

Nokkur atriði varðandi efnainnihald gufu og vatns á Þeistareykjum

Halldór Ármannsson

Greinargerð HÁ-84/02

1984-02-15

NOKKUR ATRIÐI VARDANDI EFNAINNIHALD GUFU OG VATNS Á
BEISTAREYKJUM

1 Um hlutföll súrefnis-18 og tvívetnissamsæta

Hlutföll súrefnis-18 var mælt í 15 gufusýnum og einu vatnssýni, en tvívetnis í einu gufusýni og einu vatnssýni frá Beistareykjum (Arný Sveinbjörnsdóttir 1982). Niðurstöður, gefnar upp í 0/00 miðað við SMOW (Craig 1961b), eru skráðar í töflu 1. Dreifing súrefnis-18 hlutfalls í gufu er sýnt á mynd 1. Í samanburði við aðrar niðurstöður mælinga á súrefni-18 á Íslandi eru gildi þau, sem fást fyrir gufu mjög lág (Bragi Arnason 1976, Hrefna Kristmannsdóttir Sigfús Johnsen 1981). Fræðilega séð geta lagstu gildin, sem hér fást, vart verið fengin frá þeim lagstu, sem áður hafa mælst á landinu (-14 til -15 ‰), nema við haga gufun (evaporation). Í töflu 2 eru sýnd reiknuð gildi fyrir súrefnis-18-hlutfall þess vatns, sem nokkur gufusýnanna hefðu sotið frá við mismunandi hitastig, til þess að hin mældu gildi fengjust. Er reiknað með einfaldri suðu í 100°C. Prepasuða við hátt hitastig hefði litlu breytt. Eins og sjá má, minnkar munur á súrefnis-18-hlutfalli í upphafsvatni og sötinni gufu þess með hitastigi. Ferli náttúrunnar fara ekki alltaf nákvæmlega eftir slíkum fræðilegum fyrirskipunum og víst eru þekkt dæmi, þar sem frávik eru öllu meiri en suðuhitastig segir til um, t.d. í Kröflu. Í Námafjalli eru gildi hins vegar í meira samræmi við þau fræðilegu. Niðurstöður nokkurra mælinga úr Kröflu og Námafjalli eru sýndar á mynd 2. Þó er nokkurnveginn óhugsandi, að lagstu gufugildin og ólíklegt að þau hastu geti átt uppruna í vatni, sem fallið hefur sem úrkoma í grennd. Hinsvegar fellur gildið fyrir vatn úr uppsprettu (V-1) mjög vel að því, og styður það bá skoðun, að þar sé um grenndarvatn að ræða. Á mynd 3 er sýnd regnlína Craigs (1961a), og falla tvívetnis- og súrefnis-18 gildi uppsprettuvatnsins nærri henni, en í því eina gufusýni, sem hlutföll beggja samsæta voru mæld, reynist súrefnis-18-hlutfall lagra en búast mætti við skv. regnlínu. Sú lakkun, sem minnst var á í Kröfluholun (sbr. mynd 2), var í sömu átt, og er gufugildi frá holu KJ-6 sýnt á mynd 3 líka.

Líklegast má telja, að hin lágu gildi, sem yfirleitt fundust í þessari gufu, megi rekja til vatns, sem að uppruna til hefur mjög lágt súrefnis-18 hlutfall, og fundist hefur á nokkrum stöðum á Norðausturlandi (Húsavík, Hveravellir í Reykjahverfi, Eyjafjörður) (Bragi Árnason 1976, Hrefna Kristmannsdóttir & Sigfús Johnsen 1981). Ímsar tilgátur eru til um orsakir þessara lágu gilda. Annaðhvort er talið, að um sé að ræða vatn, sem fallið hefur sem regn hátt á jöklum uppi eða langstaðið ísaldarvatn.

Í grófum dráttum er unnt að skipta Þeistareykjasvæðinu í tvo hluta skv. þessum niðurstöðum, þ.e. Þeistareykjagrundir (svæði A), þar sem súrefnis-18-hlutfall er svipað og á þeim stöðum norðaustanlands, sem að ofan er getið hver svo sem uppruni þess er; og Tjarnarássvæði (svæði B) þar sem súrefnis-18 hlutfall er enn lægra vegna einhvers konar ferlis (líklega suðu). Eðlilegt virðist að álíta, að um tvenns konar aðrennsli vatns á svæðið sé að ræða, en að það blandist síðan. Á Tjarnarássvæðinu (svæði B) kemur upp gufa með lágt súrefnishlutfall, vegna langvinnra suðuferla, en á Þeistareykjagrundum (svæði A) tiltölulega nýsoðið vatn, sem sýnir tiltölulega ótruflað súrefnis-18 hlutfall þess vatnsstraums er um svæðið fer.

Tafla 1 Hlutföll súrefnis-18 og tvívætnis í nokkrum gufusýnum og einu vatnssýni frá Þeistareykjum

Staður	Tegund sýnis	$\delta^{18}\text{O}^0/\text{‰}$ (SHOW)	$\delta\text{D}^0/\text{‰}$ (SHOW)		
G-1	Þétt gufa	-16,3			
G-3	- " -	-14,1	-13,9		
G-4	- " -	-16,6			
G-6	- " -	-18,8			
G-8	- " -	-18,8	-18,5		
G-11	- " -	-16,9	-15,9		
G-14	- " -	-16,5			
G-15	- " -	-18,8			
G-17	- " -	-19,1	-19,2	-120,4	-121,2
G-18	- " -	-17,2			
G-19	- " -	-20,9	-20,7		
G-20	- " -	-19,2			
G-21	- " -	-14,9	-14,7		
G-22	- " -	-15,7			
G-24	- " -	-17,0	-17,1		
V-1	Vatn	-10,2	-10,5	-75,2	-76,3

Tafla 2 Upphafshlutfall samsætu (δ_{O}) í vatni sem soðið hefur af sér gufu með mældu hlutfalli (δ_{V}) frá mismunandi hitastigum í 100°C

Samsæta	δ_{V} °/‰	δ_{O} °/‰	δ_{O} °/‰	δ_{O} °/‰	δ_{O} °/‰	δ_{O} °/‰
		100°C	150°C	200°C	250°C	300°C
$\delta^{18}\text{O}$	-14,0	-8,7	-10,8	-12,1	-13,0	-13,7
	-19,15	-13,8	-15,9	-17,2	-18,2	-18,8
	-20,8	-15,5	-17,6	-18,9	-19,8	-20,5
δD	-120,8	-95,2	-108,0	-118,0	-122,4	-122,3

δ_{O} = Samsætuhlutfall vatns fyrir suðu

δ_{V} = Samsætuhlutfall gufu eftir suðu

JHD-JED-6608.HA.
84.02.0214-SyJ

PEISTAREYKIR-GUFUAUGU (8¹⁸0 ‰)
Dreifing sýrefnis-18 hlutfalls

Mynd 1

PEISTAREYKJAHRAUN

PEISTAREYKJAHRAUN

KETILFJALL

Peistareykja-
grundir

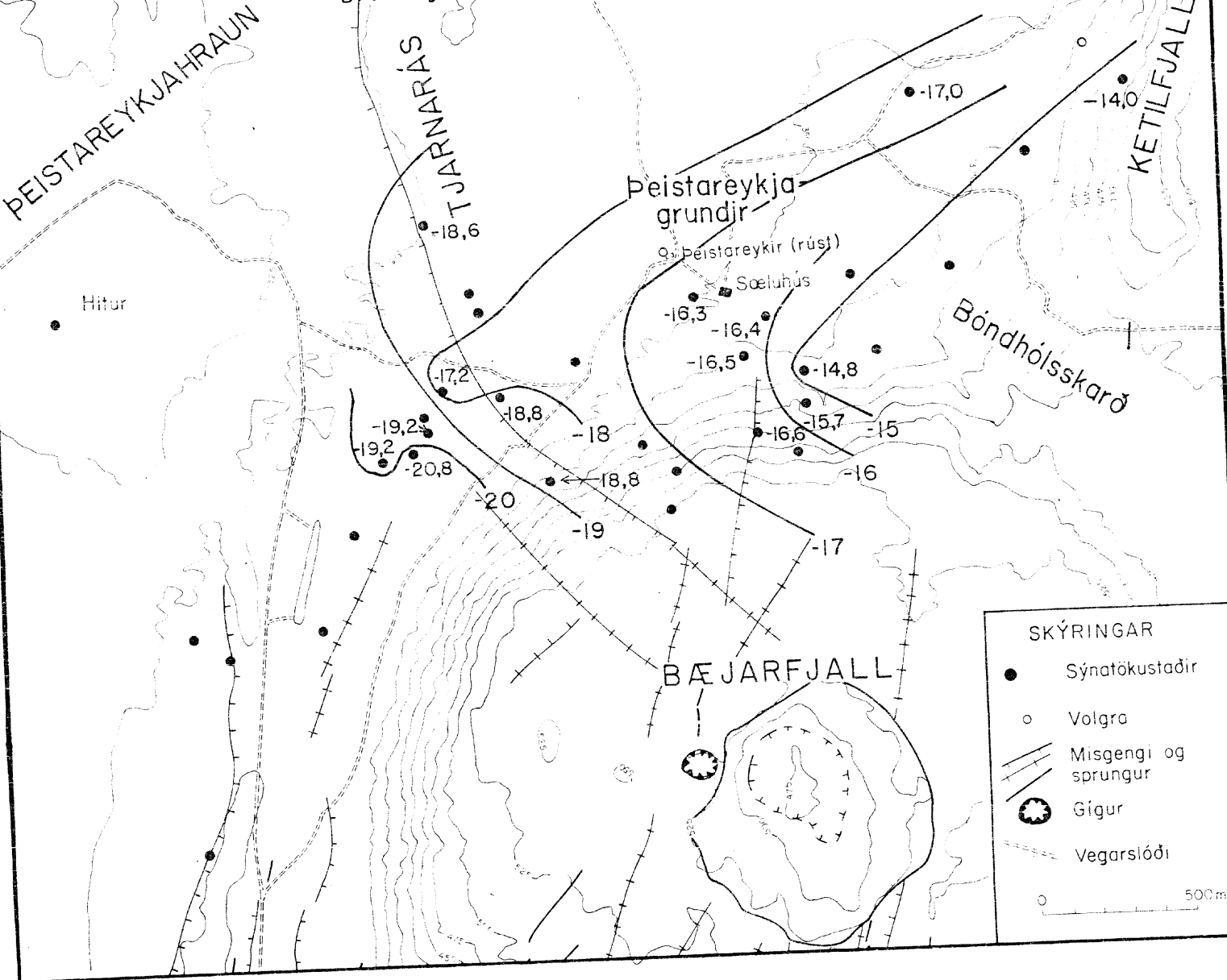
Peistareykir (rúst)

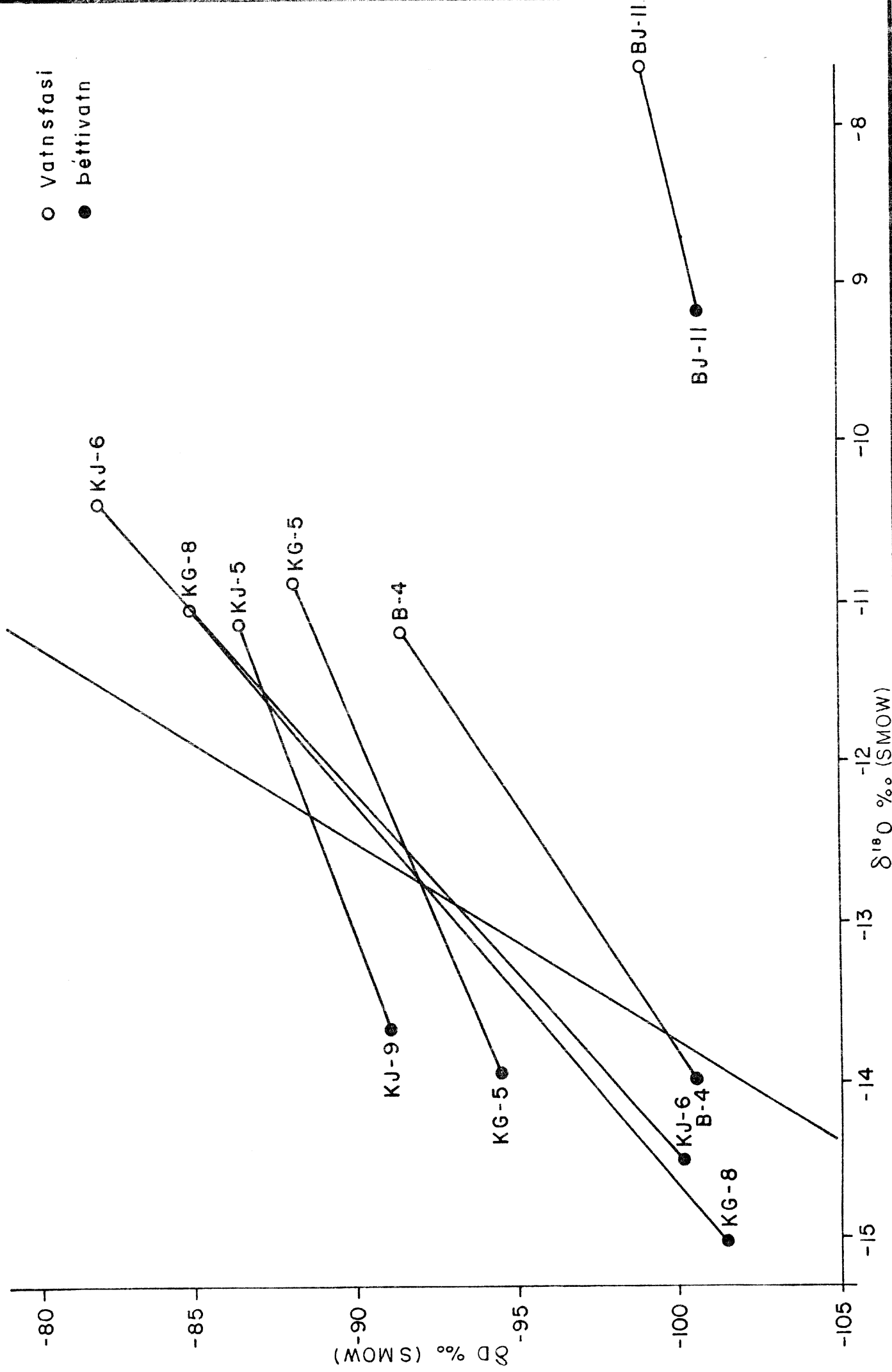
Sæluhús

Bóndhólsskarö

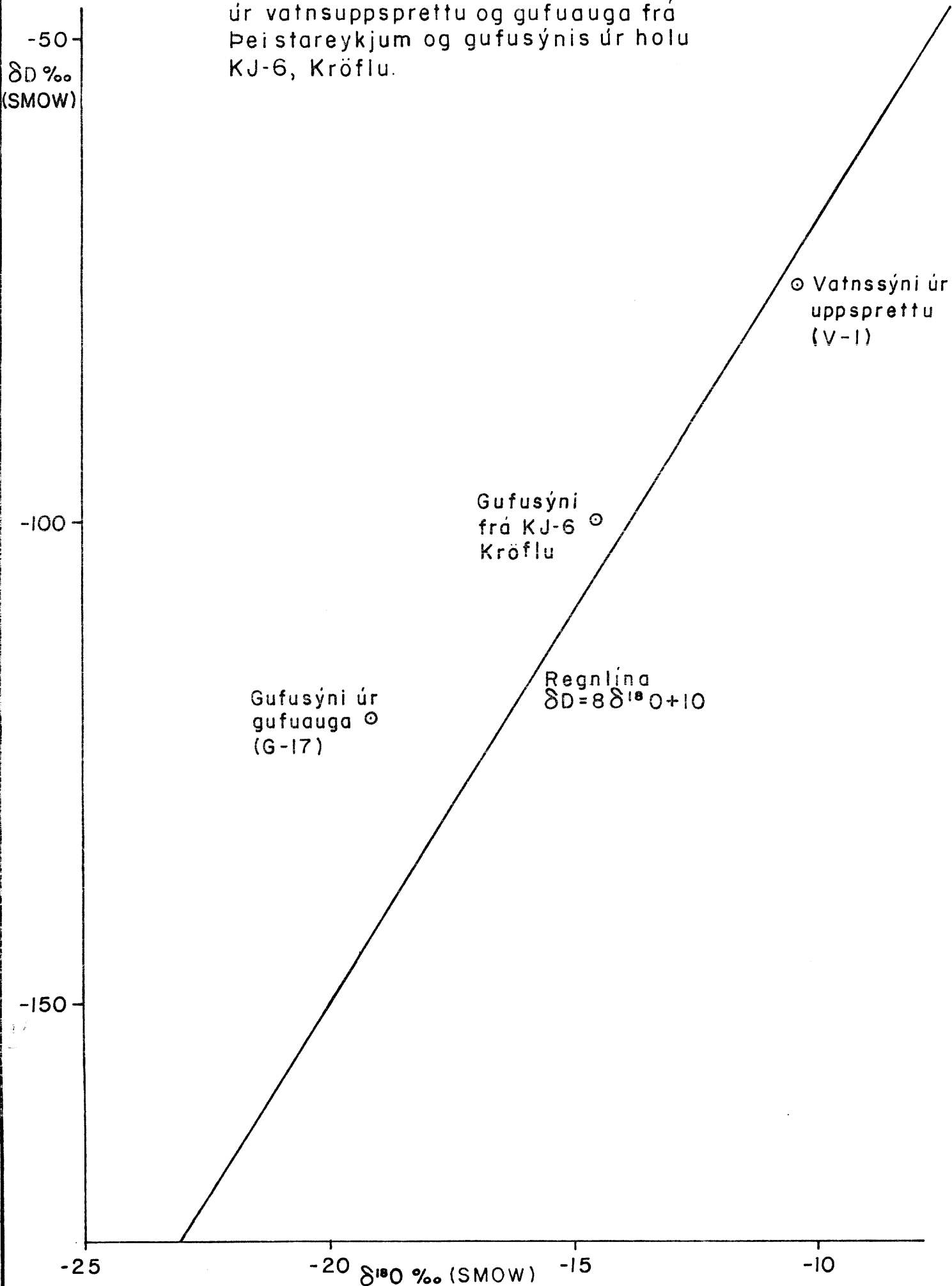
BÆJARFJALL

Hitur





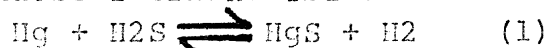
Tvívætnis-og súrefnis-18 hlutföll sýna
úr vatnsuppsprettu og gufuauga frá
Þei starykjum og gufusýnis úr holu
KJ-6, Kröflu.



2 Lítið eitt um styrk gass og kvikasilfurs

Gestur Gíslason í Gestur Gíslason o.fl. (1983) hefur fjallað ítarlega um gasstyrk og gashita á Þeistareykjum. Verður hér litlu einu bæt þar við í ljósi þeirrar skiptingar í tvö svæði, sem greina má út frá súrefnis-18 hlutföllum gufu. Gestur vakti athygli á nokkrum atriðum, sem verða endurtekin hér, sem sé harri koldíoxíðhita (Arnórsson et al. 1983) á Tjarnarássvæði en Þeistareykjagrundum, meðan brennisteinsvetnishiti (sjá Gestur Gíslason o.fl. 1983) er svipaður á báðum svæðum, og því alla jafna töluvert harri en koldíoxíðhiti á Þeistareykjagrundum, meðan þeim ber allvel saman á Tjarnarássvæði. Í framhaldi af þessu bendir Gestur og á góða samkvæmni þriggja gashitanala á Tjarnarássvæði (koldíoxíðhita, brennisteinsvetnishita og gashlutfallahita DAmores og Panichis (1983)) samanborið við slæga samkvæmni þeirra á Þeistareykjagrundum. Þessi atriði varðandi gasstyrk ásamt kvikasilfursstyrk verða tekin til umfjöllunar.

Svæðinu er skipt í tvennt eins og sýnt er á mynd 4, þ.e. svæði A, Þeistareykjagundur, skyggt og svæði B, Tjarnarássvæði. Til hægðarauka verður eingöngu fjallað um sýni, sem súrefnis-18 hlutfall var mælt í. Meðaltöl og staðalfrávik súrefnis-18 hlutfalls, CO₂/H₂S hlutfalls, koldíoxíðhita, mismunar H₂S og CO₂ hita, kvikasilfurstyrks og radonstyrks fyrir þessi sýni af svæðum A og B eru skráð í töflu 3. Þó að staðalfrávik séu stór, er greinilegur munur á svæðunum tveimur. Lítil munur á koldíoxíðhita og brennisteinsvetnishita bendir til jafnvægis og að jafnvægi í þeim hvörfum, sem ráða þeim hitum hafi náðst við sömu skilyrði. Kvikasilfursstyrkur er tiltölulega mikill í sýnum frá Tjarnarássvæði, og nálgast þann, sem búast mátti við, ef jafnvægi hefði náðst í efnahvarfinu



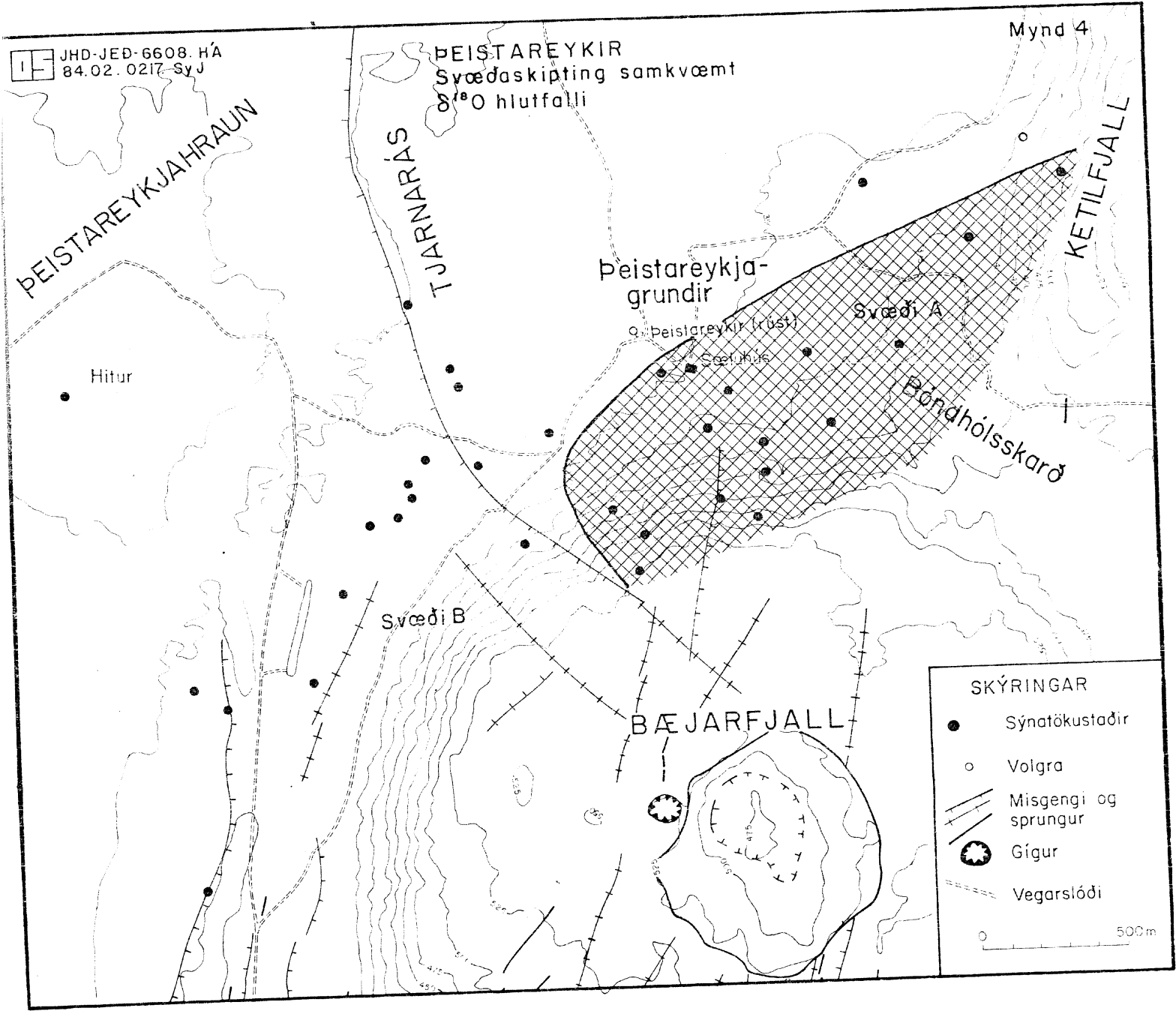
við 250-300°C (sjá Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1980), meðan hann er yfirleitt miklu lægri, og víða illmælanlegur í sýnum frá Þeistareykjagrundum. Bendir það einnig til stöðugleika og langvinnis jafnvægis í renni á Tjarnarássvæði, meðan hið gagnstæða virðist gilda um Þeistareykjagundur. Radonstyrkur er heldur lægri á Tjarnarássvæði en Þeistareykjagrundum, þótt ekki sé sá munur afgerandi. Einstök lág gildi á Tjarnarássvæði benda a.m.k. til staðbundinnar góðrar vatnsleiðni.

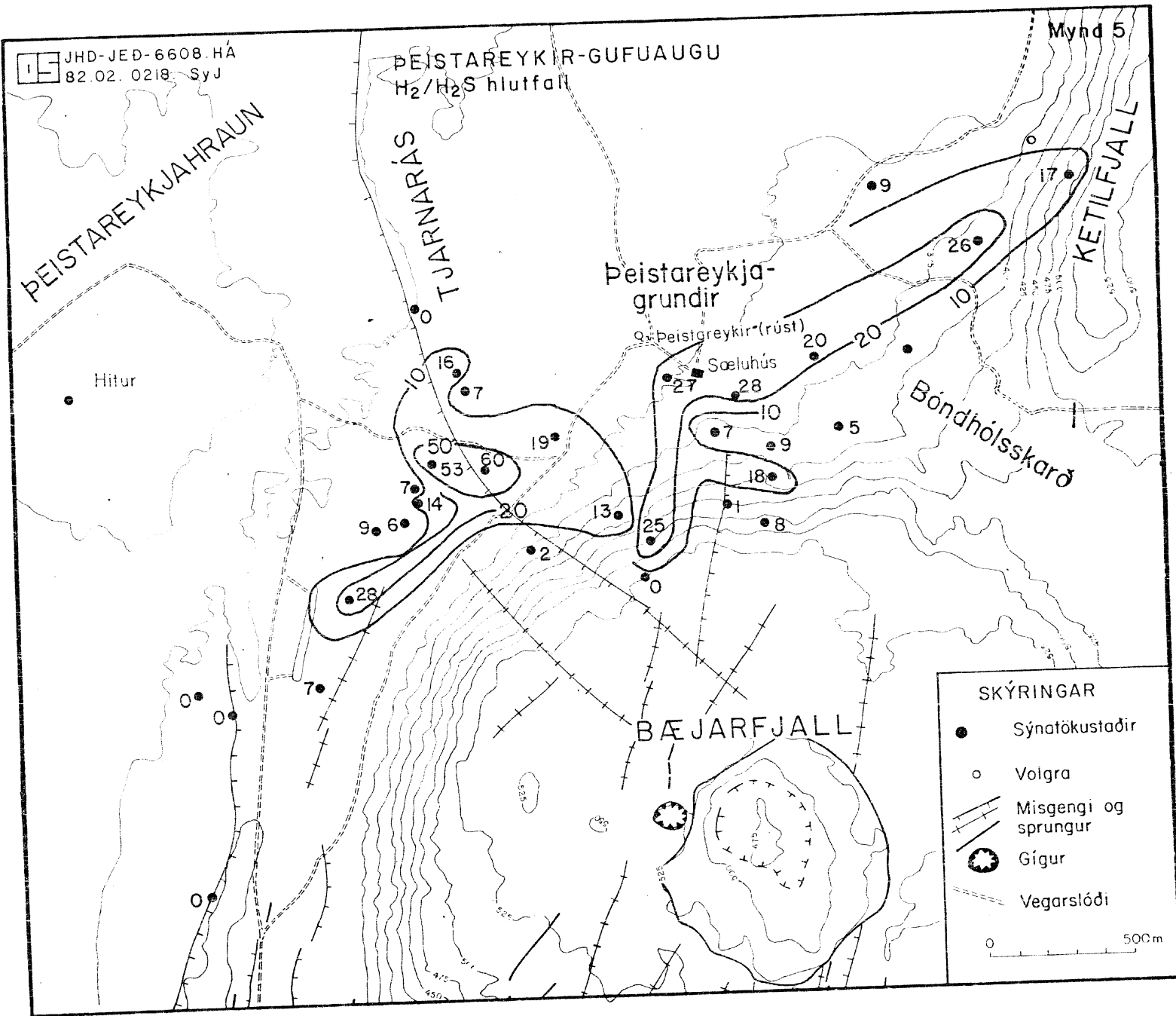
Eðlileg túlkun á þessum niðurstöðum er sú, að renni á Tjarnarássvæði sé langt að komið, og nægur tími hafi verið til að koma á jafnvægi í jarðhitakerfinu meðan á Þeistareykjagrundum renni inn tiltölulega kalt vatn frá Þeistareykjabungu og umhverfi, sem blandist að einhverju marki jarðhitarenni og hitni. Við það leysist meira H₂S en CO₂ í vatninu, en lausnin þynnist mjög með tilliti til kvikasilfurs. Þegar það svo sýður, kemur fram ofgnótt af H₂S miðað við CO₂ í gufunni, og lítið kvikasilfur finnst í hanni. Jafnvægi hefur enn ekki náðst í hvörfum allra þessara efna við berg, nema e.t.v. CO₂, og ætti því koldíoxíðhiti að gefa gleggsta hugmynd um djúphitastig jarðhitakerfisins á þessum slóðum.

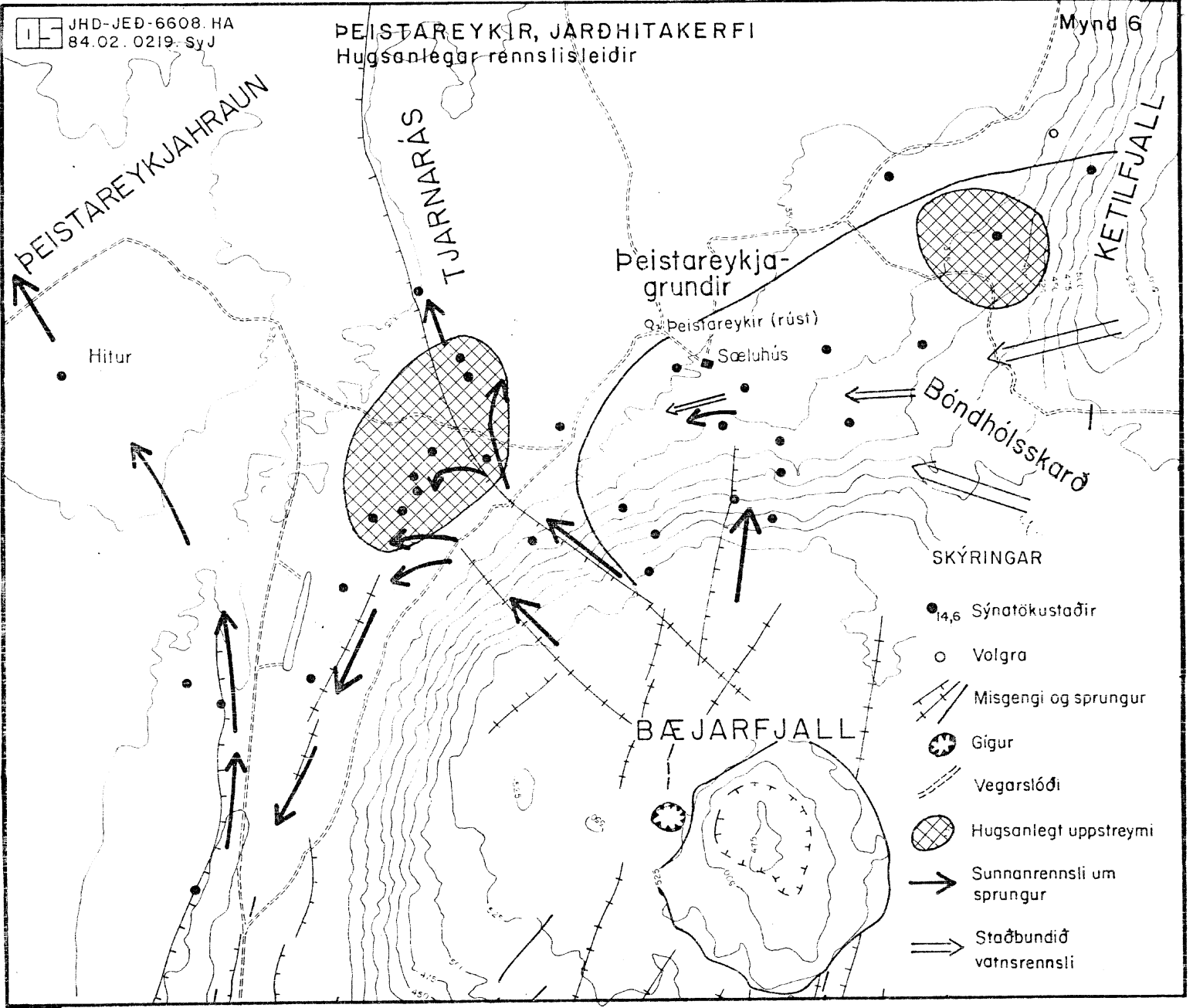
Vegna mismunandi leysni gasa í vatni, er unnt að fá nokkra hugmynd um rennslisleiðir út frá hlutföllum þeirra í milli (Gestur Gíslason o.fl. 1978). Þannig ætti t.d. H₂/H₂S hlutfall að lækka í rennslisstefnu. Með hliðsjón af ofangreindri skiptingu í svæði, og þeirri túlkun, sem sett var fram hér, er eðlilegast að álíta, að renni það er fæði Tjarnarássvæðið komi um sprungur sunnan að, en hluti þess renni inn á ÞeistareykjagrunDIR og blandist þar rennslí frá Þeistareykjabungu, sem ber lítið með sér af gasi. H₂/H₂S hlutfall ætti þá að geta gefið hugmynd um rennslisstefnu á Tjarnarássvæði, en erfiðara er að henda reiður á þýðingu þess á Þeistareykjagrundum. Dreifing H₂/H₂S hlutfalls er sýnd á mynd 5, og hugsanlegt rennslislíkan á mynd 6.

Tafla 3 ÞeistareykjagrunDIR (svæði A) og Tjarnarássvæði (svæði B): súrefnis-18 hlutfall, CO₂/H₂S hlutfall, CO₂-hiti, Mismunur CO₂ og H₂S hita, kvikasilfursstyrkur og radonstyrkur. Meðaltöl og staðalfrávik á hvoru svæði.

Svæði	$\delta^{18}O/_{\text{‰}}$		CO ₂ /H ₂ S ng/ng		CO ₂ -hiti °C		H ₂ S hiti - CO ₂ hiti °C		Hg mg/kg		Rn dpm/kg	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
A	-15,8	1,0	1,95	0,92	244	25	38	29	311	285	143622	61263
B	-18,7	1,2	6,72	1,81	283	15	7	4	2028	870	122434	80182







3 Natrium og klóríð

Styrkur natriums og klóríðs er skráður í töflu 4, ásamt hlutfalli á milli þeirra. Uppruni jarðvatns á Íslandi er venjulega regnvatn, sem upphaflega er úr sjó konið, og að meðaltali er hlutfall natriums og klórs í slíku vatni líkt því, sem gerist í sjó. Á jarðhitasvæðum eykst síðan venjulega afstæður styrkur natriums vegna aukinnar leysingar þess úr bergi við hækkingu hita (Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1980). Við suðu helst hlutfall þess við klóríð venjulega hátt í gufu. Óvenjulegt er, að hlutur klóríðs aukist miðað við hlut natriums. Þó getur það gerst í gufu, ef súr tiltölulega saltrík lausn sýður við hátt hitastig. Fylgir þá frítt HCl þéttivatni og myndast tiltölulega súr, klóríðrík gufa. Fræðilega er unnt að reikna út ferla slíkrar gufu, og dæmi eru til um hana í náttúrunni í Matsao, Taiwan (Ellis & Mahon 1977), og vissulega hefur slíkt klórvetni fylgt þurri gufu úr holu KG-12, Kröflu (Ármannsson *et al* 1982). Reikningar hafa verið gerðir skv. formúlu frá Ellis & Mahon 1977.

$$\log P_{\text{HCl}} \approx 1 + \log m_{\text{Cl}} - \text{pH} - \log K_a \quad (2)$$

þar sem

- P_{HCl} = hlutþrýstingur HCl í gufu
- m_{Cl} = mólstyrkur Cl í upphafsvatni fyrir suðu
- pH_0 = sýrustig upphafsvatns fyrir suðu
- K_a = klofningsfasti HCl við suðuhitastig.

Ferlar fyrir klóríð og pH gufu miðað við klóríðstyrk upphafsvatns við mismunandi upphafs pH eru á myndum 7-9. Dreifing klóríðgilda er sýnd á mynd 10. Þau þrjú sýni, sem verulegur klóríðstyrkur fannst í, voru úr gufuaugum G-9, G-10 og G-19, en af þeim var pH einungis mælt í sýninu úr G-19, og fellur sú gufa næst því að geta verið soðin úr vatni með $\text{pH}_0 \approx 5$ og $\text{Cl}_0 \approx 2000$ mg/kg við 250°C. Nokkrir möguleikar til að fá fram $\text{Cl}_g = 60-200$ mg/kg í gufu við slíka suðu, eru sýndir í töflu 5, og virðist líklegast að hún sjóði frá vatni með upphafsstyrk 800-8000 mg/kg með pH_0 u.p.b. 5 við 250-300°C.

Erfitt er að skýra hversvegna önnur gildi eru lægri, en ekki ná miklu muna í sýrustigi og hitastigi til þess, að mun minna Cl berist í gufu, og geta tiltölulega litlar breytingar skipt sköpum. Þá er hugsanlegt, að einn straumur inn á svæðið beri með sér slíka saltlausn, en ekki aðrar,

t.d. sá, sem rennur inn um sprungu sunnan við
Tjarnarásnisgengið (sjá mynd 10).

Tafla 4 Styrkur Na og Cl og hlutfallið milli þeirra í vatns- og gufusýnum frá Þeistareykjum

Staður	Dags.	Sýni nr	Na mg/kg	Cl mg/kg	Na/Cl mg/mg
G-1	81.08.10	1052	4	18	0,20
G-2	81.08.11	1053	1	12	0,075
G-3	81.08.11	1054	1	13	0,10
G-4	81.08.12	1055	2	17	0,13
G-5	81.08.12	1056	1	19	0,032
G-6	81.08.13	1057	1	12	0,059
"-	82.07.05	1045	1	4	0,21
G-7	81.08.13	1058	1	13	0,090
G-8	81.08.14	1059	6	18	0,31
G-9	81.08.14	1060	74	124	0,60
G-10	81.08.15	1061	118	203	0,58
G-11	81.09.08	1071	11	22	0,53
G-12	81.09.08	1072	1	3	0,32
G-13	81.09.09	1073	17	40	0,42
"-	82.07.05	1046	2	6	0,38
G-14	81.09.10	1074	1	6	0,18
"-	82.07.06	1048	1	3	0,28
G-15	81.09.11	1075	1	4	0,19
G-16	81.09.12	1076	4	10	0,38
G-17	81.09.12	1077	0,4	2	0,20
G-18	81.09.13	1078	1	8	0,096
G-19	81.09.13	1079	36	60	0,60
G-20	81.09.14	1080	1	6	0,082
G-21	81.09.26	1083	7	14	0,51
G-22	81.09.27	1084	1	6	0,14
G-23	81.09.28	1085	40	58	0,68
G-24	81.09.28	1086	1	7	0,13
G-25	81.09.29	1087	3	7	0,46
G-26	81.10.03	1089	184	5	37,8
"-	82.06.27	1032	1	0	
G-27	82.06.27	1033	1	5	0,10
G-28	82.06.28	1034	1	9	0,066
G-29	82.07.01	1039	1	4	0,20
G-30	82.07.01	1040	0,4	6	0,065
G-31	82.07.02	1041	1	5	0,29
G-32	82.07.02	1042	1	3	0,41
G-33	82.07.03	1043	1518	0	
G-34	82.07.06	1047	4	4	1,02
V-1	81.09.25	1088	76	9	8,45
"-	82.06.30	1037	51	14	3,79
V-2	82.06.30	1038	7	14	0,55

Tafla 5 Sýrustig þéttivatns (pH_p) og upphaflegur styrku klóríðs í ósoðnu vatni (Cl_o), ef soðið er við mismunandi hitastig (t°) og sýrustig (pH_o) til að fá fram gildi á bilinu 60-200 mg/kg fyrir klóríð í þéttivatni (Cl_p)

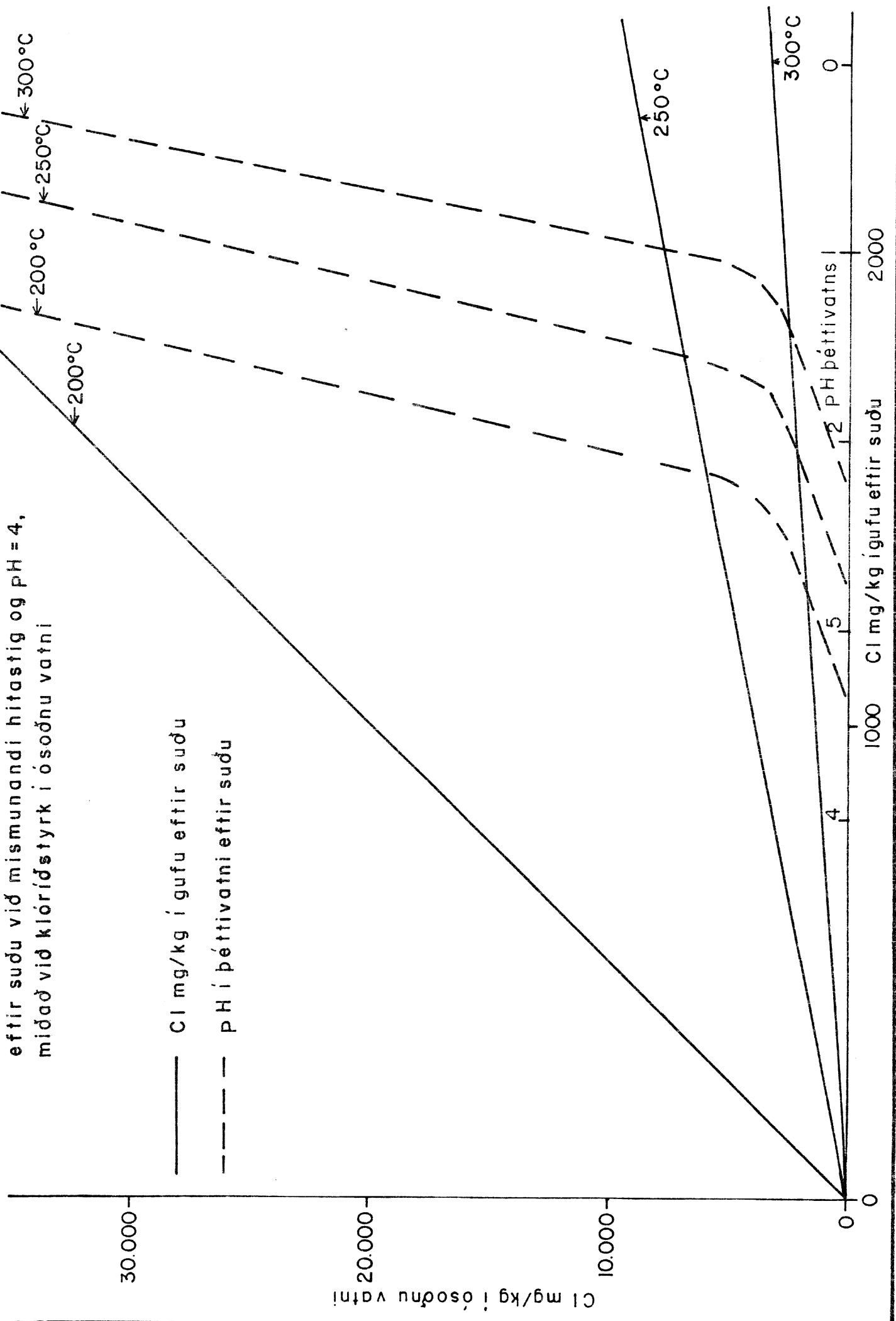
pH_o	$t^\circ C$	Cl_p ng/kg	pH_p	Cl ng/kg
	200		2,2	4000
	250	200	2,2	800
	300		2,1	300
	200		2,5	2500
4	250	125	2,6	500
	300		2,2	200
	200		3,0	1200
	250	60	2,7	200
	300		2,2	100
	200		2,0	400000
	250	200	2,6	8000
	300		2,3	5000
	200		2,2	37000
5	250	125	2,6	5000
	300		2,1	2000
	200		2,9	12000
	250	60	3,7	2000
	300		3,0	800
	300	200	2,3	30000
6	300	125	2,7	18000
	250	60	3,1	23000
	300	60	3,0	8500

1 JHD-JED-6608.HA
84.02.0220. Syj.

Klórídstyrkur og pH þéttivatns (kølds)
eftir suðu við mismunandi hitastig og pH = 4,
míðað við klórídstyrk í ósoðnu vatni

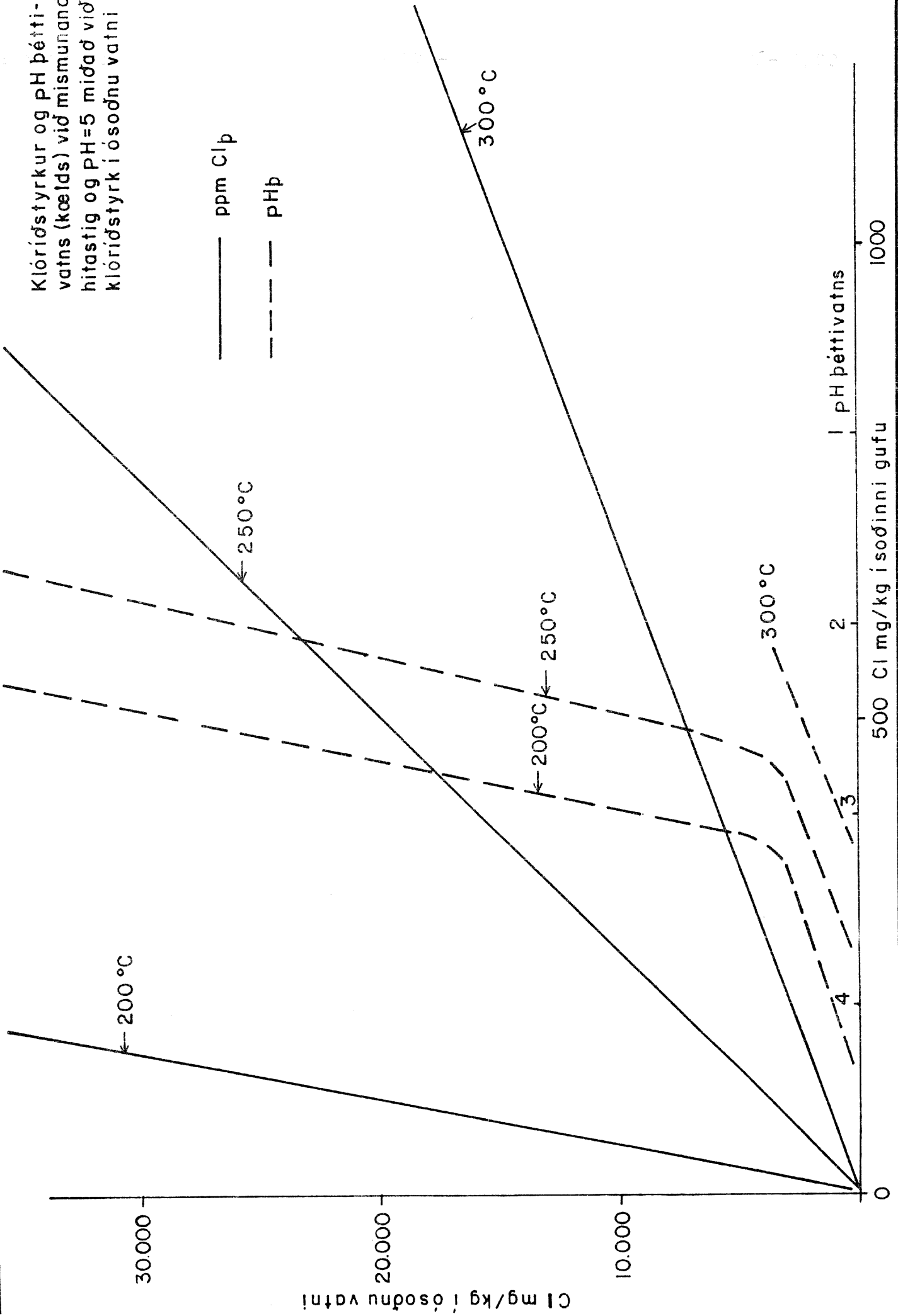
— Cl mg/kg í gufu eftir suðu
- - - pH í þéttivatni eftir suðu

Mynd 7



Klórídstyrkur og pH þétti-
vatns (kælds) við mismunandi
hitastig og PH=5 mífad við
klórídstyrk í ósodnu vatni

— ppm Clp
- - - pHp

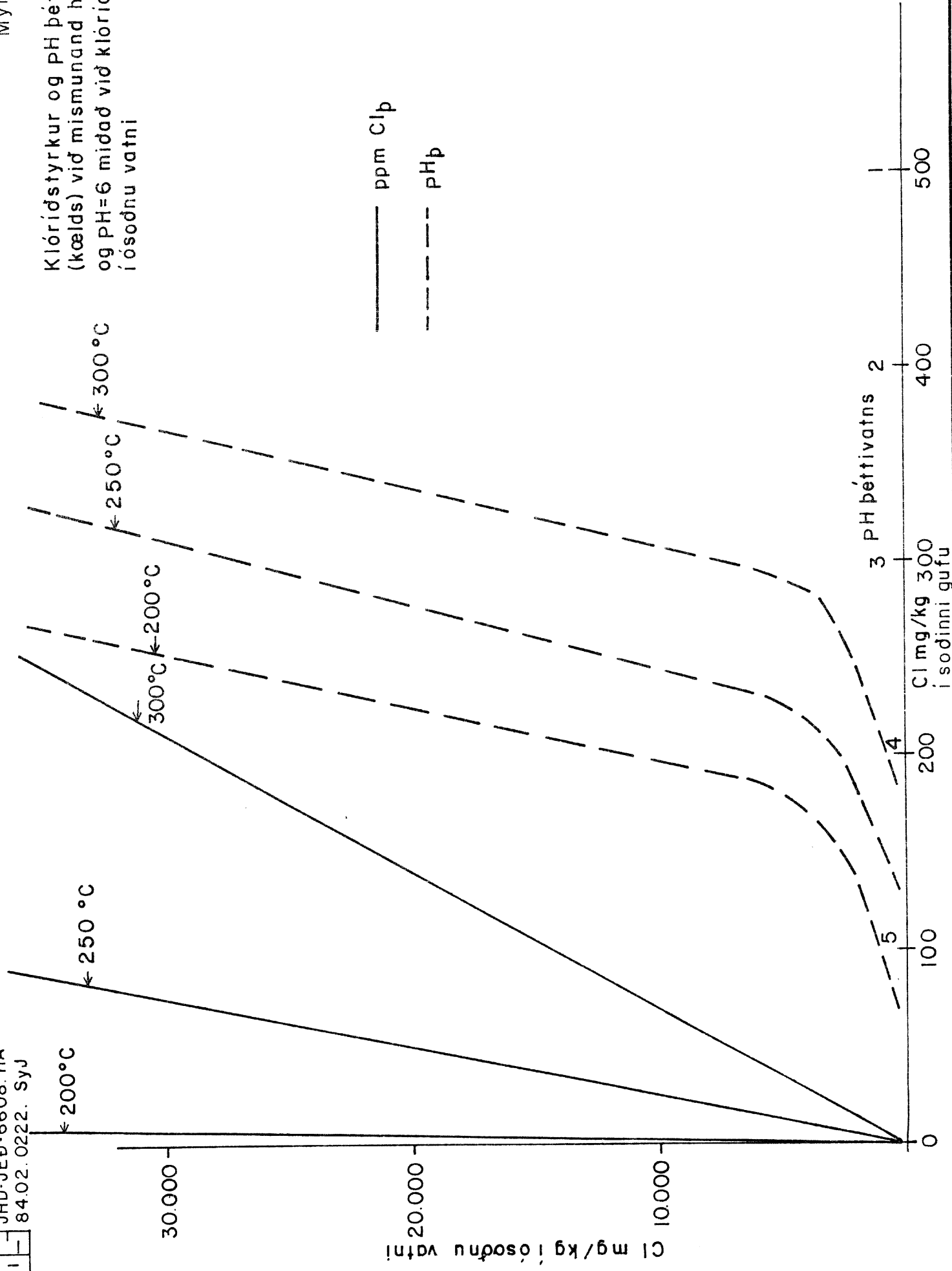


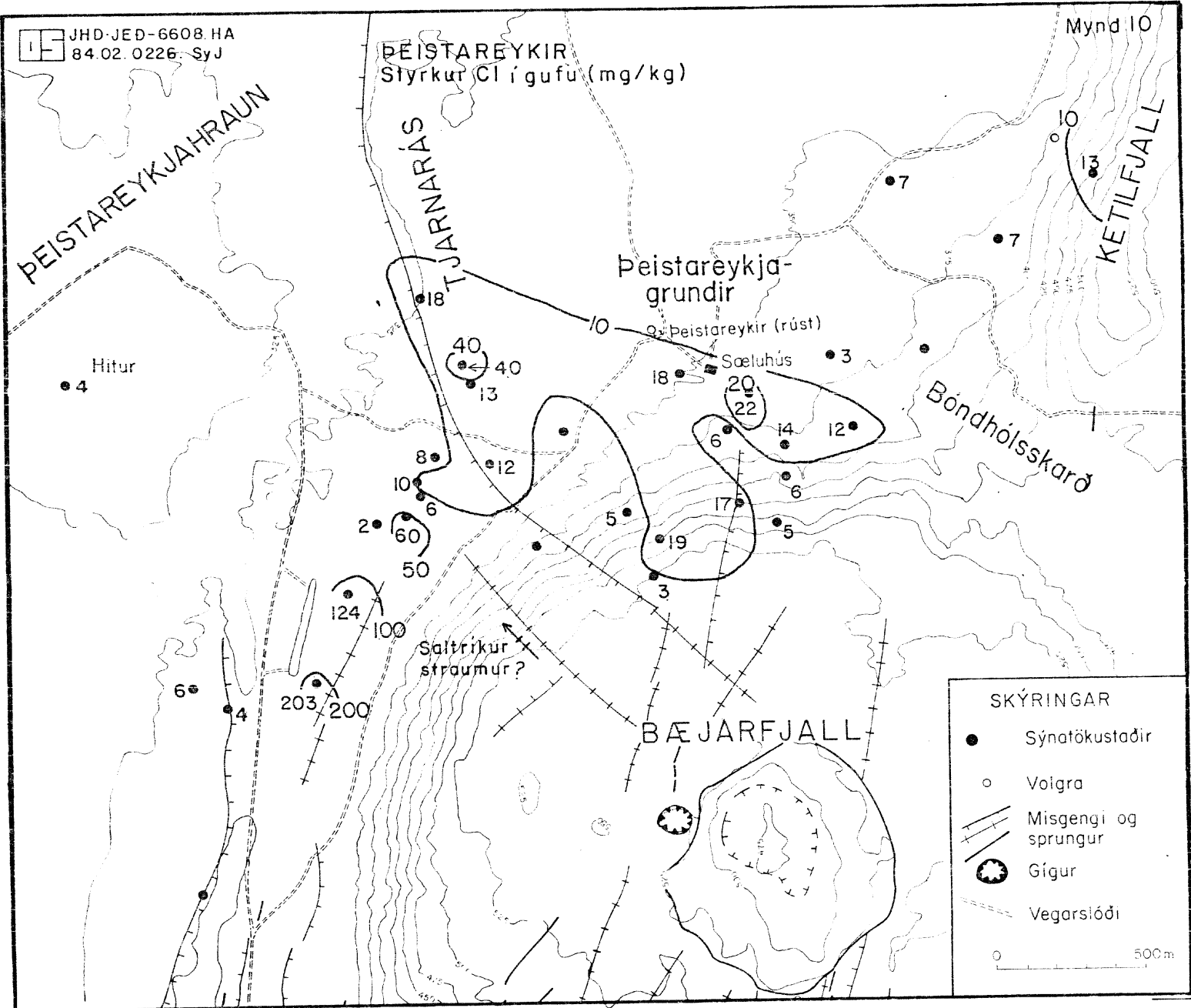
JHD-JED-6608. HÁ
84.02.0222. SyJ

Mynd 9

Klórídstyrkur og pH þéttivatns
(kælds) við mismunand hitastig
og pH=6 miðað við klórídstyrk
í ósodnu vatni

— ppm Clp
- - - pHp





4 $^3\text{He}/^4\text{He}$ hlutfall

Tekin voru nokkur sýni til greininga hlutfalls helíum-3 og helíum-4 sansata. Uppruni þessara tveggja sansata er talinn mismunandi, þ.e. algengast er helíum-4, sem að töluverðu marki myndast við geislavirka klofnun, en helíum-3 er álitid jafngamalt alheiminum. Gnótt þess er talin bera vitni uppruna á miklu dýpi. Greiningar voru gerðar í rannsóknastofu í háskólanum í Cambridge, Englandi sem liður í samvinnuverkefni við jarðvísindadeild þess skóla og Norrænu eldfjallastöðina. Viðunandi niðurstöður fengust úr greiningum sýna frá tveimur stöðum, G-1 og G-7, og eru þær sýndar í töflu 6, og er í henni einnig sýnd stærð $^3\text{He}/^4\text{He}$ hlutfallsins í gufunni miðað við stærð sama hlutfalls í andrúmslofti. Eru niðurstöður af sömu stærðargráðu og í Kröflu og Hámafjalli og fleiri jarðhitasvæðum á Norðausturlandi, en lægri en sumsstaðar á Suðurlandi og Reykjanesi. Þær eru innan þess sviðs, sem algengt er í basalti á Norður - Atlantshafshryggnum, og benda til þess, að gas þetta sé komið af töluverðu dýpi.

Tafla 6 Þeistareykir. Hlutfall $^3\text{He}/^4\text{He}$ miðað við andrúmsloft. (R = $^3\text{He}/^4\text{He}$ í sýni, Ra = $^3\text{He}/^4\text{He}$ í andrúmslofti)

Staður	G-1	G-1	G-7
Dags.	81.08.10	82.07.06	81.08.13
R/Ra	10,2	9,2	6,9

5 HEIMILDIR

- Ármannsson, H., Gíslason, G. & Hauksson, T. 1982: Magmatic gases in well fluids aid the mapping of the flow pattern in a geothermal system. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46, 167-177.
- Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E. & Svavarsson, H. 1983: The chemistry of geothermal waters in Iceland III: Chemical geothermometry in geothermal investigations. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47, 567-577.
- Árný Sveinbjörnsdóttir 1982: Stable isotope study of water-rock interaction in the Krafla and Reykjanes geothermal fields, Iceland. Stable Isotope Report No. 88. Project 20/0841, University of East Anglia, Norwich England, 30 s.
- Bragi Árnason 1976: Groundwater systems in Iceland traced by deuterium. *Vísindafélag Íslendinga XLII*, 236 s.
- Craig, H. 1961a: Isotopic variations in meteoric waters. *Science* 133, 1702-1703.
- Craig, H. 1961b: Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural waters. *Science* 133, 1833-1834.
- D'Amore, F. & Panichi, C. 1980: Evaluation of deep temperatures of hydrothermal systems by a new gas thermometer. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44, 549-556.
- Ellis, A.J. & Mahon, W.A.J. 1977: *Chemistry and geothermal systems*. Academic Press, New York, San Francisco, London, 392 s.
- Gestur Gíslason, Gunnar V. Johnsen, Halldór Ármannsson, Helgi Torfason & Knútur Árnason 1983: *Þeistareykir - Yfirborðsrannsóknir á háhitasvæðinu*. Orkustofnun, handrit, 68 s.
- Gestur Gíslason, Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1978: *Krafla - Hitaástand og gastegundir í jarðhitakerfinu*. Orkustofnun OSJHD-7846, 84 s.

Halldór Ármannsson, Gestur Gíslason & Trausti Hauksson 1982:
Sjá Ármannsson, H., Gíslason, G. & Hauksson, T. 1982.

Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1980: Krafla -
Samsetning gass í gufuaugum. OS80027/JHD 16, 51 s.

Hrefna Kristmannsdóttir & Sigfús Johnsen 1981: Eyjafjörður -
Efnainnihald og ísótópahlutföll jarðhitavatns.
Orkustofnun OS81023/JHD 14, 50 s.

Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson & Hörður Svavarsson
1983: Sjá Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E. & Svavarsson,
H. 1983.