



## ÁLITSGERÐ

UM MENGUNARHÆTTU VEGNA AFFALLSVATNS FRÁ  
GUFUVIRKJUN VIÐ KRÖFLU EÐA HVERARÖND

eftir

Guttorm Sigbjarnarson

Hauk Tómasson

Jónas Elíasson og

Stefán Arnórsson



## ÁLITSGERÐ

UM MENGUNARHÆTTU VEGNA AFFALLSVATNS FRÁ  
GUFUVIRKJUN VÍÐ KRÖFLU EÐA HVERARÖND

eftir

Guttorm Sigbjarnarson

Hauk Tómasson

Jónas Elíasson og

Stefán Arnórsson

## EFNISYFIRLIT

MEGINNIÐURSTÖÐUR	bls 1
INNGANGUR	bls 3
VATNAFRÆÐI BÚRFELLSHRAUNA	bls 3
ÁHRIF HITANS	bls 5
EFNI Í VATNI	bls 6
UMHVERFISÁHRIF	bls 12
NIÐURSTÖÐUR	bls 13
1. Mynd. Yfirborðskæling	bls 15
2. Mynd. Mögulegar lekaleiðir	bls 16
Tafla 1. Efni í volgu vatni	bls 11

## MEGINNIÐURSTÖÐUR

Frárennslisvatn væntanlegrar 55 MW virkjunar við Kröflu verður um  $0.6 \text{ m}^3/\text{sek}$ . Hiti þess verður um  $100^\circ\text{C}$ . Efnainnihald er eins og algengt er á háhitasvæðum; sjá nánar aftar í þessari skýrslu.

Helstu umhverfisáhrifin af frárennslisvatninu eru þau, að gufumökk mun leggja af vatninu meðan það er ofanjarðar og kísilútfellingar verða á farvegum þess. Niðurstreymi af volgu vatni veldur upphitun á svæðum sem áður voru köld, og geta þau hitaáhrif borist með grunnvatnsstraumum eitthvað burt frá niðurstreymisstaðnum, þó varla alla leið til Mývatns, jafnvel þótt frárennslisvatnið um síðir berist þangað, vegna blöndunar og kólnunar á leiðinni. Brennisteinsvetni hefur skaðleg áhrif á líf í vötnum ef styrkur þess er nægilega hár. Engar líkur eru taldar á að brennisteinsvetni með skaðlegum styrk geti borist í Mývatn vegna þess að það eyðist að mestu á leiðinni og það sem eftir verður þynnist gífurlega vegna blöndunar við ferskt grunnvatn. Í frárennslisvatninu er væntanlega nokkuð fosfat er valdið getur áburðarmengun (eutrophication) ef það berst í Mývatn. Miðað við niðurstöður rannsókna á dreifingu fosfats frá áburði á tún virðist ólíklegt, að slík mengun geti orðið í Mývatni, þar sem fosfatið binst auðveldlega í jarðveginum.

Niðurstöður þessarar álitsgerðar eru þær, að losna megi við vatnið með því að láta það síga niður í Búrfellshraun en byrja jafnframt rannsóknir til að fylgjast með því, hvort hætta sé á, að frárennslisvatnið geti valdið skaða á Mývatni. Komi í ljós, að slík hætta sé fyrir hendi, þarf að grípa til gagnráðstafana. Það er hægt að gera síðar, án þess að breyta neitt þeim mannvirkjum, sem gerð eru í fyrstu; einungis þarf þá að bæta við nýjum mannvirkjum. Nægur tími mun gefast til aðgerðar áður en til mengunar á Mývatni kemur.

Rökin fyrir að velja þessa aðferð eru:

1. Hún er ódýrust.
2. Búrfellshraun er mjög víðáttumikill grunnvatnsgeymir, og hraunið er vel vatnsgengt. Þynning verður því afar mikil



á efnum, sem uppleyst eru í frárennslisvatninu, og það kólnar mikið, vegna blöndunar við grunnvatnið. Þegar af þeirri ástæðu er lítil hættá á því, að um skaðleg áhrif á Mývatni geti verið að ræða, jafnvel þótt hið kælda og útpynnna frárennslisvatn berist út í það.

3. Búrfellshraun er um 14 km frá austurströnd Mývatns.

Þaðan munu liggja grunnvatnsstraumar í áttina til Mývatns, en óvíst er hvort straumur frá væntanlegum niðurstreymisstað rennur í vatnið þótt það sé líklegt. Samkvæmt því sem vitað er um rennslishraða grunnvatns í hraunum hér á landi tekur það grunnvatnið a.m.k. áratugi að ná til Mývatns, ef það á annað borð gerir það. Það verður því meira en nógur tími til að grípa til gagnráðstafana frá því að sýnt þykir að hættá geti verið á mengun Mývatns og þar til frárennslisvatnið nær til Mývatns, svo fremi að fylgst verði með rennsli þess.

Til þess að fylgjast með frárennslisvatninu, eftir að því er sleppt niður í Búrfellshraun, væri rétt að bora holur niður í grunnvatnsborð hraunsins á nokkrum stöðum og taka þar sýni af vatninu áður en virkjunin er tekin til starfa og reglubundið eftir það. Holurnar mætti jafnframt nota til að mæla streymishraða og -stefnu vatnsins frá þeim stað, er því er sleppt niður.

Gagnráðstafanir. Ef mælingar og athuganir á meðhöndlun affallsvatnsins leiða í ljós, að mati vistfræðinga, að hættá sé á mengun af þess völdum, mætti bregðast við því á þrennan hátt. Í fyrsta lagi má auka kælingu þess og hugsanlega einnig útfellingu skaðlegra efna, áður en það sígur niður í hraunin. Dugi það ekki til má í öðru lagi veita því yfir á vatnasvið Jökulsár á Fjöllum, þar sem skaðleg áhrif þess yrðu alltaf hverfandi. Í þriðja lagi má hugsa sér að bora holur rétt utan heitasta svæðisins og dæla affallsvatninu þar niður. Þessi hugmynd um að losna við affallsvatn hefur verið mikið rædd undanfarin ár, en reynsla er hvergi til af henni. Rannsókn á notagildi þessarar aðferðar yrði vafalaust kostnaða söm og tímafrek.

## INNGANGUR

Á fundi sérfræðinga Orkustofnunar þann 19.11.73, sem haldinn var að frumkvæði Sveinbjörns Björnssonar, voru höfundar þessarar álitsgerðar beðnir um að láta í ljós álit sitt á mengunarvandamálum vegna affallsvatns frá jarðgufuvirkjun Kröflu eða Hverarönd. Samkvæmt áætlun um virkjun við Kröflu er gert ráð fyrir því, að affallsvatnið geti numið allt að  $0.6 \text{ m}^3/\text{sek.}$  af  $100^\circ\text{C}$  heitu vatni, og því verði veitt út á Búrfellshraun, austan Dalfjalls (1. mynd). Verði Hverarönd fyrir valinu sem virkjunarstaður, yrði affallsvatninu einnig veitt í Búrfellshraun á svipuðum slóðum. Mengunarhætta affallsvatnsins er tvíþætt, þ.e. hitaáhrif og efnamengun. Bæði hitastig og efnainnihald jarðvatnsrennslisins til Mývatns gæti breyst og affallsvatnið gæti lagt Búrfellshraun smátt og smátt undir sig með þéttingu þess. Vatnafræði Búrfellshrauna ásamt meðferð affallsvatnsins, áður en það sígur niður til jarðvatnsins, eru þeir þættir, sem ráða úrslitum, hvort marktæk mengun skapist af affallsvatninu.

## VATNAFRÆÐI BÚRFELLSHRAUNA

Búrfellshraun geyma í sér og undirlagi sínu óhemju jarðvatnsforða. Dýpt þessa jarðvatnsgeymis er óþekkt, en

samkvæmt reynslu annars staðar frá má reikna með því, að hann nái meira en á 1 km dýpi. Líklegast þórurúmmál bergsins er 20-35%. Sérhver km<sup>2</sup> svæðisins getur því geymt í berggrunnum 200-1000 G1 jarðvatnsforða. Um stærð og útbreiðslu þessa jarðvatnsgeymis er ekkert hægt að fullyrða, en hann er örugglega í tengslum við jarðvatnskerfi Ódáðahrauns, svo að stærð hans er mjög mikil. Háhitasvæðin við Námafjall og Kröflu hafa þétt sig og umhverfi sitt svo, að leki til þeirra er ekki teljandi. Hvort einhver leki frá Búrfellshraunum fari til norðvesturs á milli jarðhitasvæðanna, verður ekki séð á yfirborði, svo að hann getur varla verið mikill, enda bendir berggrunnurinn þar, móbergstúff og líparít, til þess, að svo sé ekki. Afrennsli Búrfellshrauna er því að mestu lokað til norðurs og vesturs, allt frá Jörundargrjótum að Strandarholti. Afrennsli þeirra fer því annaðhvort norðaustur til Jökulsár á Fjöllum í Dettifossgljúfur eða Hólmatungur, eða til Mývatns á milli Strandarholts og Hvammsfells. Fullvíst má telja, að það fari í báðar þessar áttir, en óvíst er, hvar jarðvatnsskilin liggja þar á milli (2. mynd). Með athugunum á lindahæð við Mývatn og Jökulsá sést þó, að mun meiri líkur eru á því, að afrennsli norðvesturhluta Búrfellshrauna fari til Mývatns og jarðvatnsskilin liggi austar, t.d. til suðurs frá Jörundi. Við höfum því aðeins athugað mögulega mengun til Mývatns, enda mundu mengunaráhrif til Jökulsár verða mun minni.

Vitað er, að mjög mikið innrennsli er í Mývatn í Syðri-Voga á milli Kálfastrandar og Garða. Allar líkur benda til, að þar sé á ferðinni jarðvatnsstraumur sá, sem kemur frá Búrfellshraunum á milli Strandaholts og Hvammsfells. Þær athuganir, sem gerðar hafa verið á þessum lindum, sýna, að hiti þeirra er 5.2°-5.8°C, sem er algengur hiti á hraunajarðvatni frá stórum jarðvatnsgeymum. Þrívætnismælingar, sem gerðar hafa verið á þessu vatni, sýna, að meðalaldur þess er meiri en 70 ár og líklega nær 100 ár. Fengin reynsla af ísótópamælingum sýnir, að



jarðvatnið í jafnstórum geymi og Búrfellshraun eru, blandast nærri því fullkomlega. Lindirnar í Syðri-Vogum eru lang vatnsmestu lindir við Mývatn, svo að áætla má, að vatnsmagn þeirra sé varla undir  $10 \text{ m}^3/\text{sek}$ . Til þess að fóðra slíkar lindir af að meðaltali 70-100 ára gömlu vatni, þarf 22-32 þúsund Gl vatnsgeymi.

#### ÁHRIF HITANS

Nota má ýmsar aðferðir til að kanna, hvaða varmaáhrif það hefði að veita  $0.6 \text{ m}^3/\text{sek}$ . af  $100^\circ\text{C}$  heitu vatni út í jarðvatnsgeymi Búrfellshrauna. Væri þessu vatnsmagni hleypt út í á með  $10 \text{ m}^3/\text{sek}$ . rennsli af  $5.5^\circ\text{C}$  heitu vatni, myndi blöndunarhitinn verða  $10.8^\circ$ . Varmaleiðni-reikningar sýna, að renni þetta vatnsmagn sem jarðvatn 14 km vegalengd í gegnum hraun, dreifist þar að jafnaði um 5 km breitt belti og rennslishraði þess væri 500 m/ári, mundi varmaútleiðsla bergsins hafa kælt það í  $6^\circ\text{C}$ , þegar það kemur til Mývatns. Einnig má reikna með því, að affallsvatnið renni í vatnsgeymi, sem er 22-32 Gl að stærð. Upphitun hans af þeim sökum væri aðeins  $0.006-0.008^\circ\text{C}$  á ári, ef fullkomin blöndun á sér stað. Varmáútleiðsla hraunsins mundi þó draga úr þeirri upphitun, auk þess sem nokkur varmi færi til að hita upp bergið. Samt sem áður myndi jarðvatnið hitna smátt og smátt, unz jafnvægi væri náð, en það mundi taka þúsundir ára. Blöndun affallsvatnsins í jarðvatnsgeyminum er háð eðlisþyngd þess, en hún er aftur háð hitastigi og magni uppleystra efna í vatninu, sem er um 20 sinnum meiri í háhitavatninu. Þegar heita vatnið kemur niður í jarðvatnsgeyminn, breiðist það fyrst út á yfirborðinu. Hitastig þess mundi þó lækka ört vegna varmaskipta og blöndunar. Þegar hitastig þess er fallið niður í  $15^\circ\text{C}$ , verður eðlisþyngd þess meiri en venjulegs jarðvatns, svo að það tekur að sökkva og flytur á þann hátt lítills háttar varma niður í jarðvatnsgeyminn. Það gæti þó



Í mesta lagi hitað hann upp um  $0.5^{\circ}\text{C}$ . Ýmsar líkur benda til þess, að hið eðlisþunga háhitavatn sökkvi mjög djúpt í jarðvatnsgeymi berggrunnins, og leiti þar a.m.k. að nokkru leyti inn í hitasvæðið aftur og myndi við það hringstreymi í því (convection cell).

Niðurstöður þessara athugana sýna, að lindahitastigið við Mývatn gæti hækkað um  $0.5^{\circ}\text{C}$  á mjög löngum tíma af völdum affallsvatnsins. Það er varla meiri breyting heldur en vænta má af völdum loftslagsbreytinga eða breytinga í jarðskorpunni. Samt sem áður er æskilegt, að affallsvatnið loftkælist sem mest, áður en það fer í Búrfellshraunin, þar sem það myndi draga enn úr áhrifum hitans.

#### EFNI Í VATNI

Ekki er talið, að önnur efni í affallsvatninu hafi áhrif á umhverfi sitt en kísill ( $\text{SiO}_2$ ), brennisteinsvetni ( $\text{H}_2\text{S}$ ) og fosfat ( $\text{PO}_4$ ). Þessar niðurstöður eru byggðar á þekktri samsetningu borholuvatns í Bjarnarflagi og prentuðum heimildum um áhrif uppleystra efna í vatni á jurtalíf og líf í vötnum (Water Quality Criteria, 1971).

Áhrif kísils varða niðurrennsli affallsvatnsins í berggrunni. Útfellingar leiða til þess, að niðurstreymisrásirnar stíflast og má því búast við, að affallsvatnið myndi sífellt stærri og stærri tjarnir. Að mati flestra mundu tjarnirnar vera til lýta í landslaginu og sérlega, ef ekki reyndist unnt að takmarka stærð þeirra, þegar virkjun er byggð. Talið er hugsanlegt að fella kísilinn út úr vatninu að nokkru leyti, áður en vatnið færi niður í berggrunninn, og ættu niðurstreymisrásirnar þá síður að stíflast. Þetta er þó ekki auðvelt, vegna þess hve útfellingar kísils eru tregar, jafnvel úr mjög yfirmettuðu vatni. Ef affallsvatninu yrði dreift yfir allstórt svæði eða látið standa í tjörnum, gæti það kólnað nær

alveg niður. Eru þá taldar auknar líkur á því, að verulegur hluti kísilsins næði að falla út.

Nokkur hættu er á því, að sandur og ryk, sem berst með vindi í affallsvatnið, geti stíflað niðurstreymisrásir þess. Til þess að hindra þetta er talið nauðsynlegt að rækta upp nokkurt svæði umhverfis frárennsli affallsvatnsins, en gróðurinn myndi hefta sandburð í vatnið.

Miðað við þekkta efnasamsetningu borholuvatns í Bjarnarflagi, þykir fullvíst, að brennisteinsvetni ( $H_2S$ ) verði ekki meira en 40 ppm í affallsvatni, hvort sem virkjað væri í Kröflu eða Hverarönd. Enginn vafi leikur á því, að mikill meiri hluti brennisteinsvetnisins mundi tapast út í andrúmsloftið, meðan vatnið kælist í tjörnum eða við yfirborðsrennsli. Miðað við það súrefni, sem er í yfirborðsvatni, þyrfti allt að fjórum sinnum minna magn af grunnvatni, miðað við affallsvatnið, til að oxu allt brennisteinsvetni yfir í brennistein eða súlfat. Er þá gert ráð fyrir, að enn séu 8 ppm af brennisteinsvetninu eftir í affallsvatninu, þegar það rennur niður og verður slíkt að teljast mjög varlega áætluð minnkun. Ekki er vitað, hversu langan tíma það tekur að oxu brennisteinsvetni í brennistein og/eða súlfat í grunnvatni. Í sæmilega lokuðum sýniflöskum úr plasti tekur þessi oxun nokkra daga eða vikur, en örfáa daga í opnu íláti.

Virðist því með öllu óhugsandi, að áhrifa brennisteinsvetnis gæti í því vatni, sem kemur út í Mývatni, sérstaklega þegar haft er í huga, að affallsvatnið blandast í grunnvatnsstraum, sem nemur nokkrum tugum teningsmetra á sekúndu.

Ekki liggja fyrir niðurstöður mælinga á fosfati ( $PO_4$ ) í vatni úr borholum við Námafjall, nema þeirri elstu

(0.41 ppm). Með samanburði við háhitavatn í borholum í Hveragerði, sem hefur svipaða samsetningu og borholuvatnið í Námafjalli, og elstu borholum í Námafjalli er búist við um 0.2 ppm fosfati í djúpvatni á Námafjalls- og Kröflusvæðinu. Í náinni framtíð verður úr þessu skorið með efnagreiningum á Námafjallsvatninu. Berist vatn með svo hátt fosfat, sem hér um ræðir, út í Mývatn, mætti búast við, að fosfatið hefði örvandi áhrif á ýmsan gróður.

Allmikið magn af fosfór er sett á tún sem áburður, eða 60-90 kg af fosfati sem  $PO_4$  árlega á hvern hektara. Rannsóknir hafa sýnt, að fosfatið frá þessum áburði binst í efstu 1-2 cm jarðvegsins. Þó segir í Water Quality Criteria (1971), að helst sé að vanta mikils fosfats í grunnvatni, sem fær m.a. vatn úr ræktuðum jarðvegi. Þá segir í ofanefndu riti, að mikið fosfat í vatni hafi í för með sér örvandi áhrif á þörunga-gróður, sem getur verið skaðlegur fiski. Með miklu fosfati er líklega átt við nokkra tugi ppm. Svo virðist sem fosfat í jarðvegi sé bundið með járn, alúminíum, kalíum eða lífrænu efni. Stundum mun haga svo til, að meiri hluti fosfatsins sé lífrænt bundinn, en járn og alúminíum fosföt eru mjög torleysanleg og geta því vafalaust haft veruleg áhrif á bindingu fosfats í jarðvegi. Hins vegar er kalsíum fosfat mun leysanlegra og kemur tæplega við sögu, nema vatnið sé verulega basískt. Nauðsynlegt er talið að athuga, hvort snerting heita affallsvatnsins við ólífrænan jarðveg, svo sem sand eða leir, sé ekki nægileg til að fella út fosfatið með járn og/eða alúminíum. Mundi slík útfelling geta átt sér stað um leið og affallsvatnið kólnaði og felldi út kísil, sem áður er nefnt.

Í meðfylgjandi töflu er sýnt efnainnihald í volgu vatni úr Stórugjá, Grjótagjá og austari neysluholu Kísiliðjunnar.



Vatnið á öllum þessum stöðum ber greinileg einkenni háhitavatns, sem eru lágt hlutfall af Na/K og hátt innihald kísils ( $\text{SiO}_2$ ) og súlfats ( $\text{SO}_4$ ), miðað við hita vatnsins. Kísilhiti vatnsins er 89-117°C, en mældur hiti 26-41°C. Að munurinn á kísilhita og mældum hita í volgu vatni verði svo hár er fyrst og fremst að vönta, þegar heitt vatn blandast köldu. Hluti heits vatns í blöndunni reiknaðist 0.29 fyrir Stórugjá, 0.30 fyrir neysluholuna og 0.45 fyrir Grjótagjá. Var þá gert ráð fyrir djúpvatni með  $\text{Na}^+$  innihald og hita eins og er í holu 5 og að vatnið hefði soðið í 100°C, en 10 ppm  $\text{Na}^+$  í köldu grunnvatni með hita 5°C. Sé um blöndun sem þessa að ræða, hefur um helmingur af kísilinnihaldi blöndunnar fallið út, þó ekki nærri nóg til að ná jafnvægi við kalsedón, en búast má við, að slíkt jafnvægi ríki að öðru jöfnu í volgu vatni. Volga vatnið í gjánum er talið hafa slíka efnasamsetningu, að það hefði engin áhrif á Mývatn, nema ef vera skyldi fosfat og eðlilega hitun. Allt súlfíð er horfið úr vatninu.

Ekki eru til efnagreiningar af vatni úr Stórugjá eða Grjótagjá fyrir þann tíma, að borað var í Bjarnarflagi, nema mjög takmarkaðar og frá 1949. Samkvæmt þeim mælingum hefur hiti ekki breyst né heldur kísilinnihald, sem mældist 1949 80 ppm í Stórugjá, en nú 76 ppm. Sömu tölur fyrir Grjótagjá eru 111 ppm 1949 og 112 ppm 1973.

Niðurstöður fyrir kísil og hitamælingar benda eindregið til þess, að vatnið í gjánum hafi ekki breyst frá því að affallsvatn frá háhitaholum var sett niður í hraunin vestan Bjarnarflags. Vitneskja um volgt vatn í gjánum í nokkra áratugi er talin fullnægjandi vitneskja um það, að háhitavatn streymi út í berggrunn út fyrir hið eiginlega háhitasvæði við Námafjall og blandist þar köldu. Mætti alveg eins gera ráð fyrir, að draga mundi úr þessu streymi við aukna nýtingu í Bjarnarflagi, en svo langt sem gögn ná, hefur slíkt ekki komið í ljós.

Hið háa innihald súlfats í volgu vatninu er og talið vísbending um streymi háhitavatns neðanjarðar út í kalda grunnvatnið samfara oxun brennisteinsvetnis í súlfat, fremur en við niðurstreymi affallsvatnsins frá borholunum í Bjarnarflagi. Er það vegna þess, að affallsvatnið er að mestu laust við brennisteinsvetni sitt, þegar það sígur niður vegna dvalartíma í tjörnum á yfirborði.

TAFLA 1.

Efni í volgu vatni í berggrunni vestan Bjarnarflags.  
Styrkur í ppm.

Efni	Stóragjá	Grjótagjá	Neysluhola Kísiliðju
Hiti °C	26	41	40
pH/°C	8.13/25	7.94/25	8.58/25
SiO <sub>2</sub>	76	70	112
Na <sup>+</sup>	61.7	62.4	80.4
K <sup>+</sup>	5.5	6.5	7.5
Ca <sup>++</sup>	27.8	32.5	41.4
Mg <sup>++</sup>	8.6	5.8	5.7
CO <sub>2</sub> (total)	82.8	82.8	82.8
SO <sub>4</sub>	115.4	174.0	172.3
H <sub>2</sub> S	<0.1	<0.1	0.1
Cl	18.7	14.6	21.8
Uppl. efni	372	457	499
Kísilhiti	94	117	89



## UMHVERFISÁHRIF

Allmikinn gufumökk mun leggja af vatninu og einhverjar kísilútfellingar verða. Niðurstreymi á volgu vatni veldur upphitun á svæðum, sem áður voru köld, og geta þau hitaáhrif borist með grunnvatnsstreyminu eitthvað burt frá niðurstreymisstaðnum, þó varla alla leið til Mývatns vegna blöndunar og kólnunar á leiðinni, og áhrif vatnsins á Mývatn verða þá bundin við áhrif efnanna, en þau eru í eðli sínu tvenns konar, eituráhrif og áburðar-áhrif. Af þeim efnum, sem áður er getið, er bara brenni-steinsvetnið eittrað fiskum. Litlar líkur eru hins vegar til, að það berist í Mývatn í neinu skaðlegu magni, af þeim orsökum, sem að framan greinir.

Mörg þeirra efna, sem finnast í háhitavatni, hafa áburðargildi. Nú mun vatnið vera mjög lengi að berast til Mývatns eftir þeirri leið, sem mynd 2 sýnir, og efnainnihaldið getur breyst mikið á þeirri leið vegna efnaskipta við umhverfið. Það áburðargildi, sem eftir er, getu hins vegar haft hvetjandi áhrif á lífið í Mývatni, einkum þörungagróðurinn. Við það hækkar svokallað BOD-gildi vatnsins (Biological Oxygen Demand), líffræðilegt súrefnis-álag á vatnið.

Á þéttbýlissvæðum erlendis fá vötn stundum svo mikinn áburð með skólpvatni og afrennsli af túnum og korn-ökrum, sem borið er á, að þar verður af mengun, er á dönsku nefnist eutrofisering og lýsa má þannig. Sérstakir þörungar (kísilþörungar) taka að vaxa í margföldu magni við það sem áður var. BOD-gildið hækkar þá yfir það, sem súrefnisendurnýjuninni nemur, súrefnisinnihald vatnsins fellur, og fiskarnir kafna. Á botninn safnast lag af dauðum þörungum, í því spretta upp loftfælnar bakteríur, en hinar loftsæknu eyðast úr vatninu, og því fylgir aukin framleiðsla af daunillum lofttegundum.

Ekki hefur fréttzt um mengun sem þessa í neinum íslenskum vötnum, enda víðast hvar sköpuð af ofnotkun áburðar á akurlendi. Ólíklegt verður að telja, að  $0.6 \text{ m}^3/\text{sek.}$  af Kröfluvatni geti valdið neinni röskun á áburðargildi vatnsins í Mývatni, en verður þó með engu móti fullyrt.

#### NIDURSTÖÐUR

Sú álitsgerð, sem hér liggur fyrir, byggir ekki á sérstakri rannsókn vegna væntanlegrar gufuvirkjunar við Kröflu eða Hverarönd, heldur byggir hún einvörðungu á rannsóknum, gerðum í öðrum tilgangi. Samt sem áður er það samdóma álit, okkar, að unnt sé að fyrirbyggja skaðleg áhrif affallsvatnsins frá virkjuninni á jarðvatnskerfi Búrfellshrauna með viðráðanlegum kostnaði. Við viljum því að lokum benda á leiðir um meðferð affallsvatnsins, um rannsóknir á áhrifum þess og gagnráðstafanir, ef hætta virðist á mengun.

Meðferð affallsvatnsins. Reiknað er með, að affallsvatnið frá gufuvirkjun við Kröflu verði látið renna á yfirborði, eins og sýnt er á 1. mynd. Á þeirri leið er æskilegt, að það sé látið dreifa úr sér og mynda smálón til að auka útfellingar og kæla það, jafnframt því sem umhverfi þess væri ræktað. Hliðstæðari ráðstafanir væru gerðar með affallsvatnið, ef Hverarönd verður fyrir valinu, nema hvað meiri áherzla yrði þá lögð á grunn lón, þar sem afrennslis vegalengdin er þar skemmri og hallalítil.

Rannsóknir á áhrifum affallsvatnsins á jarðvatnskerfi Búrfellshrauna. Sé affallsvatn virkjunarinnar látið renna niður í Búrfellshraun, teljum við eftirfarandi rannsóknir nauðsynlegar til að fylgjast með, hvort um skaðleg áhrif geti verið að ræða.

1. Almenn vatnafræðirannsókn verði gerð á vatnasviði Búrfellshrauna til að þekkja betur rennsliskerfi þeirra. Til þess þarf að bora 3-4 jarðvatnsholur á svæðinu frá Námafjalli að Vestari-Brekku, þar sem unnt er að mæla reglulega hitastig, ísótópa- og efnasamsetningu jarðvatnsins. Bráðabirgða staðsetning á fjórum borholum er sýnd á 2. mynd, en nauðsynlegt er, að rannsaka það mál nánar.

2. Hitastig, efnasamsetning og ísótópainnihald affallsvatnsins verði mælt reglulega, þar sem það sígur niður til jarðvatnsins.

3. Reglulegar mælingar verði gerðar á eiginleikum lindarvatnsins við Mývatn og þýðingu þess fyrir lífríkið þar.

4. Með auknum mælingum og vatnafræðipekkingu má útbúa stærðfræðilíkan til að reikna út blöndun og rennslishegðun affallsvatnsins til að kanna, hvort hætta sé á skaðlegum áhrifum þess.

5. Fylgst verði náið með umhverfisáhrifum affallsvatnsins.

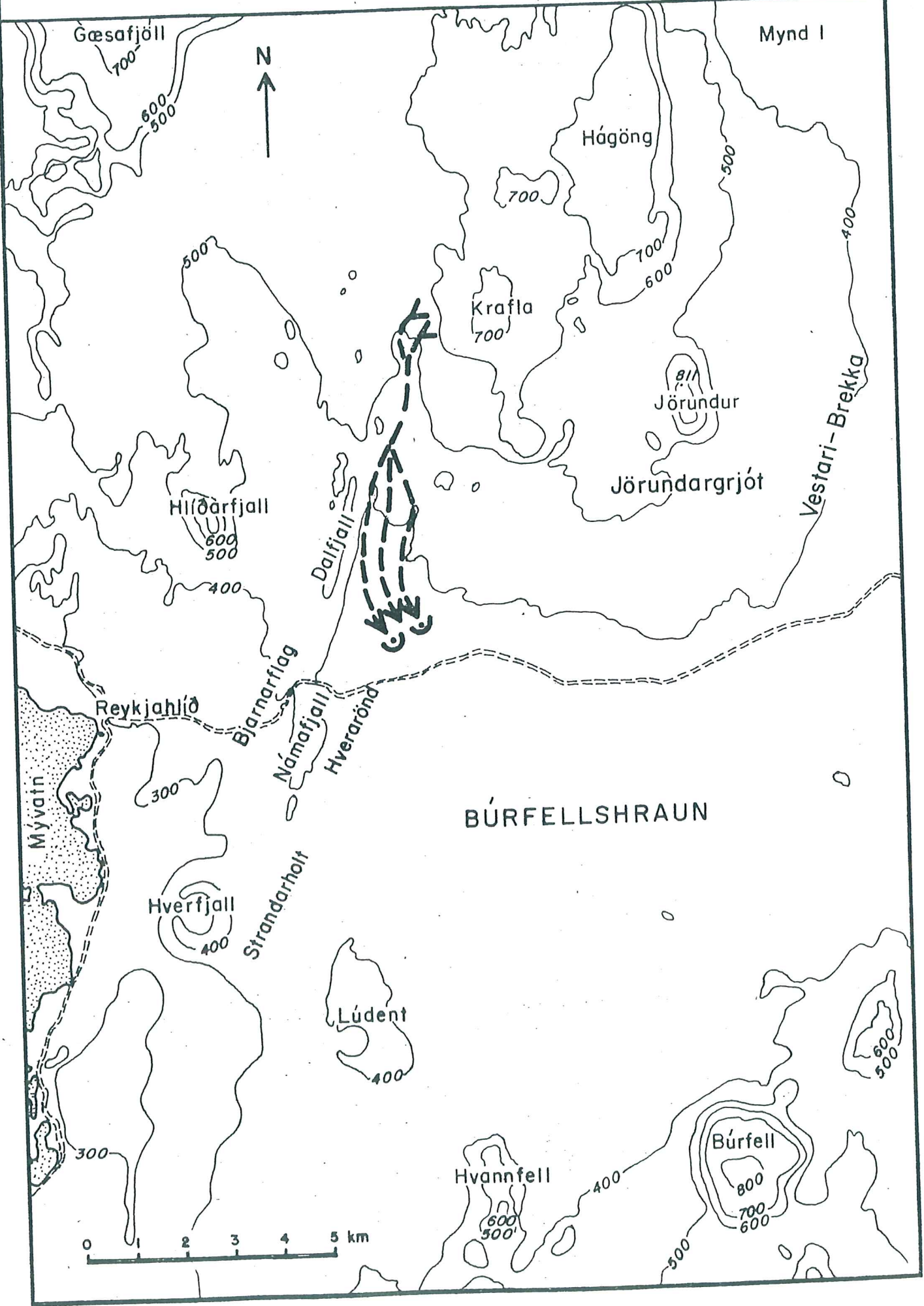
Gagnráðstafanir. Ef mælingar og athuganir á meðhöndlun affallsvatnsins leiða í ljós að mati vistfræðinga, að hætta sé á mengun af þess völdum, má bregðast við því á þrennan hátt. Í fyrsta lagi má auka kælingu þess og útfellingu skaðlegra efna, áður en það sígur niður í hraunin, í öðru lagi má veita því yfir á vatnsvið Jökulsár á Fjöllum, þar sem skaðleg áhrif þess yrðu alltaf hverfandi, og í þriðja lagi má bora holur rétt utan heitasta svæðisins og dæla affallsvatninu þar niður. Það væri þá hagkvæmismat, hver af þessum ráðstöfunum yrði fyrir valinu.



11.12.1974 GS / Gyða  
 J-beistar. V-ým.  
 Tnr.39 Tnr.572  
 Fnr.12235

ORKUSTOFNUN

I. Mögulegt yfirborðsafrennsli frá  
 gufuvirkjun við Kröflu





ORKUSTOFNUN

## 2. Líklegt jarðvatnsafrennsli Búrfellshrauna

11.12.1974 GS/Gyða

J-Þeistar. V-ým

Tnr.40 Tnr.573

Fnr.12236

Mynd 2

