

Nokkur atriði varðandi mat á
umhverfisáhrifum vegna tilraunaborana á
vestursvæði Kröflu

Halldór Ármannsson

Greinargerð HÁ-2002-01

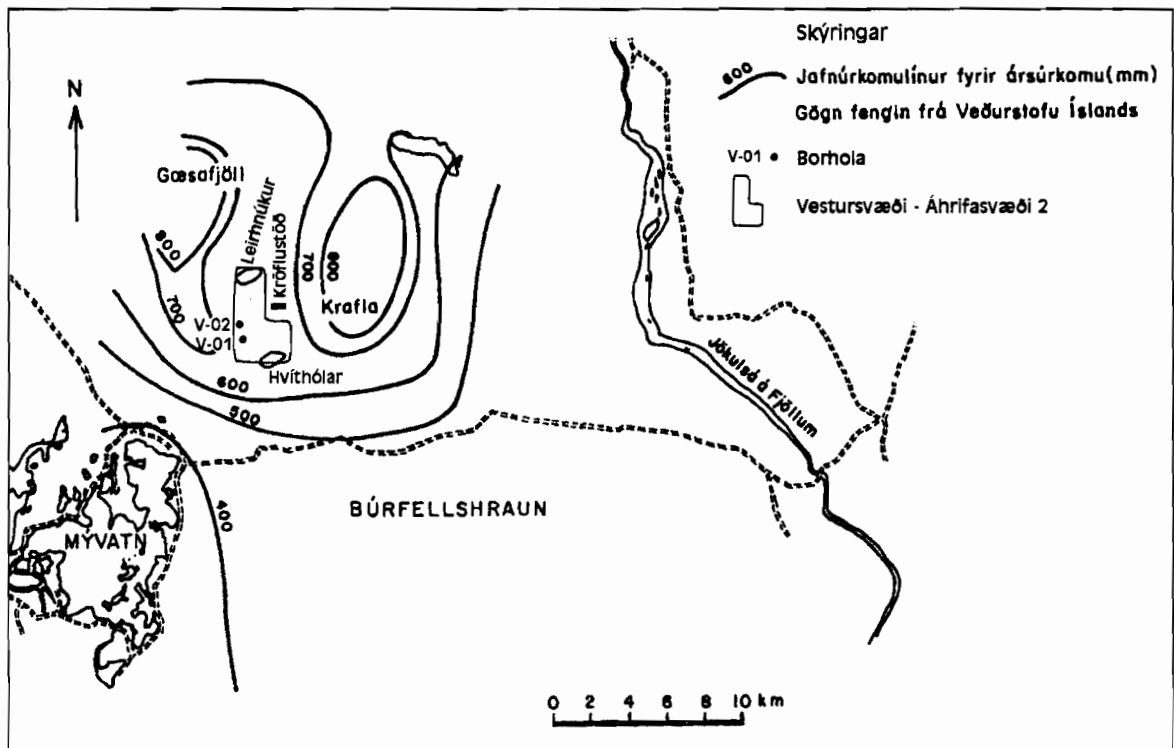


02-05-2002

NOKKUR ATRIÐI VARÐANDI MAT Á UMHVERFISÁHRIFUM VEGNA TILRAUNABORANA Á VESTURSVÆÐI KRÖFLU

1. VEÐURFAR

Gögn hafa fengist um úrkomu 1931 – 1960 (Adda Bára Sigfúsdóttir pers. uppl. 1975) og 1961-1990 (Þórunn Pálsdóttir pers. uppl.1998) á öllum nálægum veðurathugunarstöðum. Næstu staðir eru Reykjahlíð og Grímsstaðir og út frá úrkomu þar 1931-1960 útbjó Veðurstofan úrkomukort fyrir Kröflu- og Námafjallssvæði (mynd 1). Lausleg athugun á gögnum frá 1961-1990 bendir ekki til mikilla breytinga og myndu þau leiða til áþekks korts ef sömu forsendur væru notaðar til reikninga.



Mynd 1. Árleg úrkoma á Kröflu-Námafjallssvæði 1931-1960 miðuð við mælingar í Reykjahlíð og á Grímsstöðum á Fjöllum

2. VATNAFAR

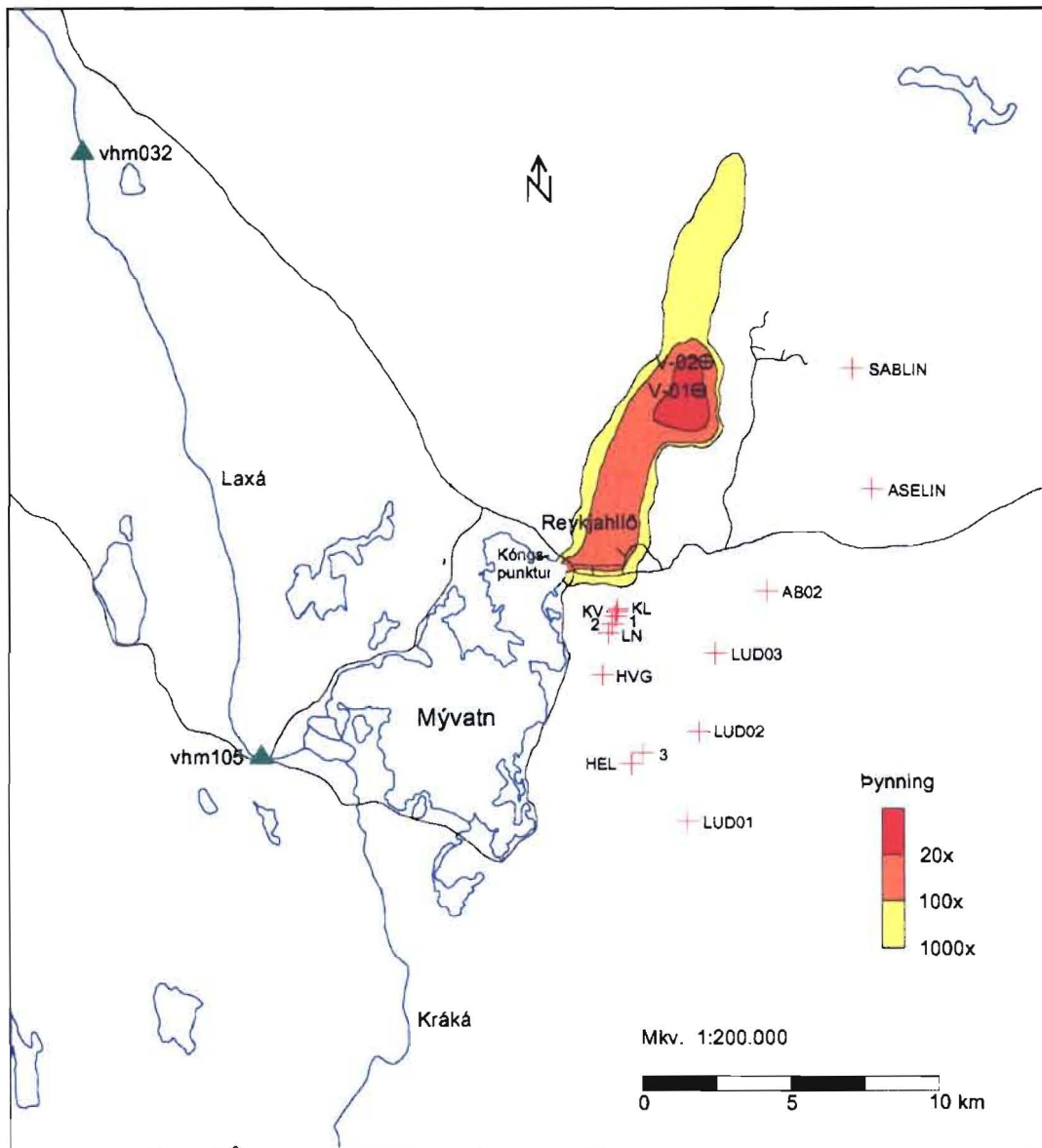
Til að kanna hugsanlega útbreiðslu mengunar í grunnvatni frá affallsvatni hinna tveggja fyrirhuguðu holna á vestursvæði Kröflu var grunnvatnslíkani verkfræðistofunnar Vatnaskila (1999) beitt (Bréf til Ásgríms Guðmundssonar 14.01.2002). Niðurstöður þeirra reikninga sýnir að affallsvatn frá þessum holum þynnist 100-1000-falt á leið sinni til Ytri Flóa í Mývatni (mynd 2). Affallsvatnið dreifist bæði til suðurs og norðurs í samræmi við grunnvatnsstreymi á svæðinu (mynd 3).

VATNASKIL

MÝVATN

LANDSVIRKJUN

Þynning affallsvatn frá rannsóknarborholum á vestursvæði Kröflu



+ Grunnvatnshæðarmælingar

— Vegir

▲ Rennslismælingar í Laxá

— Ár og stöðuvötn

⊕ Rannsóknarborholur

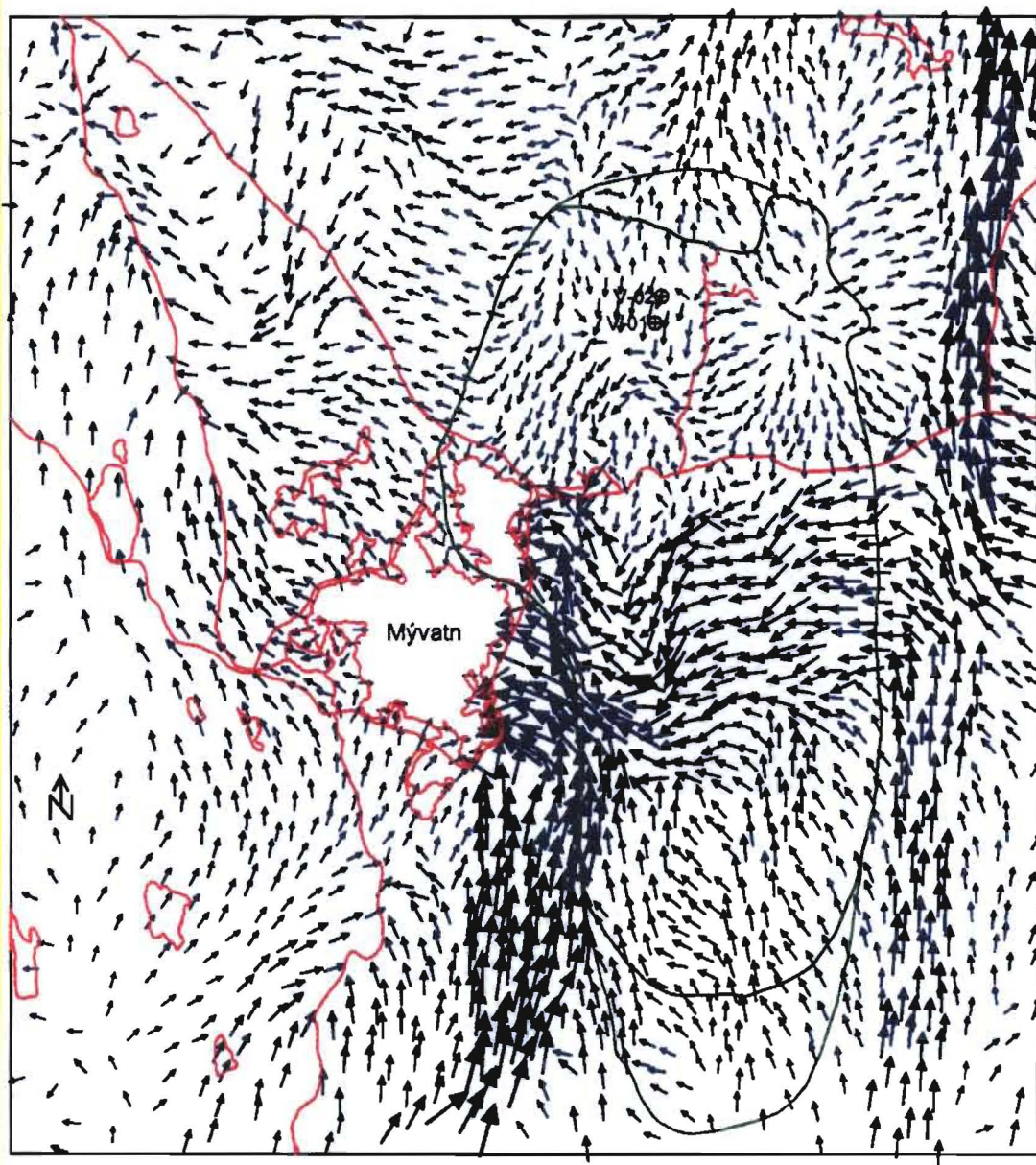
Mynd 2. Þynning affallsvatns frá fyrstu tveimur áætluðum holum á Vestursvæði

VATNASKIL

MÝVATN

LANDSVIRKJUN

Reiknað grunnvatnsrennsli



Mkv. 1:200.000



Mynd 3. Reiknað grunnvatnsrennsli í nágrenni Mývatns

3. FÖRGUN AFFALLSVATNS

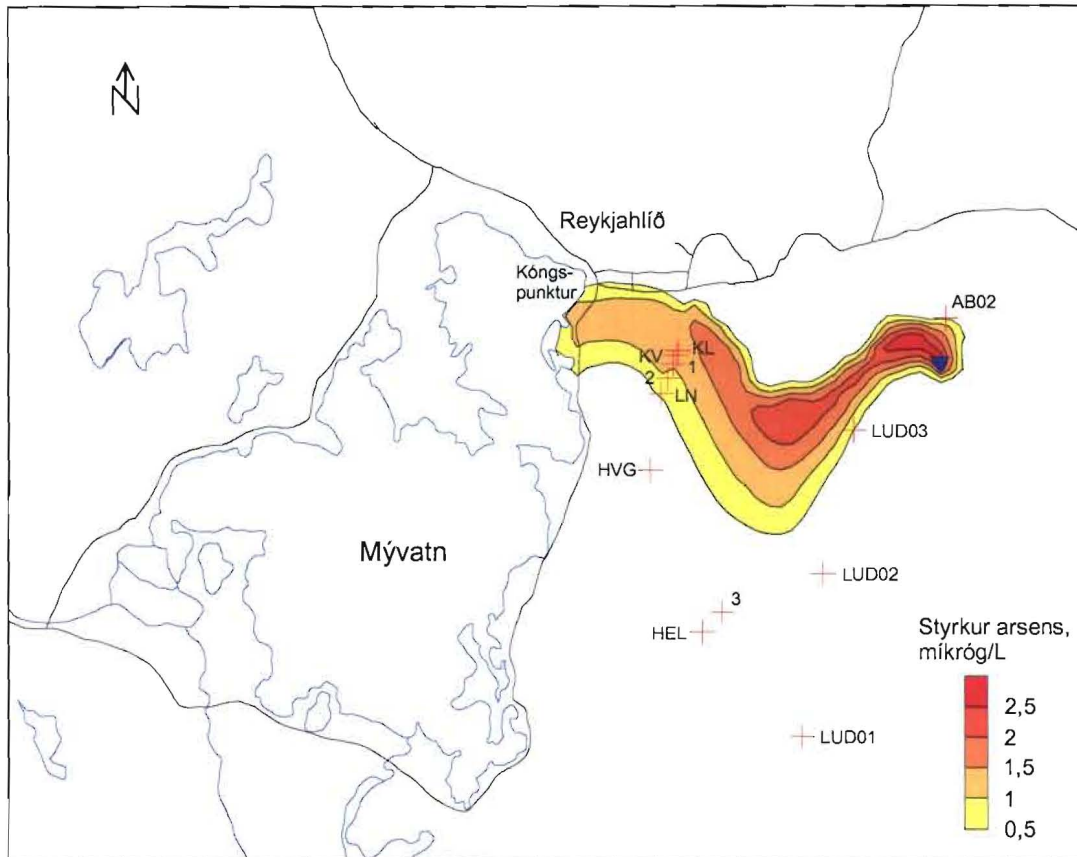
Gert er ráð fyrir affallsvatni verði fargað í hraun eða sprungur, þar sem búast má við að það þynnist u.þ.b. 100-1000-falt (Bréf til Ásgríms Guðmundssonar 14.01.2002, mynd 2.). Ekki er unnt að spá fyrir um magn og efnasamsetningu affallsvatns, en notaðar verða reynslutölur frá öðrum hlutum Kröflusvæðisins. Áætlað er að allt að 30 l/s geti streymt frá hverri holu, eða 60 l/s frá tveimur holum (í hverjum áfanga). Tekið verður mið af meðalsamsetningu affallsvatns núverandi virkjunar og stuðst við tölur um efnasamsetningu affallsvatns frá skiljustöð (Tafla 1) sem telja má að sé e.k. vigtuð meðalsamsetning. Í töflu 2 eru sýnd umhverfismörk fyrir þau efni sem í vökvanum geta verið og reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796 frá 29. október 1999 tekur til. Í reglugerð um losunarmörk, umhverfismörk og gæðamarkmið fyrir losun á kvikasilfri í yfirborðsvatn nr. 800 frá 29. október 1999 er kveðið á um að losunarmörk fyrir kvikasilfur séu 0.05 mg/l fráveituvatns. Miðað við ofangreinda þynningu ættu öll efni að vera innan lægstu skaðsemismarka (í flokki I). Hraunið er ungt og sprungið og tekur vel við vatni og síast fingert svífefni úr vatninu.

Komi í ljós að styrkur einhverra efna sé óviðunandi og þessi leið reynist ófær kemur til greina að leiða affallsvatnið í lögn yfir í Hlíðardal og farga því með öðru affallsvatni frá Kröflu annaðhvort með förgun í Hlíðardalslæk (Dallæk). Styrkur mengandi snefílefna í affallsvatni frá virkjuninni mælist yfirleitt innan viðmiðunarmarka til verndar lífríkinu (í flokki I skv. töflu 2). Niðurstöður efnagreininga á vatni í læknum við V-yfirfall neðan virkjunar og við Þjóðveg 1 í desember, þegar lítið náttúrlegt rennsli blandaðist honum, eru sýndar í töflu 1. Miðað við metið grunnvatnsstreymi er styrkur As þá yfir viðmiðunarmörkum í óþynntu lækjarvatni (í flokki IV). Síðan þá hefur það gerst að 60 l/s af vatni frá skiljustöð er dælt niður í jarðhitakerfið. Því ætti rennsli í læknum að hafa minnkað í 190 l/s og styrkur As í 13 µg/l. við 60 l/s viðbót frá vestursvæðisholunum. Má því reikna með að lækurinn fari aftur í fyrra horf (250 l/s, As 25 µg/l). Snorri Páll Kjaran (bréf stílað til Árna Gunnarssonar 02.05.2002) hefur metið þá breytingu á As styrk sem yrði við þessa 60 l/s viðbót í 6 mánuði miðað við rennsli til Mývatns frá niðurrrensli Hlíðardalslækjar (myndir 4 og 5). Samkvæmt því gæti styrkur arsens aukist um 0.2-0.3 µg/l (í flokki I) eftir þynningu við þessar aðstæður. Þess ber að geta að miðað er við algert lágmarksrennsli þegar ekkert leysingavatn blandast læknum. Á sumrin er metið að yfirleitt sé um 1000 l/s í læknum og í september var mælt um 800 l/s rennsli sem gæfi þá As aukningu upp á 0.04 –0.08 µg/l eftir þynningu og félli í flokk I. Þá er heldur ekki tekið tillit til annarra leiða til fjarlægingar As svo sem ásogs á set o.fl. Að auki er rétt að geta þess að hingað til er hæsta gildi sem mælt hefur fyrir As í lindum við Mývatn, þar sem gert er ráð fyrir útstreymi, 0.2 µg/l en langoftast verið <0.1 µg/l (t.d. Halldór Ármannsson o.fl. 1998) þrátt fyrir að affallsvatn hafi borist með Hlíðardalslæk í a.m.k. 25 ár svo að útkomur líkanreikninga verða að teljast algert hámark.. Athyglisvert að styrkur sumra efna eykst en annarra minnkar þegar yfirborðsvatn blandast jarðhitaaffalli. Yfirlit um slíka aukningu og minnkun er birt í töflu 3. Í vatni frá skiljustöð er Cr undir viðmiðunarmörkum (í flokki I) en eftir blöndun við vatn frá kæliturnum, sem í er umtalsverður styrkur króms, fellur það í flokk III. Í vatni úr ám og lækjum á svæðinu er Cr-styrkur á móta eða öllu meiri en í affalli frá skiljustöð (0.000316 mg/l í Hveragilslæk og 0.000149 mg/l í Gulá og aukning mældist í Hlíðardalsslæk frá V-yfirfalli að vegi). Skv. athugunum Halldórs Ármannssonar o.fl.

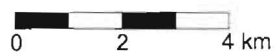
(1998) reyndist Cr-styrkur í þeim laugum, borholum og uppsprettum sem kannaðar voru \geq 0.003 mg/l nema í Grjótagjá og Vogagjá, þar sem styrkur var ekki mælanlegur. Þannig virðist náttúrlegur styrkur Cr í vatni frá svæðinu hærri en í flokki I og víða í flokki III. T.d

var styrkur Cr 0.0003 mg/l í bæði Sandabotna- og Austaraselslindum, en efnasamsetning vatns þeirra má teljast dæmigerð fyrir grunnvatn það sem ætla má að þynni niðurrennslið. Í Hlíðardalslæk mælist styrkur natríums, kalíums, áls, bórs og súlfats um eða yfir mörkum fyrir drykkjarvatn. Drykkjarvatn er hinsvegar ekki tekið úr Hlíðardalslæk. Vatnsból í Austraselslindum stendur mun hærra og er ekki talin hætta á mengun vatnsbólsins af völdum skiljuvatns. Ekki er talið að viðbótarvatnið hefði marktæk áhrif á meginfrárennsli virkjunarinnar. Í töflu 4 er gerður samanburður á þeim tveimur kostum sem til staðar eru um förgun affallsvatns og skv. henni er förgun með niðurrennsli beint í hraunið vænlegri kostur.

Styrkur arsens í grunnvatni við
núverandi rennsli í Hlíðardalslæk



Mkv. 1:115.000



+ Grunnvatnshæðarmælingar

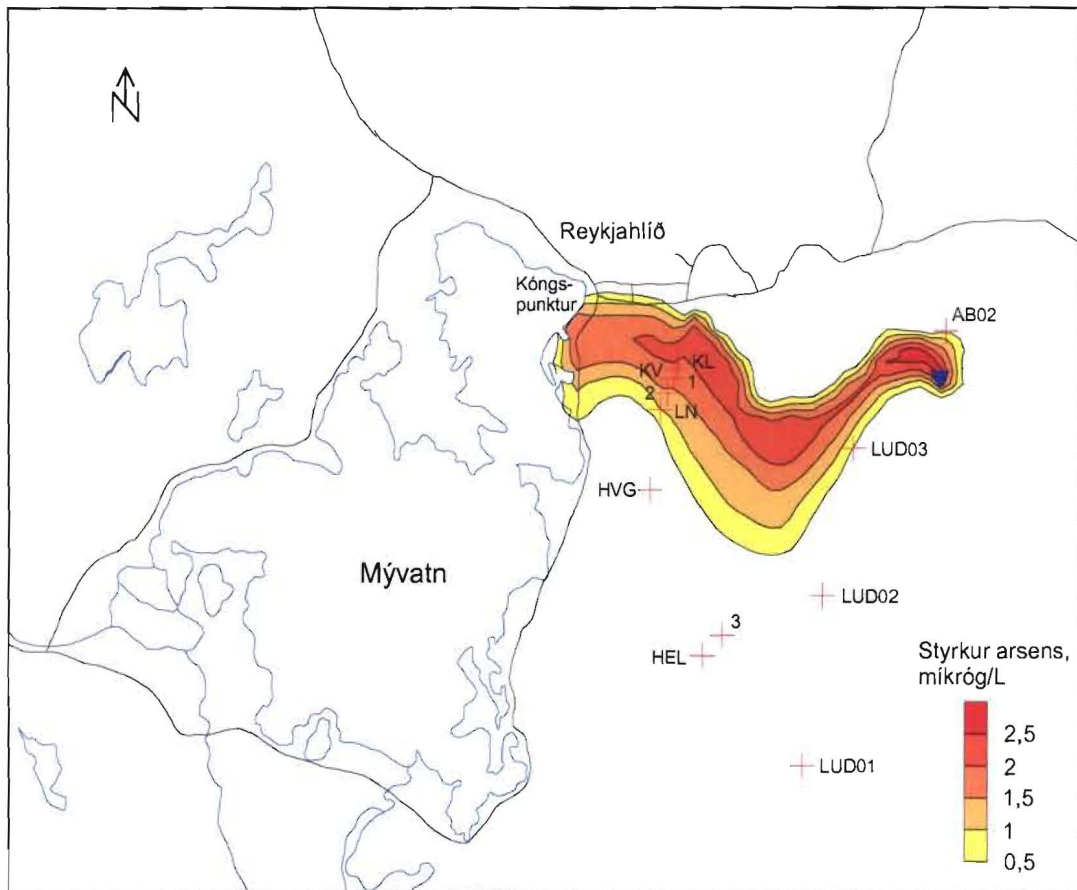
— Vegir

— Ár og stöðuvötn

▼ Hlíðardalslækur

Mynd 4. Niðurrennsli Hlíðardalslækjar. Þynning As eftir blöndun við núverandi grunnvatnsrennsli

Styrkur arsens í grunnvatni eftir að affallsvatni frá rannsóknarholum er veitt í Hlíðardalslæk



Mkv. 1:115.000

0 2 4 km

+ Grunnvatnshæðarmælingar

— Vegir

— Ár og stöðuvötn

▼ Hlíðardalslækur

Mynd 5. Styrkur arsens í grunnvatni eftir að affallsvatni frá vestursvæði er veitt í Hlíðardalslæk

Tafla 1. Efnasamsetning vatns frá skiljustöð og Hlíðardalslæk, Kröflu, desember 2001

Efni	Skiljustöð	Hlíðardalslækur, v/V-yfirfall	Hlíðardalslækur, v/þjóðveg
pH/°C	9.33/22.4	8.55/22.3	8.12/22.7
CO ₂ ppm	69.4	80.0	87
H ₂ S ppm	8.0	1.26	0.04
B ppm	1.50	0.68	0.57
Leiðni (µS/cm)°C	1230/25	714/25	666/25
SiO ₂ ppm	710	271	208
Uppleyst efni ppm	1370	708	636
Na ppm	251	115	101
K ppm	33.2	14.6	12.6
Mg ppm	0.034	6.73	7.73
Ca ppm	3.11	19.7	23.0
Sr ppm	0.022	0.0258	0.0286
F ppm	1.57	0.71	0.62
Cl ppm	54.5	24.5	21.2
SO ₄ ppm	283	184	182
Ba ppm	0.00235	0.00148	0.00142
Mo ppm	0.00344	0.00245	0.00172
Al ppm	1.460	0.600	0.519
Cr ppm	0.000127	0.000687	0.000737
Mn ppm	0.00197	0.0467	0.0505
Fe ppm	0.0075	0.0254	0.0351
Cu ppm	0.000197	0.000202	0.000238
Zn ppm	0.00152	0.00206	0.00237
As ppm	0.0595	0.0319	0.0241
Ni ppm	0.00019	0.000664	0.000615
Cd ppm	< 0.000002	< 0.000002	< 0.000002
Hg ppm	0.0000039	0.0000296	0.0000147
Pb ppm	0.0000216	0.0000338	0.000045
Co ppm	< 0.000005	0.0000804	0.000095
P ppm	< 0.001	0.00273	0.00959

Tafla 2. Umhverfismörk fyrir nokkur efni í yfirborðsvatni til verndar lífríki

Mörk mg/l	I	II	III	IV	V
Cu	≤ 0.0005	0.0005-0.003	0.003-0.009	0.009-0.045	>0.045
Zn	≤ 0.005	0.005-0.02	0.02-0.06	0.06-0.3	>0.3
Cd	≤ 0.00001	0.00001-0.0001	0.0001-0.0003	0.0003-0.0015	>0.0015
Pb	≤ 0.0002	0.0002-0.001	0.001-0.0003	0.003-0.015	>0.015
Cr	≤ 0.0003	0.0003-0.005	0.005-0.015	0.015-0.075	>0.075
Ni	≤ 0.0007	0.0007-0.0015	0.0015-0.0045	0.0045-0.0225	>0.0225
As	≤ 0.0004	0.0004-0.005	0.005-0.015	0.015-0.075	>0.075
P	≤ 0.02	0.02-0.04	0.04-0.09	0.09-0.15	>0.15

Skýringar við töflu 2:

Umhverfismörk I: Málmar: mjög lítil eða engin hætta á áhrifum; Næringarefni (P): Næringarfátækt.

Umhverfismörk II: Málmar: Lítil hætta á áhrifum; Næringarefni (P): Lág næringarefnagildi.

Umhverfismörk III: Málmar: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki; Næringarefni (P): Næringarefnaríkt.

Umhverfismörk IV: Málmar: Áhrifa að vænta; Næringarefni (P): Næringarefnaauðugt.

Umhverfismörk V: Málmar: Ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þýnningarsvæði; Næringarefni (P): Ofauðugt.

Tafla 3. Aukning og minnkun styrks ýmissa efna við blöndun yfirborðsvatns í jarðhitavatn í Hlíðardalslæk

Eykst	CO ₂	Mg	Ca	Sr	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Ni	Pb	Co	P
Minnkar	H ₂ S	B	SiO ₂	Na	K	F	Cl	SO ₄	Ba	Al	As	Hg	U.e.

Tafla 4. Samanburður á förgun affallsvatns í hraun nálægt fyrstu tveimur rannsóknarholum og með leiðslu í Hlíðardalslæk

Kostur	Aðgerðir	Kostnaður	Styrkur As eftir þýnningu mg/l	Styrkur Cr eftir þýnningu mg/l
Í hraun	Litlar	Lítill	0.00006-0.0006	< 0.0003
Í Hlíðardalslæk	Plastleiðsla til Hvíthóla	Talsverður	0.00004-0.0003	> 0.0003

4. LOSUN ÚT Í ANDRÚMSLOFTIÐ

Hugsanlegir umhverfisspillar meðal helstu jarðhitaloftegunda eru koldíoxíð og metan sem eru gróðurhúslofttegundir auk brennisteinsvetnis sem er eitrað. Þá getur þurft að fylgjast með kvikasilfri og arseni sem eru eitruð en yfirleitt í snefilmagni. Lítil hætta er á oxun brennisteinsvetnis í brennisteinsdíoxíð sem valdið getur súru regni (Kristmannsdóttir o.fl. 2000)

Meðan á blástursprófun stendur streymir gufa til andrúmslofts. Frá næstu öflugu holu, þ.e. holu KJ-21 í Hvíthólum berast um 20 kg/s af gufu við vinnsluþrýsting (um 15 bar a) og hlutfall óþéttanlegra lofttegunda er um 0.6%. Er það í lægra lagi í Kröflu, þar sem meðalgasstyrkur gufu er rúmt 1% og gasstyrkur gufu gasríkustu holna fer vel yfir 3%. Í töflu 4 er sýnt vegið meðaltal styrks lofttegunda í öllum blásandi holum vorið 2000 ásamt styrk þeirra í gufu gasríkustu holunnar (KJ-20), þeirrar brennisteinsvetnisríkustu (KJ-32) og KJ-21. Þá hefur verið reiknað flæði gróðurhúslofttegunda miðað við vegið meðaltalsrennsli, hámarks-gufurensli (KJ-34) og rennsli KJ-21 í 6 mánuði og meðal- og hámarksstyrk lofttegundanna. Eru niðurstöður í töflu 5 bornar saman við heildarflæði gróðurhúslofttegunda frá Kröflu, frá öllum virkjuðum jarðhita á landinu og frá allri starfsemi á Íslandi á ári. Algjört hámark sem farið gæti út í loftið við prófanir á hverjum áfanga er þá u.þ.b. 1.4% af losun gróðurhúslofttegunda á landinu en miðað við meðalholu mætti búast við u.þ.b. 0.1%. Halldór Ármannsson o.fl.(2001) hafa skýrt frá athugunum nokkurra erlendra vísindamanna sem komist hafa að þeirri niðurstöðu að nýting jarðhitasvæða breyti engu um heildarstreymi koldíoxíðs til andrúmslofts heldur fari það að

e-u leyti aðra leið. Bertani (persónulegar upplýsingar) hefur skýrt frá því að koldíoxíð frá jarðhitavirkjunum sé ekki talið með í grænu bókhaldi Ítala um gróðurhúslofttegundir.

Tafla 5. Styrkur óþéttanlegra lofttegunda. Vegið meðaltal og gufa frá holum KJ-20, KJ-32 og KJ-21 sumarið 2000. Miðað er við 11 bar a þrýsting (Trausti Hauksson 2001)

Lofttegund	CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	N ₂
Vegið meðaltal mg/kg	9447	1150	29	2	22
KJ-20 (hámark CO ₂) mg/kg	37329	1304	47	4	105
KJ-32 (hámark H ₂ S) mg/kg	5802	1797	42	3	10
KJ-21 mg/kg	4161	590	21	6	24

Tafla 6. Útblástur gróðurhúslofttegunda (CO₂ ígildi) v/meðal- og hámarks- gufu- og gasrennslis frá Kröfluhölu í 6 mánuði, heildarútbلاstur frá Kröflu, íslenskum jarðhitavirkjunum og allri starfsemi á Íslandi árið 2000 (Birna Hallsdóttir 2001).

	Meðal gufu- og gasrennslishöla 6 mánuðir	Hámarks gufu- og gasrennslishöla 6 mánuðir	Heildarstreymi frá Kröflu árið 2000	Heildarstreymi frá íslenskum jarðhitasvæðum árið 2000	Heildarstreymi frá allri starfsemi á Íslandi árið 2000
Tonn	1.387	22.517	80.567	164.392	3.300.000
%	0.04	0.68	2.44	4.98	100

Fylgst hefur verið með dreifingu lofttegunda, einkum H₂S eftir að þær berast út í andrúmsloft á Kröflusvæði og virðist styrkur deyja út fremur fljótt (Gretar Ívarsson o.fl. 1993). Hæsta gildi sem þá mældist í andrúmslofti var 219 ppb en mengunarmörk brennisteinsvetnis á vinnustað eru 10.000 ppm og eru ekki til önnur umhverfismörk fyrir það. Þó gæti verið ástæða til að gera a.m.k punktmælingar yfir svæðið í kringum fyrstu holuna eftir að henni hefur verið hleypt upp. Þá ber að gæta þess að nota öflugan hljóðdeyfa sem skiljur við 1 bar a þrýsting til að koma í veg fyrir að úði sem efni geta fallið út úr dreifist um nágrennið.

Hg og As hafa bæði mælst í litlu magni í Kröflugufu þrátt fyrir einhverja aukningu vegna umbrota (sjá t.d. Jón Ólafsson 1978). Þá hefur geislavirkni frá ²²²Rn verið mæld en reynst í óskaðlegu magni.

5. LOSUN AFFALLSVATNS

Eins og fram kemur í kafla 2 er gert ráð fyrir að affallsvatn verði losað í hraun eða sprungur í nágrenni við holuna. Gert er ráð fyrir um 100-1000-faldri þynningu í samræmi við líkan verkfræðistofunnar Vatnaskila (Bréf til Ásgríms Guðmundssonar 14.01.2002, mynd 2).

6. VÖKTUN OG EFTIRLIT

Fylgst er með jarðhitasvæðinu, breytingum á landi, lífríki, grunnvatni og frárennsli samkvæmt lýsingu í matsskýrslu um mat á umhverfisáhrifum vegna stækkunar Kröfluvirkjunar um 40 MW_e (VGK, Orkustofnun 2001).

Fyrir upphleypingu rannsóknarholu verður fylgst með hita og þrýstingi og eftir lokun með uppbyggingu þrýstings. Eftir upphleypingu verður fylgst með rennsli, vermi og efnasamsetningu rennis holunnar mjög grannt fyrstu dagana en eftir u.þ.b. eins mánaðar blástur er gert ráð fyrir að rennsli og vermi verði mælt tvisvar í mánuði en sýni tekin til efnagreininga u.þ.b. mánaðarlega. Gert er ráð fyrir að blástursprófun standi í a.m.k. 6 mánuði. Meðan á blástursprófunum fyrsta áfanga stendur verður ef þess er kostur fylgst með sambandi milli holnanna, en ekki er gert ráð fyrir að slíkar prófanir skili niðurstöðum vegna lítils umfangs og stutts blásturstíma. Sams konar athuganir verða gerðar í seinni áföngum.

7. HEIMILDIR

Birna Hallsdóttir 2001: Útstreymi loftmengunarefna og útstreymisbókhald. Orkuþing 2001. Orkumenning á Íslandi. Grunnur til stefnumótunar. María Jóna Gunnarsdóttir (ritstj.), 308-316.

Gretar Ívarsson, Magnús Á Sigurgeirsson, Einar Gunnlaugsson, Kristján H. Sigurðsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1993: Mælingar á gasi í andrúmslofti. Styrkur brennisteinsvetnis, brennisteinsdíoxíðs og kvikasilfurs á háhitasvæðum. Orkustofnun OS-93074/JHD-16, 69 s.

Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson 1998: Krafla-Námafjall. Áhrif eldvirkni á grunnvatn. Orkustofnun, OS-98066, 33 s.

Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Birna Hallsdóttir 2001: Gasútbástur frá jarðhitasvæðum. Orkuþing 2001. Orkumenning á Íslandi. Grunnur til stefnumótunar. María Jóna Gunnarsdóttir (ritstj.), 324-330.

Kristmannsdóttir, H., Sigurgeirsson, M., Ármannsson, H., Hjartarson, H. and Ólafsson, M., 2000. Sulphur gas emission from geothermal power plants in Iceland. *Geothermics*, 29, 525-538.

Jón Ólafsson 1978: Kvikasilfur og arsen í borholum við Kröflu og Námafjall. Náttúrufræðingurinn 48, 52-57.

Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson 2001: Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás sumarið 2000. Landsvirkjun, Kröflustöð, 74 s.

Verkfræðistofan Vatnaskil 1999: Mývatn. Grunnvatnslíkan af vatnasviði Mývatns. Verkfræðistofan Vatnaskil, 82 s.

VGK, Orkustofnun 2001: Stækkun Kröfluvirkjunar í Skútustaðahreppi, Suður-þingeyjarsýslu um 40 MW. Mat á umhverfisáhrifum. Landsvirkjun LV-2001/034, 100 s.

Halldór Ármannsson