

Eftirlit með áhrifum af losun
affallsvatns frá Kröflustöð
og Bjarnarflagsstöð
Vöktun og niðurstöður 2010





Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð

Vöktun og niðurstöður 2010



ÍSOR-2011/007

Verknr. 520006

Febrúar 2011

Skýrsla LV nr: LV-2011/027

Dags: Janúar 2011

Fjöldi síðna: 15

Upplag: 7

Dreifing: Opin Takmörkuð til

Titill: Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2010

Höfundar/ fyrirtæki Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson og Hörður Tryggvason

Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson f.h. LV Magnús Ólafsson f.h. ÍSOR

Unnið fyrir: Unnið af Íslenskum orkurannsóknum fyrir Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Gerð er grein fyrir reglulegu eftirliti með affallsvatni frá jarðhitavirkjunum í Kröflu og Bjarnarflagi. Í samráði við Umhverfisstofnun var ákveðið árið 2002 að fylgjast með náttúrulegum ferilefnum á borð við arsen í stað þess af halda áfram hefðbundnum ferilefnaprófunum. Arsen er í margfalt meiri styrk í affallsvatni en í grunnvatni. Í júní og október 2009 var sýnum safnað á öllum tíu samningsbundnum sýnatökustöðum. Í heild er um litlar breytingar að ræða. Affallið er svipað að öðru leyti en því að álstyrkur hefur aukist talsvert í vatni frá Bjarnarflagslóni frá upphafi mælinga en lítið breyst á síðastliðnum fjórum árum. Þeirra áhrifa gætir ekki í lindum við Mývatn. Styrkur arsens í vatni úr holu LUD-4 hefur hækkað lítillega frá því mælingar hófust en haustið 2010 hafði hann lækkað lítillega.

Lykilorð:

Jarðhitavirkjanir, grunnvatnsrennsli, affallsvatn, sýnataka, styrkur efna, Mývatnssveit, Krafla, Námafjall, Bjarnarflag, Kröflustöð, Bjarnarflagsstöð

Gagnagrunnslyklar:

B57842, B58502, B58503, B58504, H10085, H10088, K558, M20004, M20008, V2356

ISBN nr:

ISSN nr:

Undirskrift verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	7
2	Söfnun og niðurstöður árið 2009	8
3	Heimildir og ritaskrá	15

Töflur

Tafla 1.	Niðurstöður efnagreininga á affallsvatni og vatni úr borholum, gjám og lindum í Mývatnssveit í júní 2010. Styrkur er í mg/l.....	10
Tafla 2.	Niðurstöður efnagreininga á affallsvatni og vatni úr borholum, gjám og lindum í Mývatnssveit í október 2010. Styrkur er í mg/l.....	11

Myndir

Mynd 1.	Sýnatökustaðir og helstu drættir í grunnvatnsrennsli um svæðið	7
Mynd 2.	Styrkur arsens í sýnum af affalli og LUD-4 frá árunum 1997–2010 ásamt umhverfismörkum I og II.	12
Mynd 3.	Styrkur arsens í vatni holu LUD-04 og linda við Mývatn frá árinu 1997–2010 ásamt umhverfismörkum I og II.	12
Mynd 4.	Styrkur arsens í vatni frá skiljustöð í Kröflu og úr holu LUD-4 á árunum 2001–2010 ásamt skekkjumörkum greininga.....	13
Mynd 5.	Styrkur áls í affallsvatni og LUD-4 ásamt hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).	13
Mynd 6.	Styrkur áls í vatni linda við Mývatn og holu LUD-4 á árunum 1997–2010 ásamt hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).	14

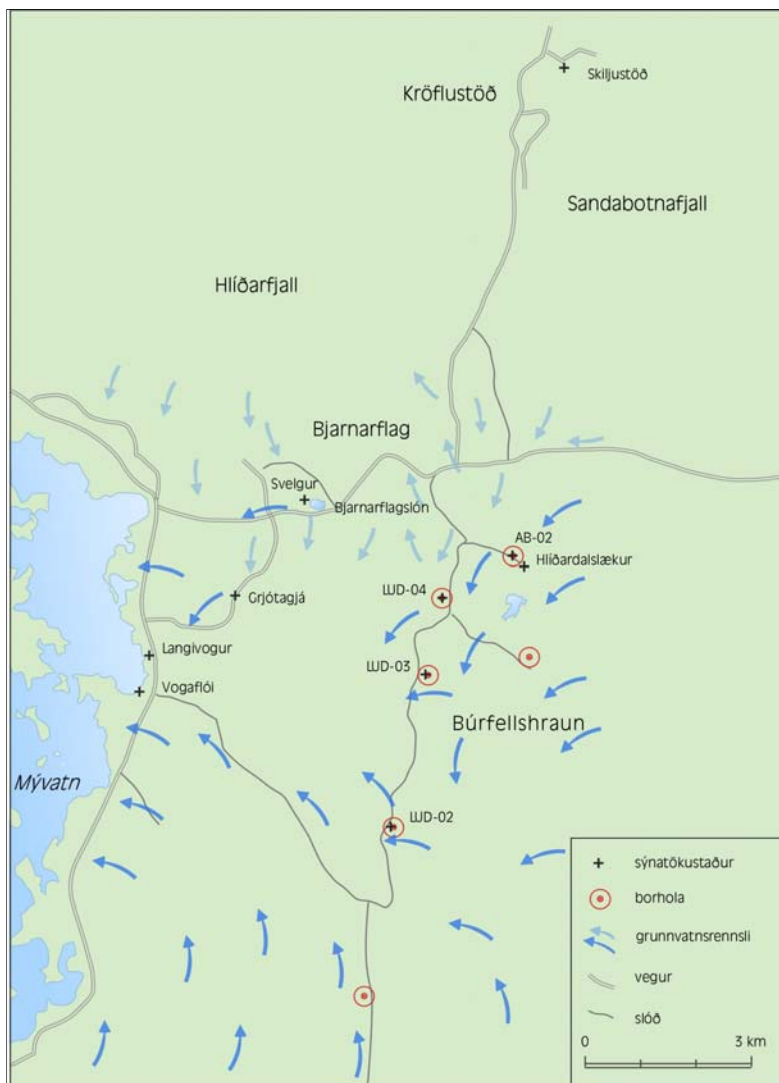
1 Inngangur

Aðdraganda að eftirliti með affallsvatni frá Kröflu- og Bjarnarflagsvirkjunum er lýst í skýrslu Halldórs Ármannssonar og Magnúsar Ólafssonar (2004). Staðir þeir sem safna skal sýnum frá eru sýndir á mynd 1 en um söfnunina gildir eftirfarandi:

Eftirlit með efnasamsetningu

Til eftirlits með affallsvatni er sýnum til heildargreiningar safnað einu sinni á ári en sýnum til snefilefnagreiningar tvisvar á ári úr frárennsli skiljustöðvar í Kröflu, Hlíðardalslæk, holum AB-02, LUD-02, LUD-03 og LUD-04 í Búrfellshrauni, niðurfalli frá Bjarnarflagslóni, Grjótagjá og lindum í Langavogi og Vogaflóa við Mývatn. Allir sýnatökustaðir eru sýndir á mynd 1. Gert er ráð fyrir að ÍSOR sjái um söfnun til heildargreiningar á haustin en starfsmaður Kröflustöðvar um söfnun til snefilefnagreiningar á vorin.

Umhverfisstofnun er árlega send skýrsla með niðurstöðum mælinga. Verði frávík eða óvæntar niðurstöður skal vöktunaráætlunin endurskoðuð í samvinnu við Umhverfisstofnun.



Mynd 1. Sýnatökustaðir og helstu drættir í grunnvatnsrennsli um svæðið (byggt á mynd frá Verkfræðistofunni Vatnaskilum (1999)).

2 Söfnun og niðurstöður árið 2010

Starfsmaður Kröflustöðvar safnaði sýnum 8., 9. og 10. júní og starfsmenn ÍSOR þann 20. og 21. október. Í júní og október var sýnum safnað á öllum hinum 10 samningsbundnu stöðum. Að auki var bætt við sýnatöku í Vogagjá í október að beiðni LV og verður gerð grein fyrir þeirri sýnatöku í sérstakri greinargerð ÍSOR síðar. Við sýnatöku haustið 2010 var mældur hiti vatns á öllum sýnatökustöðum, styrkur brennisteinsvetnis var mældur samhliða sýnatöku og gengið frá sýnum til efnagreininga samkvæmt verklagsreglum ÍSOR. Efnagreiningar fóru þannig fram að sýrustig (pH), karbónat, leiðni, kísill, anjónir og heildarstyrkur uppleystra efna voru greind á efnarannsóknarstofu ÍSOR en aðrar katjónir og snefilefni hjá ALS laboratory í Luleå í Svíþjóð.

Niðurstöður vöktunar grunnvatns við Mývatn innan þessa verkefnis hafa verið birtar árlega í skýrslum sem ÍSOR hefur tekið saman fyrir Landsvirkjun (sjá Halldór Ármannsson o.fl., 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010).

Niðurstöður efnagreininga frá júnísöfnuninni eru í töflu 1 en októbersöfnuninni í töflu 2. Í heild er um litlar breytingar á að ræða frá fyrri athugunum.

Vegna vandamála við greiningar stöðugra samsætna hjá Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands hefur orðið töf á greiningum sýna á undanförunum árum. Niðurstöður mælinga á sýnum sem safnað var 2009 og 2010 liggja ekki fyrir en gert er ráð fyrir að unnt verði að birta þær í næstu skýrslu um vöktun grunnvatns við Mývatn.

Talsvert flökt er í styrk flestra efna, einkum í sýnum af affalli. Affallið frá skiljustöðinni í Kröflu og í Bjarnarflagi er svipað að öðru leyti en því að álstyrkur er meiri í vatni frá Bjarnarflagslóni og hefur aukist talsvert síðustu ár en þeirra áhrifa gætir ekki í lindum við Mývatn. Arsenstyrkur hefur aukist lítillega í vatni úr holu LUD-04 frá því mælingar hófust.

Umhverfismörk fyrir arsen eru gefin í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 og eru umhverfismörk I (mjög lítil eða engin hætta á áhrifum) 0,4 µg/l (0,0004 mg/l) en umhverfismörk II (lítil hætta á áhrifum) 5 µg/l (0,005 mg/l).

Myndir 2 og 3 sýna styrk arsens í vatni frá völdum sýnatökustöðum. Á mynd 2 eru sýndar niðurstöður fyrir affallsvatn og holu LUD-4. Mynd 3 sýnir hins vegar arsenstyrk í vatni úr lindum við Mývatn og einnig úr holu LUD-4. Umhverfismörk I og II eru sýnd á báðum myndum. Arsenstyrkur í sýnum af affalli, þ.e. frá skiljustöð í Kröflu, úr Hlíðardalslæk og úr Bjarnarflagslóni er nokkuð breytilegur en sýnir ekki langtímaleitni til hækkunar eða lækkunar. Lítið As hefur komið fram í lindum við Mývatn. Styrkur arsens í vatni úr holu LUD-4 hefur verið ögn hærri en í vatni úr öðrum holum í Búrfellshrauni og hefur hækkað lítillega frá því sýnataka hófst þar 2002. Þar mælist styrkur arsens lítillega yfir umhverfismörkum II (0,005 mg/l). Frá árinu 2002 og fram á árið 2006 mældist hann um 0,006 mg/l, um 0,007 mg/l seinni hluta árs 2006 og í sýnum frá 2007 og í einu sýni frá 2008. Loks mældist hann rétt um 0,008 mg/l í sýnunum tveimur frá síðastliðnu ári. Mynd 4 sýnir styrk arsens í vatni frá skiljustöð í Kröflu og úr holu LUD-4 og mæld og áætluð skekkjumörk arsengreininga.

Í skýrslu Halldórs Ármannssonar og Magnúsar Ólafssonar (2005) er gerð grein fyrir því hvers vegna ál (Al) er álitlegast sem eftirlitsefni ásamt arseni. Vitað er um eituráhrif þess gagnvart fiski og sett hafa verið mörk um hámarksstyrk þess í neysluvatni.

Mörk áls (Al) fyrir styrk í neysluvatni eru víðast á bilinu 100– 00 µg/l (0,1–0,2 mg/l) (Srinivasan o.fl., 1999) en hér á landi eru þau 200 µg/l (0,2 mg/l) samkvæmt reglugerð

nr. 536/2001 um neysluvatn. Talið er líklegt að mörk fyrir ál í lífríki hér á landi verði svipuð þeim sem stungið hefur verið upp á í Noregi, þ.e. 20 µg/l (0,02 mg/l) fyrir lax og skálga en 80 µg/l (0,08 mg/l) fyrir silung og aborra (Löfgren og Lydersen, 2002).

Á myndum 5 og 6 er sýndur styrkur áls í vatni frá völdum sýnatökustöðum, nánar tiltekið frá sömu stöðum og sýndir eru á myndum 2 og 3. Mynd 5 sýnir niðurstöður mælinga fyrir affallsvatn og LUD-4. Mynd 6 sýnir á hinn bóginn niðurstöður fyrir sýni úr lindum við Mývatn og úr holu LUD-4. Ofangreind umhverfismörk I og II eru sýnd á myndunum.

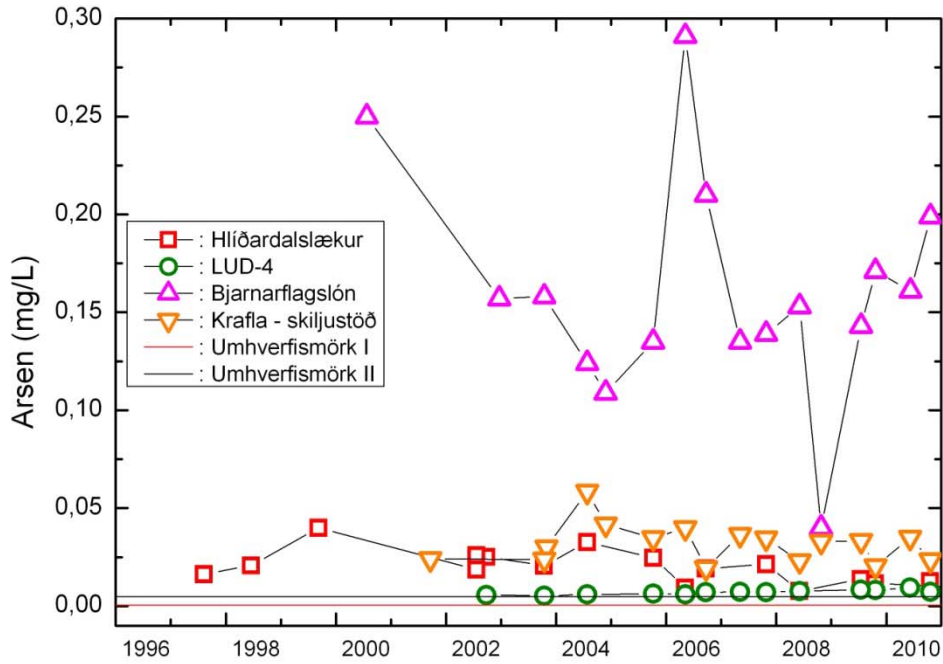
Líkt og styrkur arsens er styrkur áls umtalsvert hærri í LUD-4 en í öðrum holum í Búrfellshrauni og jókst frá upphafi mælinga fram til 2008. Á síðasta ári minnkaði hann síðan verulega. Styrkur áls í lindum við Mývatn er um og innan við umhverfismörk I (0,02 mg/l) og hefur verið þannig frá því mælingarnar hófust. Af því sést að gríðarleg minnkun verður á styrk áls frá affallsvatni að lindum. Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson (2010) reiknuðu út að nánast eingöngu þynning veldur styrkminnkun bæði áls og arsens.

Tafla 1. Niðurstöður efnagreininga á affallsvatni og vatni úr borholum, gjám og lindum í Mývatnssveit í júní 2010. Styrkur er í mg/l.

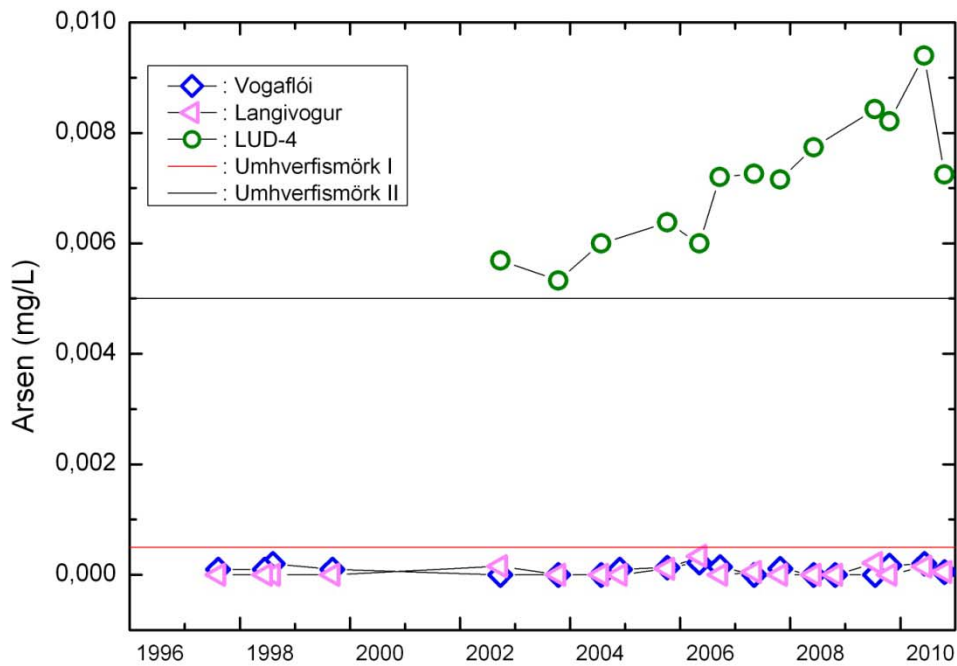
Staðarnafn	Krafla Skiljustöð	Hlíðardalslækur v/AB-02	AB-02	LUD-04	LUD-03	LUD-02	Vogaflói lind	Langivogur lind	Grjótagjá Karlagjá	Bjarnarflagslón
Staðarnúmer	M20008	V2356	B57842	B58504	B-58503	B58502	K558	H10088	H10085	M20004
Sýni nr.	20100254	20100247	20100245	20100249	20100246	20100248	20100251	20100250	20100253	20100252
Al	1,47	0,253	0,0146	0,465	0,0146	0,022	0,00576	0,0182	0,0298	2,14
As	0,035	0,0094	0,00098	0,0082	0,00027	0,00054	0,0002	0,00015	0,00028	0,161
Ba	0,00317	0,00251	0,000985	0,000763	0,000861	0,000561	0,000334	0,00117	0,00296	0,00124
Ca	3,11	30,4	10,9	15,0	10,5	12,0	10,4	13,2	12,6	3,29
Cd	<0,000002	0,00074	<0,000002	0,000008	0,000046	0,000017	<0,000002	0,000003	0,000006	0,000021
Co	<0,000002	0,000069	<0,000002	0,00001	0,000009	<0,000002	<0,000002	0,000005	<0,000002	0,000107
Cr	0,00002	0,000411	0,000451	0,000399	0,000808	0,00106	0,00131	0,000628	0,000016	0,000117
Cu	0,00123	0,00135	0,000901	0,00243	0,00169	0,00157	0,00159	0,00131	0,000439	0,00163
Fe	0,0974	0,0497	0,0263	0,0347	0,0059	0,0023	0,0008	0,0029	0,0056	0,964
Hg	0,000003	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	0,000004
K	31,7	8,09	1,54	2,50	1,91	1,98	1,75	4,54	7,17	18,4
Mg	<0,09	8,08	5,35	9,4	6,54	7,32	5,83	4,81	2,85	1,41
Mn	0,0036	0,00262	0,00153	0,00152	0,000405	0,000124	0,00006	0,000136	0,0335	0,0159
Mo	0,00597	0,00277	0,000447	0,00207	0,000719	0,0011	0,000715	0,000559	0,000296	0,00194
Na	237	62,9	12,2	56,9	14,9	19,2	20,5	56,2	70,9	95,8
Ni	0,000118	0,00147	0,000149	0,000234	0,000384	0,000236	0,000122	0,000153	0,000197	0,000321
P	0,00187	0,011	0,0621	0,0462	0,0544	0,0508	0,05	0,0364	0,0195	0,016
Pb	0,000298	0,000231	0,000139	0,000173	0,000133	0,000177	0,000055	0,000105	0,000127	0,00142
SiO₂	593	153	30,0	53,1	22,9	25,5	23,3	89,6	157	642
Sr	0,0183	0,0343	0,0123	0,019	0,0112	0,0136	0,0122	0,0167	0,0173	0,00889
Zn	0,00223	0,00565	0,00678	0,00507	0,00421	0,00302	0,00241	0,00277	0,00268	0,011

Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga á affallsvatni og vatni úr borholum, gjám og lindum í Mývatnssveit í október 2010. Styrkur er í mg/l.

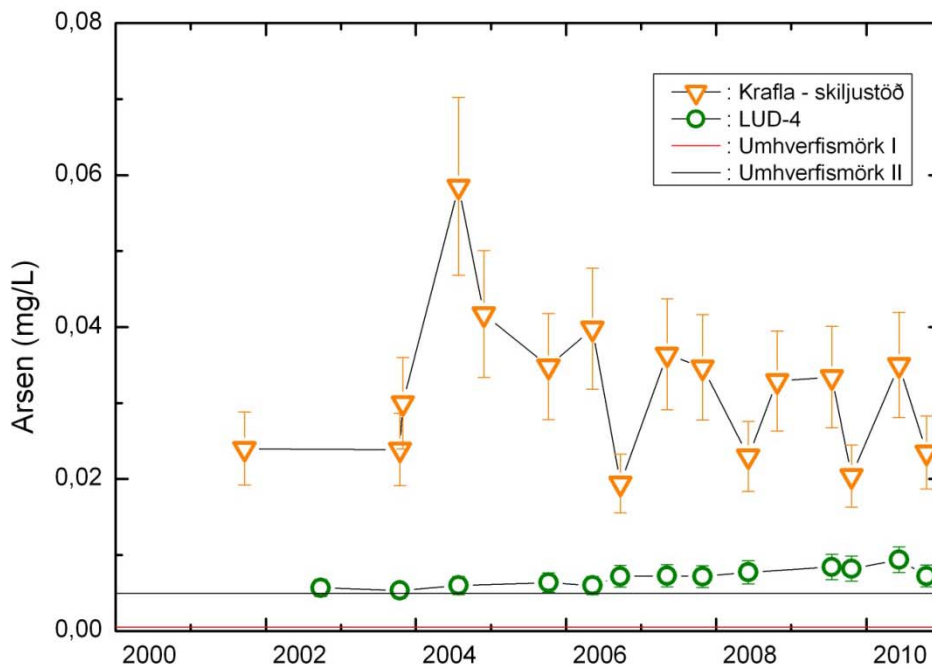
Staðarnafn	Krafla Skiljustöð	Hlíðardalslækur v/AB-02	AB-02	LUD-04	LUD-03	LUD-02	Vogaflói lind	Langivogur lind	Grjótagjá Karlagjá	Bjarnarflagslón
Staðarnúmer	M20008	V2356	B57842	B58504	B58503	B58502	K558	H10088	H10085	M20004
Sýni nr.	20100389	20100380	20100381	20100383	20100388	20100386	20100384	20100385	20100382	20100387
Hiti (°C)	95,7	8,1	3,5	5,7	4,7	5,4	5,8	21,2	45,8	14,3
Al	1,47	0,375	0,00391	0,338	0,00585	0,0189	0,00791	0,0239	0,0297	2,58
As	0,0235	0,0127	0,000468	0,00725	<0,00005	0,000214	<0,00005	<0,00005	0,00005	0,199
Ba	0,00350	0,00187	0,000298	0,000691	0,000246	0,000301	0,000343	0,00146	0,00271	0,0011
Ca	3,26	25,0	10,0	16,2	11,2	12,5	11,4	14,1	13,2	2,69
Cd	<0,000002	0,000004	<0,000002	0,0000024	<0,000002	<0,000002	0,0000028	0,0000058	0,0000134	<0,000002
Cl	72,8	22,9	3,98	15,6	5,28	5,88	4,67	15,6	17,5	49,8
Co	<0,000005	0,000167	0,0000237	0,0000131	<0,000005	0,0000104	0,0000103	0,000068	0,0000256	0,0000874
CO ₂	36,3	72,7	48,3	60,8	64,35	73,0	63,2	84,0	104	2,62
Cr	0,000046	0,000914	0,000589	0,000518	0,000833	0,00136	0,00175	0,000459	0,0000574	0,000132
Cu	0,000681	0,00149	0,000974	0,00218	0,000794	0,00204	0,00125	0,000696	0,000913	0,000813
F	1,19	0,41	0,19	0,31	0,16	0,16	0,2	0,34	0,38	0,80
Fe	0,0161	0,0868	0,0171	0,0356	0,0019	0,0022	0,0009	0,0012	0,0029	0,759
H ₂ S	26,5	0,08	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,58	0,07
Hg	0,000499	0,000489	0,000058	0,000217	0,000163	0,000255	0,0000675	0,000258	0,0000844	0,000299
K	31,3	10,6	1,56	2,52	1,88	2,03	1,84	5,7	7,37	18,7
Mg	<0,09	8,24	5,62	10,6	7,31	7,92	6,58	3,47	2,95	1,37
Mn	0,000192	0,0631	0,00119	0,00165	0,000173	0,000072	0,0000458	0,000161	0,0223	0,0179
Mo	0,0048	0,00356	0,000349	0,00225	0,000566	0,000688	0,00085	0,000345	0,000256	0,00287
Na	250	86,2	9,86	62,2	16,3	19,7	22,5	69,7	78,3	101
Ni	0,00025	0,00271	0,00127	0,000349	0,00029	0,00024	0,000154	0,00037	0,00172	0,000482
P	<0,001	0,0117	0,0695	0,052	0,0473	0,0584	0,0637	0,0299	0,0235	0,00292
Pb	0,000023	0,000049	0,0000172	0,0000307	0,00002	0,000024	0,0000171	0,0000315	0,0000565	0,0000356
pH/°C	9,67/22,5	7,77/24,9	7,86/19,6	8,00/21,5	8,30/22,7	8,32/21,2	8,51/21,6	8,40/22,0	8,26/20,8	6,37/21,8
SiO ₂	599	167,2	26,4	42,0	21,4	23,4	22,8	122,2	148,6	238
SO ₄	283	175	10,5	114	12,6	17,8	20,2	89,0	66,9	147
Sr	0,0196	0,0293	0,0116	0,0197	0,0115	0,0134	0,013	0,0178	0,0182	0,00759
UE	1312	556	92	324	113	125	127	377	402	1092
Zn	0,00212	0,00599	0,00359	0,00192	0,00194	0,0018	0,0028	0,00133	0,00664	0,00379
Leiðni (µS/cm)	1293	642	154	462	197	228	220	470	464	608



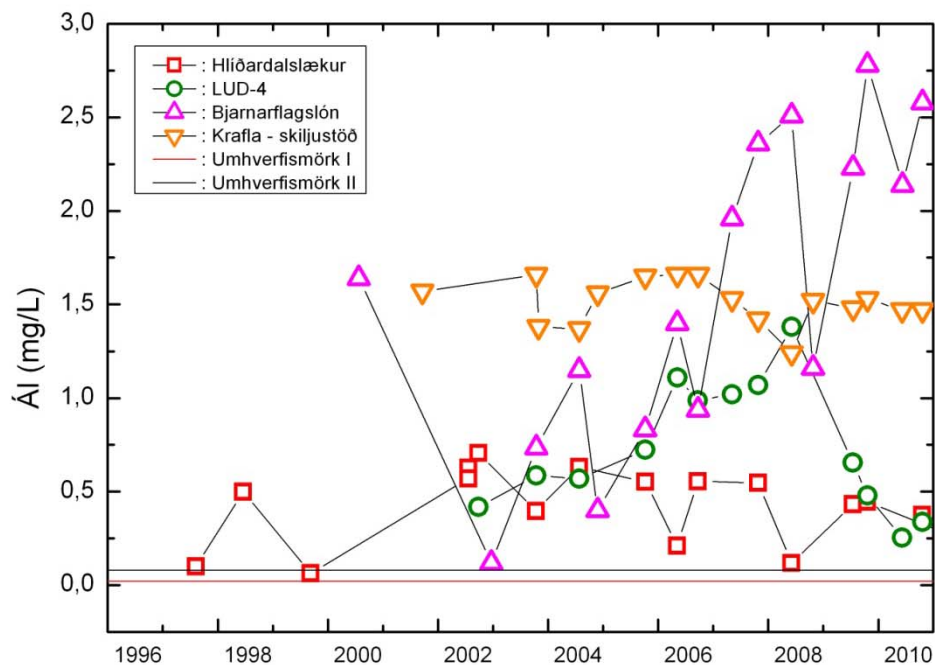
Mynd 2. Styrkur arsens í sýnum af affalli og LUD-4 frá árunum 1997–2010 ásamt umhverfismörkum I og II.



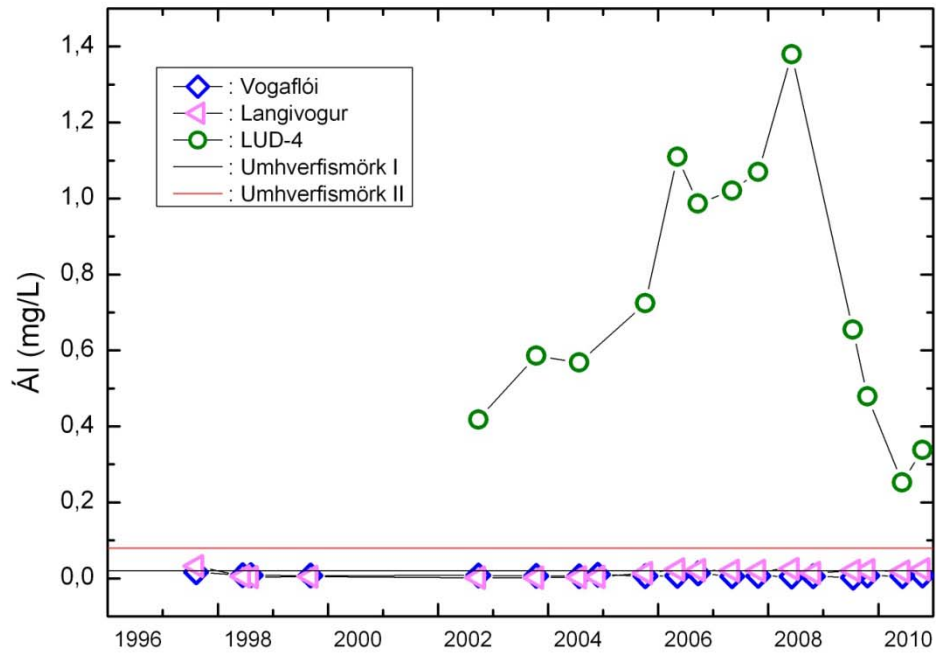
Mynd 3. Styrkur arsens í vatni holu LUD-04 og linda við Mývatn frá árinu 1997–2010 ásamt umhverfismörkum I og II.



Mynd 4. Styrkur arsens í vatni frá skiljustöð í Kröflu og úr holu LUD-4 á árunum 2001–2010 ásamt skekkjumörkum greininga. Umhverfismörk I (0,0004 mg/l) og umhverfismörk II (0,005 mg/l) eru sýnd á myndinni.



Mynd 5. Styrkur áls í affallsvatni og LUD-4 ásamt hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).



Mynd 6. Styrkur áls í vatni linda við Mývatn og holu LUD-4 á árunum 1997–2010 ásamt hugsanlegum umhverfismörkum fyrir lax/skálga (I) og silung/aborra (II).

3 Heimildir og ritaskrá

- Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson 1998. *Krafla – Námafjall. Áhrif eldvirkni á grunnvatn*. Orkustofnun OS-98066, 33 bls. Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson (2004). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2003*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2004/005, Landsvirkjun, LV-2004/052, 14 bls.
- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson (2005). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2004*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2005/006, Landsvirkjun, LV-2005/025, 15 bls.
- Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson (2007). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2006*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2007/003, Landsvirkjun, LV-2007/007, 14 bls.
- Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson og Ester Eyjólfsdóttir (2010). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2009*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2010/018, Landsvirkjun, LV-2010/055, 16 bls.
- Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson og Mozghan Bagheri (2008). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2007*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/011, Landsvirkjun, LV-2008/064, 12 bls.
- Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson, Mozghan Bagheri og Auður Ingimarsdóttir (2009). *Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2008*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/018, Landsvirkjun, LV-2009/020, 15 bls.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson, Steinunn Hauksdóttir, Snorri Páll Kjaran og Heiðrún Guðmundsdóttir (2001). *Ferilprófun með kalíumjodíði í Bjarnarflagi 2000–2001*. Orkustofnun OS-2001/042, 57 s.
- Löfgren, S. og Lydersen, E. (2002). *Heavy metal concentrations in the Nordic lakes in relation to presently used Critical Limits – a state of the art review*. Proc. Workshop on Heavy Metals (Pb, Cd and Hg) in Surface Water Monitoring and Biological Impact, March 18–20, Lillehammer, Norway. ICP-WATERS Report 67/2002. Trans Boundary Air Pollution Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes. Norwegian Institute for Water Research, 26–27.
- Srinivasan, P. T., Viraraghavan, T. og Subramanian, K. S. (1999). Aluminium in drinking water: An overview. *Water SA*, 25, 47–55.
- Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1976). *Vatnasvið Hlíðardalslækjar og affallsvatn frá Kröfluvirkjun*. Orkustofnun OS JHD 7602, 13 s.
- Reglugerð um neysluvatn* nr. 536/2001.
- Reglugerð um varnir gegn mengun vatns* nr. 796/1999.
- Verkfræðistofan Vatnaskil (1999). *Mývatn – Grunnvatnslíkan af vatnasviði Mývatns*. Verkfræðistofan Vatnaskil, 82 bls.