



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

KRAFLA
Samanburður á gasi gufuaugna
milli áranna 1979 og 1984/1985

Jón Benjamínsson

OS-85061/JHD-26 B

Júlí 1985



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer : 666-072

KRAFLA

**Samanburður á gasi gufuaugna
milli áranna 1979 og 1984/1985**

Jón Benjamínsson

OS-85061/JHD-26 B

Júlí 1985

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT	2
TÖFLUSKRÁ	2
MYNDASKRÁ	3
1 FORORÐ	4
2 SÖFNUN OG EFNAGREINING	4
3 GAS	7
4 GASEFNAHITI	10
5 NIÐURSTÖÐUR	11
HEIMILDIR.....	12

TÖFLUSKRÁ

1 Mæld gildi í rannsóknum á gasi í qufuaugum á Kröflusvæði 1979 og 1984/1985	13
2 Hlutföll koldíoxíðs og radons milli áranna 1979 og 1984/1985.....	14
3 Gasefnahiti og hlutföll H ₂ /CO ₂ og H ₂ /H ₂ S	15

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Þversnið er sýnir rennslisleiðir á Kröflusvæðinu, byggt á gassamsetningu gufu úr gufuaugum	16
2 Krafla. Borholur, gufuaugu, brotalínur	17
3 Krafla. Gasstyrkur í gufu gufuaugna	18
4 Krafla. Hlutfall CO ₂ /H ₂ S í gufu	19
5 Krafla. Leysni rokgjarnra efna í vatni	20
6 Krafla. H ₂ /CO ₂ hlutfall	21
7 Krafla. H ₂ /H ₂ S hlutfall	22
8 Krafla. Styrkur radons í gufu	23
9 Krafla. Gasefnahiti gufuaugna 1979 og 1984/1985	24
10 Krafla. Gasstyrksbreytingar milli ára	25
11 Krafla. Gasefnahiti gufuaugna 1984/1985	26
12 Krafla. Kosdíoxíðhiti á móti gasstyrk	27
13 Krafla. Brennisteinsvetnishiti á móti gasstyrk	27
14 Krafla. Koldíoxíðhiti gufuaugna	28

1 FORORÐ

Eitt af helstu einkennum þess að hár hiti leynist í jarðhitasvæði eru gufur og brennisteinsdaunni á yfirborði auk tilheyrandi útfellinga og ummyndana. Söfnun gass- og gufufasa eru því einn af fyrstu rannsóknabáttum í könnun háhitasvæða. Með þeim getur verið hægt að afmarka líkleg uppstreymissvæði og jafnframt benda á vænleg svæði til borunar. Einnig er mikilvægt að þekkja efnasamsetningu gass og gufu á svæðum sem eru í vinnslu ef vera kynni að óæskilegt gas tæki að leka inn í jarðhitakerfið og eitra renni vinnsluhola, líkt og gerðist á fyrstu árum Kröfluvirkjunar (Halldór Ármannsson o.fl. 1982). Árin 1977 og 1978 fóru fram á vegum Orkustofnunar nokkuð umfangsmiklar safnanir á gasi og þéttivatni úr gufuaugum í Kröflu (Gestur Gíslason o.fl. 1978, Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1980). Niðurstaðan varð m.a. sú að mikil gasaukning hafði orðið í Hveraqili og á Vítisvæðinu síðan árið 1950 og að kvikugös höfðu brotist inn í vinnslu-
svæði sumra holanna og valdið útfellingu og tæringu (Gestur Gíslason o.fl. 1978). Einnig var jarðhitasvæðinu skipt eftir jarðefnafræðilegum eiginleikum í þrjú uppstreymissvæði: Leirhnúk, Víti-Hveraqil og Suðurhlíðar Kröflu. Kvikugasáhrifa gætti í tveim fyrstnefndu svæðunum en á Suðurhlíðasvæði var bent sem vænlegan virkjanakost þar sem kvikugasáhrif væru hverfandi (Halldór Ármannsson o.fl. 1982). Mynd 1 er þversnið af Kröflusvæðinu byggt á efnasamsetningu gass í gufu gufuaugna og túlkar framangreindar niðurstöður.

Síðan þessi könnun fór fram eru liðin sex ár og umbrot, þ.e.a.s. jarðskjálftar og sprunguhreyfingar á virkjanasvæðinu hafa verið lítil miðað við allt sem áður gekk á. Til þess að kanna hvort áhrif umbrotanna hefðu dvínað það mikið, að boranir í efra borsvæði Leirbotna væru hugsanlega í sjónmáli var ráðist í að safna á ný úr gufuaugum árin 1984 og 1985.

2 SÖFNUN OG EFNAGREININGAR

Sumarið 1984 var safnað úr 11 gufuaugum, 9 þeim sömu og 1979 og 2 sem síðar hafa komið til sögu, þ.e. G-26 (Hvíthólar) og G-27 ("Strompurinn") (Halldór Ármannsson o.fl. 1985). Um haustið 1984 var svo safnað úr 4 gufuaugum til athugunar á því hvort gasmagn hefði aukist við þá nýafstaðið eldgos, en svo reyndist ekki vera (Halldór Ármannsson o.fl. 1984). Í júní 1985 var svo safnað úr 11 gufuaugum, þar af þremur nýjum í "Vesturhlíðum" og 2 í Leirhnúki, þeim fyrstu síðan 1979 (Jón Benjamínsson o.fl. 1985).

Söfnun gass og þéttivatns úr gufuaugum er bæði vandasöm og margbætt. Tímalengd sem tekur að safna sýni til greininga á öllum báttum getur tekið heilan dag eða lengur, en það ræðst aðallega af kröftuþleika gufuútstreymis og hlutfalli gass í gufunni. Að meðaltali tekur um einn dag að safna úr gufuauga í Kröflu, þar með talið undirbúningur og blöndun hvarfefna, sýnatakan sjálf, flutningur til og frá söfnunarstað, mæling á staðnum og eins mæling nokkurra rokkgjarnra efna samdæggurs á rannsóknastofu að söfnun lokinni. Iðveir menn fylgjast jafnan að við sýnatöku úr gufuaugum enda fylgir því talsverð hættu að ferðast um og bogra á stöðum þar sem um hundrað stíga heit gufa hvíssast út og skelpunn og haldlítil ummyndunar- og útfellingaskán skilur að skó og brennheitan leir.

Safnað var úr eftirtöldum gufuaugum, sem öll eru merkt með hælum er standa undantekningarlítið í tveggja metra fjarlægð í höfuðátt frá gufuauganu, en á hælunum eru málplötur sem einkennisnúmer hefur verið hamrað í og snýr platan í átt að sýnatökustað:

G-1 : Norðan Vítis utan í gígbrún.

G-3 : Í Hveragili rétt fyrir neðan Litla-Víti.

G-4 : Í qili um 80 m frá KG-12 og ofar í brekkunni.

G-5 : Í grunnum skorningi fyrir neðan KJ-16 um 100 m í suðvestur.

G-6 : Nefnt "Auga við veg" er í hringlaga laut við veginn vestanverðan þar sem hann byrjar að sneiðast upp á Brún.

G-7 : Í qili niður af KJ-14 um 200 m til vesturs.

G-8 : Í hlíðinni fyrir ofan veginn þar sem hann liggur á milli KJ-20 og KJ-16, heldur nær holu 16 eða í um 150 m fjarlægð en um 200 m frá KJ-20.

G-9 : Í hlíðinni beint fyrir ofan veginn þar sem hann liggur framhjá KJ-20 í rúmlega 100 m fjarlægð.

G-12: Í gígskál austan við Víti. Er stundum nefnd "Austara Víti".

G-14: Norður undir rótum Leirhnúks í misgengi sem liggur með honum að austan. Staðurinn er við brún nýja hraunsins, nokkuð fyrir norðan stóru leirhverina.

G-19: Austan í misgenginu sem klýfur Leirhnúk og á þeim stað sem vindrafstöðin var áður og leifar standa eftir af.

G-26: Í útfellingaskellu við Hvíthóla í Hvíthólaklifi.

G-27: Hátt upp í vesturhlíð Kröflu, en þar er kröftugt gufuútsstreymi sem gengur undir nafninu "Strompurinn".

G-28: Í vestari vegg á djúpum gilskorningi sem er í Vesturhlíðum, um 450 m frá G-27 í beina stefnu á Kröflubúðir og eru þá um 700 m í KJ-19.

G-29: Í allmikilli kvos sem er í Vesturhlíðum um 480 m í norðaustur frá KJ-19, en úr kvosinni er áberandi mikið gufustreymi frá leirhver sem þar er.

G-30: Í rótum Vesturhlíða miðja veðu niður undan G-28 og G-29 og myndi því kallast ofarlega í Hveragili.

Mynd 2 sýnir hvar í Kröflu gufusýni voru tekin sem og staðsetningu borhola og helstu brotalína.

Sýni til greininga á einstökum efnum eru tekin svo sem hér segir:

- Safnað í lofttæmda kúlufloesku með þekktu magni af 40% NaOH-lausn. Styrkur CO₂ og H₂S er greindur að lokinni söfnun á efnagreiningastofunni í Kröflu.
- Safnað í bikarglas til að mæla sýrustig (pH) á staðnum. Þegar enginn hentugur sýrustigsmælir er til mælinga úti við er stundum safnað á gæstúbu ef nægilegt streymi er um gufuaugað. Þá er sýrustig ásamt styrk CO₂ og H₂S í bétтивatninu mælt að lokinni söfnun á efnagreiningastofunni í Kröflu.
- Safnað gasi á túbu sem áður hefur verið fyllt með súrri saltlausn eða bétтивatni. Til ákvörðunar á aðalgastegundum og rúmmálshlutföllum þeirra. Greint á rannsóknastofu OS.
- Safnað í mæliglas með þekktu rúmmáli zinkacetatlausnar. Til greininga á natríum, klóríði og súlfati á rannsóknastofu OS.
- Safnað ómengduðu bétтивatni á plastbrúsa til greininga á efnum sem ekki krefjast sérstakrar meðhöndlunar (s.s. hvarfefna eða bynningar við söfnun). Einungis gert ef gufustreymi er mjög gott og tími nægur.
- Safnað í sérstaka 100 ml glerfloesku til ákvörðunar á tvívetnis- og súrefnis l8-samsætum. Til skamms tíma hafa sýnin verið send utan til greininga en áætlað er að hefja samskonar greiningar á

Raunvísindastofnun með haustinu.

- Safnað í lofttæmda flösku til greininga á radoni hjá Raunvísindastofnun.
- Safnað í mæliglas með þekktu rúmmáli saltpétursúrrar kalíum-permanganatlausnar. Til greininga á kvikasilfri á rannsóknastofu OS.

3 GAS

Eins og komið hefur fram fyrr í skýrslunni þá er megintilgangur verksins að bera saman gasmælingar frá árinu 1979 við niðurstöður mælinga gerðra 1984 og 1985. Vegna þess hve stutt er síðan söfnun lauk hefur ekki unnist tími til að greina öll þau efni sem greind voru árið 1979. Á þetta einkum við um ísótópa, kvikasilfur, natríum, klór og súlfat. Gleggri grein verður því gerð fyrir þessum samanburði síðar, þegar niðurstöður allra greininga liqgja fyrir.

Í töflu 1 eru birtar niðurstöður efnagreininga, sem þegar er lokið, frá árunum 1979 og 1984/1985. Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson (1980) könnuðu eldri gögn um gassamsetningu gufu og komust að raun um að litlar sem engar breytingar hafi orðið þar á tímabilinu 1871-1970. Gestur Gíslason og Stefán Arnórsson (1976) mældu hundraðfalda kolsýruaukningu í holu 3 hinn 22. mars 1976 og töldu stafa af kvikuinnskotum. Sýnilegt er því að strax við fyrstu umbrotahrinu og eldgos sem hófst 20. desember 1975 hafi kvikugös náð inn í virkjunarsvæði borholanna í Kröflu og ætla má að aukning gasstyrks í gufu gufuaugna hafi orðið á svipuðum tíma.

Eins og áður sagði var tekið úr 11 gufuaugum þeim sömu og árið 1979. Meðaltals gasstyrkur gufu var þá 11,41% en er nú í þessum gufuaugum 5,27% eða helmingi lægri. Mynd 3 sýnir gasstyrk í gufu hvers gufuauga fyrir sig. Sést þar að mikil lækkun hefur átt sér stað á Leirhnúks-
svæðinu og eins nálægt Víti (G-1 og G-12). Smávegis hækkun hefur átt sér stað í G-5 og G-8 en þau gufuaugu eru í námunda við KJ-16. Styrkur gass í gufu "Auga við veg" er heldur hærri en mældist 1979 (sjá ennfremur töflu 1). Athygli vekur fremur hár gasstyrkur í gufuaugum í vestur- og jafnvel suðurhlíðum Kröflu.

Halldór Ármannsson (1984) telur að um ofgnótt koldíoxíðs sé að ræða fari CO₂/H₂S hlutfallið mikið yfir 30 en ofgnótt koldíoxíðs er talin stafa af kvikugassáhrifum. Hlutfallið CO₂/H₂S er sýnt á mynd 4 og

eins og kom fram með heildargasstyrkinn bá er þetta hlutfall hæst í vesturhlíðum Kröflu en hefur lækkað mjög við Leirhnúk. Nú er það svo að brennisteinsvetni (H_2S) leysist betur í vatni heldur en koldíoxíð (CO_2) en mynd 5 sýnir leysni helstu gastegunda sem mæld eru í gasi frá Kröflu. Á myndinni sést að vetni (H_2) er hvað torleysnast. Við suðu situr því tiltölulega mest eftir í vatnsfasa af H_2S en minnst af H_2 . Af þessu leiðir, að H_2S hlutfallið verður lægra við endurtekna suðu. Þetta hagnýttu Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson (1980) og reiknuðu hlutfall H_2/CO_2 til að ákveða hugsanleg megin uppstreymi, en þannig greindu beir þrjú megin uppstreymissvæði við Leirhnúk, í Hveragili og í suðurhlíðum Kröflu nálægt G-5. Mynd 6 sýnir þetta hlutfall og mynd 7 hlutfallið H_2/H_2S . Bæði hlutföllin sýna hæst gildi í G-7 sem er fyrir neðan KJ-14 og G-5 sem er neðan við KJ-16, en báðir þessir staðir eru í jöðrum Grænagils. Hátt gildi er einnig við Leirhnúk og nokkuð hátt er hlutfallið í vesturhlíðum nema fyrir G-28, þar er það allra lægst á svæðinu. Í því mældist aftur á móti hátt CO_2/H_2S hlutfall og má ætla að það sé til komið vegna leysni H_2S í vatnsfasa.

Eitt af þeim efnum sem mæld voru er radon ($Rn-222$) en það er geisla-virkt og myndað við klofnun radíums ($Ra-226$). Bent hefur verið á að mikill styrkur radons geti stafað af hægu rennsli og/eða háum gufuhluta (Gestur Gíslason o.fl. 1978) eða þá vegna kvikuinnskota (Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1980). Til dæmis var álitin að hár radonstyrkur í Hveragilsaugum 1979 stafaði af snertingu gufufasa við mikinn fljótandi bergmassa og að allt radon, sem myndaðist í kvikunni, leitaði yfir í gasfasann og áfram upp í jarðhitakerfið (Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1980). Minnkun í radonstyrk gæti bent til einhverrar storknunar í kvikuþró og/eða til minnkandi afkösunar kvikumassans undir svæðinu vegna minnkandi gasstyrks í kvikunni. Mynd 8 sýnir dreifingu radons á Kröflusvæðinu mælt í títt nefndum gufuaugum. Í ljós kemur hár styrkur í G-5, G-8 og G-9, sem eru í Suðurhlíðum, hefur haldist nánast hinn sami frá 1979. Aftur á móti hefur styrkur radons lækkað annarsstaðar s.s. í Leirhnúk, Hveragili og Víti, en staðið í stað í "Auga við veg". Eins og komið hefur fram áður var talið að ofgnótt koldíoxíðs og radons 1979 stafaði frá kvikuinnskotum á svæðinu. Með því að reikna út hlutföll þessara efna milli áranna 1979 og 1984/85 má sjá hvort um minnkun í styrk þessara efna er að ræða, sem bá mætti túlka sem dvínandi kvikugasáhrif. Þessi hlutföll eru birt í töflu 2, en þar má sjá að styrkur hefur alls staðar minnkað nema í Suðurhlíðum og í "Auga við veg". Radon kemur í miklu meira mæli frá bráðnu bergi heldur en storknuðu og gera má ráð fyrir að koldíoxíð haldi frekar áfram í vökvanum þar til jafnvægi hefur verið náð við bergið. Þannig má gera ráð fyrir hlutfallslega hraðari styrkminnkun radons heldur en koldíoxíðs fyrst á meðan minnkun kvikugasáhrifa stendur. Í töflu 2 eru koldíoxíð- og radonhlutföllin borin saman og

þar sem hlutfall hlutfallanna er lægra heldur en einn er um hlutfallslega meiri radonminnkun að ræða eða þá aukningu í koldíoxíði svo sem vottur er um í Suðurhlíðum og við "Auga við veg". Athygli vekur mjög mikil minnkun í koldíoxíði í G-19 í Leirhnúki meiri heldur en nemur radonminnkun. Ekki er réttmætt að draga miklar ályktanir út frá mæliniðurstöðum þessa eina sýnis í Leirhnúki, en vissulega vekja þær niðurstöður grunsemdir um að gufan sé að losna við kvikugasáhrifin, sennilega vegna góðrar leiðni. Styrkur gasa nálgast meir að vera í jafnvægi við berg, sem þá myndi að líkindum vera innan við 300°C.

Af því sem hér hefur verið rakið að ofan má gera því skóna, að áhrif kvikugas hafa mikið til fjarað út á neðrihluta Hveragilssvæðisins, en gæti ennþá á Vítissvæðinu bó að í mikilli rénun séu.

Kvikusáhrifanna gætti ekki í Suðurhlíðum og er þar að líkindum tregara rennsli heldur en í Hveragili og sennilega Vesturhlíðum líka. Líkur eru því á að það kvikugas sem enn verður vart við hafi losnað úr kvikunni á umbrotatímum, safnast fyrir vegna lélegrar leiðni og sé enn að leka inn í jarðhitakerfið. Má ætla að þannig hagi til í Suðurhlíðum og sennilega Vesturhlíðum líka.

Á þeim tíma, sem liðinn er frá því kvikugös brutust inn í vinnslukerfi Kröfluborhola og nærliggjandi svæði má ætla að þau hafi leitað í jafnvægi við umlykjandi berg og séu því ekki eins eitruð nú eins og stuttu eftir umbrotin er "svartidauði" og klórvetni stíflúðu vinnsluholur.

Búast má þó við, að gösin innihaldi eitthvað af klórvetni og brennisteinsoxíði, þar sem kvikugas streymir um sprungur og gæti orðið til einhverra vandræða ef borhola skæri slíka sprungu. Eina ráðið til að fá mat á virkni "svartadauða" er að hreinsa holu KG-10. Því niðurstöður á greiningu gass í gufuaugum 1984/1985 benda til minnkandi kvikugasáhrifa á þessu svæði. Mynd 10 sýnir þær breytingar, sem orðið hafa síðan 1979 í gasstyrk í gufu gufuaugnanna G-12 (Vítissvæði), G-19 (Leirhnúkssvæði) en þær benda til mikillar minnkunar og svo G-5 (Suðurhlíðar) en þar hefur gasstyrkur staðið í stað. Einnig er sýndur gasstyrkur í gufu frá G-6 (Auga við veg) en hann virðist dálítið breytilegur.

4 GASEFNAHITI

Gasefnahiti er sá hiti er samsvarar styrk gastegunda í vatninu áður en suða hefst. Við notkun gasefnahita er reiknað með að einu breytingar-
nar á leið gufusýnisins til yfirborðs séu adíabatískar og þar sem
dreifing gastegunda milli vatns- og gufufasa er allvel þekkt er kleyft
að reikna út hver styrkur þeirra var í vatninu áður en suðan hófst.
Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1985) gefa upp líkingar til að
reikna út gasefnahita ýmissa gasa og gashlutfalla og er gasefnahiti í
bessari skýrslu reiknaður samkvæmt þeim.

Gasefnahiti (°C):

Gildir:

$$T_{CO2} = -44,1 + 269,25(\log CO2) - 76,88(\log(CO2))^2 + 9,25(\log(CO2))^4 \quad \text{Allt vatn}$$

$$T_{H2S} = 173,2 + 65,04 \log(H2S)$$

Allt vatn
undir 200°C

$$T_{H2} = 212,2 + 38,50 \log(H2)$$

og vatn

$$(CO2)$$

á bilinu

$$T_{CO2/H2} = 311,7 - 66,72 \log \frac{CO2}{H2} \quad (H2)$$

200-300°C ef

klóríð <500 ppm.

Niðurstöður útreikninga á koldíoxíð- og brennisteinsvetnishita eru
sýndar í töflu 3 ásamt hlutföllunum H₂/CO₂ og H₂/H₂S en koldíoxíð- og
brennisteinsvetnishiti eru almennt taldir gefa hvað áreiðanlegastar
niðurstöður. Hætta er þó á að koldíoxíðhiti reiknist of hár þar sem
kvikugasáhrifa gætir. Að sama skapi reiknast brennisteinsvetnishiti
og lágur hafi grunnvatn komist í gufuna. Ýmsir fleiri annmarkar eru á
notkun gasefnahita, mest þá sök hve efnaferli gasa er flókið og ill-
kannanlegt við þær aðstæður sem ríkja djúpt undir yfirborði.

Gerður var samanburður á gasefnahita í þeim gufuaugum sem tekið var úr
árið 1979 og 1984/1985. Niðurstöður þessarar könnunar eru á mynd 9.
Þar sést að meðaltal reiknaðs koldíoxíðhita er nú lægra heldur en
1979. Er þar fyrst og fremst um að ræða gufuaugun í Leirhnúki, við
Víti og G-3 í Hveragili, en þau sýna öll verulega lækkun í koldíoxíð-
hita. Dreifing brennisteinsvetnishita og vetnishita er yfir áþekk
hitabil og áður

Á mynd 11 eru sýnd súlurit fyrir gasefnahita, reiknaðan fyrir þau 16
gufuaugu sem tekið var úr 1984/1985. Þar sýna sig að vera tvö hágildi
fyrir koldíoxíðhita 290-300°C og 340-350°C. Með vaxandi hitastigi
eykst gasmagn (Giggenbach 1980) og mynd 12 er sýnir að koldíoxíðshiti
Kröflusýna vex með auknum gasstyrk og línuleg fylgni þessara tveggja

þátta rennir stöðum undir áreiðanleika hans. Á mynd 13 er brenni-
steinsvetnishiti lagður út á móti gasstyrk. Í ljós kemur að 5 sýni
(G-27, G-28, G-29 í Vesturhlíðum; G-1 norðan við Víti; G-6 "Auga við
veg") gefa til kynna lægri brennisteinsvetnishita heldur en reiknast í
hinum gufuaugunum miðað við heildargasstyrk. Það er einkum tvennt sem
þessu gæti valdið, aðstreymi grunnvatns eða jafnvægi við aðrar brenni-
steinssteindir. Að svo komnu máli er ekki hægt að leggja mat á
orsakavaldinn en væntanlega geta niðurstöður ísótópagreininga varpað
skýrara ljósi þar á. Mynd 14 sýnir dreifingu koldíoxíðshita árið 1979
og 1984/1985 á Kröflusvæðinu, en líta ber á hann sem algjöran hámarks-
hita. Telja má að lökkun koldíoxíðhita við Leirhnúk, Víti og í G-3 í
Hveragili endurspegli dvínun kvikugasáhrifa í viðkomandi gufuaugum.

5 NIÐURSTÖÐUR

Samanburður á efnainnihaldi gass í gufu gufuaugna milli áranna 1979 og
1984/1985 leiðir eftirfarandi í ljós.

- Meðaltalsgasstyrkur úr 11 gufuaugum á svæðinu hefur minnkað um
helming.
- Öfgnótt kvikugasa er að fjara út á Leirhnúks- og Hveragilssvæð-
unum. Einnig gætir þeirra minna á Vítissvæðinu en áður.
- Treg leiðni virðist valda því að Suðurhlíðasvæðið afgangast hægt
og vísbending um að svo sé einnig í Vesturhlíðum.
- Líkur eru á því að dregið hafi úr virkni "svartadauða", en til
frekari staðfestu er ráð að hreinsa holu KG-10.
- Mest gas í gufuaugum finnst í Vestur- og Suðurhlíðum.

HEIMILDIR

- Gestur Gíslason, Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1978: Krafla. Hitaástand og gastegundir í jarðhitakerfinu. Orkustofnun OS-JHD-7846, 45 s.
- Giggenbach, W.F., 1980: Geothermal gas equilibria. Geochim. Cosmochim. Acta, 44, s 2021-2032.
- Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson, 1980: Krafla. Samsetning gass í gufuaugum. Orkustofnun OS80027/JHD16, 51 s.
- Halldór Ármannsson, Gestur Gíslason & Trausti Hauksson, 1982: Magmatic gases in well fluids aid the mapping of the flow pattern in a geothermal system. Geochim. Cosmochim. Acta, 46, s 167-177.
- Halldór Ármannsson, Jón Benjamínsson & Magnús Ólafsson, 1984: Krafla. Um borholur og gufuaugu eftir Gjástykkisgos í september 1984. Orkustofnun OS-84083/JHD-36b, 24 s.
- Halldór Ármannsson 1984: Gasbreytingar á Kröflusvæðinu. I "Hrafnæping um stöðu Kröfluvirkjunar haldið 1. og 2. nóv. 1984", Rafmagnsveitur Ríkisins, Kröfluvirkjun.
- Halldór Ármannsson, Jón Benjamínsson & Kristján Hrafn Sigurðsson, 1985: Krafla. Athugun á samsetningu gass í gufuaugum, júlí 1985. Orkustofnun OS-85058/JHD23-B.
- Jón Benjamínsson, Kristján Hrafn Sigurðsson, Vigdís Hjaltadóttir & Sigurleifur Tómasson, 1985: Krafla. Samsetning gass í gufuaugum, júní 1985. Orkustofnun OS-85060/JHD25 B.
- Stefán Arnórsson & Einar Gunnlaugsson, 1985: New gas geothermometers for geothermal exploration - Calibration and application. Geochim. Cosmochim. Acta, 49, (í prentun).

Tafla 1 Mæld gildi í rannsóknunum á gasi í gufuaugum á Kröflusvæði 1979 og 1984/1985.

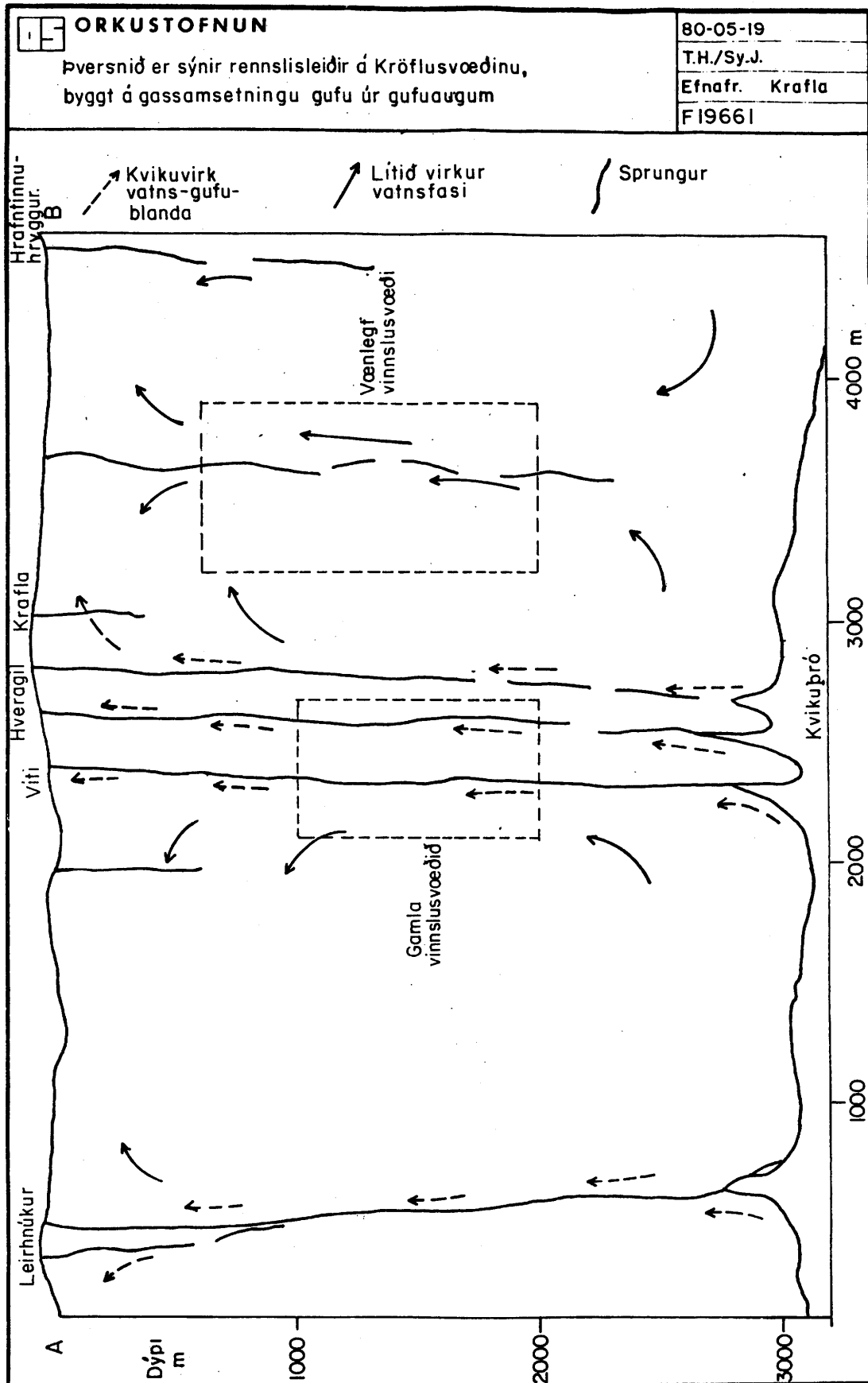
Staður	Sýni nr	Dags	Rúmmálssamsetning gass							Styrkur í gufu					pH/°C	
			C02 %	H2S %	H2 %	CH4 %	O2+Ar %	Rest N2	C02 mg/kg	H2S mg/kg	Cl mg/kg	Na mg/kg	Rn dpm/kg	Gas %		C02/H2S
G-1	79-1052	79.08.31	97,80	0,58	0,92	0,02	0,20	0,48	319200	2620	6,9	1,11	69186	32,2	121,8	
G-1	84-1038	84.07.12	98,05	1,02	0,64	0,01	0,03	0,25	150954	1448	0,68	0,65	32518	15,2	104,9	3,87/27
G-3	79-1070	79.09.15	93,42	1,47	0,03	0,00	0,95	4,13	81132	1590	3,2	4,30	251937	8,27	51,0	
G-3	84-1043	84.07.15	95,93	2,21	1,59	0,01	0,03	0,23	25145	604	4,30	0,22	47349	2,6	41,6	4,13/32
G-3	85-1023	85.06.08	96,29	2,18	0,97	0,03	0,09	0,44	24429	861			43791	2,53	28,4	4,60/27
G-4	79-1050	79.08.31	93,80	1,24	0,20	0,00	0,86	3,90	42980	685	2,4	2,06	106120	4,37	62,7	
G-4	84-1044	84.07.15	96,59	2,17	0,98	0,03	0,04	0,19	39642	1739	2,11	0,48	41546	4,1	22,8	4,12/41
G-5	79-1061	79.09.07	84,40	4,63	10,97	0,06	0,58	0,64	9315	695	0,7	6,45	108380	1,00	13,4	
G-5	84-1047	84.07.18	86,67	5,40	7,32	0,06	0,07	0,48	11578	655	0,90	0,39	110370	1,2	17,7	4,82/48
G-5	85-1017	85.06.06	87,41	3,07	8,17	0,08	0,17	1,09	11761	560				1,23	21,0	
G-6	79-1051	79.08.31	92,60	0,62	0,39	0,18	1,20	5,01	9360	51	7,0	2,02	75294	0,94	183,5	
G-6	84-1039	84.07.15	98,19	0,41	0,43	0,16	0,07	0,73	18364	99	68,53	38,60	79226	1,8	185,5	4,26/26
G-6	85-1019	85.06.07	97,19	0,42	0,53	0,25	0,19	1,41	14576	143			81520	1,47	102,1	
G-7	79-1058	79.04.04	78,35	0,68	0,00	0,00	4,84	16,13	178800	2710	41	20,3	244820	18,1	66,0	
G-7	84-1046	84.07.18	84,63	1,42	13,26	0,02	0,12	0,54	68162	1354	1,67	0,31	54810	7,0	50,3	4,08/37
G-8	79-1072	79.09.18	93,81	2,94	0,67	0,25	0,52	1,81	38200	1390	12	12,8	131235	3,96	27,5	
G-8	84-1040	84.07.15	95,32	3,98	0,41	0,07	0,02	0,19	69083	2324	56,88	30,50	134845	7,1	29,7	4,18/27
G-8	84-1069	84.09.25	95,58	2,49	1,38	0,06	0,07	0,41	45430	1237	40,51	23,33		4,67	36,7	
G-9	79-1062	79.09.07	98,48	1,13	0,19	0,02	0,12	0,06	119600	1927	2,6	20,1	146214	12,2	62,1	
G-9	84-1045	84.07.16	97,44	1,91	0,21	0,00	0,08	0,34	82954	1650	3,65	0,25	139074	8,5	50,3	3,60/23
G-12	79-1056	79.09.03	97,66	1,13	0,73	0,02	0,23	0,23	217900	3840	3,8	7,98	114157	22,2	56,7	
G-12	84-1041	84.07.14	96,48	1,85	1,44	0,00	0,03	0,20	106722	1937	2,33	0,20	52463	10,9	55,1	3,85/42
G-12	84-1068	84.09.24	96,62	1,66	1,41	0,00	0,04	0,27	63038	909	1,16	0,49		6,39	69,3	
G-12	85-1024	85.06.08	96,58	1,86	1,42	0,00	0,01	0,13	91961	1716			30614	9,37	56,6	3,81/10
G-14	79-1054	79.04.01	97,86	1,40	0,27	0,02	0,24	0,21	41200	638	2,3	0,94	44686	4,18	64,6	
G-14	85-1026	85.06.09							20038	1258				2,13	15,9	
G-19	79-1064	79.09.12	98,55	0,45	0,69	0,05	0,21	0,05	179800	1000	6,2	15,8	113634	18,1	179,8	
G-19	85-1025	85.06.09	90,66	2,95	5,71	0,05	0,07	0,55	17272	753			46151	1,80	22,9	4,55/20
G-26	84-1048	84.07.19	90,07	5,77	2,65	0,26	0,22	1,04	15743	882	1,45	0,98	35380	1,7	17,8	3,94/47
G-26	84-1074	84.10.01	87,20	7,10	4,30	0,21	0,16	1,04	11461	882	6,82	3,33		1,23	13,0	
G-26	85-1033	85.06.11	89,59	7,45	1,01	0,38	0,16	1,41	13250	1542			67523	1,50	8,6	4,10/41,5
G-27	84-1042	84.07.15	98,12	0,52	0,86	0,00	0,09	0,40	122641	833	56,23	22,48	56392	12,3	147,2	2,86/47
G-27	85-1027	85.06.09	98,50	0,26	0,93	0,02	0,05	0,25	105233	647			21589	10,6	156,1	4,08/20
G-28	85-1028	85.06.09	96,05	0,26	0,10	0,01	1,01	2,57	167240	1125			90674	16,8	148,7	
G-29	85-1029	85.06.10	96,92	0,22	0,73	0,00	0,42	1,71	65292	374			53958	6,57	174,8	
G-30	85-1030	85.06.10	97,75	1,03	0,32	0,03	0,14	0,73	75473	1069				7,65	70,6	

Tafla 2 Hlutföll koldíoxíðs og radons milli áranna 1979 og 1984-1985.

Gufuauga	C02/C02 1979/1984-5	Rn/Rn 1979/1984-5	C02/C02 Rn/Rn
G-1	2.1	2.1	1.0
G-3	3.3	5.3	0.6
G-4	1.1	2.5	0.4
G-5	0.8	1.0	0.8
G-6	0.6	0.9	0.7
G-7	2.6	4.5	0.6
G-8	0.6	1.0	0.6
G-9	1.4	1.0	1.4
G-12	2.1	3.7	0.6
G-19	10.4	2.5	4.2

Tafla 3 Gasefnahiti og hlutföll H₂/CO₂ og H₂/H₂S

Staður	Syni nr	Dags	Gasefnahiti			Hlutföll	
			CO ₂ °C	H ₂ S °C	Meðalt. °C	H ₂ /CO ₂ ×10 ⁶ mg/mg	H ₂ /H ₂ S×10 ⁶ mg/mg
G-1	84-1038	84.07.12	368	320	344	30	30,9
G-3	85-1023	85.06.08	313	309	311	46	13,8
G-4	84-1044	84.07.15	326	323	325	46	10,5
G-5	85-1017	85.06.06	293	301	297	425	89,2
G-6	85-1019	85.06.07	298	275	287	25	25,2
G-7	84-1046	84.07.18	341	318	330	712	358,5
G-8	84-1069	84.09.25	330	317	324	66	24,1
G-9	84-1045	84.07.16	347	322	335	10	4,9
G-12	85-1024	85.06.08	351	323	337	67	35,8
G-14	85-1026	85.06.09	307	317	312		
G-19	85-1025	85.06.09	303	307	305	286	5,6
G-26	85-1033	85.06.11	296	321	309	51	4,4
G-27	85-1027	85.06.09	355	304	330	43	69,9
G-28	85-1028	85.06.09	371	315	343	5	7,0
G-29	85-1029	85.06.10	340	293	317	34	59,8
G-30	85-1030	85.06.10	345	314	330	15	10,5

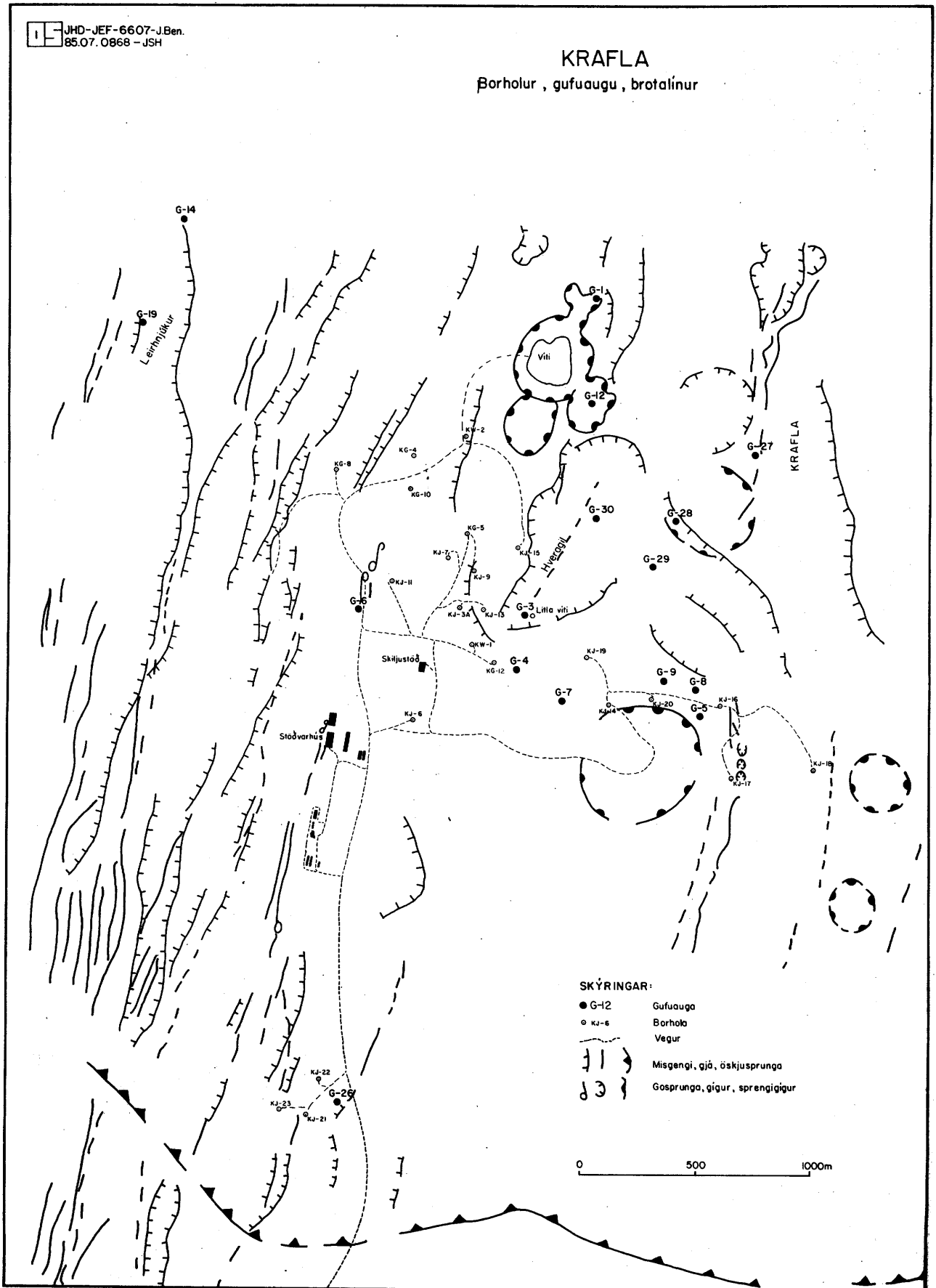


Mynd 1 Þversnið er sýnir rennslisleiðir á Kröflusvæðinu, byggt á gassamsetningu gufu úr gufuaugum.

JHD-JEF-6607-J.Ben.
85.07.0868-JSH

KRAFLA

Borholur , gufuaugu , brotalínur

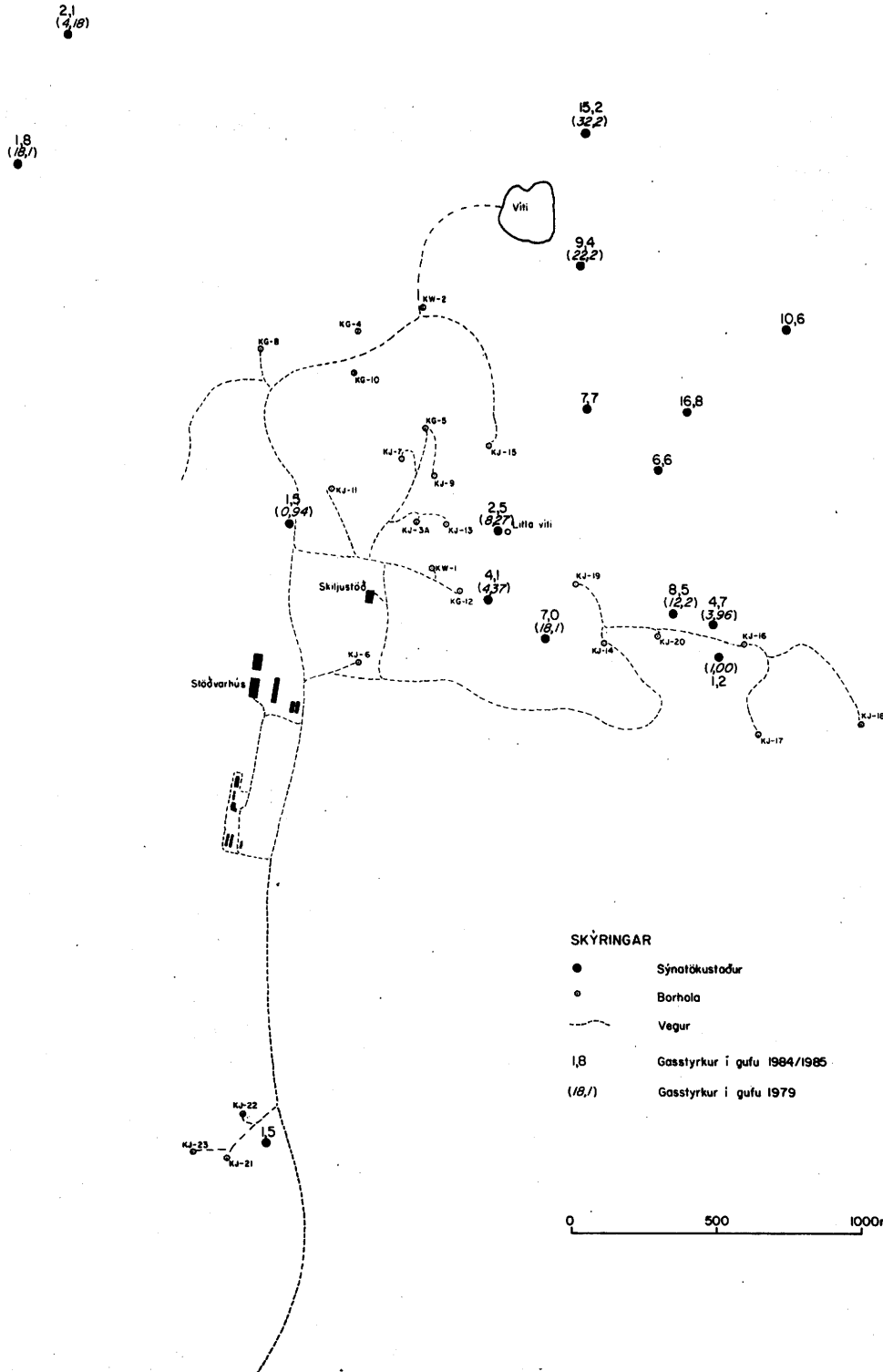


Mynd 2 Krafla. Borholur, gufuaugu, brotalínur.

15 JMD-JEF-6607-JBm
85.07.0867-JSH

KRAFLA

Gasstyrkur í gufu gufuaugna

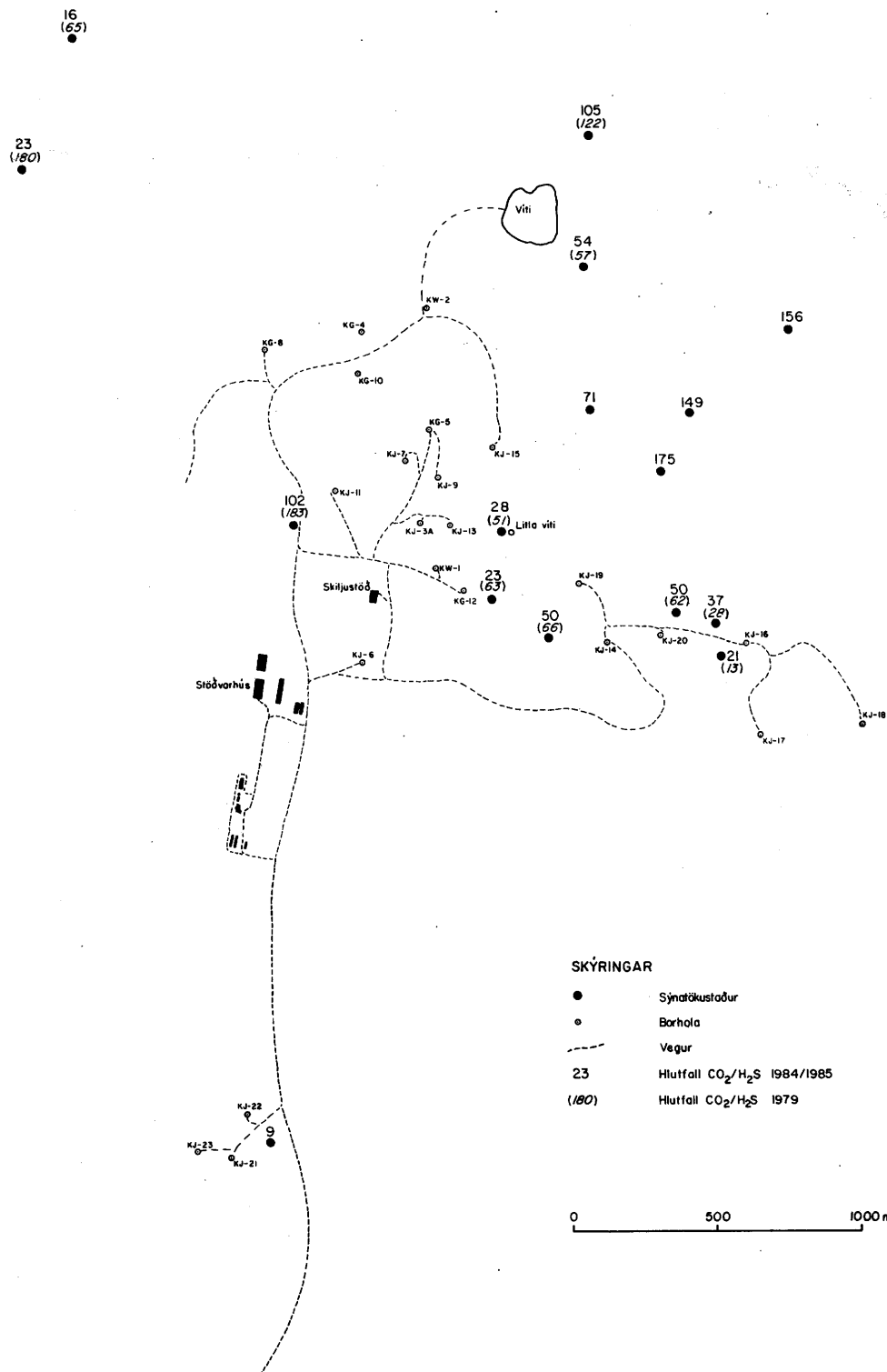


Mynd 3 Krafla. Gasstyrkur í gufu gufuaugna

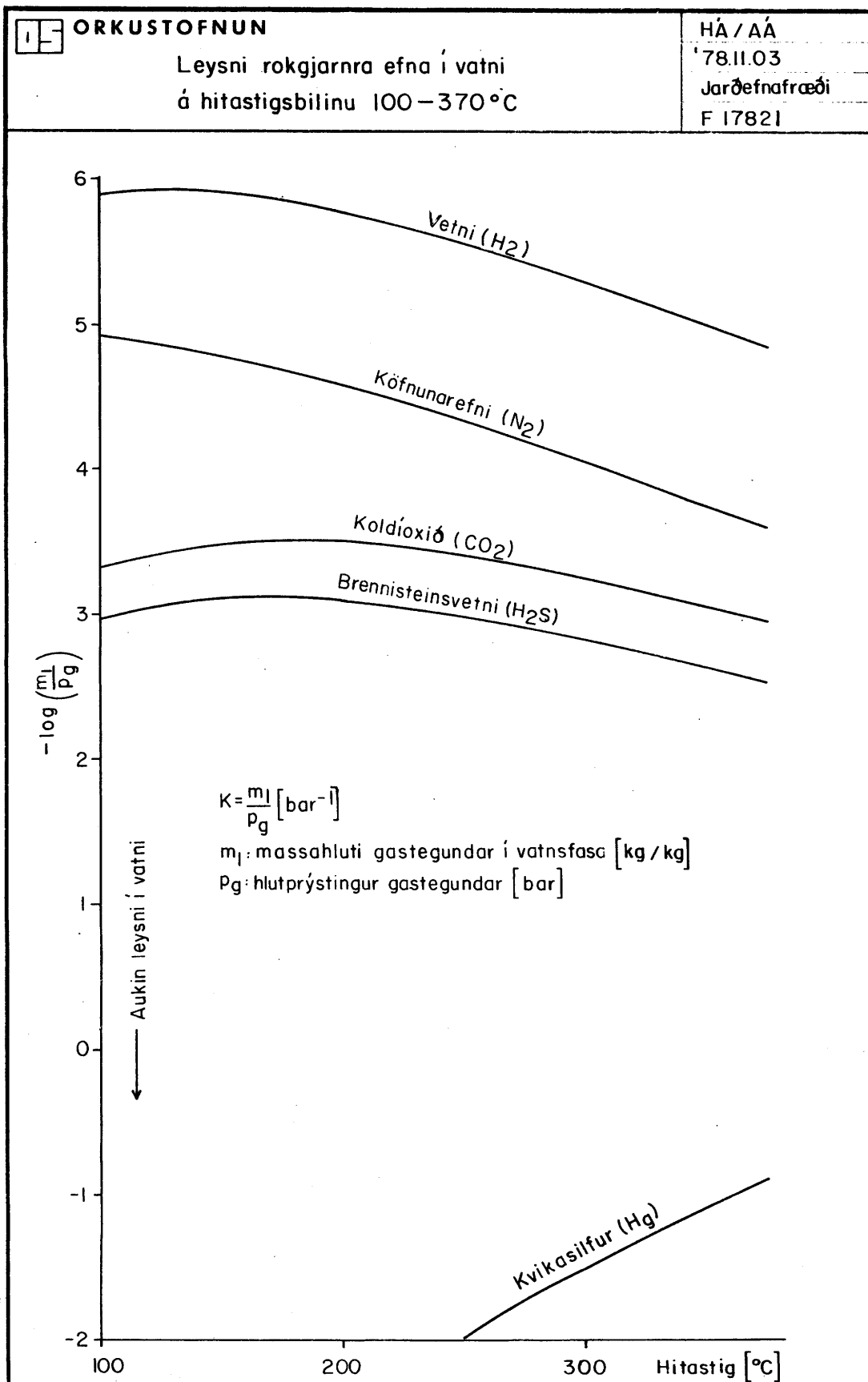
JHD-JEF-6607-J.Ben
85.07.0866-JSH

KRAFLA

Hlutfall $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ í gufu (mg/mg)



Mynd 4 Krafla. Hlutfall $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ í gufu.

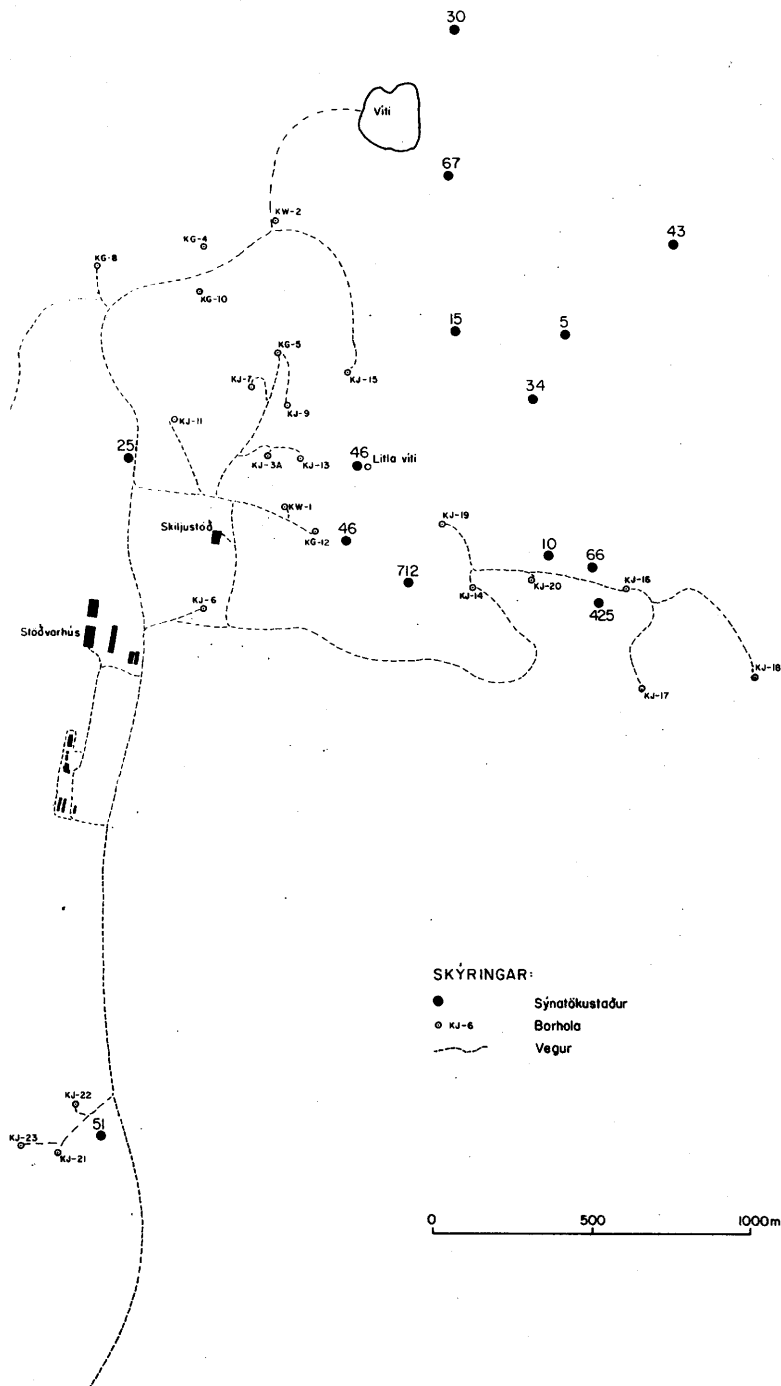


Mynd 5 Krafla. Leysni rokkgjarnra efna í vatni.

JHD-JEF-6607-J.Ben.
85.06.0865 - JSH

KRAFLA

H_2/CO_2 hlutfall $\times 10^5$

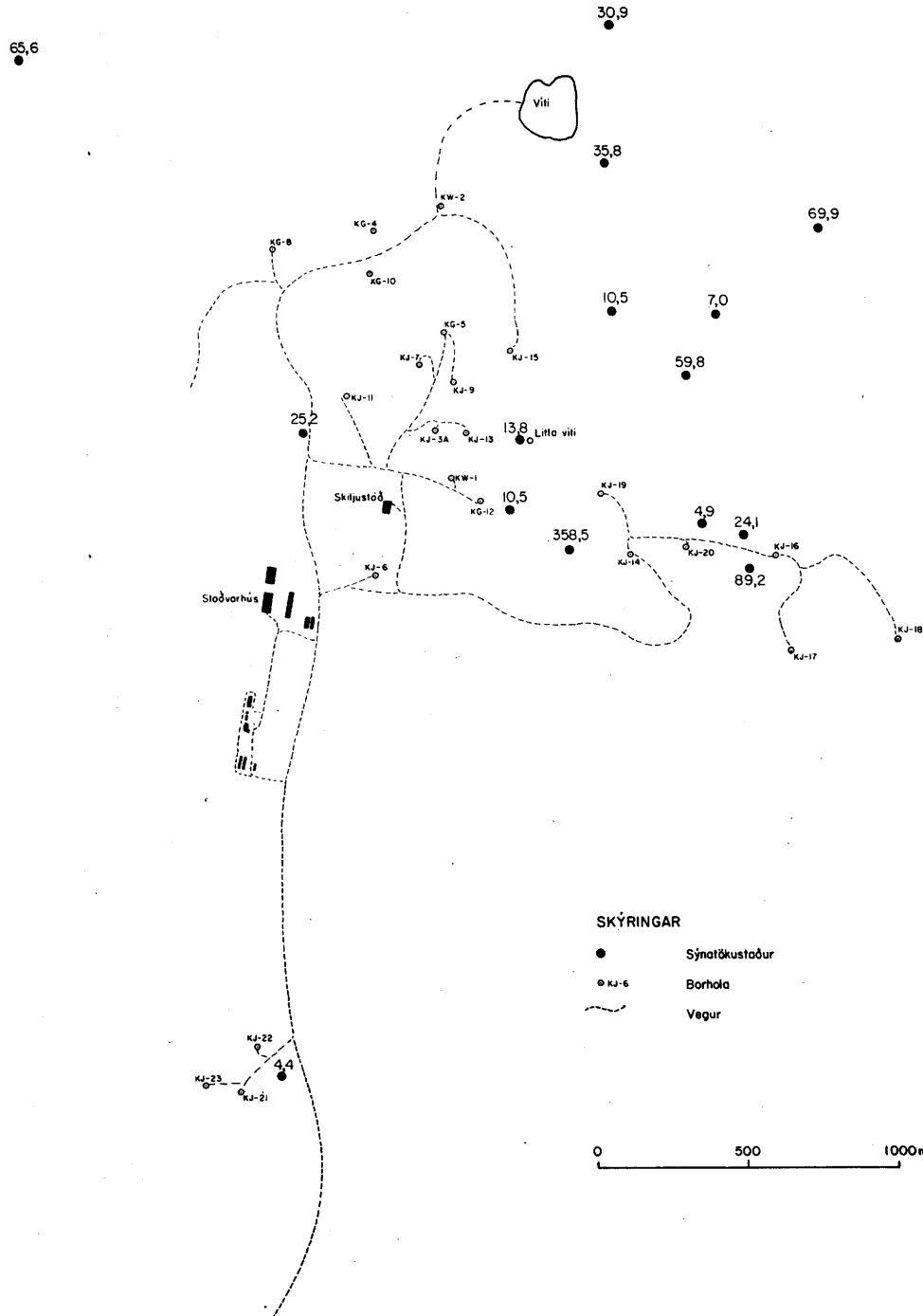


Mynd 6 Krafla. H_2/CO_2 hlutfall.

JHD-JEF-6607-J.Ben
85.07.0864-JSH

KRAFLA

H_2/H_2S hlutfall $\times 10^3$

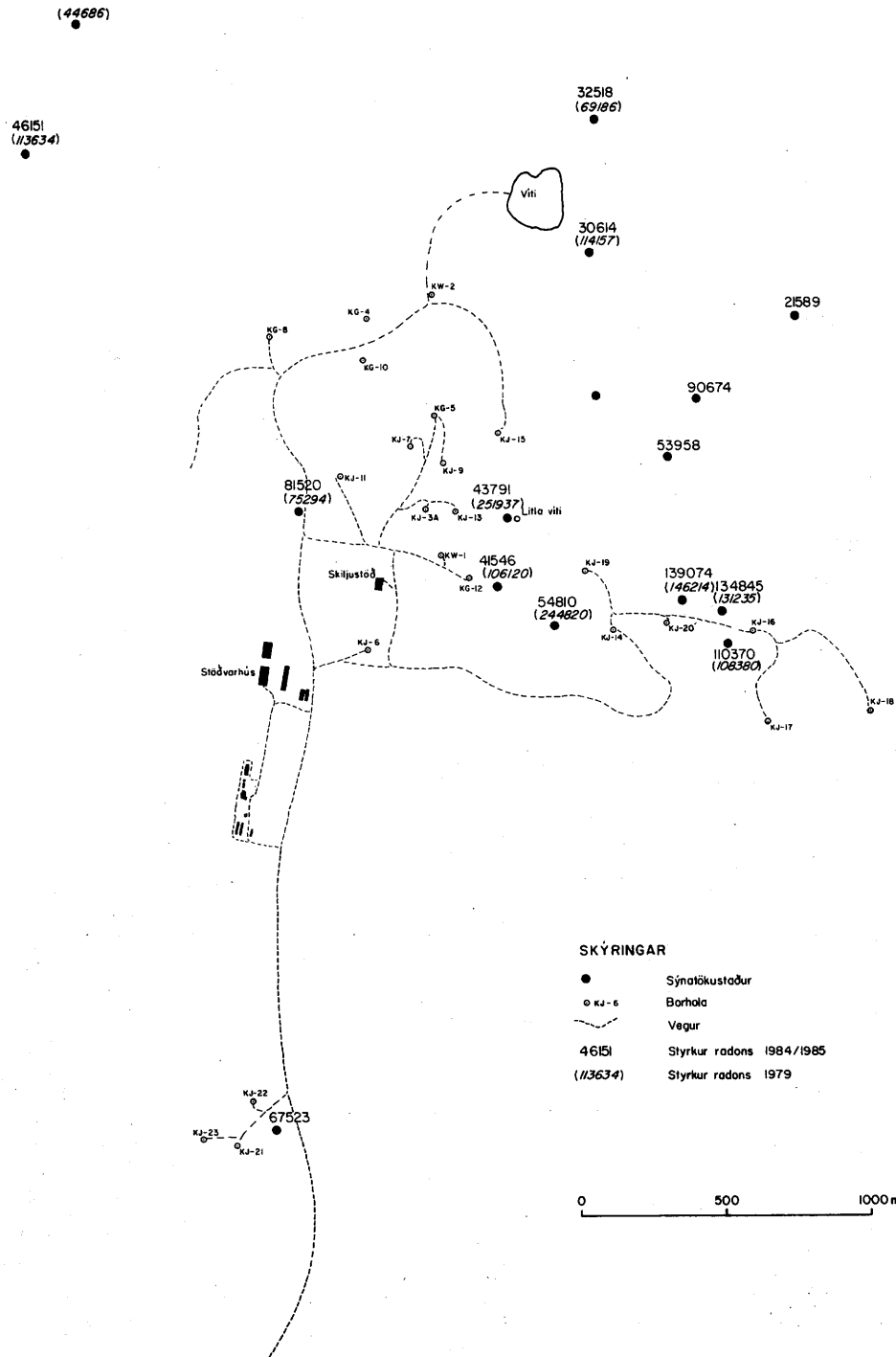


Mynd 7 Krafla. H_2/H_2S hlutfall.

JHD-JEF-6607-J.Ben
85.07.0863-JSH

KRAFLA

Styrkur radons í gufu (dpm/kg)

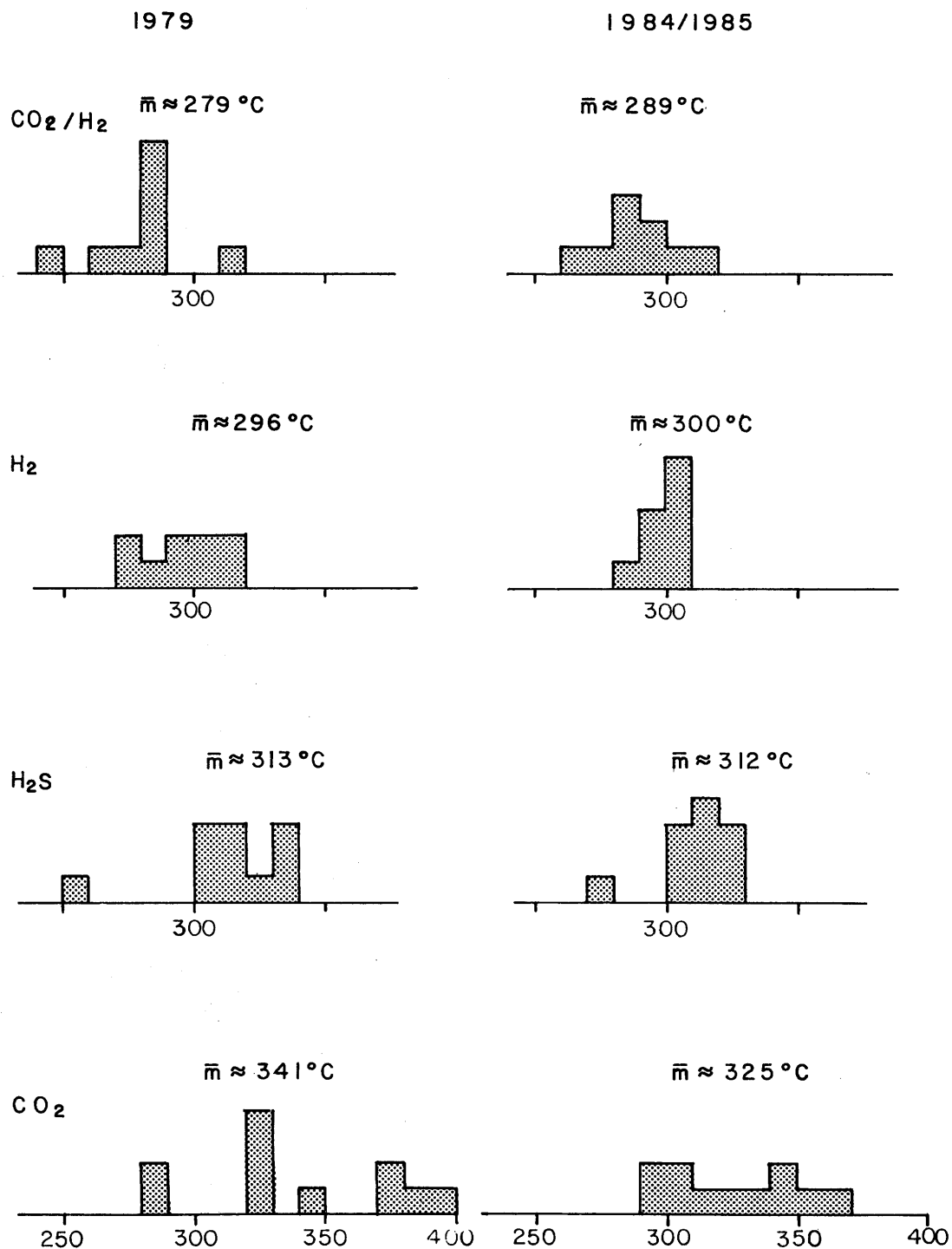


Mynd 8 Krafla. Styrkur radons í gufu.

I JHD-JEF-6607. JBen.
85.07.0860. SyJ

KRAFLA

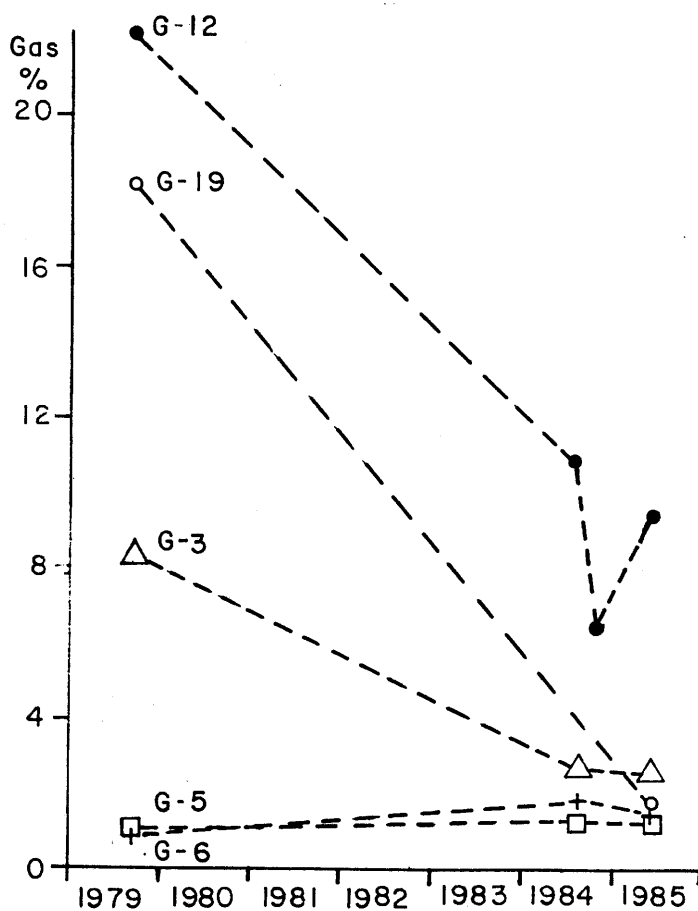
Gasefnahiti gufuaugna 1979 og 1984/1985



JHD-JEF-6607. JBen
85.07.0884 SyJ.

KRAFLA

Gasstyrksbreytingar 1979-1984/1985
í gufuaugum

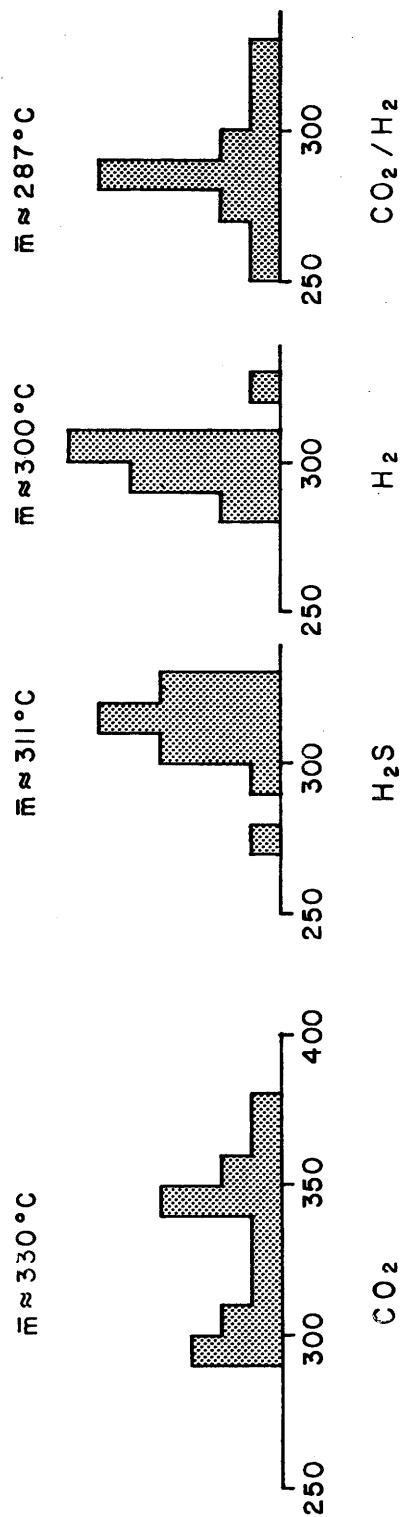


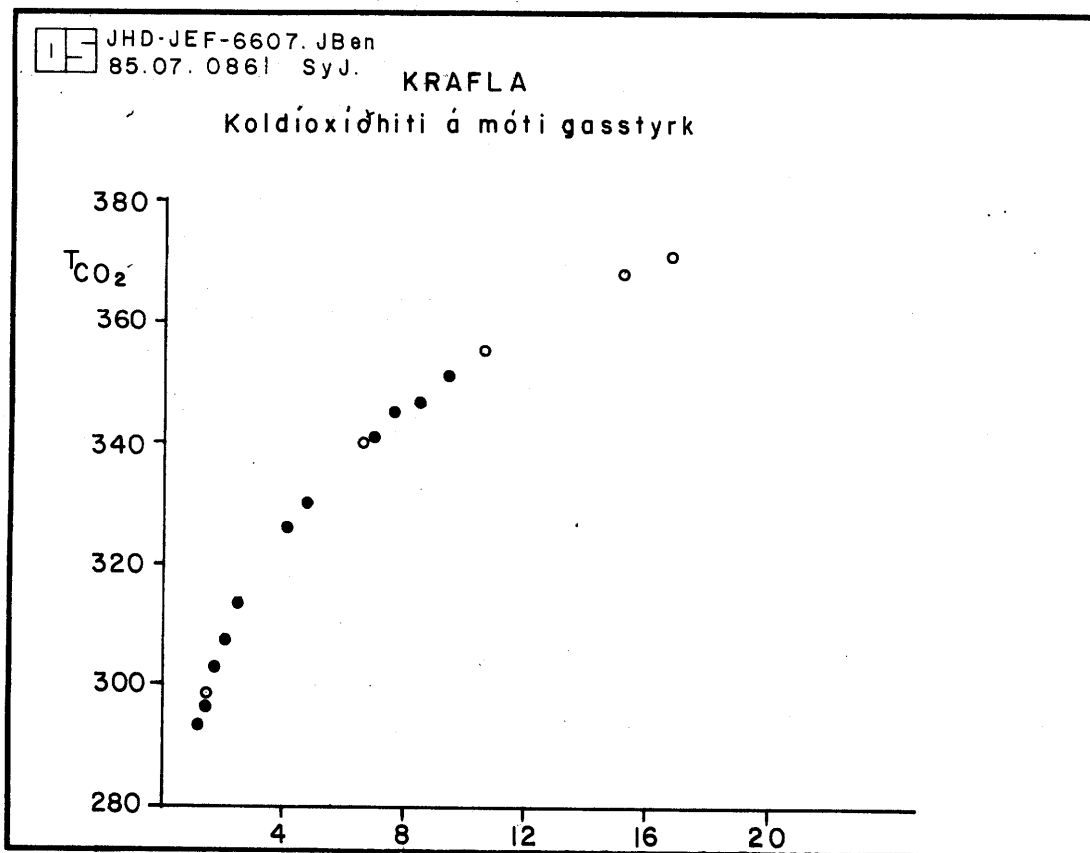
Mynd 10 Krafla. Gasstyrksbreytingar milli ára.

JHD-JEF-6607. JBen.
85.07. 0880 SyJ.

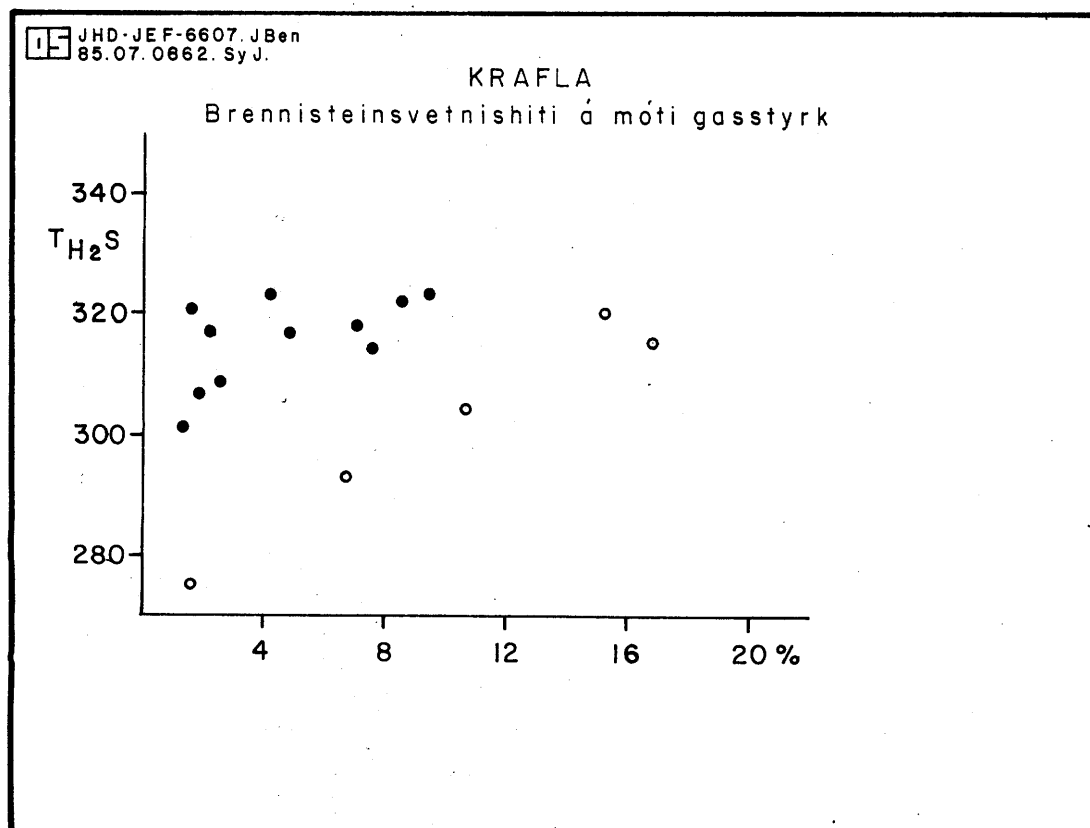
KRAFLA

Gasefnahiti gufuaugna 1984/1985





Mynd 12 Krafla. Koldíoxíðhiti á móti gasstyrk.

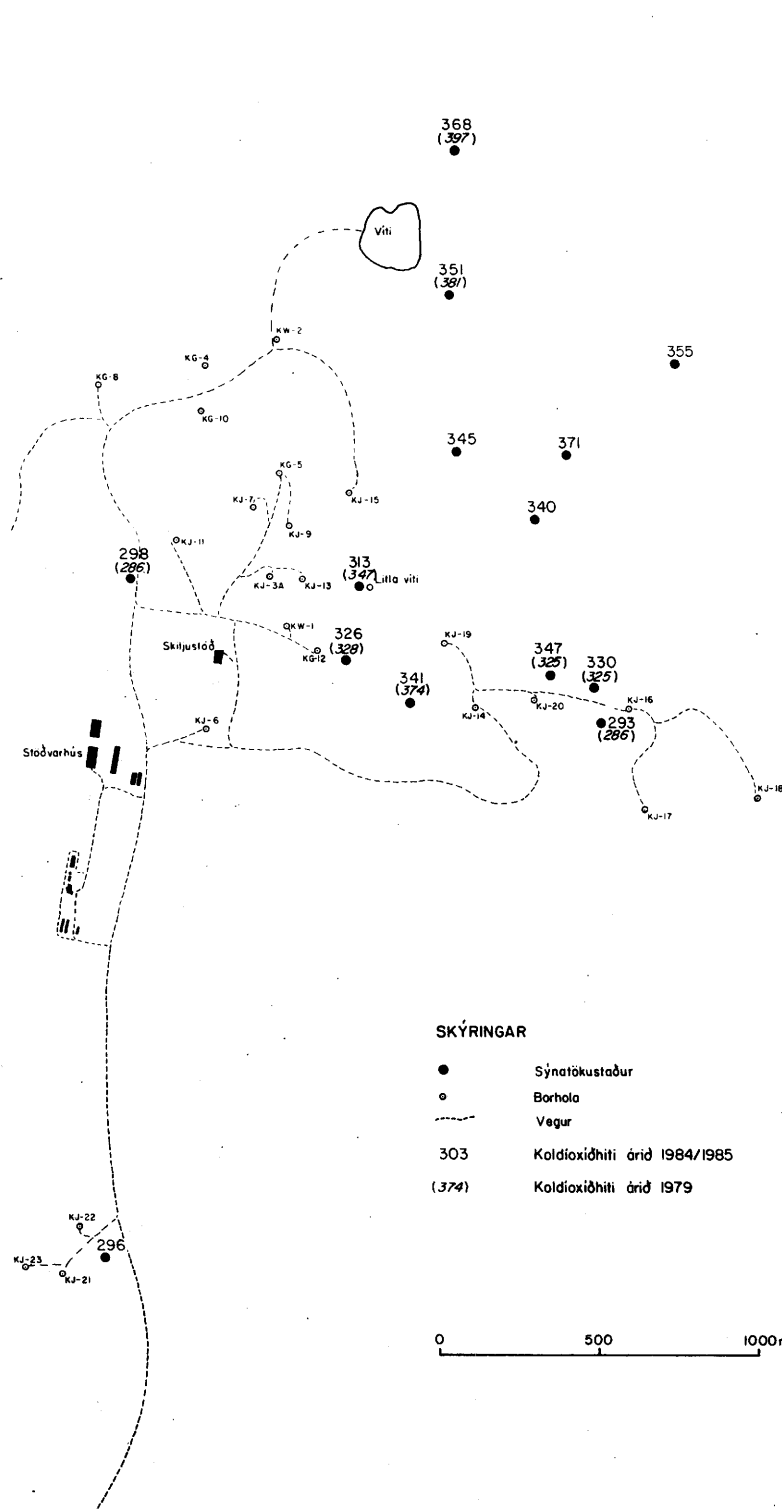


Mynd 13 Krafla. Brennisteinsvetnishiti á móti gasstyrk.

JHD-JEF-6607-JBen
85.07.0869-JSH

KRAFLA

Koldíoxíðhiti (°C)



Mynd 14 Krafla. Koldíoxíðhiti gufuaugna.