



ORKUSTOFNUN

Frumniðurstöður ferilprófunar með
kalíumjoðíði á Kröflu-Námafjallssvæði og
tillögur um lokaáfanga prófana 1998

**Hrefna Kristmannsdóttir, Steinunn Hauksdóttir, Guðni
Axelsson**

Greinargerð HK-StH-GAx-98-06

Frumniðurstöður ferilprófunar með kalíumjoðíði á Kröflu- Námafjallssvæði og tillögur um lokaáfanga prófana 1998

Eins og fram kom í greinargerð Orkustofnunar frá í ágúst (Hrefna Kristmannsdóttir, 1998), komu flúrljómandi efnin, flúorescein og rhodamín W. T. sem sett voru niður í Bjarnarflagi og Búrfellshrauni ekki fram á neinum athugunarstaðanna. Þar sem flúorescein kom fram í ferilprófunum á Mývatnssvæðinu 1980 og 1981 (Þóroddur F. Þóroddsson og Guttormur Sigbjarnarson, 1983), þótt þá væri aðeins sett niður 1/10 af því magni sem nú var sett niður, var talið að aðsogun í kísligúr gæti verið orsakavaldur. A.m.k. var það talið líklegt hvað varðar rhodamínið, sem sett var niður í Bjarnarflag. Frá því að fyrri ferilprófanir voru gerðar hefur verið losað mikið affall frá Kísiliðjunni og gæti veruleg uppsöfnun hafa orðið á kísligúr í hrauninu.

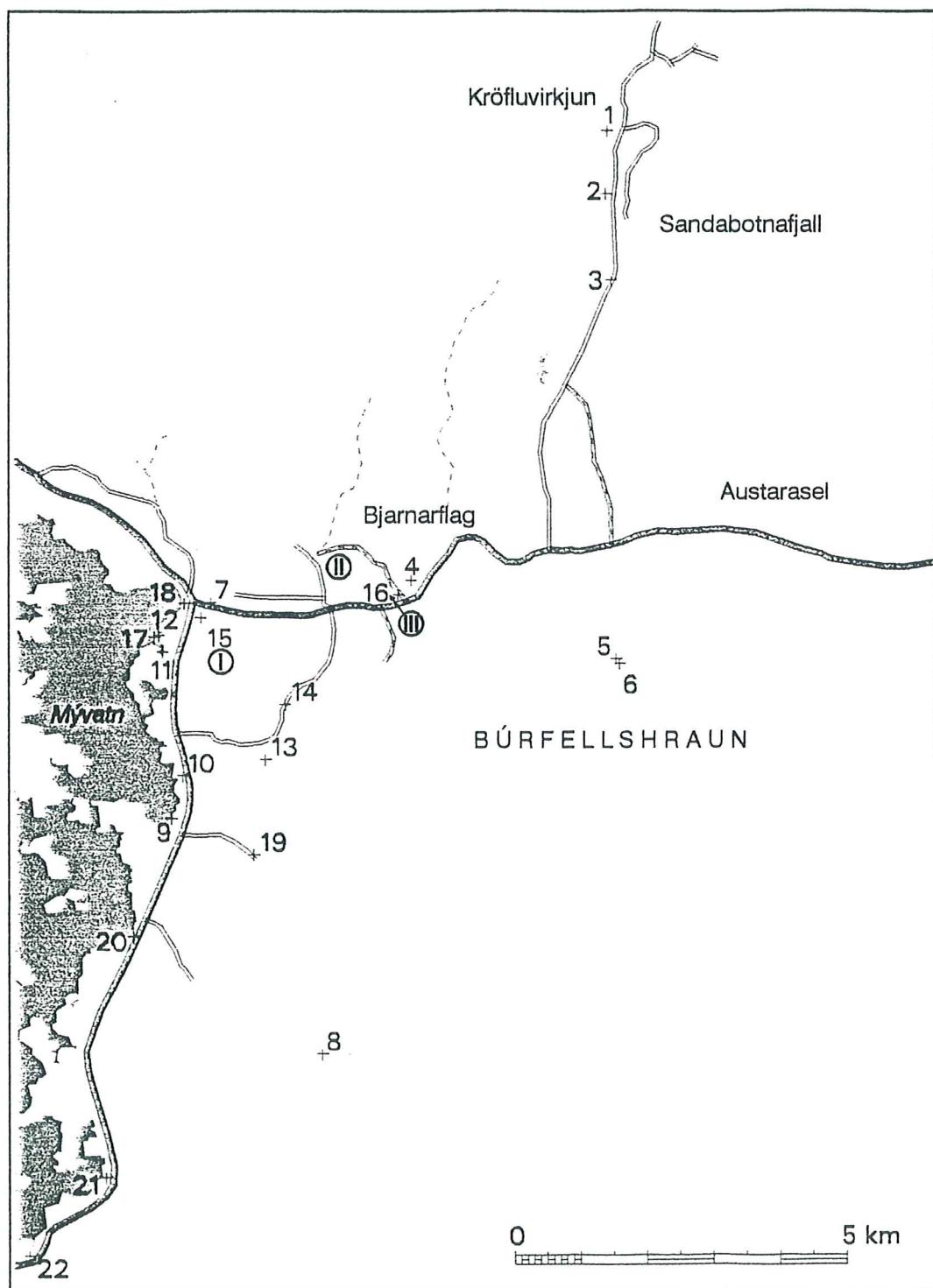
Prófanirnar 1980 bentu til að rennslishraði grunnvatnsins væri um 5-20 m/klst. Mældur rennslishraði í gjánum er hins vegar 1-3 m/mín. Talið var því lílegt að efnið mundi skila sér á nokkrum dögum í Grjótagjá, en taka eina eða fleiri vikur að ná út í Mývatn.

Vegna grunsemda um aðsog á kísligúr var ákveðið að endurtaka ferilprófunina og setja niður annað ferilefni í Bjarnarflagslónið. Ekki kom til greina að nota litarefni skyld þeim sem notuð voru í fyrri prófun og að athuguðu máli var kalíumjoðíð talið hentugasta efnið. Eftir að hafa mælt bakgrunnsgildi á öllum sýnatökustöðum var lagt til að sett yrði niður u.p.b. 80 kg af efninu í svelginn frá lóninu í Bjarnarflagi (staður III á mynd 1). Þann 16. september voru svo sett niður 100 kg af efninu, en það kom í 25 kg umbúðum.

Í prófuninni með flúrljómandi efnin var byrjað að taka sýni nokkrum dögum fyrir niðursetninguna og haldið áfram um nær fjögurra mánaða skeið. Eftir að kalíumjoðíðið fór niður liðu hins vegar 2-3 dagar þar til að sýni voru tekin. Einungis einn starfsmaður var eftir í verkefninu á þessum tíma og var hann einnig í öðrum verkum. Vegna niðurstöðu úr fyrri prófunum töldu menn einnig ólíklegt að efnið kæmi fram á fyrstu 1-2 dögunum. Jafnframt var sýnataka ekki alveg dagleg næstu dagana væntanlega einnig vegna anna starfsmanns. Eins og sjá má af niðurstöðum mælinganna reyndist mjög bagalegt að sýnatakanvar svona strjál fyrstu dagana.

Allar mælingar á styrk joðíðs í sýnum eru sýndar í töflu 1 og myndum 2 og 3. Í töflu 2 er listi yfir sýnatökustaði og skýringar á númerum á mynd 1. Mæld bakgrunnsgildi í köldu grunnvatni á svæðinu eru yfirleitt $< 0,1 \mu\text{g/l}$ og um $6 \mu\text{g/l}$ í Bjarnarflagslóninu. Niðurstöður úr mælingunum koma talsvert á óvart þar sem hæstu mæligildin koma fram við Hverfjall, Helgavog og Bjarg þann 19. september, sem er fyrsti sýnatökudagur á þessum stöðum. Verulega lægri gildi mælast í Grjótagjá þar sem búist hafði verið við hæstum styrk. Í Leynigjá mælist hærri styrkur en í Grjótagjá og þar kemur fram hámark u.p.b. viku eftir niðursetningu. Efnið virðist koma fram bæði í Garðslind og í Syðri Vogum eftir 3-6 daga. Í Langavogi koma fram nokkrir púlsar 3-10 dögum eftir niðursetningu. Á Bjargi kemur fram vottur á 11. og 12. degi og í Hverfellsgjá um svipað leyti. Eftir tvær vikur mælist grunngildi

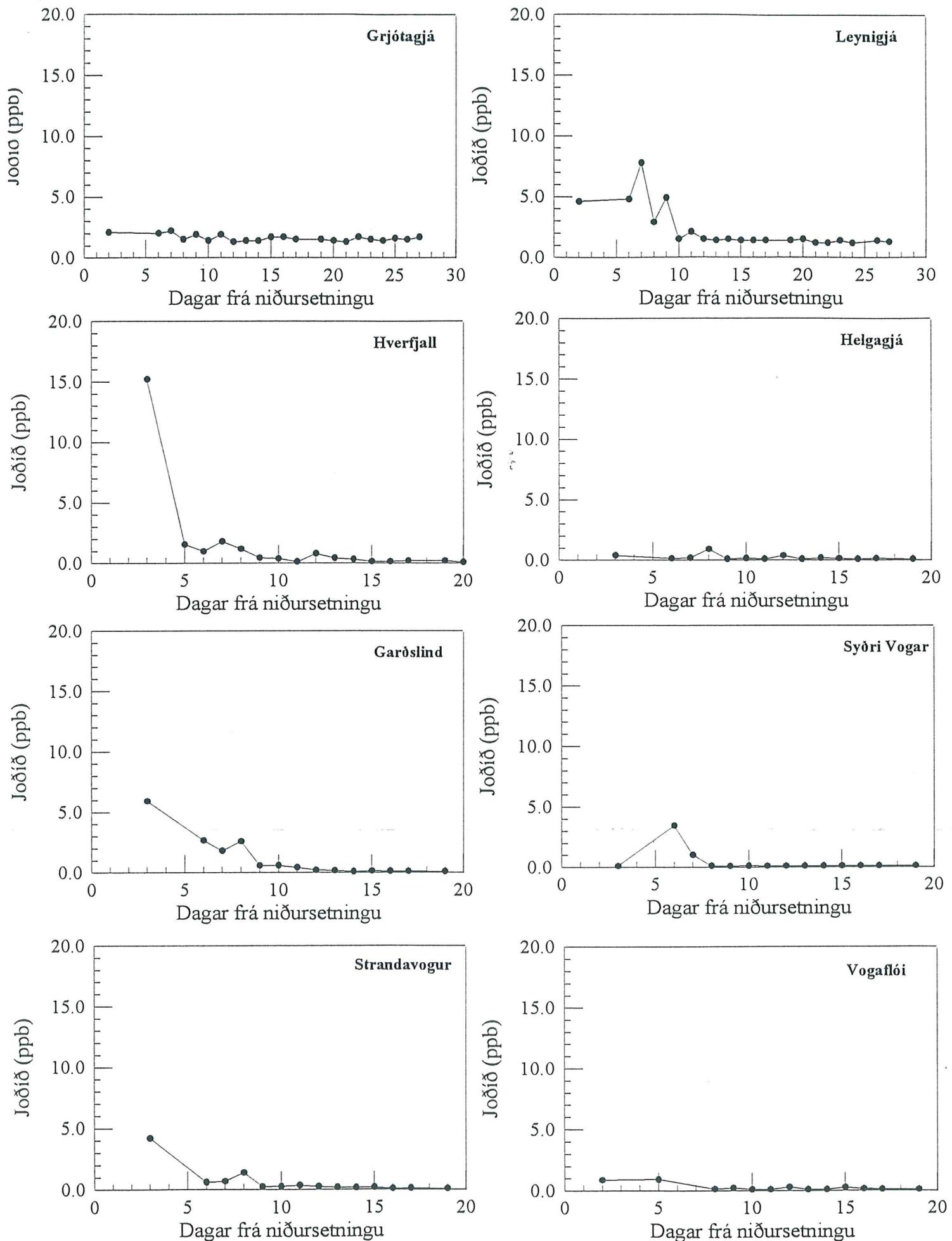
í öllum mælistöðum nema í Egilsholu þar sem 3. og 8. nóvember koma fram hækkuð mæligildi.



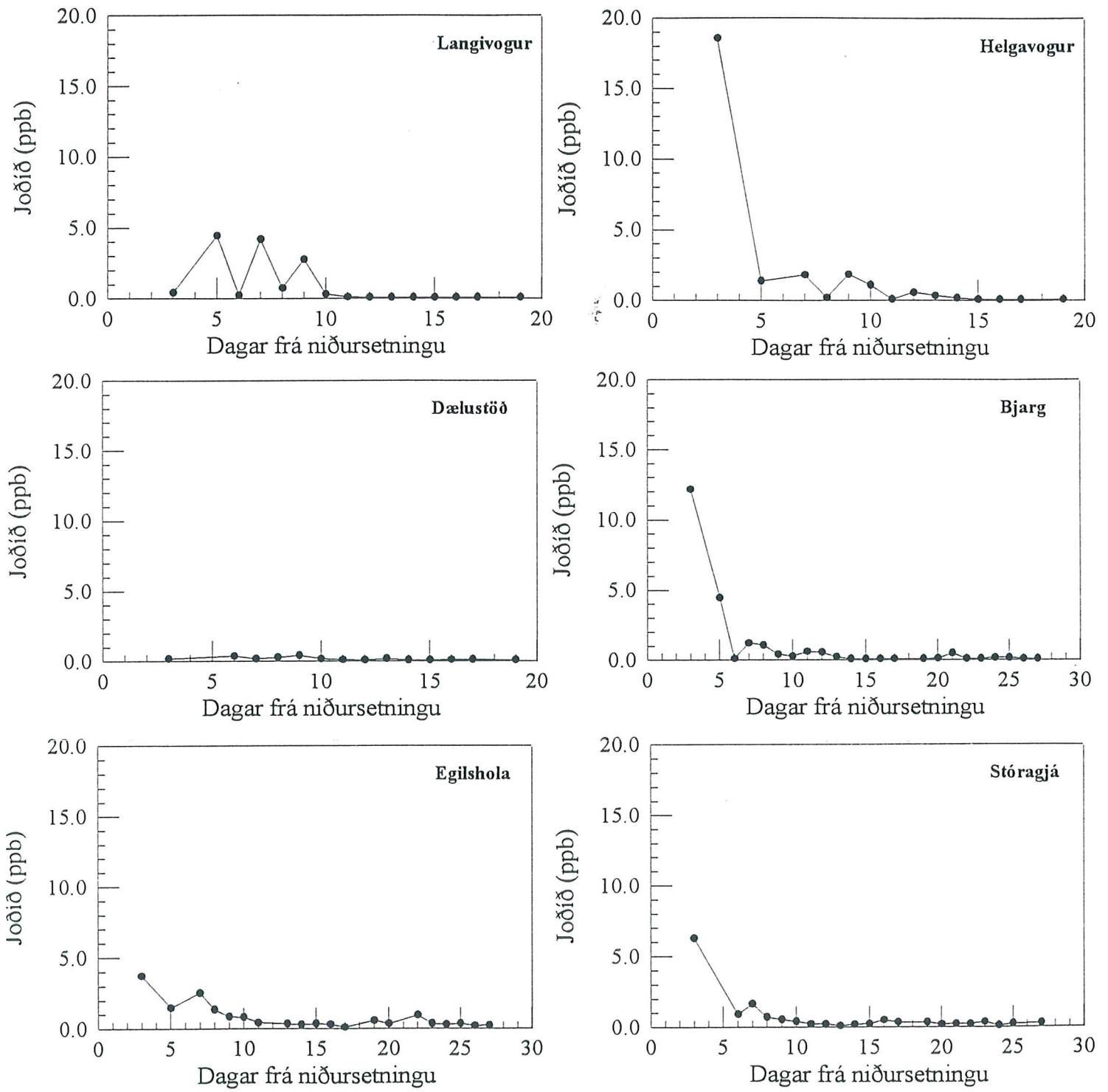
Mynd1. Staðsetning sýnatökustaða (7-21) og niðursetningastaða ferilefna (I; II og III)

Ferilefnamaðlingar Mývatnssveit - Styrkur jöldas ($\mu\text{g/l}$)															
Dags	Fj. dag frá niðu	Grijótagjá	Leynigjá	Hverfjall	Helgagjá	Gardslind	Syðri Vogar	Strandavogur	Vogafloí	Langivogur	Helgavogur	Dælustöð	Bjarg	Egilshola	Stóragjá
18.9.1998	2	2,1	4,6	-	<0,5	5,93	-	-	0,88	-	<0,5	18,57	<0,5	12,18	3,73
19.9.1998	3	-	-	15,21	-	-	4,2	-	0,93	4,44	1,41	-	4,47	1,49	-
21.9.1998	5	-	-	1,56	-	-	-	-	<0,5	<0,5	-	<0,5	<0,5	-	0,92
22.9.1998	6	2	4,8	0,98	<0,5	2,66	3,45	0,59	-	<0,5	-	-	-	-	1,66
23.9.1998	7	2,2	7,8	1,81	<0,5	1,81	1,03	0,68	<0,5	4,19	1,82	<0,5	1,21	2,54	-
24.9.1998	8	1,5	2,9	1,18	0,91	2,6	<0,5	1,39	<0,5	0,74	<0,5	<0,5	1,07	1,36	0,72
25.9.1998	9	1,9	4,9	<0,5	0,58	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,76	1,86	<0,5	<0,5	0,85	0,55
26.9.1998	10	1,4	1,5	<0,5	0,59	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,09	<0,5	<0,5	<0,5	0,82	<0,5
27.9.1998	11	1,9	2,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,62	<0,5
28.9.1998	12	1,3	1,5	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,57	<0,5	<0,5	<0,5	0,56	-
29.9.1998	13	1,4	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
30.9.1998	14	1,4	1,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1.10.1998	15	1,7	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2.10.1998	16	1,7	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
3.10.1998	17	1,5	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
5.10.1998	19	1,5	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,58	<0,5
6.10.1998	20	1,4	1,5	<0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
7.10.1998	21	1,3	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,5
8.10.1998	22	1,7	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,96	<0,5
9.10.1998	23	1,5	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	<0,5
10.10.1998	24	1,4	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	<0,5
11.10.1998	25	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	<0,5
12.10.1998	26	1,5	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-
13.10.1998	27	1,7	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	<0,5

Tafla 1. Niðurstöður mælinga á kalíumjoðíði



Mynd 2. Mælingar á kalíumjoðíði með tíma á sýnatökustöðum.



Mynd 3. Mælingar á kalíumjoði með tíma á sýnatökustöðum.

Tafla 2. Staðir merktir á mynd 1. Sýnatökustaðir eru feitletraðir í töflunni.

1) Sandabotnalind-Tekið er úr dæluskúr í Kröflu
2) Gamla kaldavatnsholan í Kröflu, sem er 35 m djúp. Dælt er úr holunni á um 22 m d.
3) Hlíðardalslækur við Skarðsel
4) Austaraselslindir-tekið í dæluskúr í Námafjalli
5) Hola AB-01 í Búrfellshrauni-tekið á 55 m d.
6) Hlíðardalslækur við holu AB-02.
7) Egilshola í Reykjahlíðarþorpi til móts við Stórugjá.
8) Helgagjá sunnan Dimmuborga.
9) Lind á bakka Mývatns við Vogaflóa.
10) Lind á bakka Mývatns við Langavog.
11) Lind á bakka Mývatns við Helgavog
12) Lind á bakka Mývatns N við Helgavog
13) Leynigjá-suðurhluti Grjótagjár við nýja baðstaðinn
14) Grjótagjá-karlagjáiñ
15) Stóragjá við aðalop
16) Glerhallarvatn-affallslón í Bjarnarflagi rétt N vegar
17) Borhola í Helgavogi
18) Bakki Mývatns rétt neðan Bjargs
19) Hverfjallsgjá
20) Strandarvogur. Lind á bakka Mývatns
21) Grjótavogur. Lind á bakka Mývatns
22) Garðslind

Vegna strjálla mælinga er nokkuð erfitt að túlka þessar niðurstöður en ljóst er að ferilefnið hefur komið fram. Líklegast er að það hafi verið að mestu farið fram hjá á sumum sýnatökustöðunum þegar fyrstu sýnin voru tekin. Sé það tilfellið hlýtur affallið úr lóninu að berast um svæðið með hröðum yfirborðsstraumum. Miðað við niðurstöður úr fyrri ferilprófunum er það fremur óvænt niðurstaða. Reiknað hafði verið með að affallið blandaðist og bærist niður í grunnvatnskerfið og þar væri rennslishraði svipaður og fyrri ferilprófanir gáfu til kynna. Mældur rennslishraði í gjám á svæðinu er 1-3 m/mín, en fremur ólíklegt var talið að affallið bærist um allt svæðið með þeim hraða þótt hluti þess gæti borist hratt um eftir að það kæmist í gjárnar.

Ferilprófun með rhodamíni fyrir í sumar gaf enga niðurstöðu, þar sem efnið kom ekki fram. Í henni var þó safnað sýnum nokkra daga fyrir niðursetningu og daglega fyrstu dagana á eftir. Þrátt fyrir að ólag hafi verið á tæki fyrstu dagana sem mælt var hefði átt að sjást einhver breyting hefði efnið komið fram. Mælingar Orkustofnunar voru of strjálar ef efnið hefur komið mjög hratt fram. Sú tilgáta að rhodamínið hafi aðsogast kísilgúr og því ekki sést virðist einnig ólíklegri sé rennslíð svona hratt. Í rannsóknarstofuprófunum Orkustofnunar á aðsogi rhodamíns í kísilíku Svartsengisvatni (AEÓ, 1984) tók það a.m.k. nokkra daga að hverfa úr lausn. Vera má þó að kísilgúrinn sé betri sía, en þetta mál er ekki að fullu skýrt.

Varðandi rennslishraðann í grunnvatninu og mismun milli niðurstaðna úr ferilprófunum nú og 1980 og 1981 þá ber þess að geta að þær eru ekki sambærilegar. Í ferilprófun 1980 var efnið sett niður í hraunið við Varmholtsgjá (I á mynd 1), 1981 var það sett niður norðan við þrær Kísiliðju (II á mynd 1) og nú í sumar var það sett niður vestan við affallslón frá

skiljustöðinni í Bjarnarflagi (III á mynd 1). Í fyrri ferilprófunum var tilgangurinn að ákveða leið affalls frá Kísiliðjunni, en í þeim síðari að ákveða leið affallsvatns frá lóninu. Vera má að svelgurinn frá affallslóninu eigi greiðari leið út í opnar gjár og rennur, en affall bæði frá leiðslu og þróm Kísiliðju berist dýpra í grunnvatnskerfið. Séu niðurstöður úr fyrri ferilprófunum skoðaðar er reyndar ljóst að túlkun á niðurstöðum úr a.m.k. þeirri síðari getur orkað tvímælis. Þó er ljóst að ekkert bendir til að í þeim hafi ferilefnið borist álíka hratt um og prófunin með kalíumjoðíðinu bendir til.

Mörgum atriðum er því ósvarað varðandi leið jarðhitaaffallsins til Mývatns og nauðsynlegt að gera frekari athuganir. Æskilegasta framhald væri að gera stutta prófun með sama ferilefni þar sem tekin væru sýni strax rétt fyrir niðursetningu og síðan á fárra tíma fresti í 3-4 sólarhringa á 3-5 völdum stöðum. Með því fengist mat á það hvort sú tilgáta eigi við rök að styðjast að affallið renni svona hratt um nánast allt svæðið. Kalíumjoðíð er dýrt efni og mælingar á joðíði sömuleiðis svo sú hugmynd hefur komið upp að gera í staðinn stutta prófun með flúrjómandi efninu flúorescein. Það er miklu ódýrara en kalíumjoðíð og mun ódýrara að mæla það. Samkvæmt prófunum á það að aðsogast minna á jarðveg og leir en rhodamin W.T. og því líklega minni hætta á að það hverfi en rhodamínið. Þó er ljóst að flúorescein getur einnig aðsogast, einkum á lífræn efni, og það er jafnframt mun viðkvæmara fyrir dagsbirtu og brotnar fyrir niður í ljósi en rhodamín. Á þessum árstíma ætti sú hætta reyndar að vera í lágmarki.

Annar möguleiki væri að nota eithvert annað ferilefni, sem ekki er mikil hætta á að aðsogist jarðvegi/kíslgúr og er ódýrara en kalíumjoðíð. Annað ferilefni sem við þekkjum og nokkur reynsla er af hérlandis er natríumbrómíð. Kílóverð þess er mun lægra en kalíumjoðíðs en hins vegar er styrkur brómíðs í grunnvatninu hærri svo setja þarf niður mun meira magn af því, eða um 600 kg. Jafnframt er nokkur hætta á trulun á mælingu sé nítratstyrkur vatnsins einhver eins og verið getur einkum að sumarlagi. Kostnaður við greiningu þess er svipaður og við joðíð. Hér á eftir eru birtar kostnaðaráætlunar vegna nýrrar ferilprófunar með annað hvort flúoresceini, kalíumjoðíði eða natríumbrómíði. Í öllum tilvikum er reiknað með að sýni séu tekin úr Grjótagja, Hverfjallsgjá, við Bjarg og úr Garðslind mjög ört, á þriggja tíma bili, í þrjá daga og síðan daglega í nokkra daga. Jafnframt verði tekin sýni daglega í nokkra daga (2-4 eftir aðstæðum) fyrir niðursetningu. Reiknað með að senda þurfi mann sérstaklega til að setja efnin niður, en að hann stoppi bara daginn. Til að minnka greiningarkostnað er gert ráð fyrir að sýnum til flúoresceinmælinga verði safnað saman þannig að öll sýni fyrstu þrjá dagana verði mæld saman og afgangurinn í einu lagi. Gæta verður þess að sýnin séu geymd í algjöru myrkri fram að greiningu og send með hraði svo þau verði ekki eldri en 3-4 daga við greiningu. Tekin verði sýni daglega í þrjá daga fyrir niðursetningu og greind á staðnum og einnig send suður til greiningar. Þessi sýni verði meðhöndluð á sama hátt og að framan var greint. Varðandi áætlun um hin efnin er gert ráð fyrir sams komar sýnatöku að safna öllum sýnum saman og greina. Í kostnaðaráætlun er einungis tekinn með kostnaður sem fellur til á Orkustofnun vegna niðursetningar, greininga og lágmarksúrvinnslu.

KOSTNAÐARÁÆTLUN

Kostnaðaráætlun vegna niðursetningar flúoresceins:

Kostnaður í kr.:

Ferðakostnaður	15.000,-
Vinna Orkustofnunar v. undirbúning, niðursetningu efnis, mælingu og úrvinnslu 60 t @ 4000,-	240.000,-
Efniskostnaður	85.000,-
	<hr/>
	340.000,-

Kostnaðaráætlun vegna niðursetningar kalíumjoðíðs

Ferðakostnaður	15.000,-
Vinna Orkustofnunar v. undirbúning, niðursetningu og úrvinnslu 30 t @ 4000,-	120.000,-
Efniskostnaður	290.000,-
Efnagreiningar: 180@2175,-	391.500,-
	<hr/>
	816.500,-

Kostnaðaráætlun vegna niðursetningar natriúmbrómíðs

Ferðakostnaður	15.000,-
Vinna Orkustofnunar v. undirbúning, niðursetningu og úrvinnslu 30 t @ 4000,-	120.000,-
Efniskostnaður	260.000,-
Efnagreiningar: 180@2175,-	391.500,-
	<hr/>
	786.500,-

Tilvitnanir

Anna E. Ólafsdóttir. Könnun áhrifa Svartsengisvatns á rhodamin W.T. Orkustofnun greinargerð AEÓ-84/01, 9s.

Hrefna Kristmannsdóttir, 1998. Framhald ferilprófana á Kröflu-Námafjallssvæði. HK-98/05, 3s.

Þóroddur F. Þóroddsson og Guttormur Sigbjarnarson, 1983. Kísiliðjan við Mývatn. Grunnvatnsrannsóknir. OS-83118/VOD-10, 41 s.