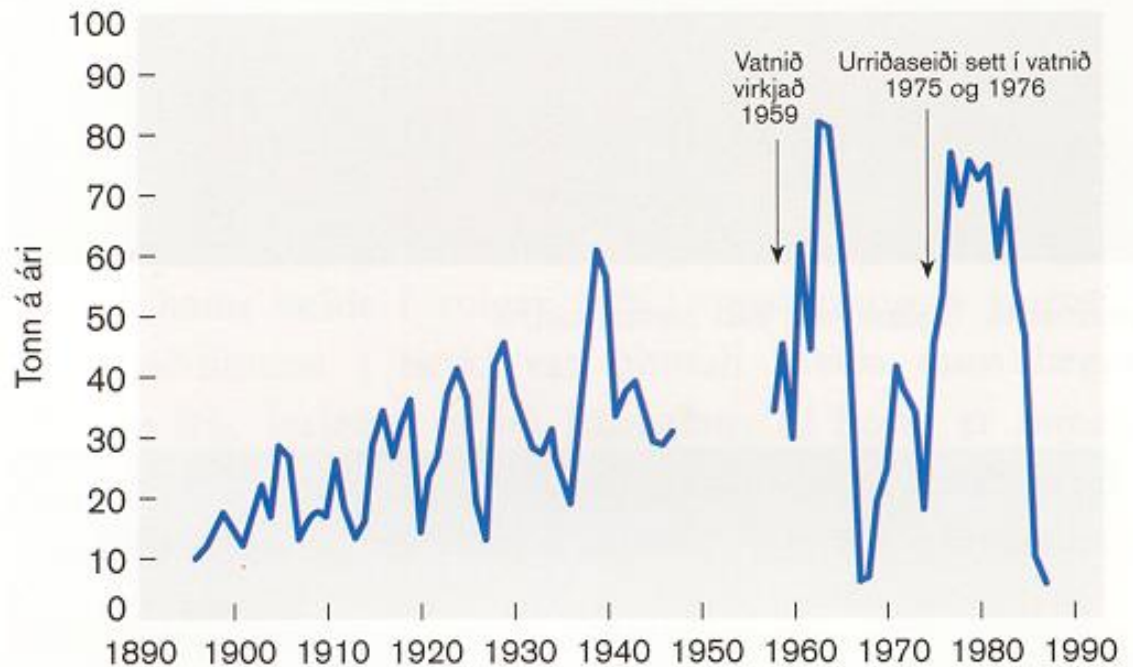


Líffræðileg sérstaða

Magn bleikju (1983-84)

Murta	23,3x10 ⁶ ,	600 tonn
Síableikja	0,8x10 ⁶ ,	30 tonn
Kuðungableikja	0,6x10 ⁶ ,	20 tonn
Dvergbleikja	1,7x10 ⁶ ,	9 tonn

Gjöfult fiskivatn
Afrakstur um 10 kg/ha
Murtuveiði allt að 75 tonn!



Líffræðileg sérstaða



Hraunbotn flókið þrívítt rými með „kjallara“ - athafnasvæði fyrir lífverur.

Yfirborð hraungrýtis er óreglulegt, hrufótt, þakið smáholum með mikið yfirborð.

Fleiri tegundir og meira af þeim á hraungrýti en sléttu, þvegnu grjóti.



Líffræðileg sérstaða

Tvær nýjar tegundir af grunnvatns-marflóm fyrir vísindin fundust 1998–2000 á bökkum Þingvallavatns

Crymostygus thingvallensis

Stórvaxin (22 mm). Eingöngu fundist í uppsprettum í Þingvallavatni og Herðubreiðarlindum.

Crangonyx islandicus

Smávaxin (<7 mm). Algeng í uppsprettum, einkum á virka gosbeltinu.

Meðal örfárra einlendra tegunda á Íslandi. Margt bendir til að báðar tegundirnar hafi hafst við ofan í grunnvatnsgeymi landsins og þraukað af kuldaskið fyrri ísalda, jafnvel í 40 milljónir ára. Hér eru því á ferð afkomendur elstu lífvera landsins.

Bjarni K. Kristjánsson & Jörundur Svavarsson. 2007.
Kornobis o.fl. 2010.



Líffræðileg sérstaða

Urriði (*Salmo trutta*)

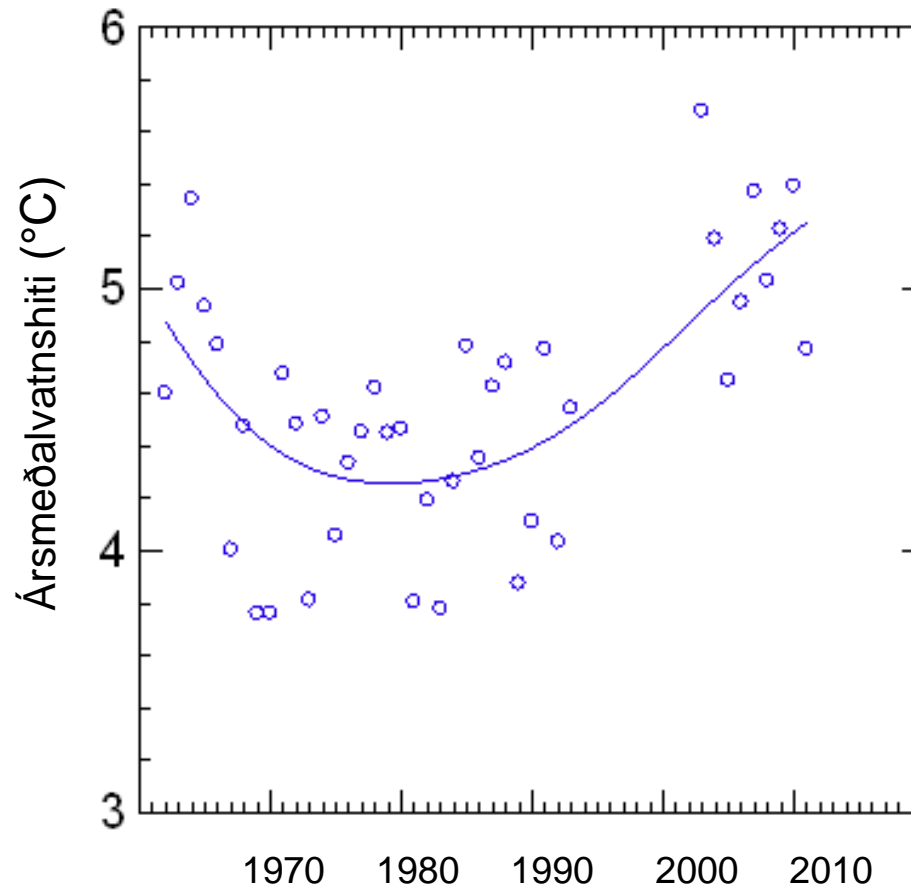
Mest í Öxará en einnig Ölfusvatnsá (hrygnir líklega víðar).
Verður afar stór, 20–30 punda ruddungsboltar vel þekktir.
Af fágætum, upprunarlegum „ísaldarstofni“.



Urriði í Öxará.
© Erlendur Guðmundsson

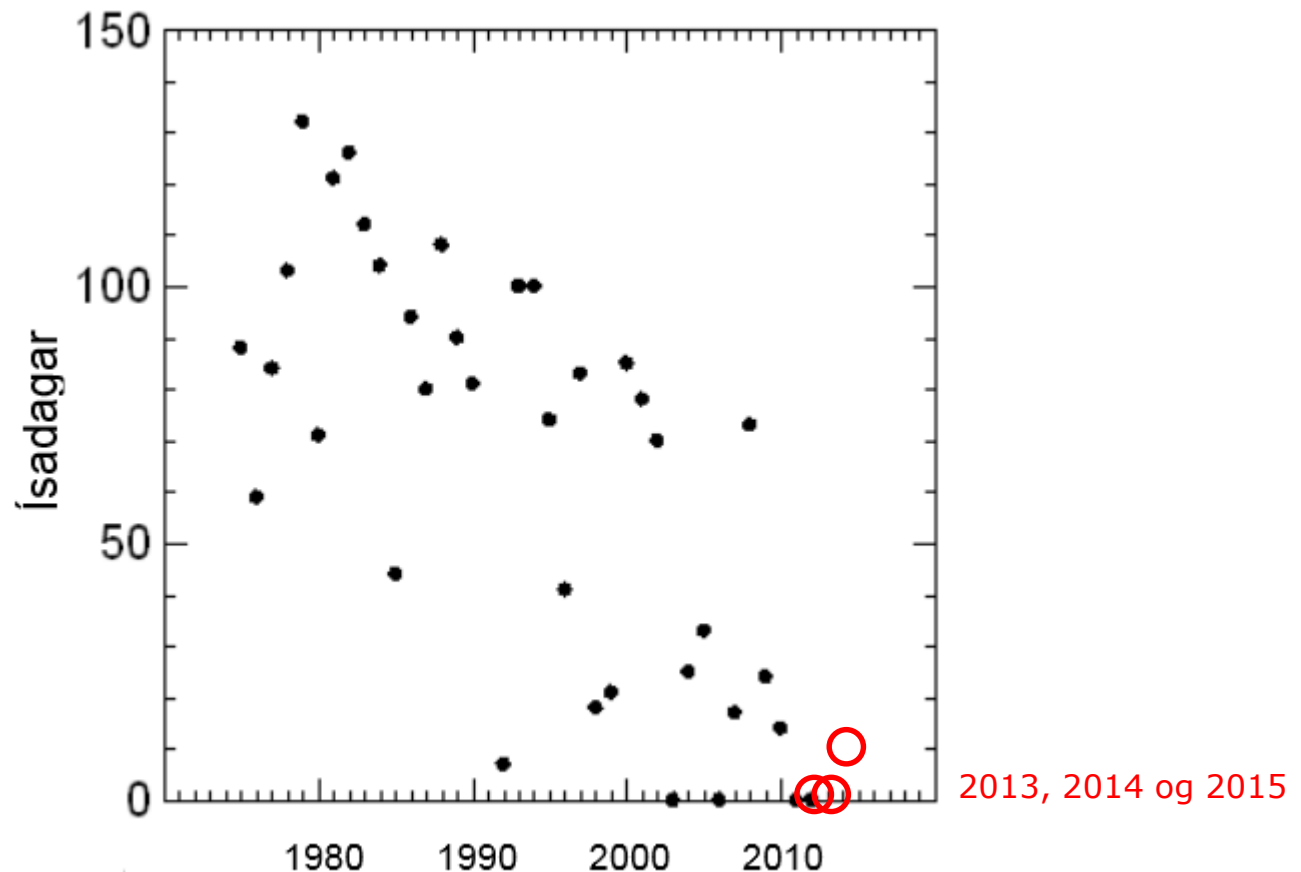
Þingvallavatn hlýnar!

Steingrímsstöð í 41 ár (1962-93 og 2003-11, ~15.000 mæligildi)
 $R = 0,424$, $ft. = 39$, $P < 0,01$



Þingvallavatn hlýnar!

Ísadögum fækkar 1974-2012 ($R = -0,712$, $ft. = 35$, $P < 0,01$).



Þingvallavatn hlýnar!

Nesjavallavirkjun, nýting jarðhita á háhitasvæði Hengilsins.

Nesjavellir, Nesjakraun, Þingvallavatn, Langjökull.



Hengill, eitt öflugusta háhitasvæði landsins.

1946: Tilraunaborholur, staðb. nýting.

1990: Nesjavallavirkjun gangsett.

100 MWth varmaaf.

1998: 60 MWe rafaf. og 200 MWth.

2001: 90 MWe og 200 MWth.

2005: 120 MWe og 300 MWth.

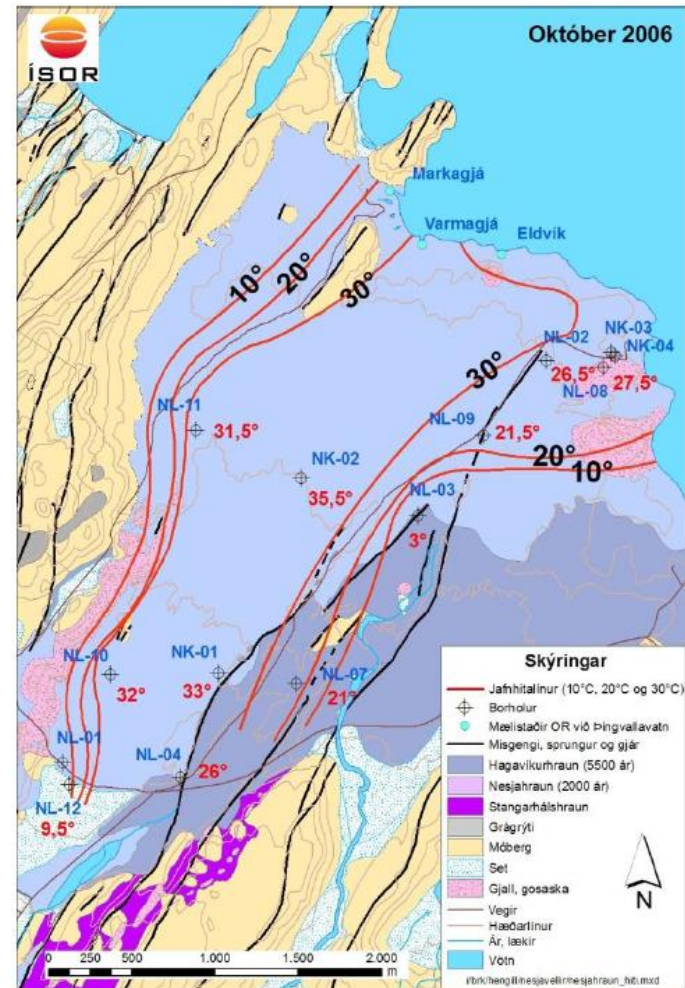
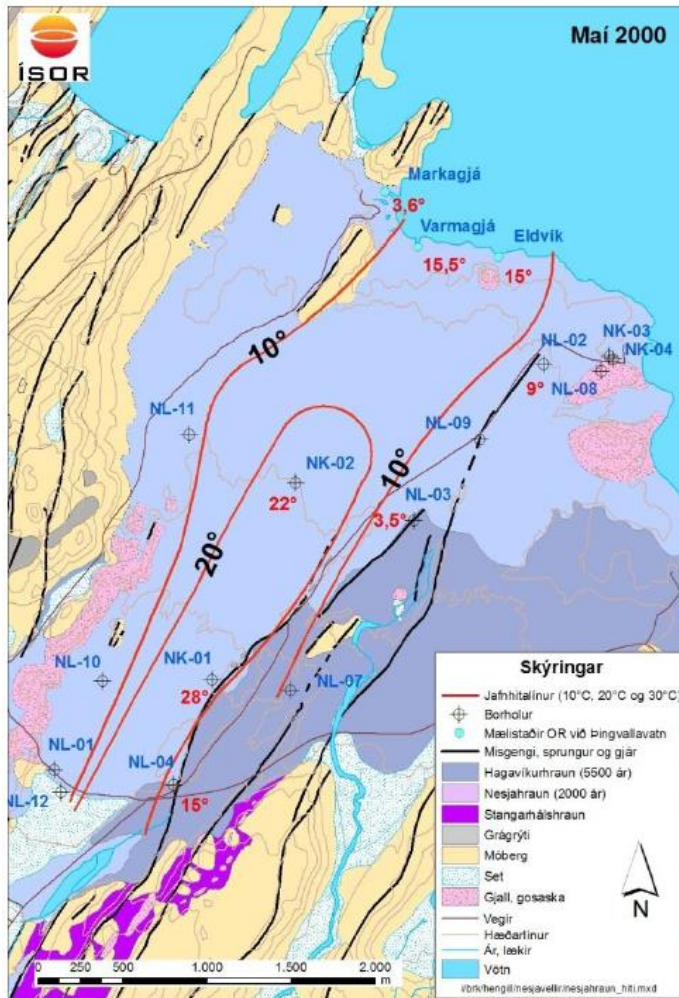
Heitt affallsvatn, 45–80 ° C, leitt í nálægan læk, síðar (frá og með 1999) einnig í grunna brunna (~25 m) og dýpri borholur (400–800 m) nærri virkjun.

Heitt affallsvatn (þétti-, skilju- og kælivatn) allt að 2000 l/s.

Við Grámel er dælt köldu grunnvatni úr borholum (5–7 ° C, ~2000 L s⁻¹), leitt til stöðvar, hitað upp í 87 ° C og áfram til höfuðborgarsvæðisins.

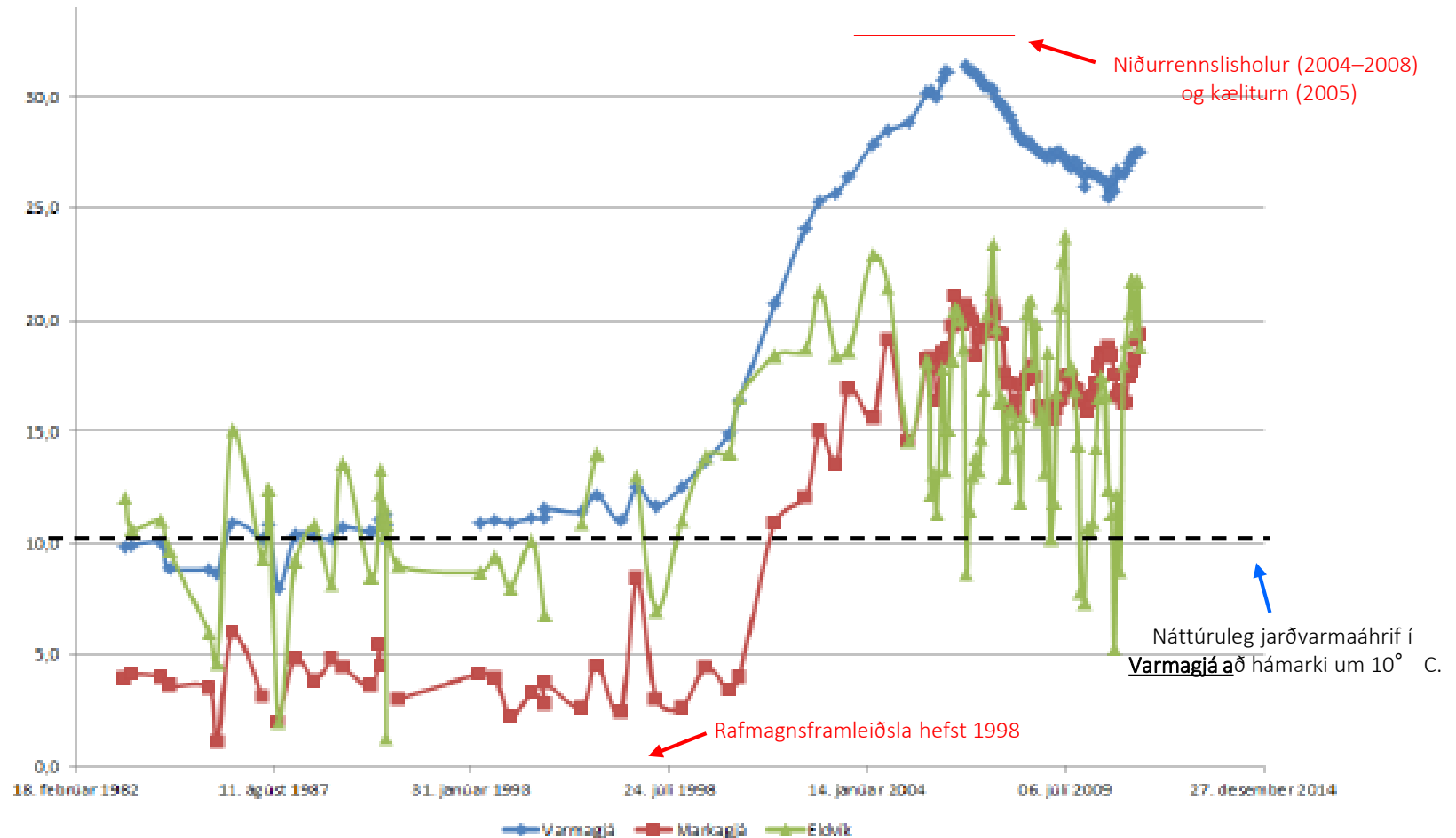
Staðbundin hitamengun

Jafnhitalínur grunnvatnshita á 1 m dýpi í maí 2000 og október 2006.



Staðbundin hitamengun

Vatnshiti í þremur lindum við Þingvallavatn á árabílinu 1983-2014. Þegar upp úr 1995 varð vart við jarðhitaáhrif frá vinnslunni. Árið 1998 hófst rafmagnsframleiðsla við virkjunina og við það jókst frárennsli heits affallsvatns verulega.



Vatnsgæði í írennsli mjög góð

Silfra og Vellankatla 2007-2011 (n = 12)

Stöð	Dags.	Kopar Cu µg/l	Sink Zn µg/l	Kadmín Cd µg/l	Bly Pb µg/l	Króm Cr µg/l	Nikkel Ni µg/l	Arsenik As µg/l
Meðaltal		0,15	0,74	<0,002	0,02	1,70	0,13	0,07
Staðalskekkja		0,010	0,169		0,001	0,246	0,027	0,005

Steingrímsstöð 2007-11 (n = 19)

Meðaltal	0,14	4,76	0,004	0,02	0,88	0,11	0,10
Staðalskekkja	0,007	1,368		0,001	0,032	0,020	0,016
Lágmark	<0,10	0,33	<0,002	<0,01	0,59	<0,05	<0,05
Hámark	0,20	14,70	0,006	0,02	1,07	0,26	0,27

Ástandsflokkur A	<0,5	<5	<0,01	<0,2	<0,3	<0,7	<0,4
Ástandsflokkur B	0,5-3	5-20	0,01-0,1	0,2-1	0,3-5	0,7-15	0,4-5
Ástandsflokkur C	3-9	20-60	0,1-0,3	1-3	5-15	15-45	5-15
Ástandsflokkur D	9-45	60-300	0,3-1,5	3-15	15-75	45-225	15-75
Ástandsflokkur E	>45	>300	>1,5	>15	>75	>225	>75

...en marktækar breytingar!

Efnastyrkur í írennsli milli
1975 og 2007–2011 hefur breyst

NO₃ aukist ~60%***

SiO₂ aukist ~10%*

T-P og PO₄ minnkað
~15%** og ~25%***

Loftborin niturákoma allt að tvöfalt
meiri á svæðinu nú en reiknað var
með fyrir 2-3 áratugum

Gunnar St. Jónsson 2012.

Niturákoma í Evrópu og N-Ameríku óx með
veldisvexti á seinni hluta 20. aldar. Dró úr
henni 1990-2010 en er aftur spáð vexti
fram til 2100.

Eydís S. Eiríksdóttir og Sigurður R. Gíslason 2012.

Hilmar J. Malmquist o.fl. 2012

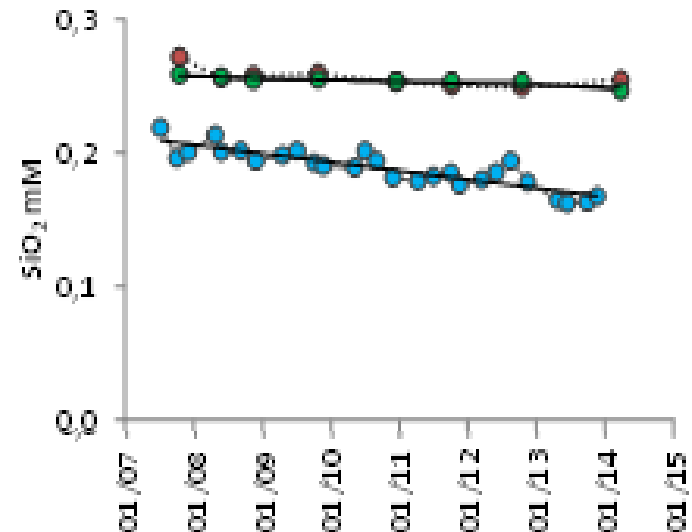
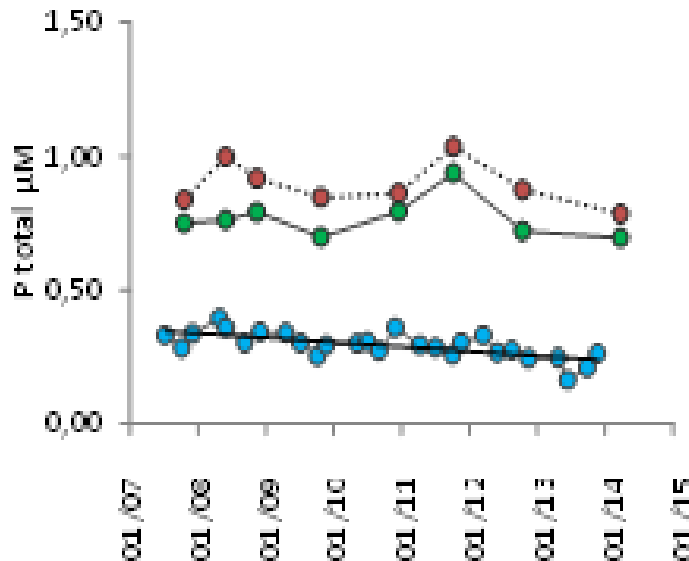
Gunnar Steinn Jónsson 2012. Þingvallavatn. Ákoma og afrennsli
köfnunarefnis. Umhverfisstofnun, Reykjavík. 16 bls.

Stöð	Dags.	T °C	pH	Tot-P µg/l P	PO ₄ -P µg/l P	Tot-N µg/l N	NO ₃ -N µg/l N	NH ₄ -N µg/l N	SiO ₂ mg Si/l
Vatnsvík I	19.3.1975	3,0	8,7	27	23	70	29		6,2
Vatnsvík II	19.3.1975	2,8	8,8	34	28	71	32		6,5
Vatnsvík III	19.3.1975	3,0	9,0	35	29	85	32		7,1
Vatnsvík I	20.10.1975	3,4	8,9	24	23	83	29		6,6
Vatnsvík II	20.10.1975	2,9	9,0	32	26	85	31		6,7
Vatnsvík III	20.10.1975	3,0	9,2	39	30	94	31		7,7
Flosagjá	19.3.1975	3,5	9,1	29	21	87	42		5,8
Flosagjá	20.10.1975	3,6	9,3	28	20	109	41		6,6
Meðaltal		3,2	9,0	31	25	86	33		6,6
Staðalskekkja		0,11	0,07	1,7	1,4	4,4	1,8		0,2
Lágmark		2,8	8,7	24	20	70	29		5,8
Hámark		3,6	9,3	39	30	109	42		7,7
Vellankatla	8.10.2007	2,8	9,27	26	20	192	53	4	7,4
"	31.5.2008	2,8	9,12	31	21	88	62	17	7,2
"	17.11.2008	2,8	9,20	28	20	75	65	15	7,1
"	28.10.2009	2,8	9,25	26	22	76	43		7,6
"	20.12.2010	2,8	9,34	27	16	56	46	10	7,6
"	10.10.2011	2,8	9,35	32	24	102	47	10	7,4
Silfra	9.7.2007	3,4	9,36	23	16	130	50	<2,8	5,7
"	31.5.2008	3,4	9,23	24	17	79	68	13	7,2
"	17.11.2008	3,4	9,31	25	17	101	66	11	7,2
"	28.10.2009	3,4	9,40	22	20	84	31		7,2
"	20.12.2010	3,3	9,40	25	12	65	41	8	7,7
"	10.10.2011	3,4	9,38	29	21	124	63	10	7,5
Meðaltal		3,1	9,30	26	19	98	53	11	7,2
Staðalskekkja		0,09	0,03	0,9	0,9	10,7	3,4	1,2	0,15
Lágmark		2,8	9,12	22	12	56	31	<2,8	5,7
Hámark		3,4	9,40	32	24	192	68	17	7,7

...og marktækar breytingar í útfalli vatnsins við Steingrímsstöð

Mælingar 2007–2013.

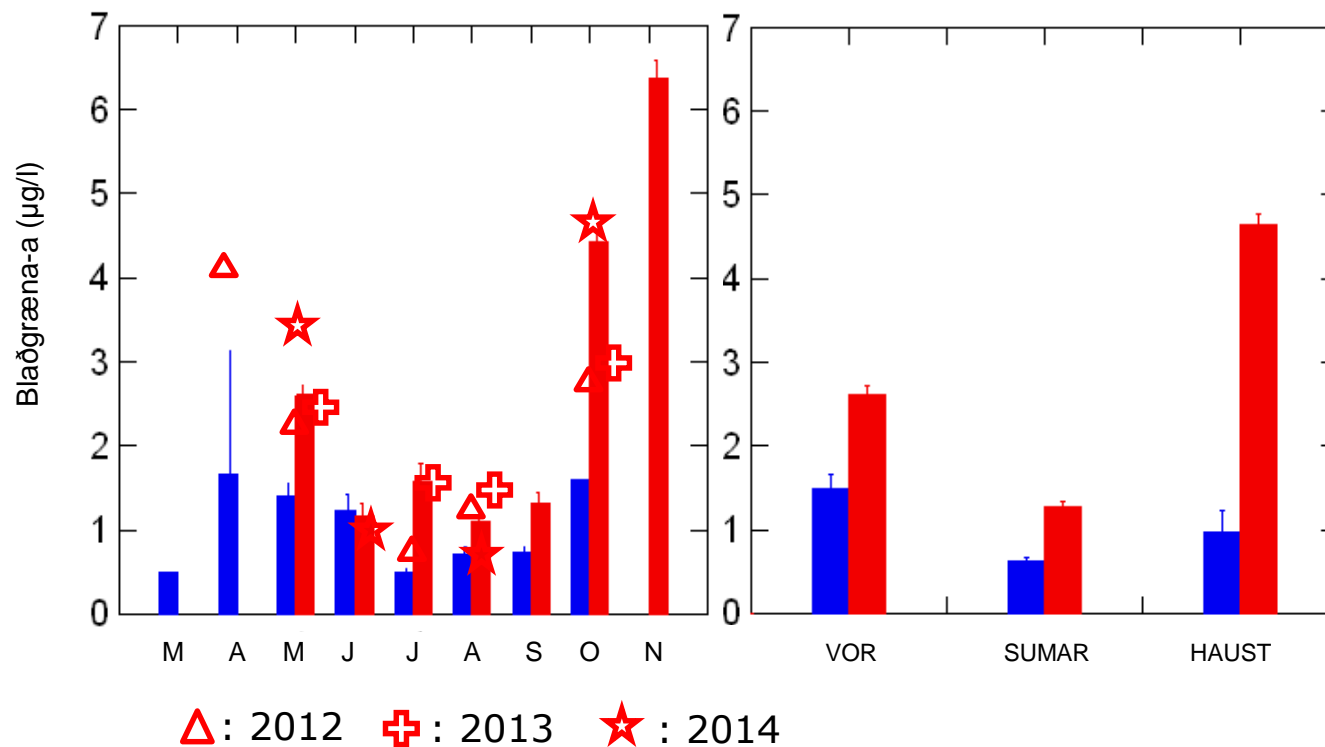
Lækkun í styrk kísils (~16%) og fosfórs (~11%) í útfallinu við Steingrímsstöð. Endurspeglar mjög líklega aukna frumframleiðslu í vatninu (upptöku efna og botnfall).



● Vellankatla ● Silfra ● Steingrímsstöð

Aukning í þörungum

Magn þörungasvifs (blaðgræna-a) marktækt meira nú (2007–11, rauðar súlur, auk þess niðurstöður frá 2012, 2013 og 2014) en fyrir 3-4 áratugum (1979 og 1981–82, bláar súlur), 2-4 föld aukning, mest um vor og haust.



Aukning í þörungum

Vatnsgæðaflokkar m.t.t. blaðgrænu-a samkvæmt 796/1999.

Ekkert sýni í C-flokki árin 1979, 1981-82.

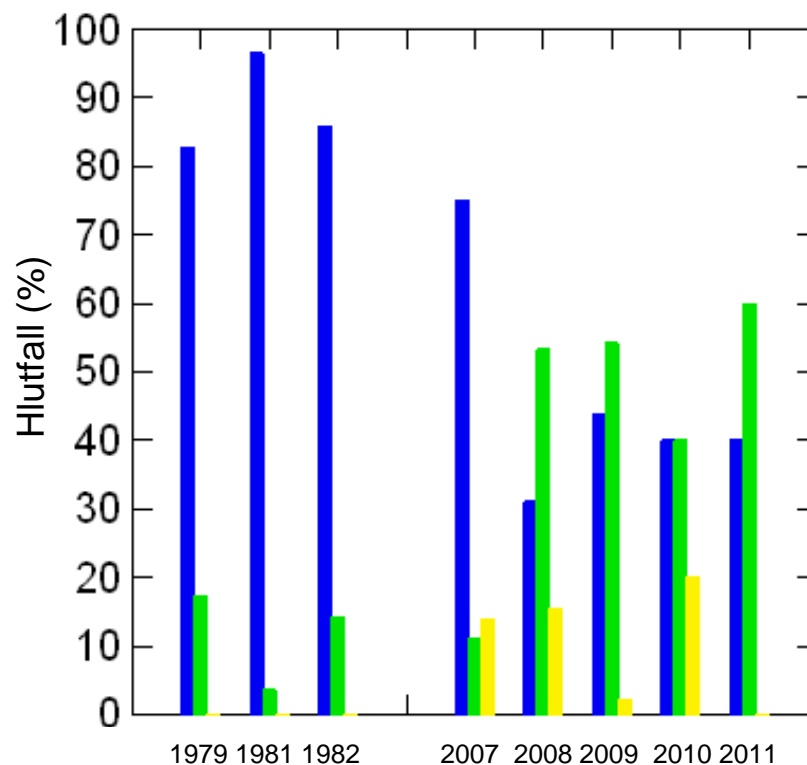
Allt að 60% tilfella í B-flokki árin 2007-11, 60% 2012, 50% 2013 og 2014

Allt að 20% tilfella í C-flokki árin 2007-11

A: <2 µg/l

B: 2-5 µg/l

C: 5-10 µg/l



Silfra – kafarar og hálfkafarar

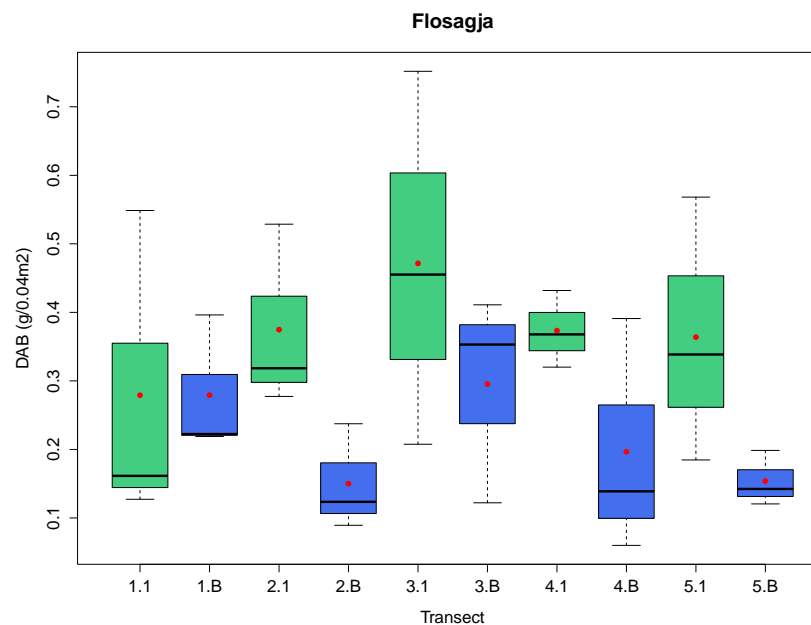
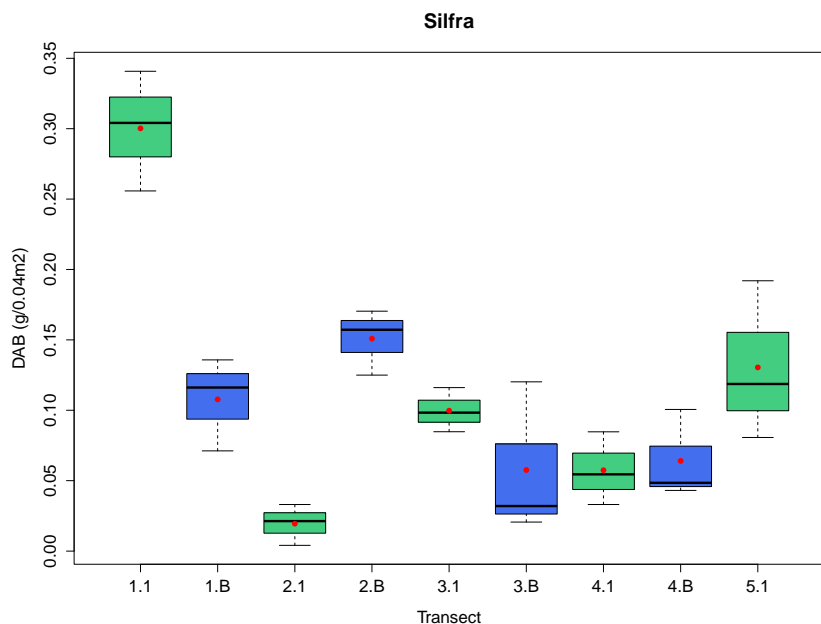
Áhrif kafara og hálfkafara á lífríki Silfru.

20.000 gestir í Silfru árið 2014.

Lífþyngd þörungamottu marktækt minni í Silfru en Flosagjá. Þörungamottan losnar og set á bonti þyrlast upp.

Að jafnaði 81 rask/kafara.

Meginorsök rasks: straumur v. sundfita og snerting.

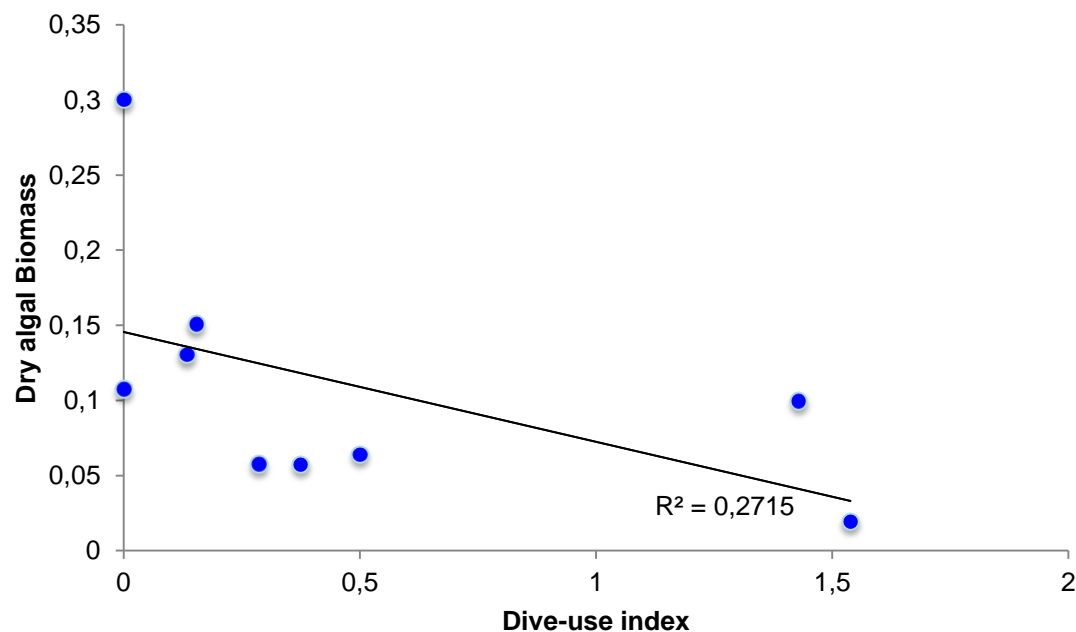


Jóhann Garðar Þorbjörnsson. 2015. Impacts of scuba divers in the Silfra groundwater fissure: Ecological disturbance and management. MSC-thesis. Hólar University College. 83 pp.

Silfra – kafarar og hálfkafarar

Innan Silfru má einnig greina áhrif vegna köfunar og hálfköfunar:

Lífbyngd þörungamottu minnkaði marktækt eftir því sem köfunarálag (Dive-use index) jókst í gjánni.



SAMANTEKT

- ✓ Náttúra Þingvallavatns og vatnasviðsins er sérstök og einstæð – jafnt jarðfræði, vatnafræði og líffræði.
Nýtur verndar sk.v. landslögum og ákvæðum UNESCO um náttúruarfleifð mannkyns (heimsminjar).
- ✓ Vatnsgæði m.t.t. 796/1999 og 650/2006 eru almennt mjög góð nema fyrir blaðgrænu-a, Tot-P og króm.
- ✓ Þingvallavatn hefur hlýnað, nitur (og kísill) líklega aukist í írennsli/ákomu. Í kjölfarið hefur blaðgræna-a aukist og rýni virðist hafa minnkað.
- ✓ Hitamengun v. Nesjavallavirkjunar og greina má áhfi vegan köfunar í Silfru.
- ✓ Breytingarnar v. hnattrænna og staðbundinna þátta.
- ✓ Tegundasamsetning þörungna- og dýrasvifs ekki breyst (og murtan söm við sig að því er virðist).
- ✓ Ef hlýnar áfram og niturákoma vex er hætt við að allt vistkerfið breytist – bláminn hverfur, tærleikinn minnkar, lífríkið rýrnar.
- ✓ Viðbrögð
 - Stíga léttar til jarðar,
 - Draga úr CO₂- og NO_x-losun,
 - Taka á fráveitumálum, líka vegna Nesjavallavirkjunar
 - ...og ???

A group of Arctic char fish swimming in dark water over a rocky bottom. The fish are illuminated from below, highlighting their yellowish-brown bodies and white spots. The word 'ÞAKKIR!' is overlaid in large white letters in the upper center.

ÞAKKIR!