

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

RANNSÖKN Á JARÐHITA Í REYKHOLTSDAL

Eftir

Kristján Sæmundsson og
Sveinbjörn Björnsson
Jarðhitadeild Raforkumálaskrifstofu

og

Guðmund E. Sigvaldason,
Gunnlaug Elísson og
Halldór Kjartansson
Atvinnudeild Háskólans

Agúst 1966

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

RANNSÓKN Á JARÐHITA Í REYKHOLTSDAL

Eftir

Kristján Sæmundsson og
Sveinbjörn Björnsson
Jarðhitadeild Raforkumálaskrifstofu

og

Guðmund E. Sigvaldason,
Gunnlaug Elísson og
Halldór Kjartansson
Atvinnudeild Háskólans

Agúst 1966

EFNISYFIRLIT

	Bls.
INNGANGUR	1
FYRRI JARÐHITAATHUGANIR I REYKHOLTSDAL (S.B.)	2
Eldri athuganir	2
Nýrri athuganir	3
Viðnáms- og segulmælingar	4
Borholur og hitamælingar	4
Jarðsveiflumælingar	9
Efnagreiningar og túlkun þeirra	9
Mælingar á vetnis- og súrefnis ísótópum	10
JARÐFRÆÐILEGT YFIRLIT (K.S.)	12
Tektónisk bygging	12
Mótun landslags og jarðgrunnur	13
Jarðhitinn frá jarðfræðilegu sjónarmiði	14
EFNARANNSÖKN A HVERAVATNI OG GASÍ I REYKHOLTSDAL SUMARIÐ 1965	19
Markmið (S.B.)	19
Fræmkvæmd (S.B.)	19
Efnagreiningar og niðurstöður þeirra (G.E.S., G.E. og H.K.)	21
Inngangur	21
Efnagreiningaraðferðir	24
Niðurstöður efnagreininga á vatni	26
Niðurstöður efnagreininga á gasi	29
Rennslismælingar (S.B.)	31
LOKAORÐ (K.S., S.B., G.E.S.)	33
Helztu niðurstöður	33
Tillögur um nánari athuganir	35

RANNSÓKN Á JARÐHITA Í REYKHOLTSDAL

Eftir

Kristján Sæmundsson og Sveinbjörn Björnsson, jarðhitadeild

og

Guðmund E. Sigvaldason, Gunnlaug Elísson og Halldór Kjartansson,
Atvinnudeild Háskólans.

INNGANGUR

Í Reykholtald er eitt mesta lághitasvæði landsins. Rennsli úr hverum mun vera a.m.k. 300 l/s af 90 - 100°C heitu vatni. Svæði þetta hefur löngum þótt gírnilegt til rannsókna og má segja, að flestir, sem um jarðhita hafa fjallað, hafi komið þar við sögu.

Undanfarin sumur hefur Kristján Sæmundsson, jarðfræðingur, unnið að jarðfræðirannsóknum í Borgarfirði á vegum jarðhitadeildar og Borgarfjarðarhéraðs og hefur hann með athugunum sínum á berglögum, kortlagningu brotlína, ganga og hveraþyrpinga lagt nauðsynlegan grundvöll undir frekari jarðhitarránsóknir.

Þess er vænzt, að ýtarleg rannsókn þessa svæðis, muni gefa gagnlegar vísbendingar um, hvernig rannsóknum á öðrum lághitasvæðum verður bezt hagað.

FYRRI JARÐHITAATHUGANIR Í REYKHOLTSDAL

Eldri athuganir

Yfirlit yfir jarðhitaathuganir gerðar í Reykholtssdal fyrir árið 1936 er að finna í bók T.F.W. Barth (1950). Barth taldi, að hveravatnið væri regnvatn að uppruna, sem blandast hefði gufum frá bergkviku, líklega undir Snæfellsnesi. Vatnið streymdi síðan neðan jarðar, unz það kæmi fram á láglandi Borgarfjarðar í lögðum og á öðrum stöðum, þar sem skilyrði væru til myndunar linda.

Í grein um hveru og bergganga (Einarsson, 1938) lagði Trausti Einarsson áherslu á, að gangar virki sem stíflur í berggrunni og séu því líklegir til að veita upp heitu vatni. Bendir hann m.a. á ýmsa ganga í Reykholtssdal sem virðast liggja um hveru.

Þorkell Þorkelsson (1910, 1940) framkvæmdi fyrstu efnagreiningu á hveragasi hér á landi. Hann áleit kolsýru og brennisteinsvetni vera komin beint frá bergkviku og taldi gufuhveru vera gufustreymi frá bráðnum berghleifum. Hins vegar fann hann lítið af þessum gastegundum í vatnshverum og laugum og áleit lághitasvæði ekki standa í beinum tengslum við bráðið berg. Vatn þeirra væri grunnvatn, sem hitnað hefði við að streyma um heitt berg í nánd við heita berghleifa.

Þorkell mældi radon í hveragasi víða á landinu og komst að þeirri niðurstöðu, að geislavirkni hveragassins væri þeim mun meiri, sem jarðhitinn væri öflugri. (Þorkelsson, 1940). Í Reykholtssdal fór geislavirkni hveragassins vaxandi inn eftir dalnum og náði hámarki í Reykholtshverum. Hann gat sér þess til, að Reykholt stæði næst miðsvæði jarðhitans, og minnkandi radonmagn í hverum, þegar fjær dró Reykholti, mætti skýra á þann veg, að vatnið rynni lengri leið frá miðsvæði jarðhitans, áður en það kæmi fram.

Í riti sínu um eðli hvera (Einarsson, 1942) hafnaði Trausti Einarsson tilgátum þeirra Barth og Þorkels um bráðið berg

sem beinan varmagjafa og taldi mun líklegra að almennur varmastraumur úr iðrum jarðar væri varmagjafi vatnsins. (Sjá einnig Einarsson, 1948). Lágghitasvæðin á Norðurlandi, Vestfjörðum, undirlendi Borgarfjarðar og a.m.k. að einhverju leyti á Suðurlandsundirlendi væru þannig til komin, að yfirborðsvatn rynni sem almennur straumur um jarðlögin, frá hálandi til láglandis. Hluti þessa vatnsstraums næði miklu dýpi og hitnaði af hinum almenna hita jarðlaganna, sem hann færi um, og leysti upp nokkuð af efnum bergsins. Þar sem djúpar sprungur væru á láglandi, aðallega sem basaltgangar, gæti orðið um söfnun á hinum dreifða vatnsstraum í berginu að ræða og ört rennsli heits vatns til yfirborðsins. Eldleðja hefði engin bein áhrif á þennan jarðhita, hvorki sem hitagjafi né sem efnisgjafi.

Í skýrslu sinni (Böðvarsson, 1948) komst Gunnar Böðvarsson að þeirri niðurstöðu, að skýring Trausta á uppruna jarðhitans ætti við um Norðurland og Vestfirði, en ef skýra ætti jarðhita Borgarfjarðar á þennan hátt yrði að gera ráð fyrir mun hærri hitastigul undir Borgarfirði en almennt gerizt eða jarðhitinn væri mjög ungt fyrirbrigði, sem smám saman eyddi varmaforða berglaganna. (Sjá einnig Böðvarsson, 1950).

Í skýrslu til jarðhitanefndar ríkisins (Einarsson, 1948) gerði Trausti frekari grein fyrir hugmyndum sínum um orsakir jarðhita. M.a. komst hann að þeirri niðurstöðu að uppruna hveravatns á meginjarðghitasvæðum landsins mætti skýra á þann hátt, að vatnið væri komið af svæði með 100 km radius um miðhálandið sem miðju. Magn bergvatnsstraums frá þessu svæði og varmaorka, sem hann flytur, væru af sambærilegri stærðargráðu og jarðhiti Borgarfjarðar og Suðurlands og e.t.v. ríflega það.

Nýrri athuganir

Á undanfórnum 15 árum hafa oft verið gerðar jarðfræðilegar, eðlisfræðilegar og efnafræðilegar athuganir í Reykholtsdal og er um þær fjallað í skýrslum jarðhitadeildar o.fl., sem taldar eru í lista yfir heimildarrit. Yfirlit yfir jarðfræði héraðsins

verður gefið í sérstökum kafla þessarar skýrslu. Jarðeðlisfræðilegar athuganir hafa yfirleitt fremur beint að jarðhitaleit á takmörkuðum svæðum en almennri rannsókn á orsökum jarðhitans.

Viðnáms- og segulmælingar

Víða hafa verið framkvæmdar viðnámsmælingar til þess að staðsetja heita bletti og segulmælingar til að kanna legu ganga og brotlína í bergi. Þessar mælingar hafa yfirleitt stefnt að því að velja staði til borunar og geta gefið mikilvægar upplýsingar um legu heitra vatnsæða á hverjum stað, en eru of strjálar til þess að draga heildarmynd af rennsli vatnsins. Í töflu 1 er listi yfir staði, þar sem þessar mælingar hafa verið gerðar og getið frumritanúmera teikninga af niðurstöðum.

Borholur og hitamælingar

Í töflu 2 eru taldar upp borholur, sem boraðar hafa verið á þessu svæði og getið hita og rennslis. Þessar holur eru yfirleitt boraðar niður að föstu bergi. Undantekning er þó holan á Breiðabólstað, sem boruð er beint í basaltlög. Hita-
stigull í þessari holu er mjög jafn, $0,207 \text{ }^{\circ}\text{C/m}$ (Sjá Fnr. 6991), eða um þrisvar sinnum hærri en ótruflaður hita-
stigull utan jarðhitasvæða hér á landi.

TAFLA 1.Listi yfir viðnáms- og segulmælingar í Reykholtssdal,
Hálsasveit og á HvítársíðuViðnámsmælingar

<u>Staður</u>	<u>Fnr.</u>	<u>Stærð</u>		<u>Heimild</u>
Birkihlíð	6216	A-4	Dýptarmæling	Viðnámsmæl., 1961
Birkihlíð	6217	A-4	"	"
Breiða- bólsst.	6245	A-4	"	"
Breiða- bólsst.	6246	A-4	"	"
Brekkukot	6206	A-4	"	"
Brekkukot	6207	A-4	"	"
Giljar	6233	A-4	"	"
Gróf	6218	A-4	"	"
Gróf	6219	A-4	"	"
Háafell	7039	A-4	Jarðviðn.sn.	Sigurðsson, 1964
Háafell	7227	A-4	Afstöðumynd	Sigurðsson, 1965
Háafell	7241	A-4	Jarðviðnámsn.	"
Hamrar (Bali)	7047	A-3	Afstöðumynd	
Hamrar (Bali)	7048	A-3	Jarðviðn.kort	
Hellubær	7039	A-4	Jarðviðn.sn.	Sigurðsson, 1964
Hvammur	6237	A-4	Dýptarmæling	
Klettur	6825	A-3	Afstöðumynd	Sigurðsson, 1964
Klettur	7046	A-4	6 jarðvið- námsnið	"
Kollslækur	7039	A-4	Jarðviðn.sn.	"
Nes	6220	A-4	Dýptarmæling	Viðnámsmæl., 1961
Nes	6221	A-4	"	"
Reykholt	6181	A-4	Viðnámskort	Stefánsson, 1962
Reykholt	6192	A-4	Dýptarmæling	"
Reykholt	6193	A-4	"	"
Reykholt	6194	A-4	"	"
Síðumúli	4566	A-3	Dýptarmæling	

Viðnámsmælingar

<u>Staður</u>	<u>Fnr.</u>	<u>Stærð</u>		<u>Heimild</u>
Signýjarst.	6210	A-4	Dýptarmæling	Viðnámsmæl., 1961
Signýjarst.	6211	A-4	"	"
Skáney	6216	A-4	"	"
Skáney	6217	A-4	"	"
Steindórsst.	6234		"	
Stóri- Kroppur	6208	A-4	"	Viðnámsmæl., 1961
Stóri- Kroppur	6209	A-4	"	"
Sturlureykir	6222	A-4	"	"
Úlfsst.	6227	A-4	"	
Þorgautsst.	4567	A-3	"	

Segulmælingar

<u>Staður</u>	<u>Fnr.</u>	<u>Stærð</u>	<u>Ath.</u>	<u>Heimild</u>
Deildartunga	5872	A-3	3 segul- próffílar	Elíasson, 1962
Deildartunga	6182	A-4	Afstöðumynd	"
Kirkjuból	5160	A-4	Segulprófill	
Kóparreykir	5871	A-1	11 segul- próffílar	Elíasson, 1962
Kóparreykir	6180	A-4	Afstöðumynd	"
Norðurreykir	5871	A-1	11 segul- próffílar	"
Norðurreykir	6180	A-4	Afstöðumynd	"
Reykholt	5871	A-1	11 segul- próffílar	"
Reykholt	6180	A-4	Afstöðumynd	"
Stóri- Kroppur	5872	A-3	3 segul- próffílar	"
Stóri- Kroppur	5875	A-3	1 segul- prófill	"
Stóri- Kroppur	6182	A-4	Afstöðumynd	"

TAFLA 2.

Borholur í Reykholtisdal og Hálsasveit

Staður	Boruð árið	Dýpi m	Ath.
Úlfsstaðir I	1957	17	Ekkert rennsli.
Úlfsstaðir II	1957	14	Borað í 38°C heita laug. Botnhiti 37°C.
Breiðagerði við Reykh. (Litli Hvammur)	1962	27	ca 0,4 l/s, 99°C. Við bifreiðaverkstæði. Vatn kom undir 27 m ísaldarleir.
Varmaland við Reykh.	1963	52	Rennsli úr holu. Hitamæling Fnr. 6601.
Breiðabólssst.	1964	120	Hitamælingar Fnr. 6457 og 6996. Ekkert rennsli.
Hamrar I	1964	32,5	0,25 l/s, 72°C. 25,3 m niður á basalt.
II	1965	45,5	Ekkert rennsli. 41°C í 44 m. 26,5 m niður á basalt.
III	1965	25	Ekkert rennsli. Botnhiti 59°C. 24,9 m niður á basalt.
IV	1965	23,35	Ekkert rennsli. 22,45 m á basalt.
V	1965	81,3	4 l/s við dælingu. 54°C í 79 m. Ca. 80 m niður á basalt.
VI	1965	86,5	Ekkert rennsli. 23°C í 35 m.
VII	1965	31	Ekkert rennsli. 13,5°C í 15 m.

Jarðsveiflumælingar

Byrjað hefur verið á jarðsveiflumælingum í Borgarfirði til könnunar á dýpri berglögum. Tvær mælilínur hafa verið teknar frá Borgarnesi, önnur út á Mýrar, en hin upp eftir Norðurárdal. Ein liggur frá Reykholtisdal (Úlfsstöðum) til vesturs að Gljúfurá. Bráðabirgðaniðurstöður liggja fyrir frá þessum línunum og eru þær sýndar í eftirfarandi töflu.

TAFLA 3.

<u>Lína</u>	hraði km/sek				þykkt laga km			
	v_0	v_1	v_2	v_3	h_0	h_1	h_2	H
Borgarnes- Mýrar	-	4,4	5,1	6,2	-	0,65	1,48	2,13
Borgarnes- Norðurárdalur	-	4,4	5,3	6,3	-	0,65	2,12	2,77
Reykholtisdalur- Gljúfurá	3,3	4,1	4,9	6,4	0,33	0,64	2,23	3,20

Ein mælilína er einnig til af Hvítársíðunni, en á henni kemur fyrir nokkur óregla, sem ekki hefur verið skýrð enn.

Þessar niðurstöður benda til þess, að lagamótum, eins og þau koma fram hér, halli til austurs eða suðausturs um $2^\circ - 3^\circ$, sem er verulega minna en halli berglaga á yfirborði bendir til.

Efnagreiningar og túlkun þeirra

Víðtækar efnagreiningar á vatni hvera og lauga voru gerðar af iðnaðardeild árið 1944 (Skýrsla iðnaðardeildar 1945-46) og jarðborunum ríkisins árin 1947-50 (Jarðboranir ríkisins, 1951). Enn fremur hafa oft verið greind efni í hveravatni frá einstökum bæjum á umræddu svæði, eftir því sem sýnishorn hafa

borizt. Efnagreining hefur ýmist verið framkvæmd á iðnaðar-
deild eða af Svavari Hermannssyni, efnafræðingi. Allar efna-
greiningar, sem vitað er um, er að finna á spjaldskrá jarð-
hitadeildar, sem Jón Jónsson, jarðfræðingur, hefur tekið saman.

Í skýrslu um efnasamsetningu hvera- og laugavatns, sem byggð
er á þessum efnagreiningum, leiddi Guðmundur E. Sigvaldason,
jarðefnafræðingur (Sigvaldason, 1964) líkur að því, að flest
lághtasvæði landsins sýndu ákveðna reglu í dreifingu ýmissa
efna, þannig að unnt væri að staðsetja aðaluppstreymi heits
djúpvatns á mjög takmörkuðu svæði en annað vatn sýndi einkenni
blöndunar eða efnaskipta við yfirborðslög. T.d. sýndu efna-
greiningar frá Reykholtsdal, að kísilsýra var í áberandi mestu
magni í Reykholti og á Kóparykjum en fór lækkandi jafnt og
þétt, eftir því sem fjær dró Reykholtshverum. Þessa lækkun
kísilsýru í vatninu miðað við Reykholtshveru skýrði Guðmundur
á þann veg, að aðaluppstreymi djúpvatns væri nálægt Reykholti,
en síðan breiddist vatnið út um yfirborðslög og kæmi fram þar,
sem jarðfræðileg skilyrði væru til myndunar linda. Á leið um
yfirborðslögin blandaðist djúpvatnið yfirborðsvatni og
hlytist af því lækkun kísilsýrumagns, en auk þess félli hluti
kísilsýrunnar út vegna yfirmettunar við kólnun.

Þessi skýring kemur mjög vel heim við niðurstöður radonmælinga
og tilgátu Þorkels Þorkelssonar, sem áður var getið.

Mælingar á vetnis- og súrefnisísótópum

Eðlisfræðistofnun Háskólans hefur á undanförunum árum unnið
að mælingum á hlutfalli þungs vetnis D og venjulegs vetnis H
í úrkomu og heitu vatni víðs vegar á landinu. Bragi Árnason,
efnafræðingur, hefur yfirumsjón með þessum mælingum og lét
hann okkur góðfúslega í té bráðabirgðayfirlit yfir niðurstöður
sínar í Borgarfirði. Niðurstöður þessara mælinga eru á
mynd 1 gefnar í tölum δ og tákna hver tala hlutfallslegt
frávik hlutfallsins (D/H) frá meðalhlutfalli (D/H)_{sjór}, sem
ríkir í sjó.

$$\delta = 100 \frac{(D/H) - (D/H)_{\text{sjór}}}{(D/H)_{\text{sjór}}}$$

Jafngildislínur fyrir úrkomu eru dregnar sem brotalínur. Á myndinni sést, að δ fer minnkandi eftir því sem hærra dregur frá sjó, en það sýnir, að þungt vetni fellur örar til jarðar en venjulegt vetni, þegar úrkoma berst yfir landið, og má því segja, að úrkoma verði yfirleitt þeim mun léttari, sem hún kemst hærra.

Samanburður á hlutfalli súrefnisísótópa O^{18}/O^{16} og hlutfalli vetnisísótópa D/H í úrkomu og heitu vatni (Craig 1956 og 1961, Böðvarsson, 1962) hefur leitt í ljós að heitt vatn, sem upp kemur á jarðhitasvæðum, er að uppruna regnvatn, sem komið hefur djúpt í jörðu, hitnað þar og leitað aftur til yfirborðs. Talið er, að D/H - hlutfall vatnsins haldist óbreytt á leið þess neðan jarðar, nema það blandist óskyldu vatni, og ætti því vatn, sem kemur upp á jarðhitasvæðum að hafa δ - tölu sem svarar til úrkomu á þeim stað, sem vatnið seig niður í jörðu. Á mynd 1 er δ - tala ýmissa hvera sýnd í ferhyrnum reitum. Hverir í Reykholtssdal hafa mjög svipaða δ - tölu, - 7,2 til - 7,45 og bendir hún til þess, að vatn hveranna sé af regnsvæði, sem liggur á milli jafngildislínanna - 7,2 til - 7,5.

Samkvæmt þessu ætti vatn hvera í Reykholtssdal að vera upphitað regnvatn, sem rignt hefur niður skammt austan línu, sem dregin væri um Þórisjökul, Ok, Húsafell og þaðan til norðurs upp á Tvídægru. Hins vegar er greinilegt, að hverir við Húsafell eru af allt öðrum uppruna.

JARÐFRÆÐILEGT YFIRLIT

1. Tektónísk bygging

Borgarfjarðarhérað er á vestara basaltsvæði landsins, og er berggrunnur þar að langmestu leyti gerður úr basaltlögum. Bygging svæðisins er í stórum dráttum fremur einföld.

Austan línu: Borgarnes - Hreðavatn, hallar basaltlögum þessum til SA eða ASA um 5 - 8° að meðaltali. Mestur hluti þessara basaltlaga er tertier að aldri. Þau eru talin hafa runnið í sprungugosum og þykir líklegt, að hinir fjölmörgu berggangar, sem víða finnast, séu hinar fornu gossprungur. Norðan í Skarðsheiði og innarlega í Hvítársíðu og Hálsasveit koma í ljós innan hinnar fornu hallandi basaltbyggingar meiri háttar óreglur með miklu af líparíti. Það eru leifar sérstakra eldfjalla. Nokkur mislægi finnast innan basaltmyndunarinnar. Á því svæði, sem hér er aðallega fjallað um - Reykholtisdal og nágrenni hans - má rekja mislægi frá Geirsá og grágrýtishraununum, sem þekja heiðarnar upp af Flókadall allt norðaustur í Hvítársíðu milli Hvamms og Kirkjubóls (mynd 1 a). Mislægi þetta liggur yfir Steindórsstaðaöxl, síðan ofan við Rauðsgil og áfram norðaustur í línu Búrfell-Sigmundarstaðir-Kinnargil. Mestur hallamunur er vestur frá Uppsölum. Er um 15° halli í neðri seríunni en aðeins 5 - 7° í þeirri efri.

Efsti hluti basaltmyndunarinnar (á austan verðu svæðinu) hefur að geyma jökulberg og þykk sandsteins- og völubergslög, en einnig gosmóberg, og mun þar vera komið í jarðlög frá jökultíma (ca austan línu: Efstibær í Skorradal - Húsafell). Mislægt ofan á öllu saman liggja nokkur stök móbergsfjöll, t.d. efri hluti Strúts, Skotmannsfell og Þverfell, sem munu mynduð á síðustu ísöld ásamt móberginu og grágrýtinu í Oks- og Langjökulsfjöllunum.

Þar á austurjaðri héraðsins er komið að vesturmörkum sprungu- og eldstöðvabeltis, er gengur yfir Ísland þvert og nefnt er Miðíslandssigið. (Hér er þó einungis um vestari álmu þess

að ræða). Upp af Borgarfjarðardölum liggur vestasta aðal-
misgengið milli móbergsstapanna Kvígindisfells og Hafrafells
og eru báðir brotnir. Meðfram undirhlíðum Langjökuls að
vestan hafa orðið nokkur eldgos eftir ísöld og runnið þaðan
hraun niður í héraðið. Hið yngsta þeirra er Hallmundarhraun.
Það er 1190 ± 100 ára (760 ± 100 e. Kr.) skv. nýfenginni
 C^{14} - aldursgreiningu.

Sprungu- og eldstöðvabelti það, sem hér var á minnzt, er
eflaust ævafornt struktur, sem að öllum líkindum rekur aldur
sinn allt aftur á tertíertíma. Annað sprungu og eldgosa-
belti miklu yngra gengur yfir héraðið með ASA-VSV stefnu.
Má rekja það frá Síðufjalli, Hurðarbaksfelli og Kroppsmúla í
Borgarfirði allt til sjávar í Helgafellssveit norðanvert á
Snæfellsnesi. Aldur þess verður a.m.k. vestan til tæpast
rakinn aftur nema um eina eða tvær ísaldir. Meðal yngstu
eldsumbrota innan þessa sprungukerfis er gos það, sem Rauða-
melskúlur í Hnappadal mynduðust í. Það eldgos er $2615 \pm$
 100 ára (665 ± 100 f. Kr.) skv. nýfenginni C^{14} - aldurs-
greiningu.

2. Mótun landslags og jarðgrunnur

Láglendi Borgarfjarðar mun vera myndað við rof og hafa þar
verið mikilvirkust jöklar og straumvötn. Sjávarveyðingar
virðist gæta lítið og landsig eiga þar beinlínis engan þátt
í. Dalirnir, sem ganga upp frá láglendinu, eru grafnir af
jöklum ofan í eldri rofflöt (peneplain) að því er virðist,
og koma leifar þess fram í tiltölulega jafnsléttu yfirborði
heiðalandanna og hálsanna upp af Borgarfirði.

Fyrir framan Skorradal, Lundarreykjadal, Reykholtsdal og
Hvítárdalinn, liggur berghaft í stríkstefnu basaltlaganna.
Fram undan Skorradal liggur það hærra en fram undan hinum
nyrðri; þar nær það einungis skammt upp úr jarðgrunninum.
Sennilegt má telja, að dalirnir séu alldjúpt niðurgrafnir
(yfirdýpkaðir) innan við berghöft þessi í líkingu við
Skorradal. Til þess benda einnig boranir þær, sem nýlega
hafa verið gerðar í landi Hamra í Reykholtsdal.

Í lok ísaldar munu skriðjöklar hafa náð fram í mynni Reykholtisdals og Hvítárdalsins en út fyrir Kross og Skálpa- staði í Lundarreykjadal um það leyti sem sjór stóð hæst við Borgarfjörð. (Um Skorradal er þetta ekki alveg ljóst). Frá þeim tíma finnast allmiklir strandhjallar utan til og framundan dölunum hærra en nokkurs staðar inni í þeim.

Gera verður ráð fyrir því, að sjór hafi gengið inn eftir dölunum jafnóðum og jöklarnir hopuðu. Jarðlögin í dalbotnunum, þ.e. leirlögin, sem stundum eru með þunnum malarframburði ofan á (= ungur árframburður), eru tvímælalaust vatnaset, jökulgormur, sem sezt hefur til í fremur kyrrum firði fjarri jökuljaðrinum sjálfum. Undir leirnum á allmiklu dýpi er ekki ólíklegt að finnist vatnsleiðandi malar- eða sandlög (n.k. malarásar) og malarborin jökulurð, mynduð framundan jökultungunni jafnóðum og hún færðist inneftir dalnum. Þetta gæti haft þá þýðingu, að heitt vatn rynni um jarð- grunninn eða fyllti þar sand- og malarlinsur í leirnum, sem annars er þéttur og útilokar allt annað rennsli en um sprungur.

3. Jarðhitinn frá jarðfræðilegu sjónarmiði

Eðlilegt er út frá umhverfi, dreifingu og hitastigi hveranna í Reykholtisdal og nágrenni að skilja á milli a.m.k. þriggja jarðhitasvæða: Húsafells - Stóra Áss - og Reykholtisdals- svæða (sjá kort, þar sem jarðhitasvæðin eru afmörkuð með heilum línunum).

1. Húsafellssvæði er austast. Volgrur og laugar eru þar víða á kaflanum frá Hringsgili austur í Selgil innan Húsafells. Heita vatnið kemur víðast hvar fram í líparítseríu, sem myndar neðri hluta Húsafellsfjallanna, og er oft mjög ummynduð. Sums staðar koma laugarnar fram hátt í hlíð (bæði við ganga og misgengi) nálægt efri mörkum líparítsins. Volgra er syðst í Tungunni norðan Hvítár og kulnaðir jarðhitablettir, sem þó sér merki til að verið hafa virkir eftir ísöld, eru hjá bænum í Kal- manstungu og þar inn af, en einnig í Geitlandi, spölkorn norður frá mótum Lambár og Geitár.

2. Stóra Ás-svæði. Þungamiðja þessa svæðis eru Áslaugar, vatnsmiklar en aðeins 77° heitar. Hverirnir koma upp á 160 m langri línu í NE-SW - stefnandi bergsprungu. Steinkudý litlu vestar virðast einnig koma upp við bergsprungu. Volgrur og laugar eru í landi Gilja, Kolslæks, Kirkjubólis, Augastaða og víðar í landi Stóra Áss. Allir þessir jarðhitastaðir liggja austan mislægisins, sem getið var um hér að framan. Hinir austustu liggja nálægt rótum tertíera eldfjallsins í innanverðri Hálsasveit og Hvítársíðu og koma upp í þykku hálfslúru hrauni.

3. Reykholtisdalur.

Jarðhitinn kemur upp á svæði, sem nær frá Norður-Reykjum yfir Reykholt og Hægindi í austri allt vestur í Stafholtstungur og Bæjarsveit og jafnvel norður í Þverárhlið, ef talinn er allur sá jarðhiti, sem upp kemur í svipuðu umhverfi, þ.e. sem virðist dreifður eftir sömu struktural lögmálum.

Þess var getið í upphafi, að í Kroppsmúla, Hurðarbaksfelli og Síðufjalli (vestan línunnar A-B á korti) taki sig upp sprungubelti sem lægi síðan vestnorðvestur í Helgafellssveit á Snæfellsnesi. Þó að þessi sé megin stefna sprungubeltisins og hinna stærstu misgengja er þó urmull til af brotum með NE-SW - stefnu og einnig N-S og NNW - stefnu, og verður sú ríkjandi sem aðal misgengisstefna, þegar dregur norður á Grjótháls (milli Norðurár og Þverár). (Sjá kort)

Misgengin aukast mjög að stærð og tölu eftir því sem vestar dregur. Þau eru fremur fá austan Hvítár, nokkru fleiri og stærri vestan hennar og smá aukast svo unz tekur að bera á ungum eldgosamyndunum samfara þeim (syðri markalína gosa: Bæli í Norðurárdal - Rauðhálsar í Hvanndal). Hægt er að sýna fram á að mest allur jarðhiti vestan Árhverslínunnar fylgir misgengjum og sprungum í fyrrnefndu sprungukerfi. Allur jarðhiti í Stafholtstungum og Þverárhlið, en einnig að Hurðarbaki

kemur fram við misgengi og sprungur með WNW stefnu. Jarðhitinn í Bæjarsveit og í Kálfanesi (Runnar, Klettur) er greinilega tengdur rásum, sem stefna N-S eða NNW-SSE, sennilega brotlínum, sem sjást einnig fremst í Kroppsmúla. Jarðhitinn í Síðumúla virðist standa í sambandi við brotlínu með NE-stefnu, sem sér til í fjallinu ofan við bæinn. Jarðhitalínan um Árhver gæti verið tengd við brotlínu með NNE-SSW - stefnu sem sést bæði í fjallinu sunnan og norðan hveranna. Óljósara er samband Deildartungu og Kleppjárnsreykjahvera við missmíði í berggrunni.

Það má telja fullvíst, að í flestum tilfellum komi heita vatnið upp úr sjálfum berggrunninum undir eða nálægt hverunum sjálfum. Jarðhitalínurnar í Bæjarsveit og í Kálfanesi eru t.d. að heita má í föstu bergi. Dýpst mun á klöppina við laugina í landi Hamra, og í Deildartungu - Vellinesi og við Árhver. Eins og áður var sagt, er rennsli um malarlög, eða söfnun heits vatns í malarlinsur djúpt undir leirnum á botni Reykholtisdals möguleiki, sem vissulega ber að gefa gaum. Gætu einstakir hverir staðið í sambandi við slíka safnþró, og það gæti gefið von um árangur af borun í gegnum leirinn þar í dalnum sem jarðhiti er enginn í grennd á yfirborði.

Út frá jarðfræðinni er ekkert því til fyrirstöðu, að lítið sé á aðaluppstreymissvæði heits vatns djúpt úr berggrunni við Reykholt og í nágrenni þess (Norður-Reykir - Hægindi - Kópaleykir). Síðan streymi vatnið vestur eftir tiltölulega grunnt í berggrunni. Mestur hluti þess virðist koma upp á yfirborð strax við fyrri misgengin, sem á leið þess verða, (Árhverslína, Kleppjárnsreykir, Deildartunga, Hurðarbak). Þar vestan við taka ýmsar sprungur við heitu vatni og leiða það til yfirborðsins og smá dregur úr kraftinum, eftir því sem vestar dregur í sprungubeltið, unz jarðhitamerki hverfa með öllu vestur við Norðurá (Varmaland, Einifell). Þunga vetnis mælingar benda til að engin veruleg blöndun við kalt yfirborðsvatn eigi sér stað á stórsprungna svæðinu vestur í Stafholtstungum.

Svæðið í nágrenni Reykhólts virðist í fyrstu ekki vera sérlega til þess fallið, að þar sé aðaluppstreymissvæði heits djúpvatns. Bergið er þar miklu heilla en bæði vestar og austar. Að vísu sjást nokkur brot og gangar í fjallinu suður frá Kóparykjum og Hægindi, og gangur hefur fundist með segulmælingum er liggur frá Breiðabólstað að Norður-Reykjum. (Sjá Elíasson, 1962 og Fnr. 5871) Virðast hverirnir þar eindregið fylgja þeim gangi. Ef til vill tekst að fá nánari upplýsingar um undirstöðu þessa svæðis með jarðeðlisfræðilegum mælingum, og öðlast þannig "dýpri" skilning á jarðfræði þessa svæðis með tilliti til hlutverks þess sem uppstreymissvæðis heita vatnsins.

Heita vatnið í hverum Borgarfjarðar mun upphaflega regnvatn, og með mælingum á þungu vetni má færa sterkar líkur fyrir því, hvar það regn hafi fallið. Nú vill svo til, að hvergi eru betri skilyrði fyrir því, að vatn komið djúpt niður í berggrunninn en einmitt í námunda við þetta regnsvæði (sjá blað 1), því að þar er komið inn á vesturjaðar NE-SW sprungukerfisins með þykkum, ungum jarðmyndunum og gjám og misgengjum, sem gleypa kalda vatnið viðstöðulaust. Mestur hluti þess vatns, sem þarna sígur niður hlýtur að vísu að fylgja sprungunum og streyma suðvestur eftir, en einhver hluti þess kann þó að leita vestur eftir inn í hinn tertíera berggrunn eftir vatnsleiðandi lögum, þá helst sprungnum basaltlögum eða upprunalega frauðkenndum, blöðróttum hraunaskilum, enda þótt allar líkur séu til, að slík samskeyti séu löngu orðin allvel þéttuð af útfellingum.

Annað hugsanlegt niðurhripssvæði væri norður á Tvídægru. Þar er nokkuð um ungar gjár og misgengi með austlægri stefnu á kaflanum frá Þverárvötnum um Breiðavatn að Úlfsvatni, en berggrunnurinn er miklu eldri og verri vatnsleiðari en ungu myndanirnar í austri.

Sprungubeltið vestur og norðvestur frá jarðhitasvæðunum fellur burt sem niðurhripssvæði fyrir hveravatnið í Reykholtsdal og nágrenni vegna misræmis í innihaldi af þungu vetni.

Samkvæmt niðurstöðum mælinga á þungu vetni virðist líklegast, að vatnið streymi úr austri, suðaustri eða norðaustri inn á jarðhitasvæðin. Og á jarðhitasvæðinu sjálfu í Reykholtsdal þykir út frá efnainnihaldi hveravatnsins og jarðfræðinni líklegast, að vatnið streymi vestur eftir. Hér er því um athyglisvert samræmi að ræða. Víst er, að vatnið hitnar á leið sinni inn á jarðhitasvæðið, en ekki er vitað, hvernig rennsli þess er háttað, né hvar það er hitað upp. Í borholu hjá Breiðabólstað er hitastigull um það bil þrisvar sinnum hærri en gerist utan jarðhitasvæða hér á landi. Þar sem borhola þessi liggur góðan spöl frá mesta jarðhita (í Reykholti) má e.t.v. líta svo á að hún segi til um hinn eiginlega hitastigul í berginu undir Reykholtssvæðinu, nema ef gangurinn, sem þar var borað í, valdi truflun.

Fyrir efnasamsetningu hveravatnsins skiptir það nokkru máli, um hvers konar berg vatnið rennur, áður en það kemur fram í hverunum. Eins og tekið var fram í byrjun eru það basaltlög með hinum ýmsu millilögum, sem eru ekki verulega frábrugðin basalti að samsetningu. Setlög, t.d. meiri háttar sjávarset, eru tæpast hugsanleg í berggrunninum. Innarlega í Hálsasveit og Hvítársíðu er eina bergfræðilega anómalian, sem gæti haft veruleg áhrif á efnainnihald vatnsins. Það er eldfjall eða eldfjallapýrping með miklu af líparíti og svipuðum bergtegundum sennilega frá plíósentíma, kann þó að ná fast að mörkum kvartera tímans. Basis þessa eldfjalls er þykkt, hálfúrt hraun, sem kemur fram á yfirborði á kaflanum frá Augastöðum að Stóra Ási. Ofan á því nyrzt liggur þykkt, rautt agglómerat, sem sést best hjá Gilsbakka, við Hraunfossa og í Ásgili (sunnan Hvítár). Í Húsafellsfjöllum og innst í Hvítársíðu má sjá, hversu

misþykkar seríur af basalt- og líparítlögum skiptast á allt upp að efri mörkunum, sem liggja um Fljótstunguháls, Strút og Bæjarfjall. Þykkt þessara laga er samtals um 1500 m. Kjarni eldfjallsins er sennilega nálægt því sem Tungan er nú. Bergið í Húsafellsfjöllum og Tungunni hefur orðið fyrir miklum jarðhitaverkunum, sem sjá má af ummyndun í bergi á þessum slóðum. Hér hefur verið um háhitasvæði að ræða, sem myndaðist sennilega vegna tiltölu- lega grunns magmainnskots (eins eða fleiri). Þaðan stafaði ummyndunin samtímis því, sem innskotið kólnaði í fast berg. Afbrigðilegt efnainnihald í heitu vatni á þessu svæði gæti verið að kenna hinni miklu ummyndun, sem þarna hefur átt sér stað.

Þetta kulnaða háhitasvæði í nágrenni Húsafells myndar að líkindum þéttan kjarna, sem tæplega hleypir miklu vatni í gegnum sig öðruvísi en um opnar sprungur eða meðfram göngum. Þess vegna er fremur freistandi að álykta sem svo, að annað hvort komi aðstreymið úr norð- austri norðan ummyndaða kjarnans, eða úr austri og suð- austri sunnan hans. Svipað þunga vetnis innihald í hverum í Lundarreykjadal gæti bent til að svo sé.

EFNARANNSÓKN Á HVERAVATNI OG GASÍ Í REYKHOLTSDAL SUMARIÐ 1965.

Markmið

Í júlí 1965 fór fram á vegum jarðhitadeildar söfnun á vatns- og gassýnishornum úr hverum og laugum í Reykholtssdal, Borgarfirði. Enn fremur var mælt rennsli margra hvera. Tilgangur þessarar söfnunar var að kanna magn og dreifingu ýmissa efna í vatni og gasi á hverasvæðinu og reyna síðan að nota niðurstöður efnagreininga til þess að skýra, hvernig innstreymi heits djúpvatns á svæðið er háttað.

Niðurstöður fyrri athugana voru lagðar til grundvallar við skipulagningu verksins. Mælingar á þungu vetni og niðurstöður efnagreininga bentu eindregið til þess, að allir hverir

á þessu svæði væru sprotnir af sama djúpvatni. Dreifing kísilsýru og radons bentí enn fremur til þess, að Reykholt stæði einna næst meginuppstreymi vatnsins. Þess var nú vænzt, að með samræmdri töku sýnishorna úr sem flestum hverum svæðisins og nákvæmri greiningu sem flestra efna, yrði unnt að staðfesta þessar vísbendingar og afla nánari vitneskju um uppstreymi djúpvatnsins.

Einnig var ætlunin að kanna með athugun þessari, hvaða efni eða efnahlutföll væru líkleg til að veita markverðar upplýsingar og ætti reynslan af þessari tilraun að koma að góðum notum við könnun annarra lághitasvæða.

Fræmkvæmd

Staðir til sýnishornatöku voru valdir af Kristjáni Sæmundssyni og Sveinbirni Björnssyni. Sökum kostnaðar við efnagreiningu var ekki unnt að taka sýnishorn úr öllum hverum í dalnum, en tekin voru sýnishorn úr nær öllum hverum á eftirtöldum hveralínum:

Lína I, Norðurreykir - Reykholt - Kóparyeykir
Lína II, Hurðarbak - Deildartunga - Kleppjárnsreykir
Lína III, Klettur - Runnar

Enn fremur voru tekin sýnishorn á Brúarreykjum, Lundum og Varmalandi. Mynd 2 er yfirlit yfir dalinn. Staðir, þar sem sýnishorn voru tekin eru sýndir nánar á Myndum 3, 4, 5 og 6. Gott kort af hverum er einnig í skýrslu Kristjáns Sæmundssonar (Sæmundsson, 1964).

Sýnishorn tóku Ingólf Petersen og Jón H. Stefánsson á tímaþilinu 18. - 30. júlí 1965. Þeir mældu einnig hita og vatnsrennsli úr hverum, þar sem því varð við komið. Lýsing á hverum og aðstæðum til sýnishornatöku á hverjum stað er í viðauka við þessa skýrslu. Þar er einnig lýst aðferðum, sem beitt var við rennslismælingar.

Vatnssýnishorn voru yfirleitt ekki tekin nema úr hverum með frárennsli og reynt var að forðast mengun frá öðru vatni. (Sjá athugasemdir við sýnishorn í viðauka).

Vatnssýnishorn voru tölusett og geymd á 2 l plastflöskum. Gassýnishorn voru tekin á glerflöskur og eru tæki til sýnishornatöku sýnd á mynd í viðauka.

Samið var við Iðnaðardeild Atvinnudeildar Háskólans um efnagreiningu sýnishorna. Radonsýnishorn voru mæld af Sveinbirni Björnssyni, jarðhitadeild. Iðnaðardeild bar hluta af kostnaði við efnagreiningu og túlkun efnagreininga, en að öðru leyti var kostnaður við rannsókn þessa greiddur af jarðhitadeild.

Efnagreiningar og niðurstöður þeirra

Inngangur

Athugun sú á heitu vatni í Reykholtssdal, sem hér hefur verið framkvæmd, einkennist fyrst og fremst af því að gerð er tilraun til að fá heildarmynd af efnafræði heits vatns á ákveðnu svæði og reynt er að finna rökræmt samband milli vatnstegunda, sem koma upp víðs vegar á svæðinu.

Í þessum tilgangi hafa verið teknar upp nýjar efnagreiningaraðferðir, sem leyfa ákvörðun efna í mun minna magni en áður var kleift og með meiri samkvæmni (precision). Ennfremur hafa nokkur efni verið mæld, sem ekki hafa verið greind í íslenzku hveravatni áður.

Í skýrslu um efnasamsetningu hvera- og laugavatns á Islandi leiddi einn okkar (G.E.S.) líkur að því, að flestöll lág-hitasvæði á landinu sýndu ákveðna reglu í dreifingu sumra efna, þannig að unnt var að staðsetja aðaluppstreymisrás heita vatnsins á mjög takmörkuðu svæði og annað vatn sýndi einkenni blöndunar eða efnaskipta við yfirborðslög. Þær niðurstöður, sem fram komu í umræddri skýrslu, eru lagðar til grundvallar í þessari könnun.

Þau efni, sem eru fyrir hendi í hveravatni, skiptast í tvo meginflokka:

1. Efni, sem eru háð ákveðnum upplausnarjafnvægjum í berggrunninum. Magn þessarra efna í djúpvatninu er háð botnhitastigi og steintegundasamsetningu í veggjum vatnsrása á dýpi. Á leið til yfirborðsins breytist magnið í samræmi við breytt hitastig og breytta steintegundasamsetningu í veggjum vatnsrása. (T.d. SiO_2 , Ca, Sr, K, Rb).
2. Efni, sem stjórnast ekki af upplausnarjafnvægjum í berggrunninum. Þessi efni leysast viðstöðulaust úr berginu og magn þeirra stjórnast fyrst og fremst af því bergmagni, sem vatnið kemst í snertingu við. Á leið til yfirborðsins og við rennsli um yfirborðslög getur magnið aukizt vegna frekari útskolunar úr bergi, en minnkun getur ekki átt sér stað nema blöndun við annað vatn komi til. (T.d. B, Br, Cl, Li, Na).

Ef dæma skal um samhengi og skyldleika vatns innan sama svæðis, er nauðsynlegt að hafa ofangreinda flokkun í huga. Efni, sem tilheyra fyrri flokknum, geta verið mjög breytileg frá einum hver til þess næsta, og venjulega er unnt að túlka mismun út frá ákveðnum efnaskiptum milli vatns og bergs. Magn efna úr seinni flokknum verður aðeins fyrir áhrifum vegna útskolunar úr yfirborðslögum. Öll efni verða svo að sjálfsögðu fyrir áhrifum af blöndun við yfirborðsvatn og uppgufun.

Til þess að geta fengið hugmynd um þau upplausnarjafnvægi, sem eru virk í berggrunninum, er nauðsynlegt að þekkja nokkuð til steintegundasamsetningar bergsins á mismunandi dýpi. Við rannsókn á myndbreytingu bergs í borkjörnum frá Reykjavík og Hveragerði (Sigvaldason 1963 og 1966) hefur fengizt allgóð hugmynd um þær breytingar, sem verða á steintegundasamsetningu berggrunnsins með vaxandi hitastigi og þrýstingi. Það, sem skiptir meginmáli í þessu sambandi, er fasabreyting, sem verður á u.þ.b. 400 - 500 m dýpi á lághitasvæðum en 100 - 200 m dýpi á háhitasvæðum. Ofan við þessi mörk er meginsteintegund myndbreytta bergsins montmorillonit en neðan við mörkin

tekur chlorit við. Gera má ráð fyrir, að djúpvatnsrásir liggi eingöngu í chloritbergi og vatnið sé í jafnvægi við steintegundir þess bergs. Við streymi til yfirborðs tekur vatnið litlum efnafræðilegum breytingum, meðan það rennur um chloritbergið, en strax og það kemst í snertingu við montmorillonit bergið, hefjast efnaskipti, sem leiða til breytinga á efnasamsetningu vatnsins.

Eldri efnagreiningar á heitu vatni í Borgarfirði leiddu í ljós (Sigvaldason 1964 og 1966) allmikinn mun á efnasamsetningu vatns frá hinum ýmsu hverum svæðisins. Nokkur regla virðist þó vera fyrir hendi, einkum hvað snertir SiO_2 og Cl. Kísilsýra er í áberandi mestu magni í Reykholti og Kóparykjum, en fer lakkandi jafnt og þétt eftir því sem fjær dregur frá Reykholtshverum. Klórið er lægst í uppsveitum Borgarfjarðar, en fer síhakkandi eftir því, sem nær dregur sjó. Þessi hákkun á klórmagni er skýrð á þann hátt, að klórið skolist út úr fornu sjávarseti, sem þekur lágsvetitir Borgarfjarðar. Lökkun kísilsýru í vatninu miðað við Reykholtshveri var skýrð á þann veg, að aðaluppstreymi djúpvatns ætti sér stað við Reykholt, en síðan breiddist vatnið út um yfirborðslög og kæmi fram þar, sem jarðfræðileg skilyrði voru fyrir hendi til myndunar uppsprettulinda. Á leið um yfirborðslögin á sér stað blöndun við yfirborðsvatn, sem leiðir til lökkunar kísilsýrumagns, en auk þess fellur hluti kísilsýrunnar út vegna yfirmettunar við kólnun.

Á grundvelli þeirra niðurstaðna, sem lágu fyrir eftir úrvinnslu eldri gagna voru efni valin til mælinga, í fyrsta lagi til að kanna, hvort finna mætti frekari áhrif útskolunar efna úr sjávarseti og í öðru lagi til að fá úr því skorið, hvort hegðun ýmissa þeirra efna, sem stjórnast af upplausnarjafnvægjum og adsorption/absorption í berggrunninum, samrýmdist þeirri mynd af rennsliskerfi vatnsins, sem fram kom við athugun eldri gagna.

Efnagreiningaraðferðir

Snefilefnin strontium, rubidium og brom svo og kalsium voru mæld með Röntgen-Fluoroscenz-Spektral tæki. Þessi efni voru valin af tæknilegum og geokemiskum ástæðum. Þurrefni vatns-sýnishorna var notað við efnagreininguna. Við þessar efnagreiningar eru sýnishornin pressuð í töflur og látin í botnlausu bauka, sem síðan er komið í geislunarhólf tækisins. Þvermál þessara bauka er ca 3 cm, en þar af er aðeins um helmingur geislunarflötur. Við efnagreiningar á bergi hefur komið í ljós, að minnsta kosti 2 g sýnishorns eru nauðsynleg. Þar sem 3 - 400 mg þurrefnis fengust úr hverjum lítra sýnishorns, hefði þurft að minnsta kosti 5 l af vatnssýnishorni, til þess að nægjanlegt magn þurrefnis væri fyrir hendi. Þurfti því að breyta sýnishornahólfunum til þess að minnka magn sýnishorna. Úr plastefni, sem ekki innihélt efni þessi, voru renndar skífur með ca 1 cm stóru gati og voru þær látnar í baukana. Sýnishornin voru síðan pressuð í gatið. Þessi tilraun reyndist vel, þó að fyrstu skífurnar væru úr of stökku efni og kvarnaðist úr börmum gatanna við þrýstinginn á sýnishornið. (500 kg/cm^2) Voru mælingar endurteknar með sterkara efni í skífunum og tókust þær vel. Að vísu minnkaði geislunarflötur sýnishornanna um helming og tapaðist þannig helmingur næmis, en þar sem ca 100 mg þurrefnis reyndust nægjanlegt magn, nægðu 300 ml af vatnssýnishorni og mikill tími og vinna spöruðust. Einnig minnkaði hætta á íblöndun aðskotaefna. Til þess að draga mæliferla voru búnir til syntetiskir standardar. Grunnmassi þeirra samanstóð af SiO_2 , NaCl og KCl, svo að samsetning þeirra væri svipuð og í þurrefni sýnishorna. Í þennan grunnmassa var síðan bætt 1 % af efnum þeim, er mæla átti (Rb, Sr, Br og Ca). Með blöndun voru síðan fengnar blöndur með 1000, 100 og 10 ppm af efnum þessum. Fyrir Rb og Sr voru á sama hátt búnir til standardar með 100, 50, 25 og 12,5 ppm efna. Fengust þannig fleiri punktar á bili því, er efni þessi lágu á. Þar sem um nýja tækni var að ræða var við talsverða byrjunarörðugleika að stríða, sem nú má telja yfirstigna, og má nú framkvæma ákvarðanir á 4 efnum í 6 sýnishornum (alls 24 ákvarðanir) á dag.

Við þessar mælingar var notað Wolframrör. Rörspenna var 50 KV og rörstraumur 20 mA. Fyrir Rb, Sr og Br voru notuð LiCl-Kristall og Scintillation-Counter. Taldir voru 12800 impulsar. Tími talningar reyndist bæði fyrir geislun efnis og grunngeislun milli 30 og 50 sek. Samkvæmni (precision) tækisins var ca $\pm 0,2$ sek. Þessi skekkja tvöfaldast, þar sem tveggja mælinga er þörf. (Mæld geislun efnis (1 mæling) - grunngeislun (1 mæling) = raunveruleg geislun efnis). Umreiknuð í ppm er skekkja þessi \pm ca 5 ppm, svo að minnsta næmi (Detection Limit) tækisins er ca 10 ppm. Magn Rb og Sr í þurrefni reyndist frá minnsta næmi tækisins til 100 ppm í þurrefni. Magn Br reyndist milli 200 og 700 ppm í þurrefni. Til mælingar á Ca voru notaðir Penta-Erythritol-Kristall og Flow-Counter. Taldir voru 6400 impulsar. Mælingartími geislunar efnis reyndist 30 - 70 sek, en grunngeislunar 140 - 150 sek. Samkvæmni tækis var ca $\pm 0,3$ sek. Þar sem skekkja þessi hefur sáralítil áhrif á mælingu grunngeislunar, telst hún aðeins einu sinni fyrir geislun efnis. Umreiknuð í ppm þurrefnis er hún ca ± 100 ppm. Magn Ca reyndist milli 2000 og 10000 ppm þurrefnis. Þessi gildi voru síðan umreiknuð í ppm vatnssýnishorn. Snefilefni Rb og Sr voru frá 0,003 - 0,030 ppm en Br 0,070 - 0,159 ppm. Samkvæmni tækisins er \pm ca 0,002 ppm. Ca aftur á móti mældist frá 0,80 - 3,20 ppm. Samkvæmni tækisins reyndist \pm ca 0,04 ppm.

Um nákvæmni (hittni á raunverulegt magn efnis eða accuracy) er erfitt að gefa ákveðnar tölur. Sem dæmi um hugsanlega skekkju er möguleg hliðrun mæliferla, vegna þess að lítið er vitað um hreinleika þeirra efna, er notuð voru í hina syntetísku standarda. En slíkt skiptir litlu máli í athugunum sem þessum, þar sem mismunur á magni efnis er mikilvægastur en síður sjálft magnið. Aðrar skekkjur geta stafað af íblöndun aðskotaefna í sýnishorn, en slíkt getur átt sér stað á allri leið efnisins, svo og meðferð sýnishorna. Sem dæmi má nefna, að nokkur bromgildi vantar (Nr. 1, 2, 18, 35, 34, 38). Stafar þetta af því, að þurrefni þessara sýnishorna fóru í súginn við tilraunir í upphafi efnagreininga. Þurfti því

að ná þurrefni aftur. Við endurmælingar reyndist Br-magnið grunsamlega hátt. Kom í ljós að inni í súgskáp þann, er notaður var, hafði slæðst flaska með brómi. Hún var að vísu vel lokuð en greinilega ekki nógu vel. Þessum gildum var síðan sleppt. Til þess að grafast fyrir um skekkjur þessar, hefði þurft tímafrekar tilraunir. Lauslegar athuganir benda til, að þær séu eigi stórvægilegar. Þótti því ekki ástæða til að athuga það nánar, enda var áherzla lögð á það að forðast alla óþarfa meðhöndlun efnanna og fyllsta hreinlætis gætt.

Ráð má gera fyrir því, að niðurstöður mælinga á Ca og Br séu allgóðar. Hins vegar er magn Rb og Sr svo hverfandi, að líkur eru á talsverðum skekkjum.

Til samanburðar var Ca mælt með EDTA-titreringu.

Mælingar með Röntgen-Fluoresenz voru framkvæmdar af H.K.

Greiningar á aðalefnum voru framkvæmdar eftir standardaðferðum sem hér segir:

SiO ₂ :	gravimetrískt
Na og K:	logafotometer
Ca og Mg:	EDTA-titrering
Cl:	Mohr's titrering
SO ₄ :	gravimetrískt
F:	kolorimetrískt
B:	kolorimetrískt

Niðurstöður efnagreininga á vatni

Efnagreiningar á sýnishornunum eru skráðar í töflu 4. Við lauslega athugun efnagreininganna kemur í ljós, að enginn veigamikill munur er á efnainnihaldi vatns úr hverum, sem liggja mjög þétt saman. Hins vegar kemur fram mjög greinilegur munur milli hverahópa innan svæðisins.

Kísilsýra SiO₂ er greinilega hæst í Reykholti og að Kópa-reykjum, en u.þ.b. helmingi minna magn er í hverunum hjá Kletti. (Mynd 8)

TAFLA 4

NIDURSTÖÐUR EFNAGREININGA A HVERAVATNI Í REYKHOLTSDAL, JÚLÍ 1965

NR. STYNGI- MORNA	STADUR	SiO ₂	Ca	Mg	Sr	Na	K	Rb.	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	F	Br	B	As	Stein- efni	Syru- stig	Vitundn /om v. 25°C	Reinnli 1/s	Hiti °C
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	pH		
1.	REYKHOLT, BORHOLA I	165	1.28	0.13	0.004	73	3.3	0.028	18.3	39.6	59.1	38.7	2.75	n.d.	2.5	0.0	419.3	9.35	2222	x 0.7	90
2.	REYKHOLT, SKRIFLA	178	1.42	0.13	n.d.	70.8	3.8	0.042	-	46.8	57.4	34.2	2.25	n.d.	1.9	0.0	429.3	9.50	2274	n.d.	100.8
3.	REYKHOLT, DYMKUR	186	1.22	0.16	n.d.	71.3	3.3	0.044	-	52.8	57.4	34.3	2.50	0.095	2.4	0.0	406	9.55	2242	n.d.	96
4.	REYKHOLT, BORHOLA v. VERRST.	197	0.82	0.47	0.008	70.5	3.3	0.029	14.0	48.6	51.8	32.2	2.25	0.094	2.3	n.d.	411	9.45	2349	x 0.4	99
5.	HAGINDAKOTSHEVER	162	1.78	0.18	0.003	71.5	4.3	0.029	22.6	40.2	56.2	32.2	2.50	0.092	2.4	n.d.	410	9.30	2249	2.8	98
6.	KOPARREYKIR - N	174	1.58	0.0	0.010	72.6	4.0	0.041	36.0	32.4	58.4	34.2	4.50	0.116	2.0	n.d.	423	9.25	2222	n.d.	98
7.	KOPARREYKIR - S	178	1.48	0.22	0.005	73.7	3.3	0.029	44.5	28.8	59.7	32.3	4.25	0.111	2.4	n.d.	419	9.15	2220	n.d.	94.5
8.	NORSUREYKIR, STROKKUR	131	1.61	0.12	0.002	73.0	2.8	0.004	-	44.4	62.8	33.7	2.0	0.088	3.2	n.d.	375.5	9.50	2323	x 5.7	100.5
9.	NORSUREYKIR, AUGA I A	127	1.69	0.26	n.d.	67.2	2.3	0.015	17.7	36.6	70.4	33.2	1.75	0.109	2.6	n.d.	368	9.45	2335	16	97
10.	NORSUREYKIR, AUGA I A	121	1.54	0.3	0.009	69.2	2.5	0.009	9.8	40.2	65.8	34.1	1.75	0.089	3.0	0.0	377.5	9.45	2318		99
11.	NORSUREYKIR, DYMKUR	123	1.29	0.12	0.003	69.1	2.3	0.027	7.3	40.2	64.6	33.3	1.75	0.082	2.9	0.0	364.5	9.45	2331	n.d.	99
12.	NORSUREYKIR, v. SPUNAHUS	127	1.79	0.2	n.d.	69.2	2.8	0.009	1.2	46.2	63.0	35.2	1.75	0.093	3.2	0.0	383	9.45	2262		91.5
13.	NORSUREYKIR, v. SPUNAHUS	134	1.68	0.3	n.d.	68.7	2.3	0.014	9.2	42.0	62.3	33.8	1.75	0.089	4.7	0.0	377.5	9.50	2301	4.5	99
14.	NORSUREYKIR, v. HVITA	140	1.94	0.16	0.003	63.0	2.0	0.009	14.6	34.2	58.8	31.7	1.75	0.076	4.1	0.0	346	9.35	2436		68
15.	NORSUREYKIR, v. SPUNAHUS	126	1.78	0.27	0.015	66.5	2.5	0.021	-	43.2	63.8	33.3	1.75	0.087	4.0	n.d.	373	9.45	2315		99
23.	HURBARAK v. ÞVOTTANUS	122	1.71	0.33	0.003	65.1	2.5	0.014	13.4	40.2	58.4	33.0	2.75	0.089	2.22	0.0	364	9.35	2413	9-10	99
24.	HURBARAK I MYRI	126	1.76	0.3	n.d.	64.0	2.5	0.020	15.3	36.0	58.0	33.3	2.75	0.082	2.22	0.0	371	9.30	2412	1.8	98
25.	HURBARAK I MYRI	132	1.98	0.2	0.001	64.9	2.5	0.011	11.6	38.4	57.6	33.2	2.75	0.110	1.9	0.0	367	9.40	2379	4.7	91
26.	DEILDARTUNGURVER I	125	2.32	0.23	0.022	62.0	2.0	0.024	-	39.6	55.8	35.2	2.50	0.092	2.0	0.0	341	9.45	2459		99
27.	DEILDARTUNGURVER II	125	1.94	0.22	0.027	63.2	2.5	0.027	-	42.6	52.7	35.1	2.75	0.117	2.00	0.0	354	9.35	2432	155, 15	99
28.	DEILDARTUNGURVER III	122	2.07	0.1	0.007	63.9	2.3	0.020	4.9	40.8	56.0	35.2	2.75	0.106	2.00	n.d.	342	9.50	2436		99
30.	DEILDARTUNGA-VELLINES	140	2.08	0.13	0.002	64.5	1.3	0.018	-	42.6	60.1	35.2	2.75	0.099	1.9	n.d.	388	9.45	2365	n.d.	95
31.	DEILDARTUNGA-VELLINES	136	1.52	0.1	n.d.	66.2	3.5	0.014	4.3	43.2	58.2	36.1	2.75	0.107	2.0	n.d.	367	9.50	2359	n.d.	74
33.	KLEPPJÄRNSREYKJARVER	127	2.52	0.1	0.007	61.9	2.8	0.012	7.9	39.6	54.7	36.0	2.25	0.088	1.8	n.d.	344	9.50	2500	n.d.	100
34.	KLEPPJÄRNSREYKJARVER	125	2.05	0.14	0.008	61.0	2.0	0.024	-	36.0	57.2	36.2	2.50	n.d.	n.d.	n.d.	358	9.55	2667	n.d.	98
35.	KLEPPJÄRNSREYKJAR	132	1.65	0.27	0.007	63.2	2.3	0.024	4.9	41.4	58.2	36.5	2.75	n.d.	n.d.	n.d.	362	9.50	2535	n.d.	98
16.	HUNNAR I	103	2.28	0.07	0.006	67.4	2.3	0.019	2.4	35.4	58.0	49.7	1.75	0.130	1.0	0.0	347	9.45	2229	n.d.	82
18.	HUNNAR III	95	2.31	0.1	n.d.	61.0	3.8	0.018	23.2	27.0	47.3	42.2	1.75	n.d.	0.82	n.d.	314	9.45	2495	n.d.	53
19.	KLETTUR, AUSTAN ABBRYSLU	101	2.14	0.23	n.d.	63.0	1.8	n.d.	4.9	34.8	52.7	43.2	1.75	n.d.	1.38	n.d.	321	9.50	2390	n.d.	82
20.	KLETTUR, LAUG SUNNAN	100	2.23	0.23	0.004	63.2	1.3	0.006	-	34.2	53.3	43.3	2.25	0.111	1.70	n.d.	325	9.50	2380	n.d.	74
21.	KLETTUR, LAUG I MYRI SUNNAN	104	3.10	0.3	n.d.	67.4	1.8	0.009	8.5	32.4	56.0	51.8	1.50	0.157	1.17	n.d.	371	9.40	2230	n.d.	68
22.	KLETTUR, HERMANN JONASSON	90	3.17	0.33	0.008	67.2	1.5	0.008	2.4	34.2	53.3	49.2	2.25	0.134	1.65	n.d.	370	9.50	2326	n.d.	67

Vatn í hverunum hjá Deildartungu og á Norður-Reykjum hefur kísilsýrumagn, sem liggur hér á milli.

K og Rb sýna sömu hegðun. Hæstu gildin er að finna í vatni á Reykholtssvæðinu 3 - 4 ppm K og 0,04 ppm Rb, en þau lægstu hjá Kletti 1 - 2 ppm K og 0,008 ppm Rb. (Myndir 9 og 12)

Klóríð (Mynd 14) og brómið er hins vegar lægst í Reykholtshverunum með 32 ppm Cl og 0,095 ppm Br, en hæst hjá Kletti með 56 ppm Cl og 0,157 ppm Br. Ca (Mynd 13) hegðar sér á svipaðan hátt, en ekki er unnt að finna greinilegan mun fyrir Sr.

Flúoríð er í nokkuð jöfnu magni alls staðar, en tvö sýnishorn frá Kópavækkjum skera sig greinilega úr með nálægt tvisvar sinnum meira F en annars staðar.

SO₄ er lítið eitt lægra í sýnishornum frá Kletti en Reykholti, hins vegar hafa hverir hjá Norður-Reykjum u.p.b. 10% meira magn af SO₄ en Reykholtshverir.

Bikarbonat, karbonat og sýrustig verða ekki gerð að umtals-efni, þar eð of langur tími leið frá söfnun sýnishorna þar til þessar mælingar voru gerðar, og því vafasamt hvað á þeim er byggjandi.

Hlutföll milli skyldra efna hafa verið sett upp á mynd.

Greinileg samsvörun er á milli Ca/Sr, K/Rb og Cl/Br.

(Myndir 15, 16 og 17). Ef borin eru saman hlutföll á milli þessara efna í hveravatni í Borgarfirði og hlutföllin í sjó kemur í ljós, að Ca/Sr er 10 sinnum hærra í hveravatninu, K/Rb er 10 sinnum lægra en Cl/Br hlutfallið nokkurn veginn það sama og í sjó.

Magn Ca, Sr, K og Rb stjórnast mjög ákveðið af upplausnarjafnvæggjum í berggrunninum og þess vegna er engin ástæða til að ætla, að hlutföll milli efnanna séu lík því, sem um er að ræða í sjó, jafnvel þótt einhver íblöndun sjávar eigi sér stað. Cl og Br eru hins vegar óháð slíkum upplausnar-

jafnvægjum og hlutfallið Cl/Br í hveravatninu er nægilega líkt hlutfallinu í sjó, til þess að ekki er hægt að útiloka íblöndun sjávar á þeim grundvelli. Niðurstöður ákvarðana á brómíð - innihaldi hveravatnsins styðja því enn frekar þá túlkun á vaxandi klóríðmagni í hverum lágsveita Borgarfjarðar, að um útskolun úr fornu sjávarseti sé að ræða. Heildaraukning í klóríðmagni er 20 ppm á því svæði, sem hér er til umræðu. Tilsvarendi aukning í Na mundi nema u.þ.b. 30 ppm en raunverulega lækkar Na um 10 ppm. Þessi munur gæti hugsanlega stafað af albitiseringu sjávarsetsins og meðfylgjandi upplausn á Ca og Mg úr upphaflegum steintegundum bergsins. Jarðalkalímálmar falla síðan aftur út sem sulfat eða fluorið í samræmi við hitaástand umhverfisins.

Kalium og Rubidium eru greinilega í mismiklu magni í einstökum hverahópum. Hugsanleg ionskipti, sem geta átt sér stað í berggrunnum, eru (Ca, Mg, Sr) Montmorillonit + $2(K, Rb)^+ \rightarrow (K, Rb)_2$ Montmorillonit + $(Ca, Mg, Sr)^{++}$.

Ef þessi ionskipti væru einráð um hegðun K, Rb, Ca og Mg og Sr, mætti gera ráð fyrir, að lækun K og Rb magns í vatninu svaraði til equivalentaukningar jarðalkalímálma. Raunverulega er um slíka aukningu að ræða, en þess verður að gæta, að uppleysanleiki gíbs og fluoríts vex með lækkandi hitastigi, svo að erfitt er að greina á milli, hvað raunverulega veldur Ca-aukningu í vatninu.

Myndir 9, 12, og 13 sýna dæmi um þær breytingar, sem verða á alkali og jarðalkaliinnihaldi hveravatnsins miðað við fjarlægð frá Reykholti.

Með því að taka meðaltalsgildi fyrir einstaka hverahópa, kemur fram, að magnið hefur linear relation við fjarlægð frá þeim stað, sem sýnir mest Rb - K magn og minnst Ca magn. Slík samsvörun getur tæpast verið hendingu háð og fellur mjög ákjósanlega inn í þá mynd af rennsliskerfi svæðisins, sem getið var í upphafi, og byggt á reglu SiO_2 og Cl.

Breytingu á kísilsýrumagni er erfitt að skýra út frá einfaldri blöndun eins og gert var í fyrri skýrslu. Hvoru tveggja er, að áhrif sjávarsetsins á efnainnihald vatnsins er ekki nægjanlega ljóst, þó að Cl-aukningin gefi ákveðnar bendingar og eins hitt, að efnafræði þess vatns, sem hugsanlega blandast heita vatninu, er óþekkt. Að svo komnu máli verður því að skýra lækun kísilsýrumagns í vatninu út frá samvirkum processum s.l. blöndun við kalt yfirborðsvatn og útfellingu SiO_2 úr yfirmettaðri upplausn.

Niðurstöður efnagreininga á gasi

Við ákvörðun á lofttegundum voru notaðar nokkrar mismunandi aðferðir.

Brennisteinsvetni (H_2S) var ákvarðað með Tutweiler-áhalði. Í þessum sýnishornum fannst ekkert H_2S , sem þýðir, að magnið er minna en 0.05 %. Þar eð H_2S leysist vel upp í vatni, ekki sízt í basisku vatni, mun ákvörðun á H_2S í vatninu gefa frekari upplýsingar.

Koldíoxíð (CO_2) og súrefni (O_2) er ákvarðað með Orsat-tæki. Nákvæmni við aflestur á Orsat-tæki er ± 0.1 ml. Það þýðir, að relativ nákvæmni er 10%, ef magn lofttegundar er 1%.

Köfnunarefni (N_2), argon (A), vetni (H_2) og metan (CH_4) var ákvarðað með gashromatograf. Relativ nákvæmni er hér u.þ.b. 2 - 3%. Í þeim sýnishornum, sem innihalda O_2 , er ákvörðun á A ónákvæm og taka þyrfti ný sýnishorn, ef vel á að vera.

Radon var ákvarðað með ionahylki og Victoreen vibrating reed electrometer. Relativ nákvæmni u.þ.b. 2 - 3%.

TAFLA 5

Niðurstöður efnagreininga á gasi

	Rn	CO ₂	O ₂	N ₂	A	H ₂	CH ₄	H ₂ S
	(nc/l)/Vol %	Vol %	Vol %	Vol %	Vol %	Vol %	Vol %	Vol %
Steindórsst.	0,47							
Hægingi	16,4							
Reykholtt, Skriðfla	13,4	13,1	1,7	85,0	2,3	0,00	0,27	0,0
Norðurreykir, Strokkur	13,2	8,6	0,0	87,6	2,59	-	0,30	0,0
Norðurreykir, í læk	8,7	8,3	0,0	88,4	2,80	0,15	0,39	0,0
Norðurreykir v. spunahús	4,10	1,6	1,9	92,6	2,4	0,01	0,17	0,0
Kleppjárns- reykjahver	6,06	6,1	1,0	89,3	2,6	0,00	0,48	0,0
Hurðarbak	4,84							
Deildartunga	3,70	2,5	0,0	94,9	2,29	0,00	0,46	0,0
Varmaland	0,77	0,2	1,0	98,0	2,2	0,00	0,41	0,0

Greinilegt er, að niðurstöður gasgreininga benda í sömu átt og niðurstöður efnagreininga á vatni. Á þetta einkum við um radon og koldíoxýd. Radon er hæst á Hægindi, í Reykholti og á Norðurreykjum en minnkar ört til vesturs. (Mynd 18)

Í Reykholti inniheldur hveraloftið 13,1 % CO₂, á Norður-Reykjum 8,6 %, á Kleppjárnsreykjum 6,1 % og í Varmalandi, sem liggur fjærst, aðeins 0,2 % CO₂. Eins og mynd 19 sýnir, er greinilegt samband milli CO₂ magns og fjarlægðar frá Reykholti, en þessa samsvörun er erfitt að skýra á annan veg en þann, að CO₂, sem hefur mjög lítinn uppleysanleika í vatni við 100°C, hverfi úr vatninu við rennsli um yfirborðslög og þeim mun meira, sem rennslisvegalegdin er lengri.

Aðrar gastegundir eru ekki eins mikilvægar í þessu sambandi. Þó er athyglisvert, að hveraloftið frá Norðurreykjum inniheldur allt að 0,15 % vetni, en þetta, ásamt nýjum efnagreiningum frá Reykjavík, er í fyrsta sinn, sem vetni finnst í hveralofti frá lághitasvæði. Hér er um ákveðinn tengilið milli háhita og lághitasvæða að ræða, þar eð segja má, að allar sömu lofttegundir finnast á báðum svæðunum. Sýnishornið frá Reykholti inniheldur ekki vetni í því magni, sem unnt er að mæla, en þetta sýnishorn er hins vegar greinilega blandað andrúmslofti og því ekki nægjanlega gott.

Rennslismælingar

Mikilvægt er, að fylgzt sé reglulega með rennsli úr hverum, sem nýttir eru. Náttúrulegar breytingar á vatnsrennsli geta verið töluverðar og er nauðsynlegt, að hegðun hvera sé þekkt, áður en farið er að breyta eðlilegu vatnsrennsli með borunum og dælingu á hverasvæði.

Þessu máli hefur lítið verið sinnt í Borgarfirði enda eru aðstæður við flesta hvera þannig, að erfitt er að koma við nákvæmum rennslismælingum. Ógerlegt er að fylgjast nákvæmlega með heildarrennsli af hverasvæðinu í Reykholtisdal, en til greina kæmi að velja nokkra hvera, sem auðvelt er að mæla, og reyna að nota breytingar á rennsli þeirra sem mæli-

kvarða á breytingar á heildarrennsli á svæðinu. Yrði þá að steypa varanlegar þrær um hverina og ganga þannig frá þeim, að auðvelt yrði að mæla rennslið.

Í þetta sinn var mælt rennsli nokkurra hvera, þar sem aðstæður voru góðar. Niðurstöður eru skráðar í töflu 4.

Aðferðir við mælingarnar voru háðar aðstæðum á hverjum stað og er þeim nánar lýst í við-auka. Hverir, sem voru minni en 10 l/s voru yfirleitt mældir þannig, að vatn var leitt um pípur í ílát og tíminn, sem vatnið tók að fylla ílátið, mældur með skeiðúri. Hverir, stærri en 10 l/s, voru leiddir í stokka og mældur meðalstraumhraði í þversniði.

Einna athyglisverðast við niðurstöður þessara mælinga er, að Deildartunguhver, sem er stærsti hver landsins, mælist ekki nema 155 ± 15 l/s en hann hefur yfirleitt verið talinn um 250 l/s. Þorkell Þorkelsson (1940) s. 7. segir Deildartunguhver vera talinn 250 l/s "according to a crude measurement by Benedikt Gröndal (Verleger, 1931, p. 21)". Benedikt Gröndal, verkfræðingur, segir það rétt vera, að hann hafi mælt hverinn á árunum 1926 - 1928. Notaði hann yfirfallsaðferð en man ekki niðurstöður lengur.

Barth (1950) telur hverinn vera um 250 l/s en getur ekki mælinga.

Árið 1944 var hverinn mældur á vegum iðnaðardeildar (Skýrsla iðnaðardeildar 1945-46) og reyndist um 200 l/s. Mæliaðferðar er ekki getið.

Hannes Jónsson, rafvirki, mældi hverinn um 1950. Notaði hann yfirfallsaðferð og reyndist honum vatnsrennslið vera um 150 l/s.

Samkvæmt þessum heimildum vörðast nokkrar breytingar hafa orðið á rennsli hversins, því að ólíklegt er, að mæliaðferðir hafi verið svo ónákvæmar, að skakkað geti 50 l/s eða meiru.

Ekki var gerð nein tilraun til þess að meta heildarrennsli jarðhitasvæðisins í þetta sinn, en samkvæmt mati og mælingum iðnaðardeildar 1944 er heildarrennsli hvera í Reykholtsdal, Hálsasveit, Bæjarsveit, Stafholtstungum, Hvítársíðu og Þverárhlíð um 400 l/s. Meðalhiti vatnsins er um 98°C. Ef reiknað er með, að vatnið sé nýtt niður að 40°C hita, er nýtanlegt varmaafli svæðisins um 23 000 kcal/s eða um 97 MW. Er það álíka afl og nú fæst frá rafstöðvum Sogsins, enda þótt það verði ekki nýtt á sama hátt.

LOKAORÐ

Helztu niðurstöður

Niðurstöður ísótópamælinga á vetni og súrefni í íslenzku hveravatni hafa sýnt, að vatnið er regnvatn að uppruna. Mælingar á vetnisísótópum í vatni hvera í Reykholtsdal benda til þess, að það vatn hafi upphaflega sigið í jörð austan við mörk, sem hugsast dregin um Þórisjökul, Ok, Húsafell og síðan norður í Langavatn á Tvíðægri, en sé ekki aðrunnið frá sprungusvæði í norðvestri. Vatnið kemst djúpt í jörð niður, hitnar á leið sinni og streymir til yfirborðs í Reykholtsdal. Ekki er vitað, hvernig upphitun vatnsins er háttáð. Verulegur hluti varmans mun þó kominn frá almennum varmastraumi jarðskorpunnar en hugsanlegt er, að vatnið hafi einnig komið í snertingu við óeðlilega heit berglög.

Samkvæmt efnagreiningum þeim, sem nú hafa verið gerðar, má líta á Reykholtssvæðið, sem aðaluppstreymissvæði heits vatns í Reykholtsdal, og er slík túlkun, að því er næst verður komið, í góðu samræmi við jarðfræði svæðisins. Óljóst er þó, hvað það er, sem framkallar hér rennslisrás fyrir heita vatnið í átt til yfirborðs.

Samkvæmt reynslu á öðrum jarðhitasvæðum má gera ráð fyrir, að mörk montmorillonit- og chlorit-bergs liggi ofan við 500 m dýpi undir Reykholtisdal. Austan Reykholt streymir vatnið í chlorit-bergi en leitar upp í námunda við Reykholt og streymir síðan til vesturs í montmorillonit-bergi grynna en 500 m.

Kísilsýrumagn í vatninu í borholu Litla Hvamms, Reykholti, bendir til þess, að djúpvatnið sé a.m.k. 160°C heitt.

Hverirnir í Reykholti, á Hægindi og Kóparykjum standa í nánustu sambandi við uppstreymissvæðið sjálft. Að líkindum streymir vatn frá aðaluppstreymissvæðinu í átt að Norðurreykjum, þar sem hverirnir virðast eindregið koma upp við gang. Megin hluti heita vatnsins streymir hins vegar vestur og kemur fram á sprungusvæði, sem nær skammt inn eftir Reykholtisdal og Hvítárdalnum. Vatnsmestu hverirnir (Kleppjárnreykir, Deildartunga) koma upp nálægt austurmörkum þessa sprungubeltis, en vatnsmagn hvera fer þverrandi, þegar vestar dregur á sprungusvæðið. Sennilega streymir vatnið mestmegnis eftir vatnsleiðandi lögum upp halla berglaganna, en, þegar komið er í sprungukerfið, er líklegt, að það safnist að einhverju leyti í sprungur og renni um þær. Til þessa jarðhita-kerfis má líklega telja hvera allt suður í Bæjarsveit, vestur að Norðurá og norður í Þverárhlið.

Auk vatnsstreymis í berggrunninum sjálfum má búast við, að heitt vatn geti runnið eða safnast í malar- og sandlög á botni Reykholtisdals undir leirnum.

Rennsli hvera á þessu jarðhitasvæði er talið jafngilda um 400 l/s af 98°C heitu vatni. Nýtanlegt varmaafli er metið 97 MW, sem er sambærilegt við Sogsvirkjun - en verður þó ekki nýtt á sama hátt.

Tillögur um nánari athuganir

Enda þótt fengin sé allgóð hugmynd um rennsli heits vatns á þessu svæði er mikilsvert að kanna ýmis atriði nánar, áður en þessi rennslismynd er lögð til grundvallar við leit að vatni með borunum.

Eftirfarandi athuganir kæmu þar helzt til greina.

1. Þyngdar og segulmælingar í nágrenni Reykholts. Þessar mælingar mundu veita frekari upplýsingar um jarðfræðileg skilyrði, sem valda uppstreymi vatnsins.
2. Jarðsveiflumælingar og viðnámsmælingar í Reykholtsdal. Með þessum aðferðum væri unnt að mæla dýpi á fast berg í dalnum. Viðnámsmælingar gætu einnig sagt til um, hvort heitt vatn streymir um sand- eða malarlög ofan berggrunns.
3. Jarðfræðilegar athuganir. Með athugunum á holufyllingum og útfellingum í berginu mætti e.t.v. reikna út legu montmorillonit - chlorit marka í berginu undir dalnum.
4. Efnagreiningar og mælingar á þungu vetni. Með þessum aðferðum mætti t.d. ákvarða jaðra jarðhita-kerfisins og fylgjast með blöndun heita vatnsins við yfirborðsvatn.
5. Rennslismælingar á hverum. Valdir verði nokkrir hverir á svæðinu og fylgzt reglulega með breytingum á rennsli þeirra í nokkur ár. Á þennan hátt mætti síðan fylgjast með breytingum á heildarrennsli eftir því sem nýting hverasvæðisins eykst.
6. Rannsóknarboranir.

Ofantaldar aðferðir veita óbeina vitneskju um rennsli vatnsins. Bein staðfesting á þeirri rennslismynd, sem lýst hefur verið, fæst einungis með borunum.

Borun nálægt Reykholti gæfi mikilsverðar upplýsingar um uppstreymissvæði vatnsins. Kæmi e.t.v. til greina að dýpka borholuna á Breiðabólstað í þessu skyni. Í henni vex berg-hiti um 20°C á 100 m og þyrfti væntanlega að bora niður á 800 m dýpi til þess að ná 160°C hita, sem er líklegur hiti djúpvatnsins.

Austan Reykholts er líklegt, að heita vatnið liggi dýpra en 800 m í jörðu.

Með borun í miðjum Reykholtisdal mætti kanna, hvort vatn fæst úr sand- og malarlögum ofan berggrunns og enn fremur, hvort vatn streymir milli berglaga á 200 - 500 m dýpi.

Einnig væri æskilegt að kanna, hvort ekki fæst heitt vatn með borun í sprungur á vesturjaðri rennsliskerfisins t.d. nálægt Hjarðarholti í Stafholtstungum.

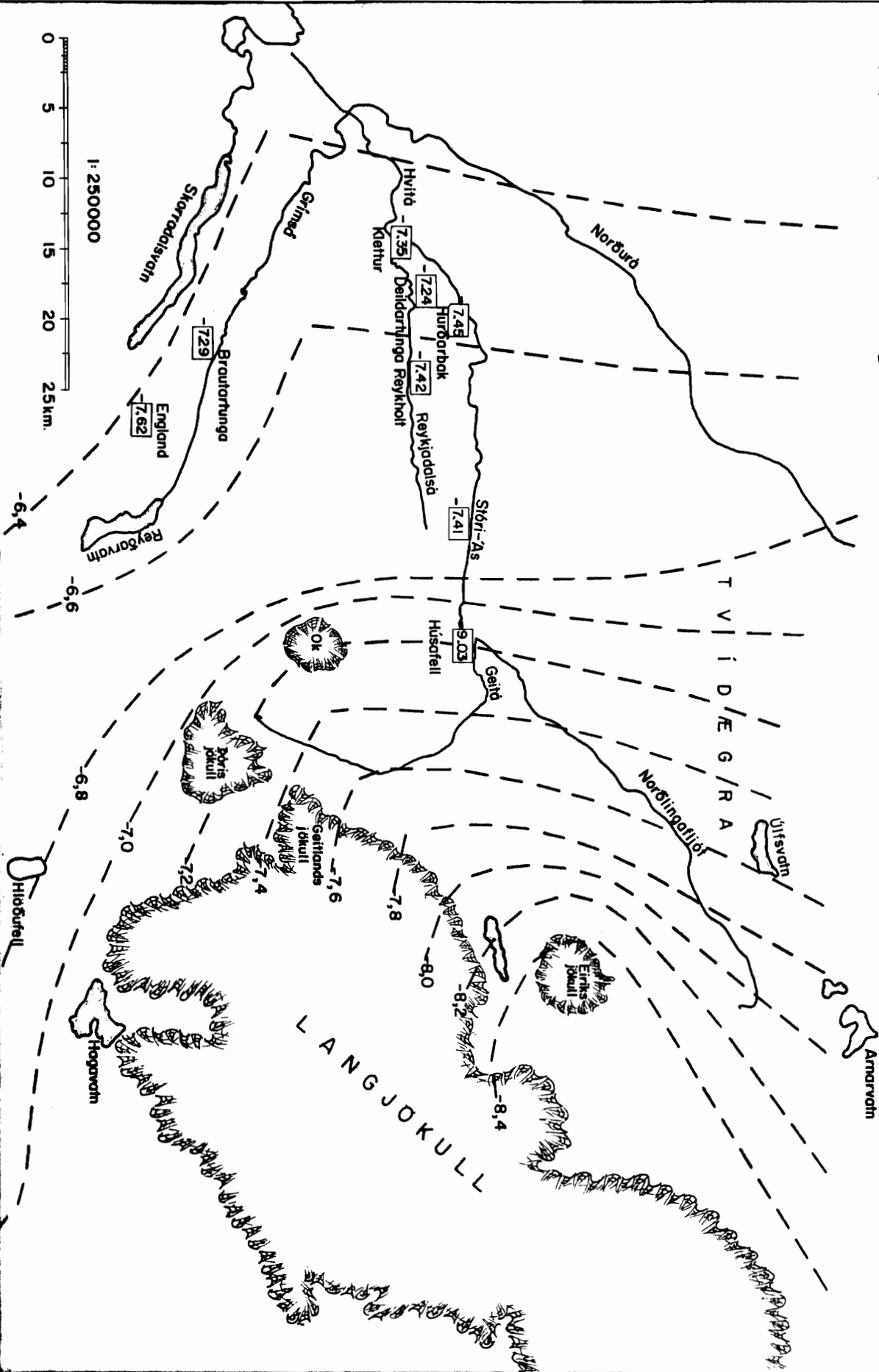
LISTI YFIR HEIMILDARIT

- Barth, T.F.W.: Volcanic Geology, Hot Springs and Geysers of Iceland.
Carnegie Institution of Washington,
Publication 587, Washington, 1950, 174 pp.
- Böðvarsson, G.: On thermal activity in Iceland.
Skýrsla til jarðhitanefndar ríkisins,
1948, 77 s.
- Böðvarsson, G.: Geofysiske metoder ved varmtvandsprospektering i Island.
TVFI, 35, 49-59, 1950.
- Böðvarsson, G.: The use of isotopes of hydrogen and oxygen for hydrological purposes in Iceland.
Jökull, 12, 49-54, 1962.
- Craig, H., G. Boato, D.E. White: Isotopic Geochemistry of Thermal Waters.
Proceedings of the Second Conference on Nuclear Processes in Geological Settings.
Publ. 400, Nat. Academy of Sciences, Nat. Research Council, 1956.
- Craig, H.: Isotopic variations in meteoric waters.
Science, 133, 1702-3, 1961.
- Einarsson, T.: Über eine Beziehung zwischen heißen Quellen und Gängen in der isländischen Basaltformation.
Vísindafélag Islendinga, Greinar I., 2, 1938, s. 135-145.
Fjallar m.a. um samband ganga og jarðhita í Reykholtsdal.
- Einarsson, T.: Über das Wesen der heißen Quellen Islands.
Vísindafélag Islendinga XXVI., 1942.
- Einarsson, T.: Um orsakir jarðhita.
Skýrsla til jarðhitanefndar ríkisins, 1948, 28 s. Sjá einkum s. 3-7, 18, um uppruna vatnsins í Reykholtsdal.
- Elíasson H. og Björnsson S.: Skýrsla um segulmælingar í Borgarfirði og nágrenni Selfoss sumarið 1962.
Jarðhitadeild, 1962, 9 s.
Lýst er m.a. segulmælingum í Reykholtsdal við Deildartungu, Reykholt og Norðurreyki.

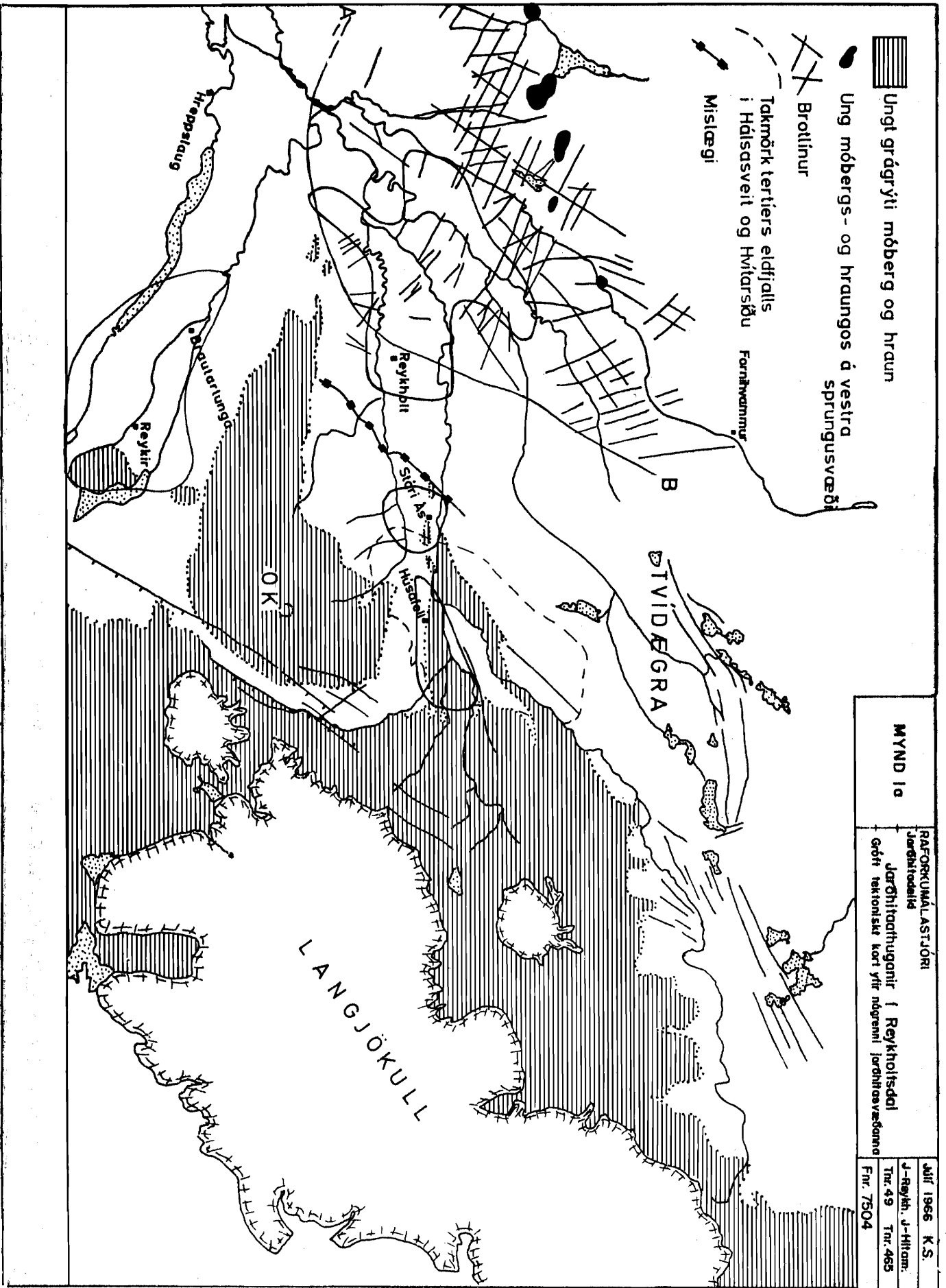
- Iðnaðardeild: Skýrsla iðnaðardeildar árin 1945-46, 64 s. Sjá kafla um viðtæka rannsókn á laugavatni, sem gerð var árið 1944. (S. 16-34) Nokkrar villur um vatnsmagn og hita eru í töflu 1 þessarrar skýrslu, en til er á jarðhitadeild fjölrituð skýrsla mælinga-
manna, sem er ýtarlegri og áreiðanlegri.
- Jarðboranir ríkisins: Efnagreiningar á hverum og laugum. 1951, 88 s. Efnagreiningar á heitu og köldu vatni, sem Jarðboranir ríkisins létu gera á árunum 1947-1950.
- Jónsson, J.: Skýrsla um jarðhitaathuganir í Borgarfirði. Jarðhitadeild, maí-júní 1959, 7 s. Lýst er jarðhita og jarðfræðilegum aðstæðum m.a. á Húsafelli, Stóra-Ási, Norðurreykjum, Úlfsstöðum, Suddu, Varmalæk, Síðumúla og Þórgautsstöðum.
- Sigurðsson, F.: Jarðviðnámsmælingar sumarið 1964. Jarðhitadeild, 1964, 39 s. Lýst er viðnámsmælingum m.a. á Kletti, Hellubæ, Kollslæk og Háafelli.
- Sigvaldason, G.E.: Epidote and related minerals in two deep geothermal drill holes. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 450-E, No. 200, 1963.
- Sigvaldason, G.E.: Skýrsla um efnasamsetningu hvera- og laugavats. Skýrsla til jarðhitadeildar, 1964, 94 s.
- Sigvaldason, G.E.: Bráðabirgðaskýrsla um jarðefnafræðirannsóknir á jarðhitasvæði Reykjavíkur, 1966, 21 s.
- Stefánsson, Þ.: Skýrsla um viðnámsmælingar við Reykholt í Borgarfirði. Jarðhitadeild, ágúst 1962, 2 s.
- Sæmundsson, K.: Skýrsla um jarðfræðirannsókn í Borgarfjarðarsýslu sumarið 1964. Jarðhitadeild, 1965, 28 s. Jarðfræðilegt yfirlit yfir Borgarfjarðarhérað ásamt korti, sem sýnir helztu brotlínur, ganga og jarðhitasvæði. Ýtarleg lýsing margra hveraporpa í Reykholtsdal og Bæjasveit.

- Thorkeþsson, Th.: The Hot Springs of Iceland.
D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter
7. Række, Naturvidensk. og Mathem.
Afd. VIII. 4, 1910, 264 pp.
- Thorkeþsson, Th.: On Thermal Activity in Iceland and
Geyser Action.
Vísindafélag Íslendinga XXV., 1940, 139 pp.
Hverasvæði í Reykholtþdal og Hálsasveit
er lýst á s. 5-9, 23, 45.
- Viðnámsmælingar: Skýrsla viðnámsmælinga sumarið 1961.
Jarðhitadeild, 1961, 4 s.
Lýst er viðnámsmælingum m.a. á Stóra
Kroppi, í Brekkukoti, Gróf, Birkihlíð -
Skáney, Nesi og á Sturlureykjum, Giljum og
Signýjarstöðum.

□ Hveravahn
 — : Jafngildislinnur úr kommu
 Tölur í reitum og við jafngildislinnur tákna hlutfallslegt tróvik þunga veimis í sýnishorvi frá standard. ($\bar{Q} = n\%$)

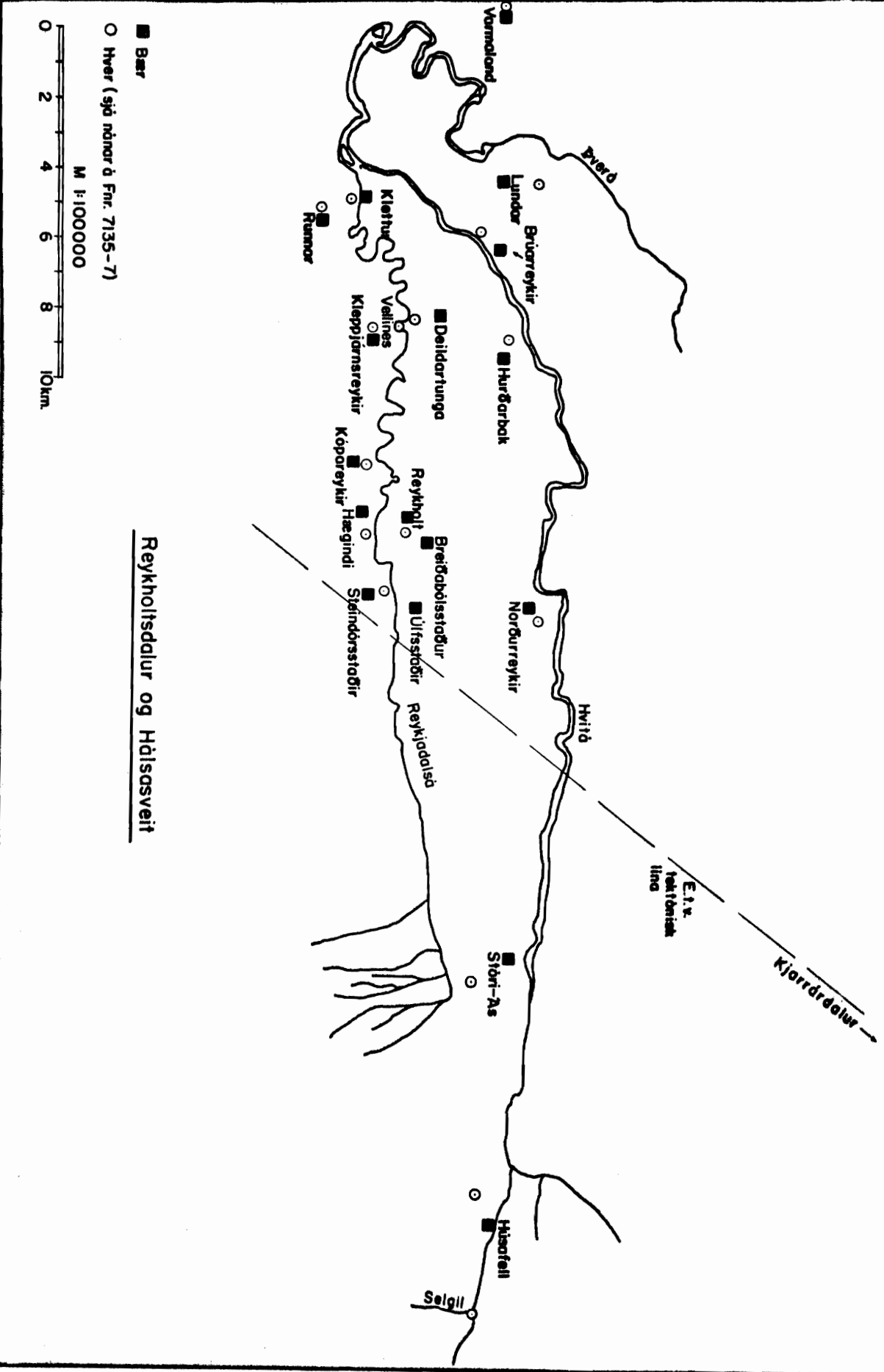


MYND 1	RAFORKUNALASTJÓRI	28.1.66 S.B./ólof
	Jarðfræðingur	J-Ernau, gr J-Reykth
	Reykholtsdal	Tr. 42 Tr. 144
	Draefling á D/H	Fnr. 7282



MYND 1a
 RAÐORÐUMÁLASTJÓRI
 Jarðfræðingur
 Jarðfræðingur í Reykholtsdal
 Góft tectonískt kort yfir nágrenni jarðfræðisvæðanna
 Júní 1966 K.S.
 J-Rajlh. J-Htam.
 Tr. 49 Tr. 465
 Fnr. 7504

MYND 2	RAFORKUMÁLASTJÓRI	28.1.66 S.B./ólf
	Jarðhitodeild	J-Éfner gr J-Reykja
	Jarðhitathuganir í Reykholtssdal	Tr. 41 Tr. 142
	Yfirlitsmynd	Fnr. 72.81



Reykholtssdalur og Hálsasveit

■ Bær
 ○ Hver (sjá nánar á Fnr. 7135-7)
 M 1:1000000
 0 2 4 6 8 10km

MYND 3

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeld

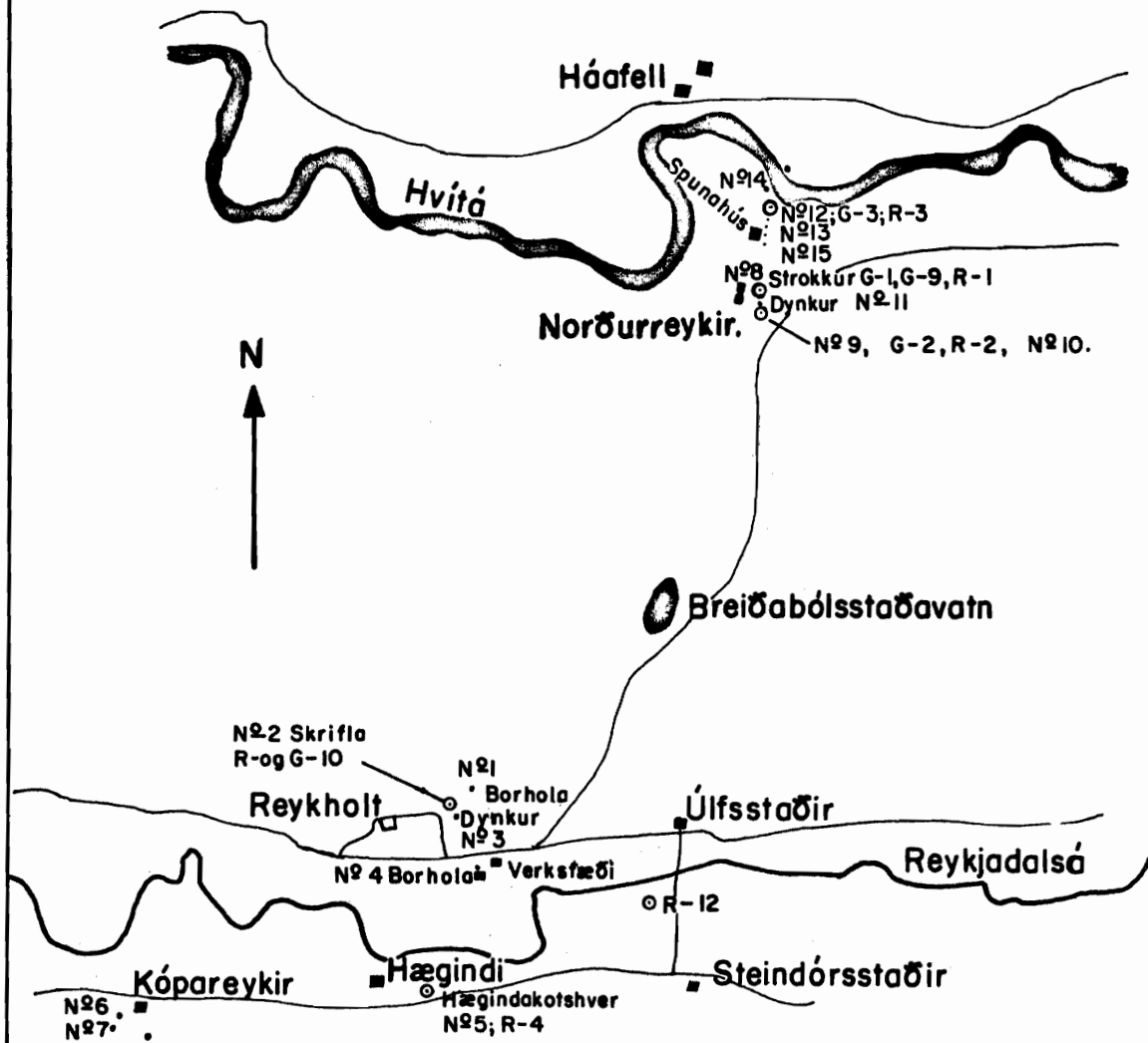
Jarðhitaathuganir í Reykholtssdal

5·8'65 IP/JS/edda

Tnr 426 T- 3I

J-Hitam.J-Reykh.d.

Fnr 7135



Lina I

Mælikvarði 1:50,000

Norðurreykir-

Reykholt -

Hægindi -

Kópureykir

- Vegur
- ~ Á
- Bær eða hús
- Hver eða laug
- Hver eða laug, sem gas og Radon er tekið úr.
- N² Númer vatnssýnishorna
- G- Númer gassýnishorna
- R- Númer Radonsýnishorna

MYND 4

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

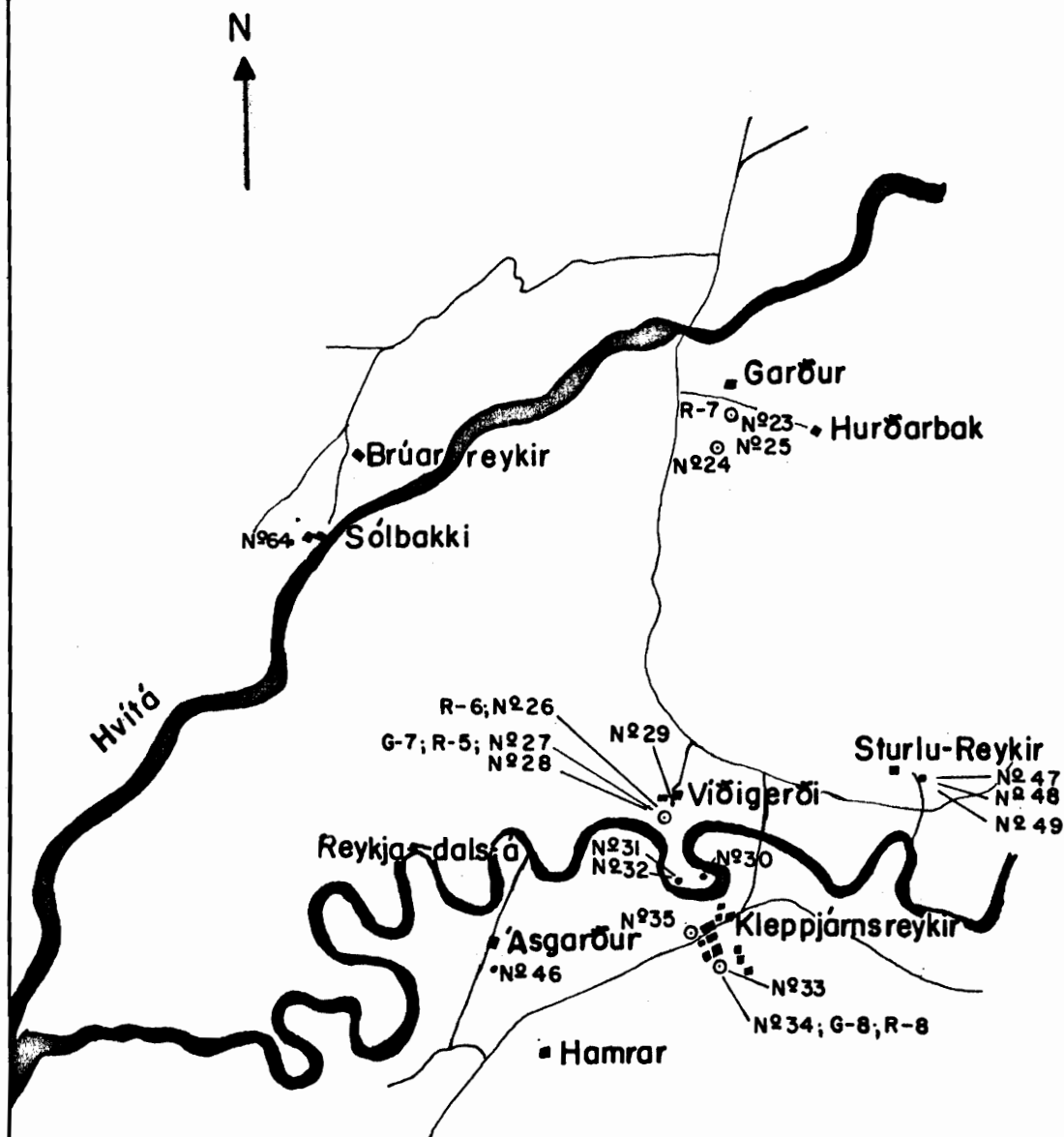
Jarðhitaathuganir í Reykholtsdal

5·8'65 IP/JS/ædda

Tnr-427 Tnr32

J-Hitam.J-Reykh.d.

Fnr 7136



Lína II.

Hurðarbak
- Deildartunga
- Kleppjárns-
reykir.

Mælikvarði 1:50,000

- Vegur
- ∩ A
- Bær eða hús
- Hver eða laug
- Hver eða laug, sem gas og Radon er tekið úr.

N^o Númer vatnssýnishorna.

G- Númer gassýnishorna

R- Númer Radonsýnishorna

MYND 5

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

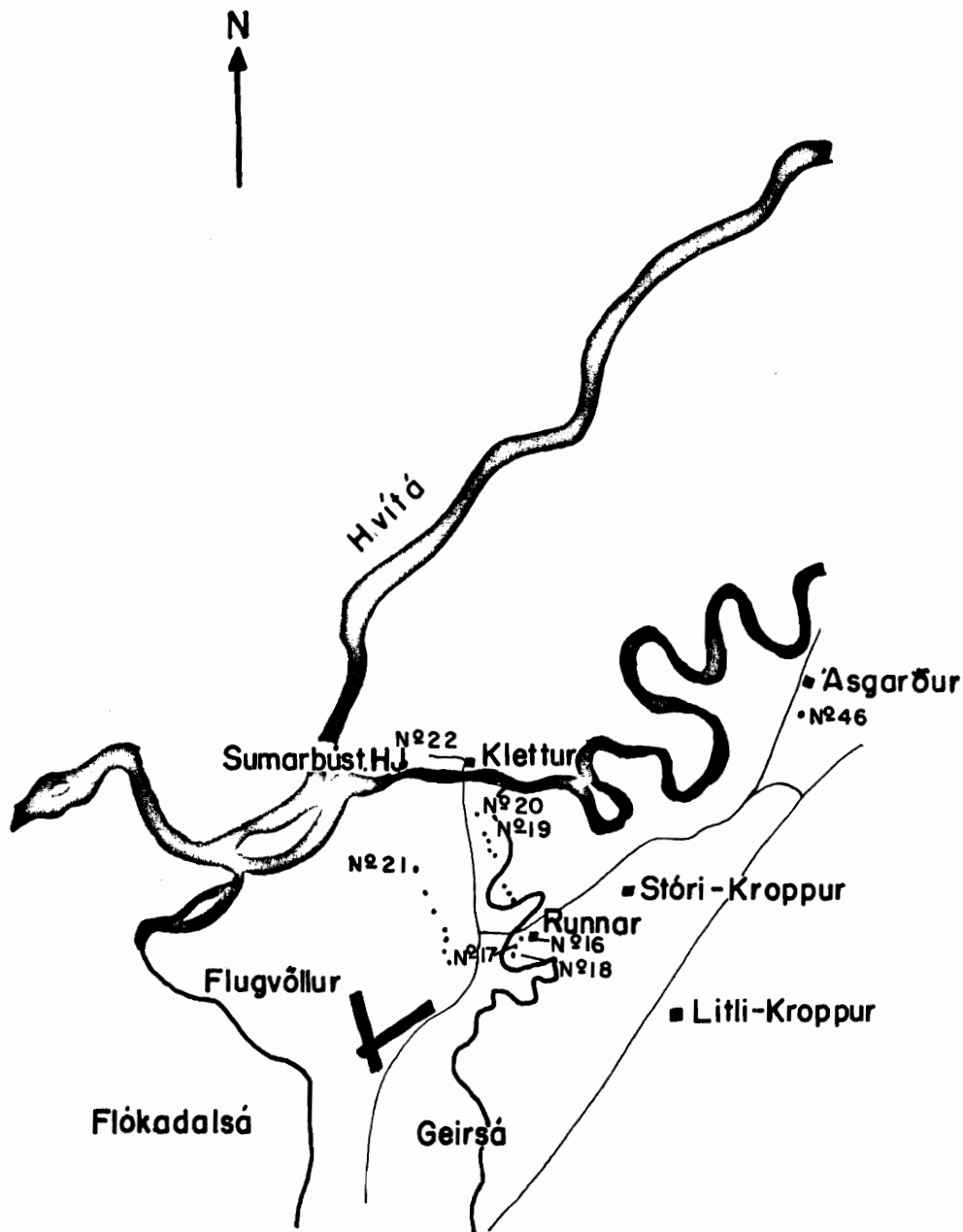
Jarðhitaathuganir í Reykholtsdal

5-865 IP/JS/ædda

Tnr-428 T-33

J-Hitam.J-Reykh.d

Fnr 7137



Lina III

Klettur - Runnar

Mælikvarði 1:50,000

- Vegur
- ~ Á
- Bær eða hús
- Hver eða laug
- Hver eða laug, sem gas og Radon er tekið úr.

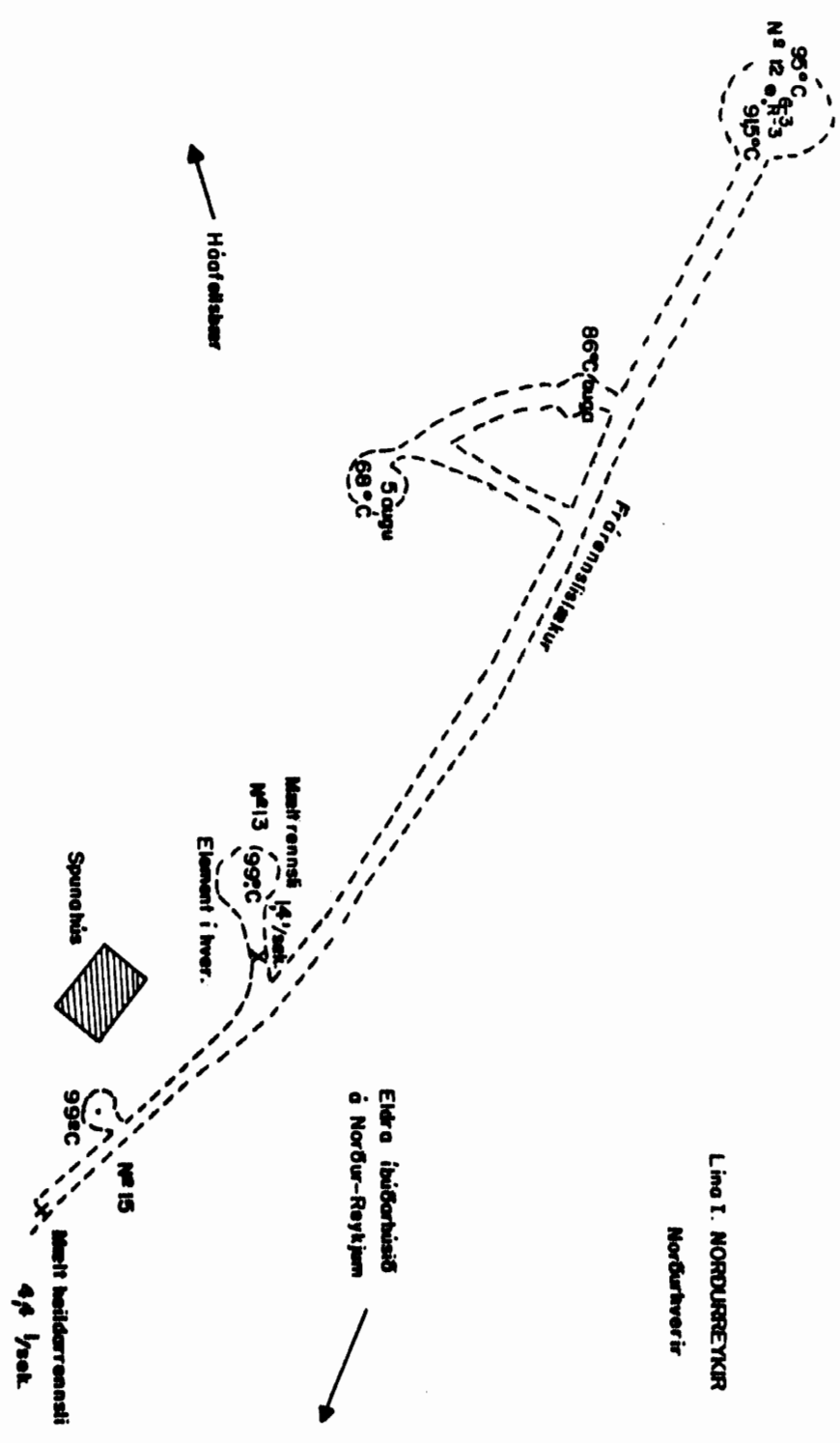
N₂ Númer vatnssýnishorna

G- Númer gassýnishorna

R- Númer Radonsýnishorna

MYND 6	RAFORKUNALASTJÓRI Jordfróðeild Jafnfróðhugunar- í Reykhafstödi	5-8165 IP/JSkóddo Tfr 427 Tfr 34 JHittom, J-Reykholli Fnr 7138
--------	--	---

Lína I. NORDURREYKIR
Norðurhverfir



- Mælikvarði 1:300
- Hver eða laug
 - o Hver eða laug, sem gas-og Ródm er tekið úr.
 - N° Númer vatnsgjafkerana
 - G - Númer gasgjafkerana
 - R - Númer Ródmgjafkerana
 - Stærðir lína

MYND 7

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

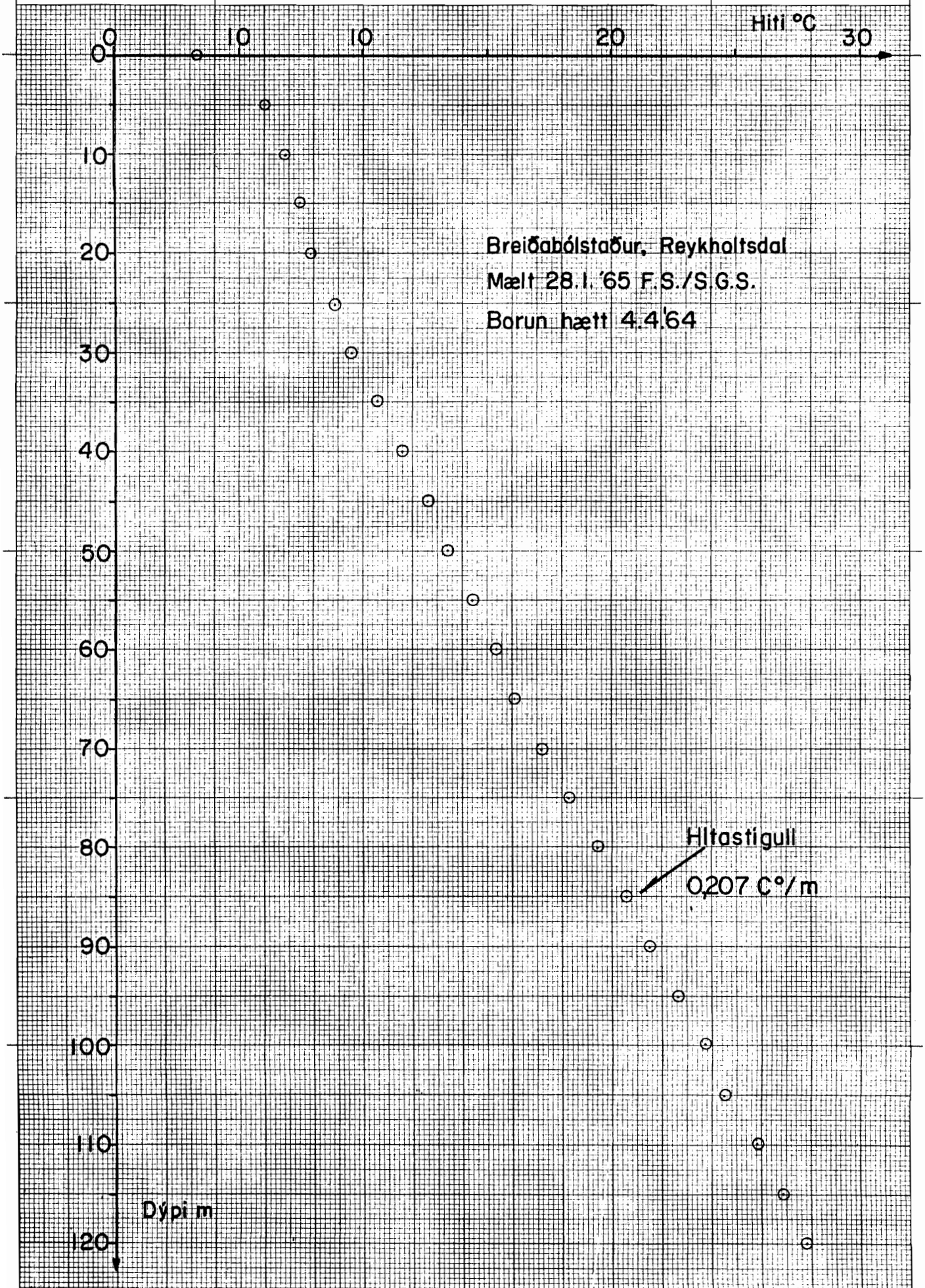
Hitamæling í borholu.

26.3.'65 F.S./erla

Tnr. 27 Tnr. 410

J-Reykholtsd. J-Hitam.

Fnr. 699I



MYND 8

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

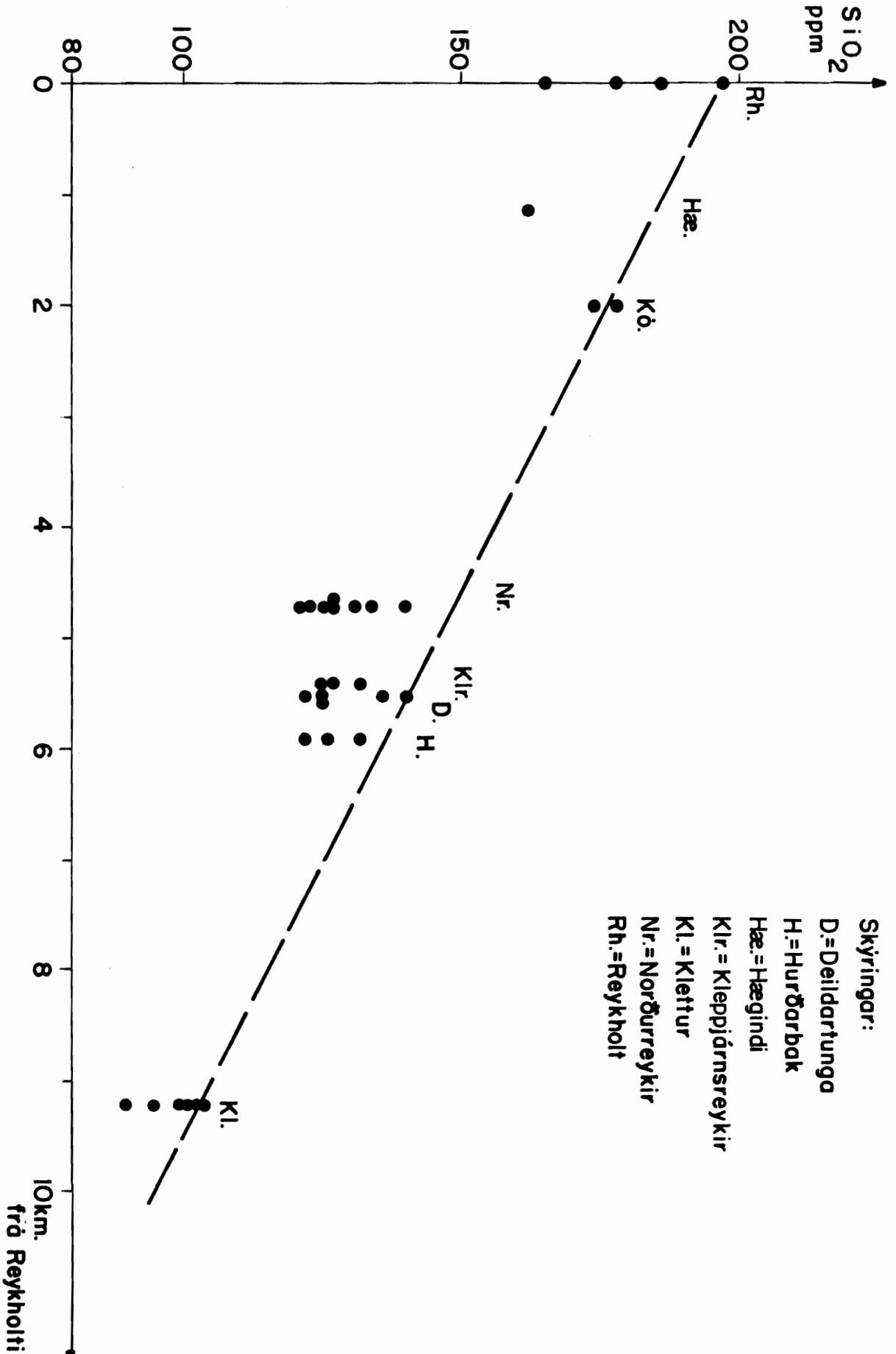
Jarðhitaathuganir í Reykholtssdal
SiO₂ í hverum

2.2.'66 G.S./Dlöf

J-Efnav.gr J-Reykh.

Tnr. 146 Tnr. 44

Fnr. 7285



MYND 9

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

Jarðhitaathuganir i Reykholtssdal

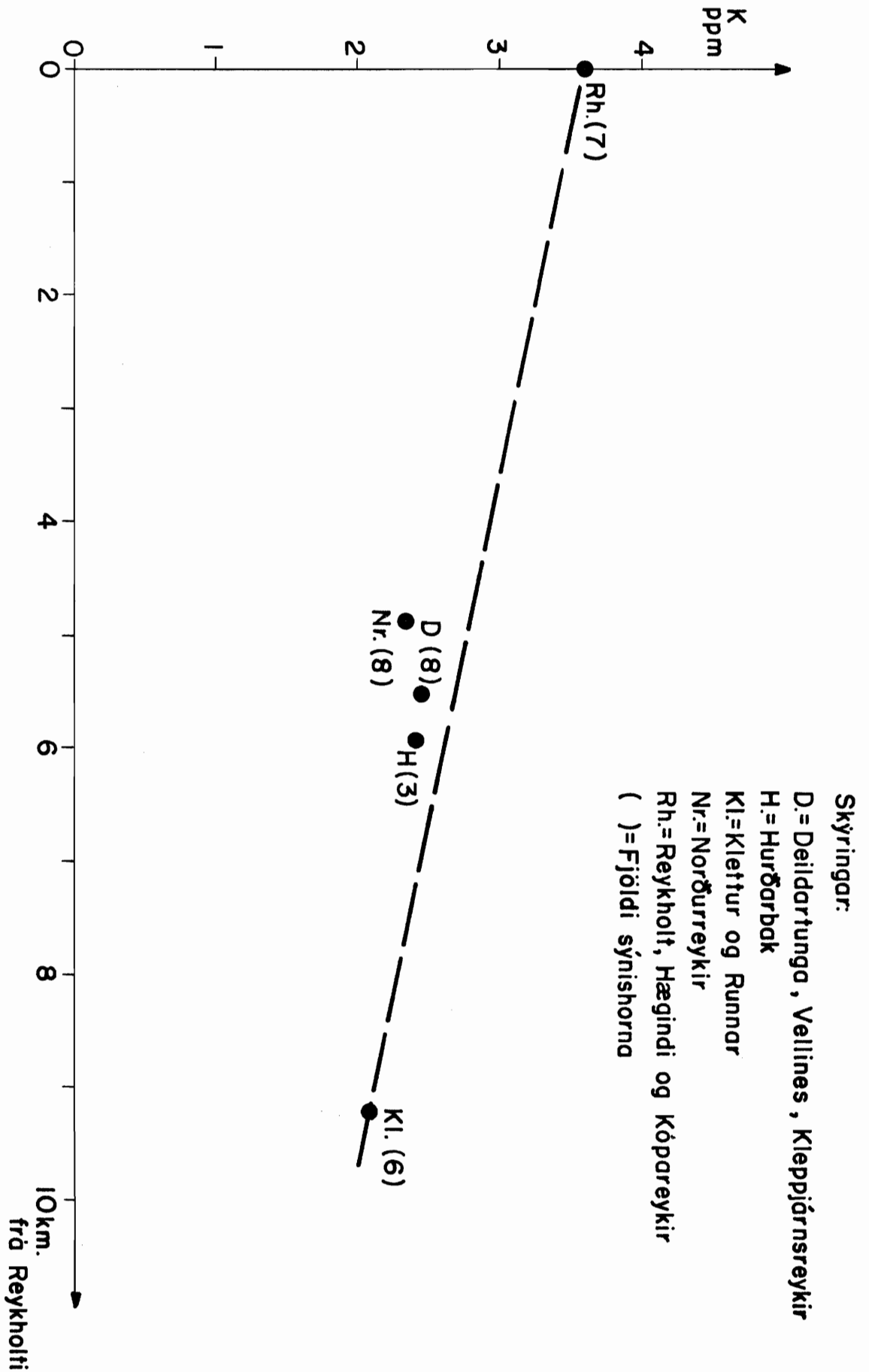
K i hverum

5.2.'66 G.S./Ölöf

J-Efnav.gr J-Reykh.

Tnr. 150 Tnr. 48

Fnr. 7289



7.2.'66 G.S./Olaf

J-Efnav.gr. J-Reykh.

Tnr. 149 Tnr. 47

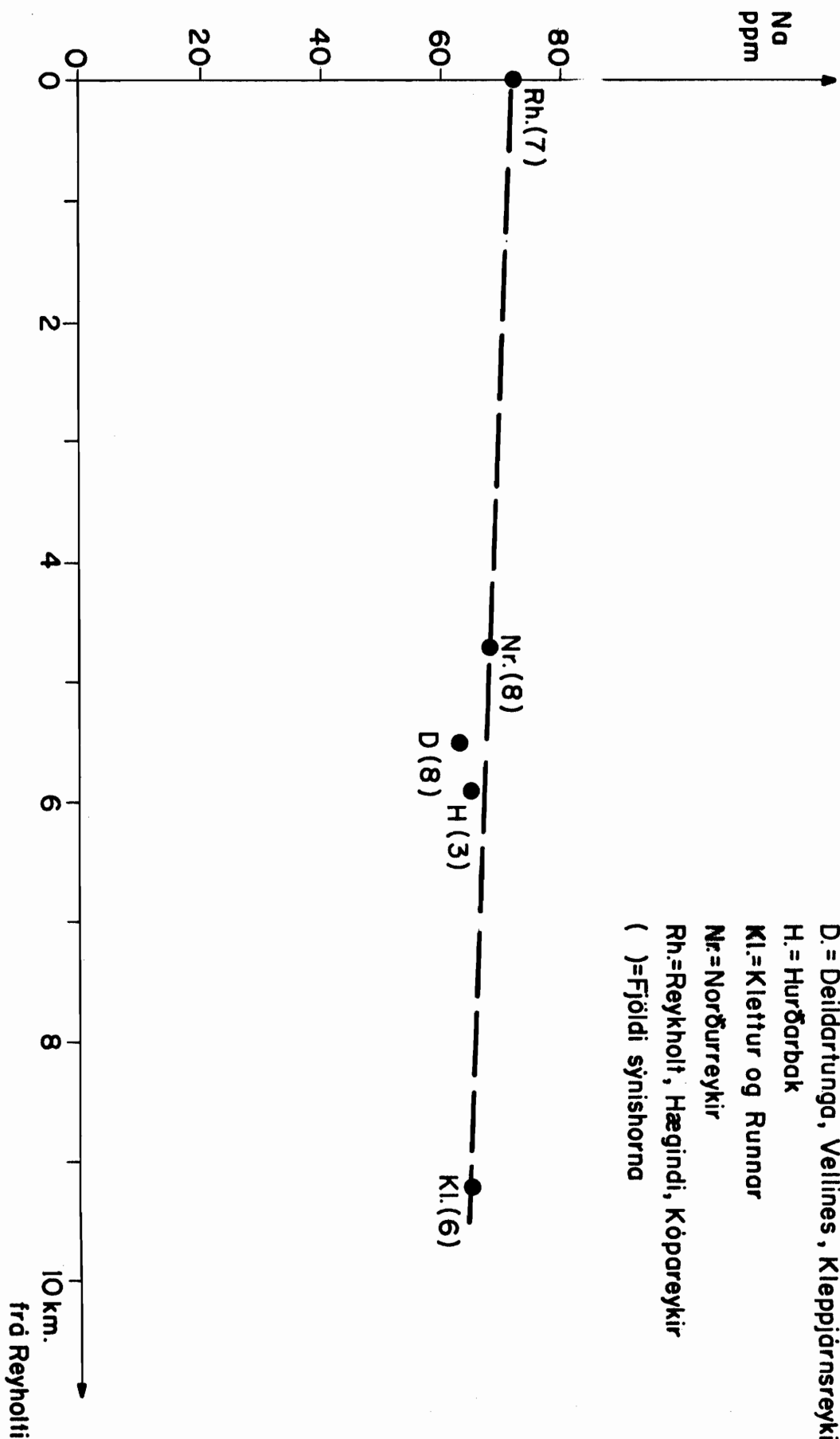
Fnr. 7288

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

MYND IO

Jarðhitaathuganir i Reykholtssdal
Na i hverum



MYND II

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

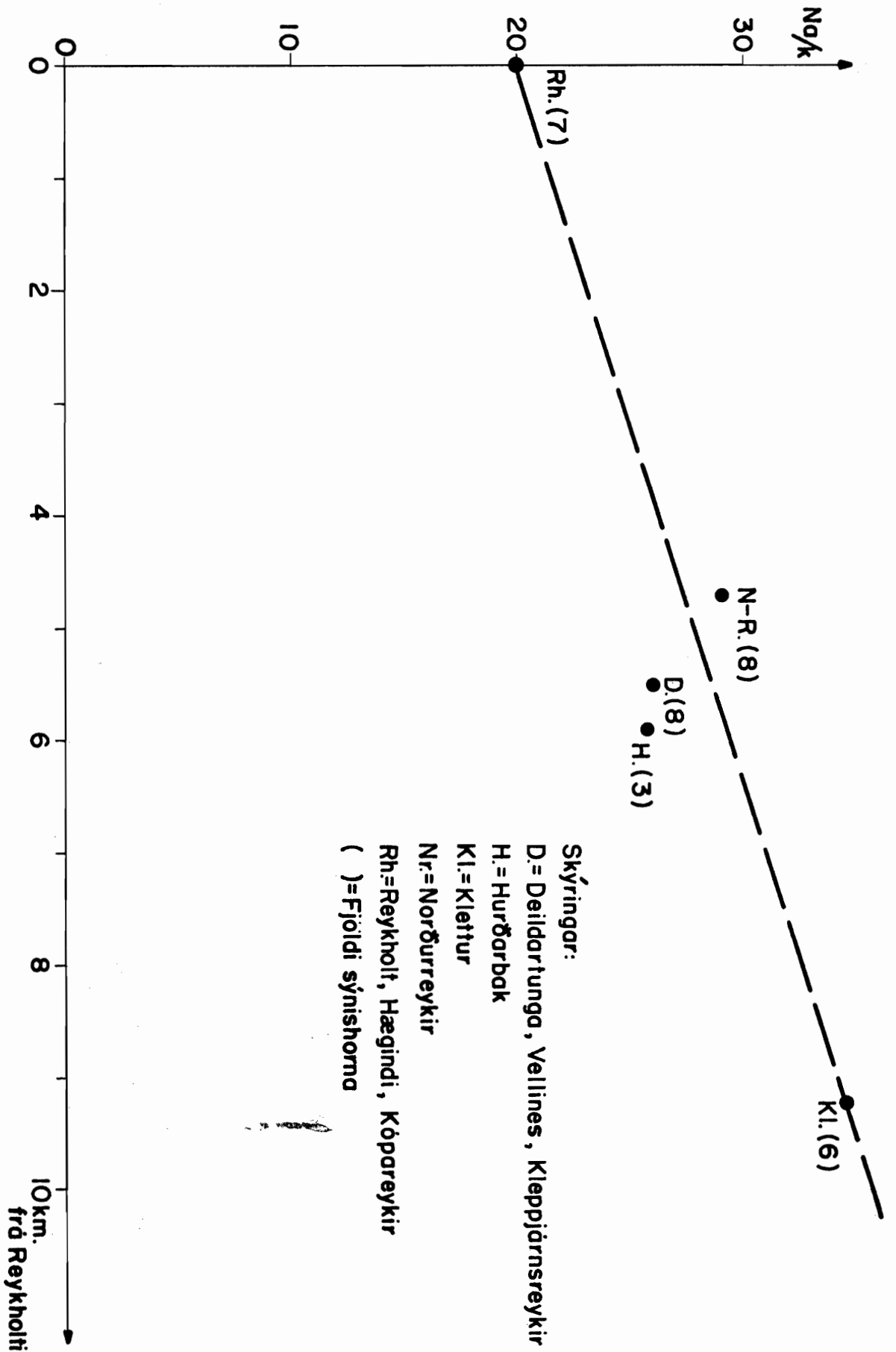
Jarðhitaathugun í Reykholtssdal
Na/k í hverum

7.2. '66 G.S/'Olóf

J-Efnav.gr. J-Reykh.

Tnr. 148 Tnr. 46

Fnr. 7287

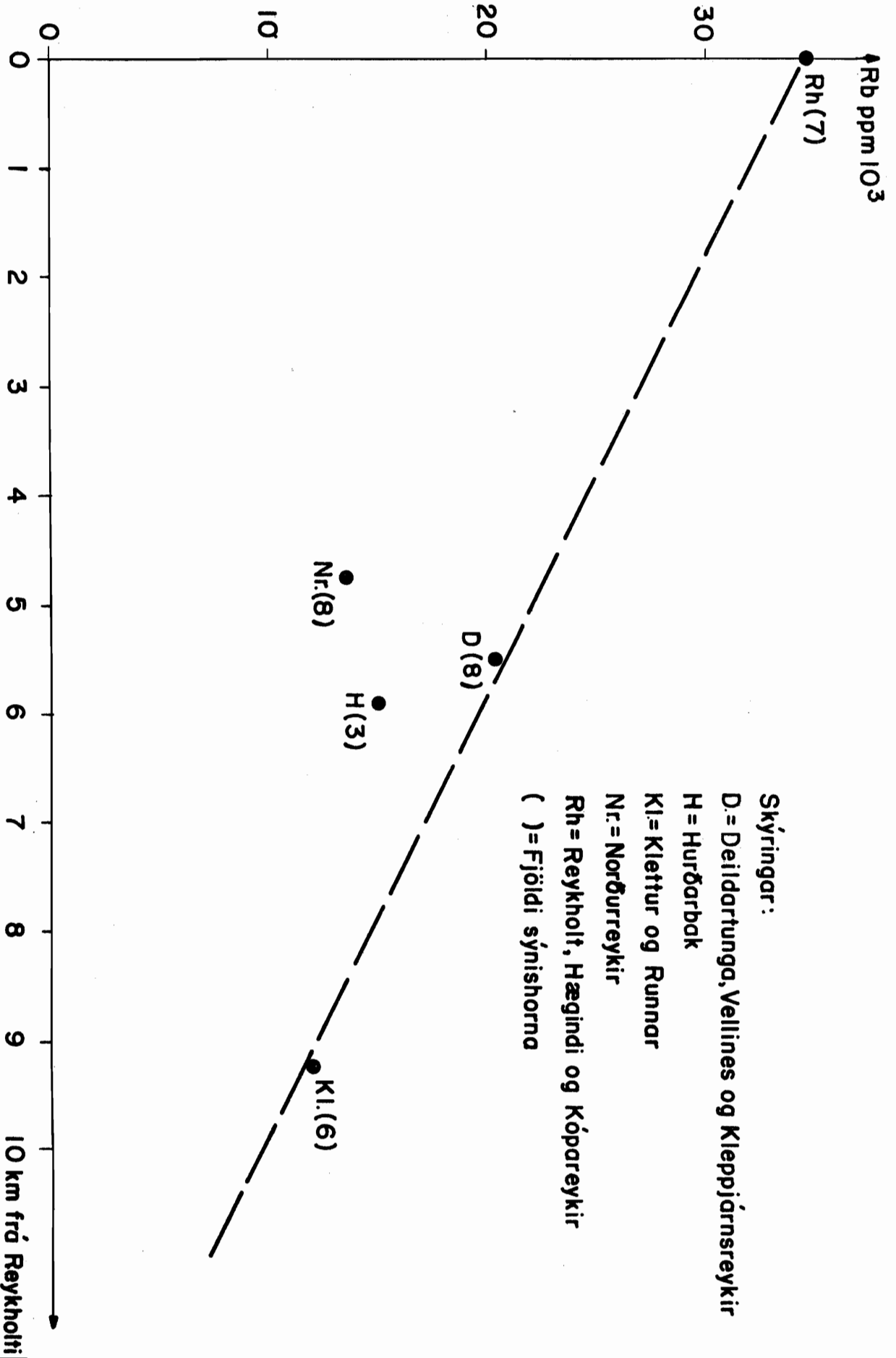


MYND 12

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadæld

Jarðhitaathuganir í Reykholtssdal
Rb í hverum

25.1.66 G.S./Gyða
J-Efnav.gr. J-Reykh
Tnr. 137 Tnr. 35
Fnr. 7204



MYND 13

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadæld

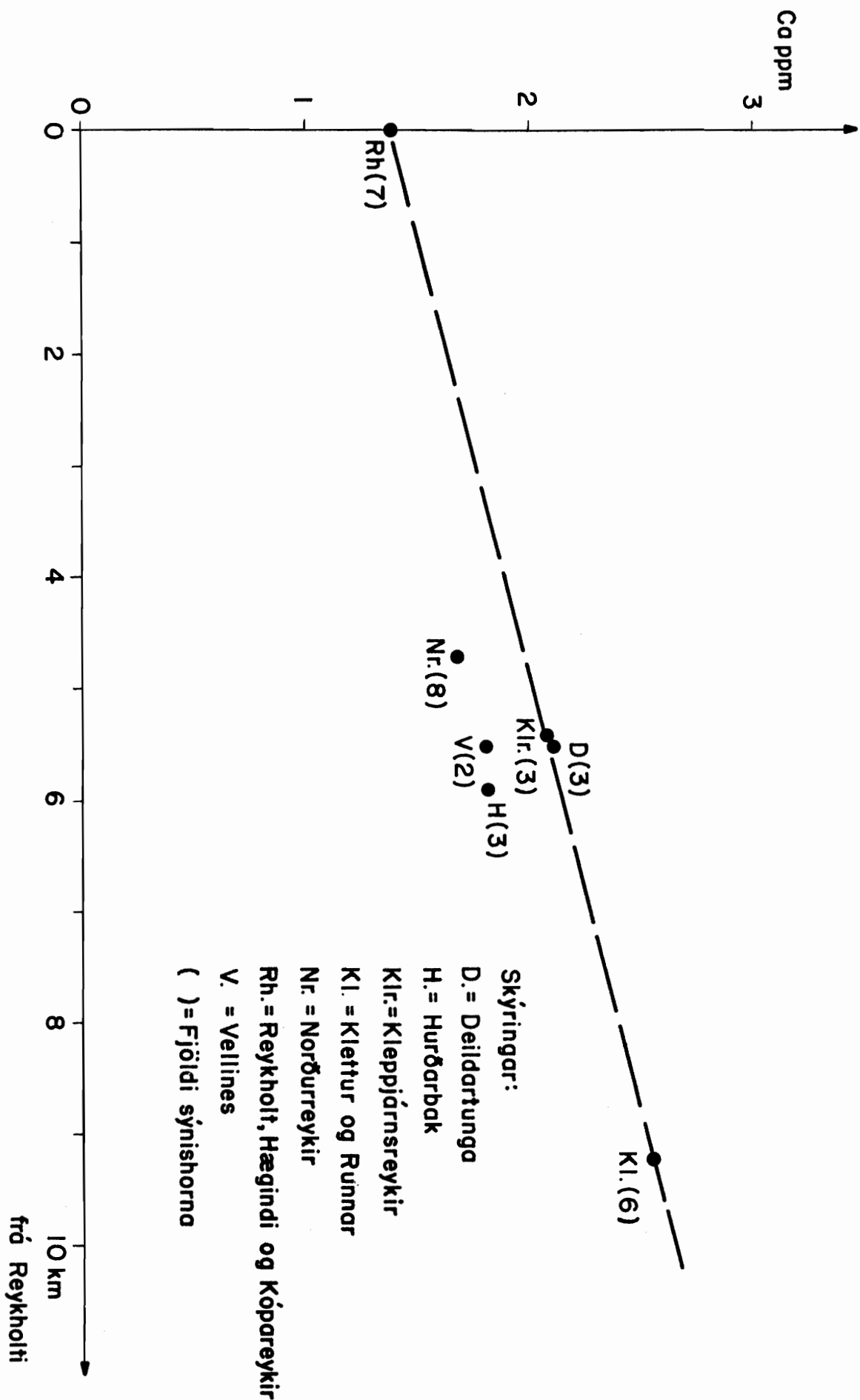
Jarðhitaathuganir í Reykholtsdal
Ca í hverum

25.1.66 G.S./Gyða

J-Efnav.gr. J-Reykh.

Tnr. 141 Tnr. 39

Fnr. 7208

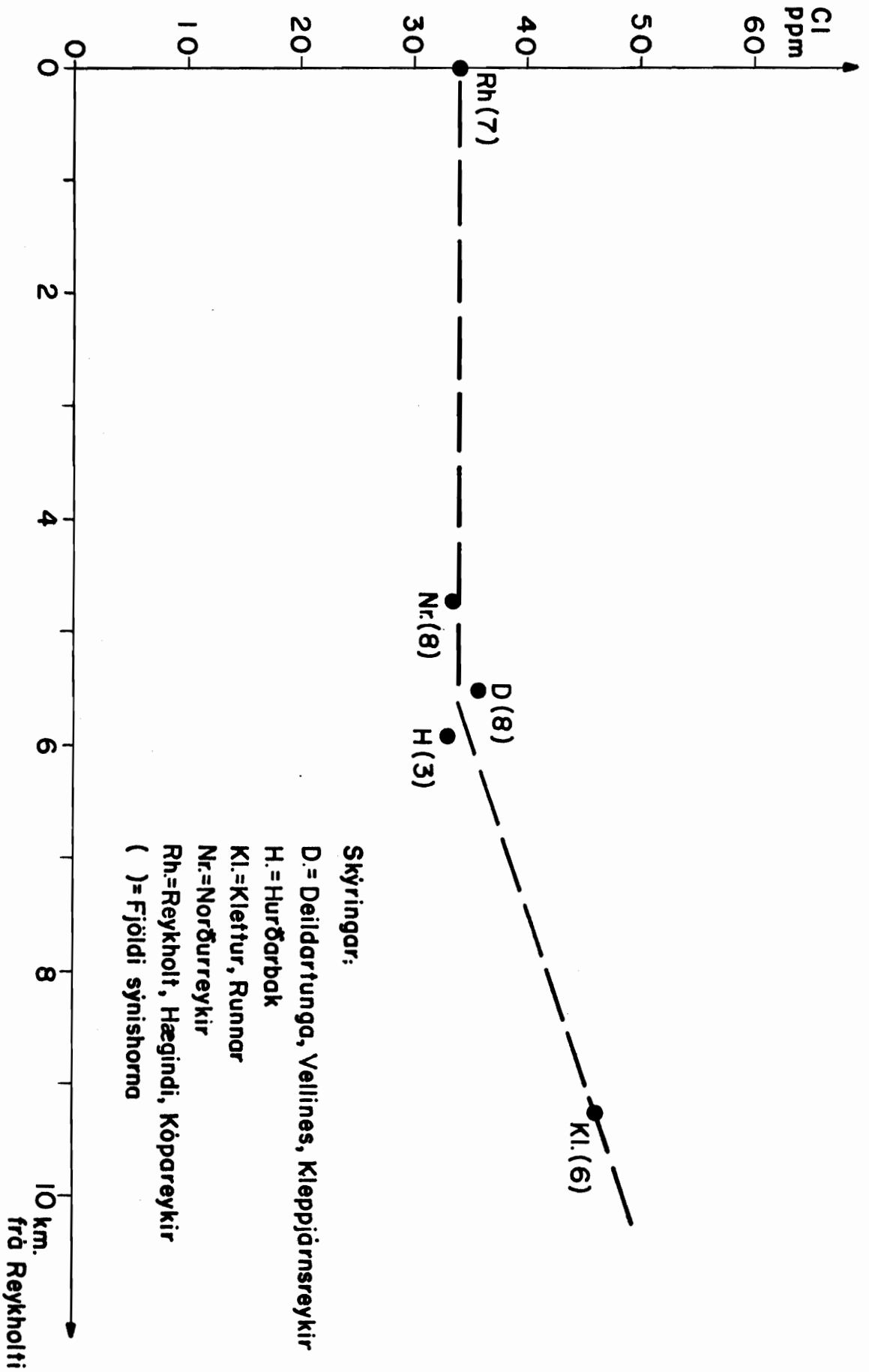


MYND 14

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

Jarðhitaathuganir í Reykholtsdal
Cl- í hverum

4.2. '66 G.S/Olöf
J-Efnav.gr. J-Reykh.
Tnr. 147 Tnr. 45
Fnr. 7286

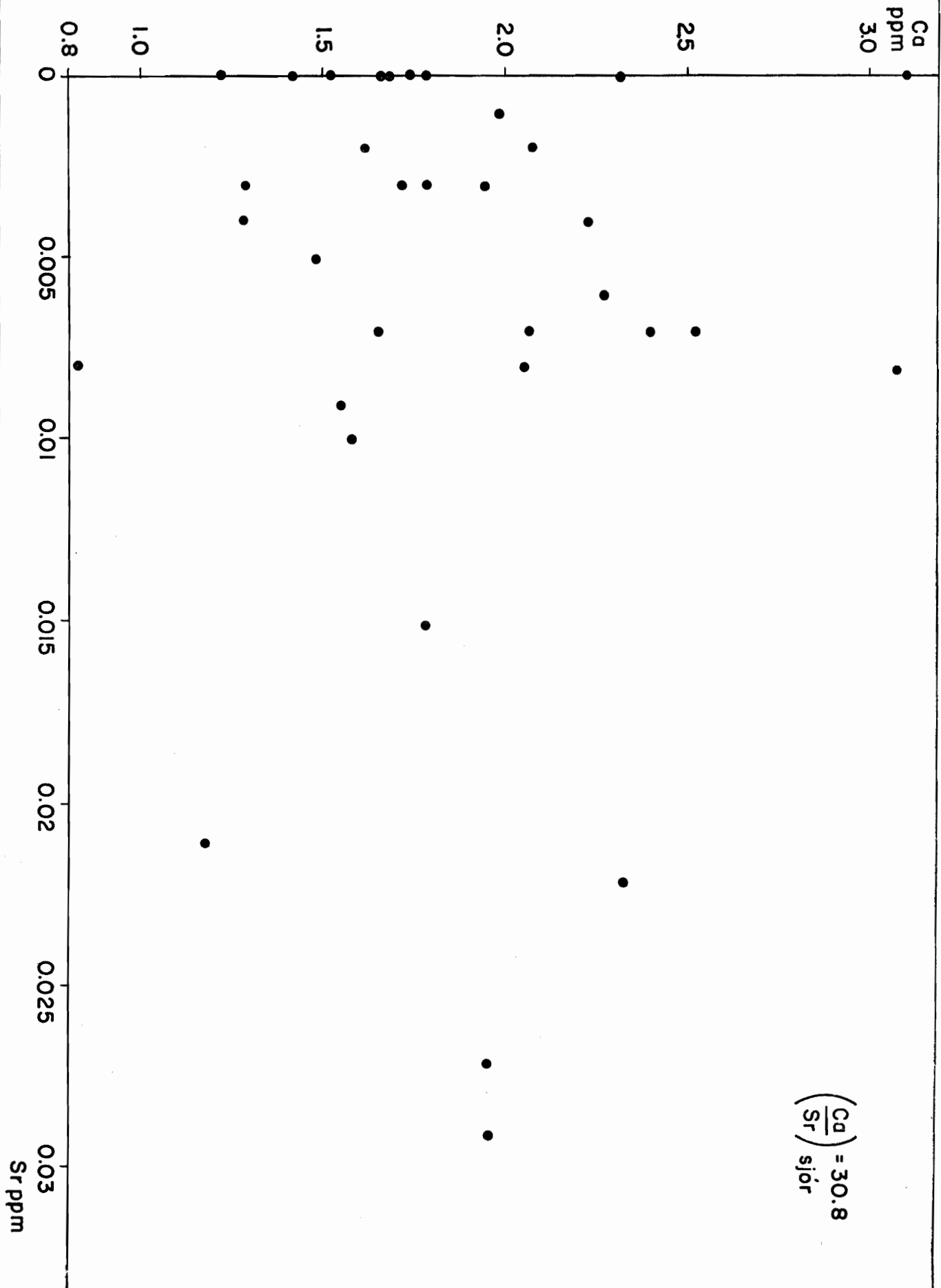


MYND 15

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

Jarðhitaathugun í Reykholtsdal
Ca/Sr í hverum

10.II.65 G.S/Gyða
J-Efnav.gr. J-Reykh.
Tnr. 140 Tnr. 38
Fnr. 7207



MYND 16

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

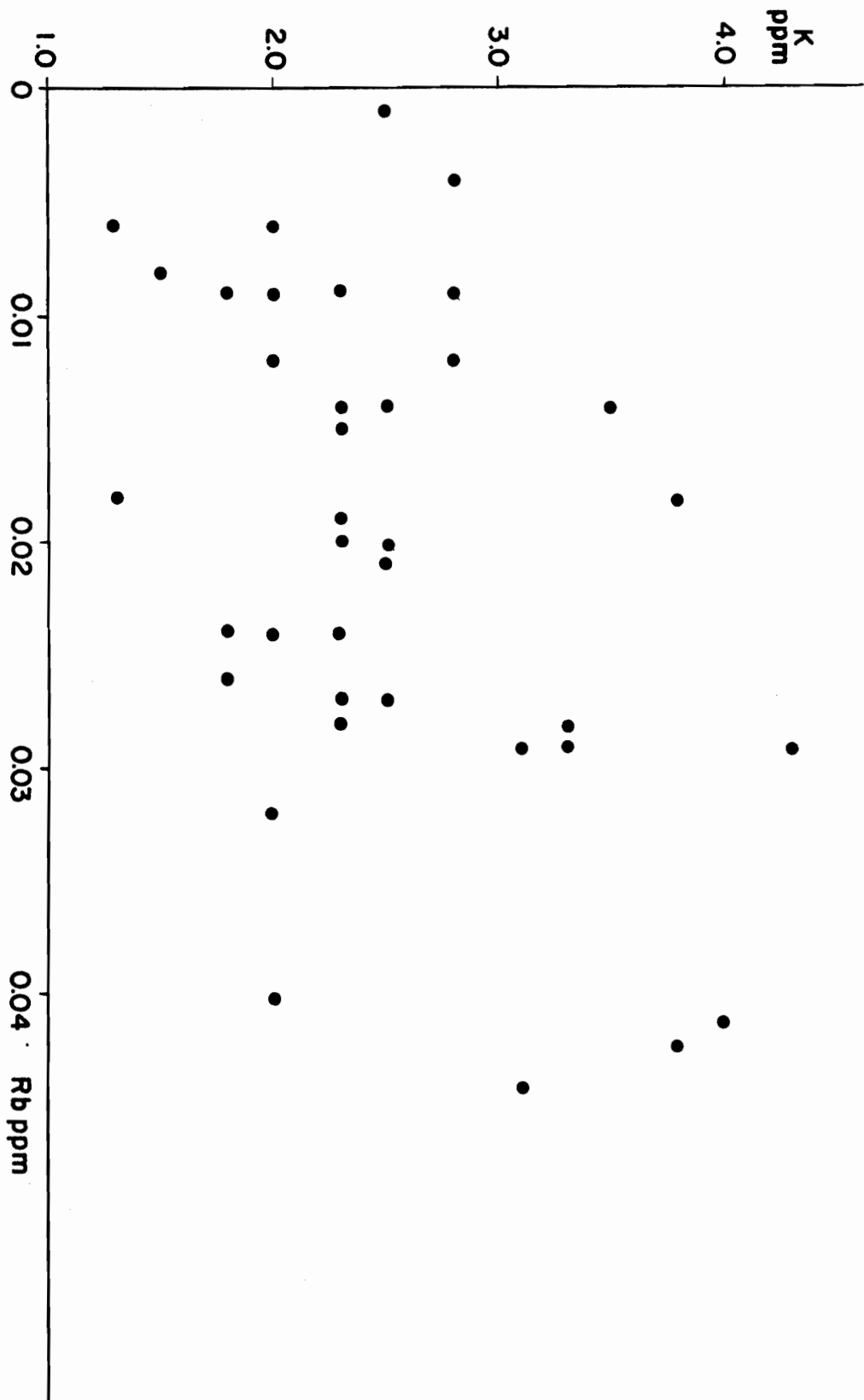
Jarðhitaathuganir í Reykholtssdal
K/Rb í hverum

10.11.65 G.S./Gyða

J-Efnavgr. J-Reykh.

Tnr.139 Tnr.37

Fnr. 7206



$$\left(\frac{K}{Rb}\right)_{sjór} = 1900$$

MYND 17

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

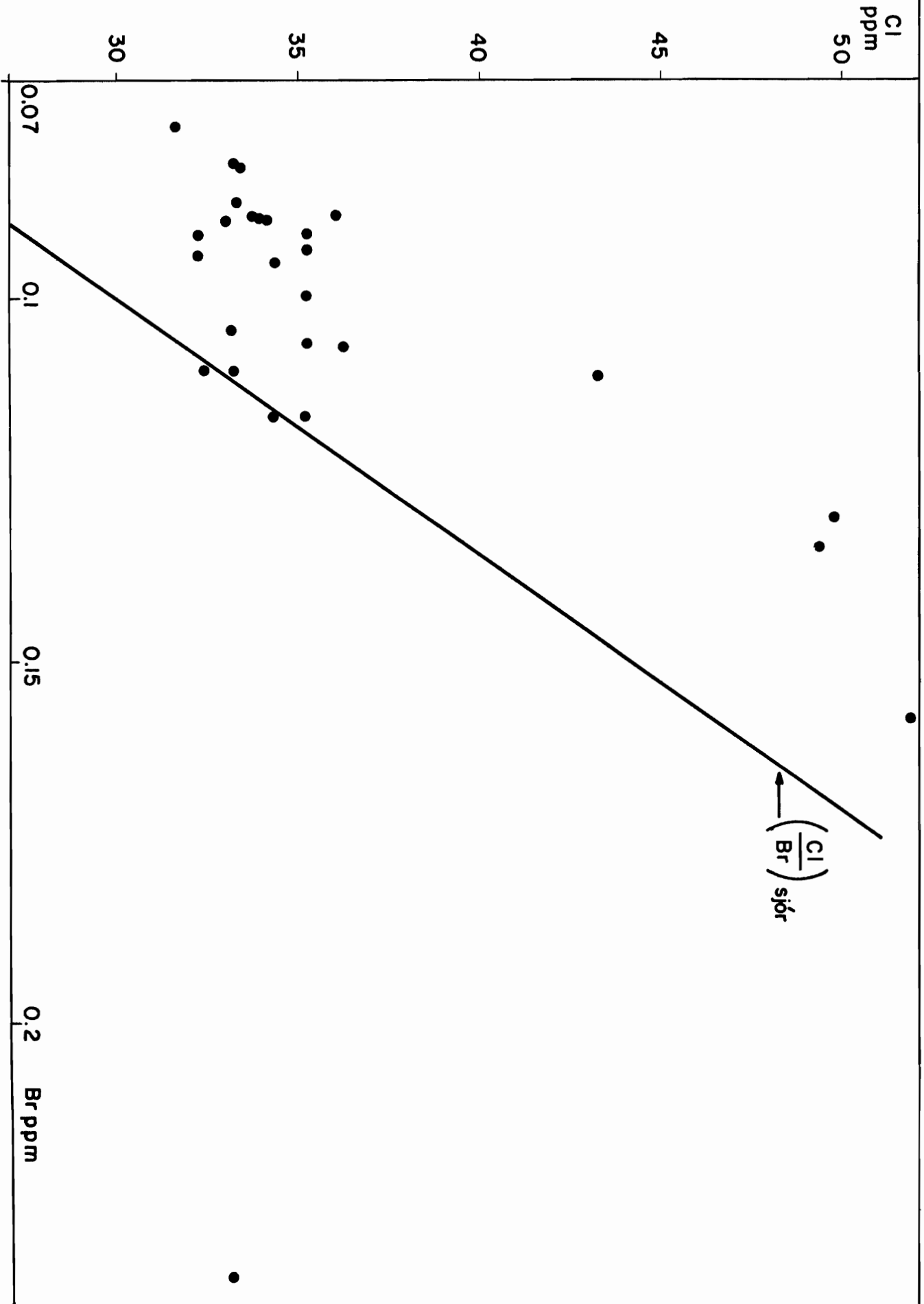
Jarðhitaathugun í Reykholtssdal
Cl/Br í hverum

10.11.65. G.S/Gyða

J-Efnav.gr. J- Reykh.

Tnr. 138 Tnr. 36

Fnr. 7205



MYND 18

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

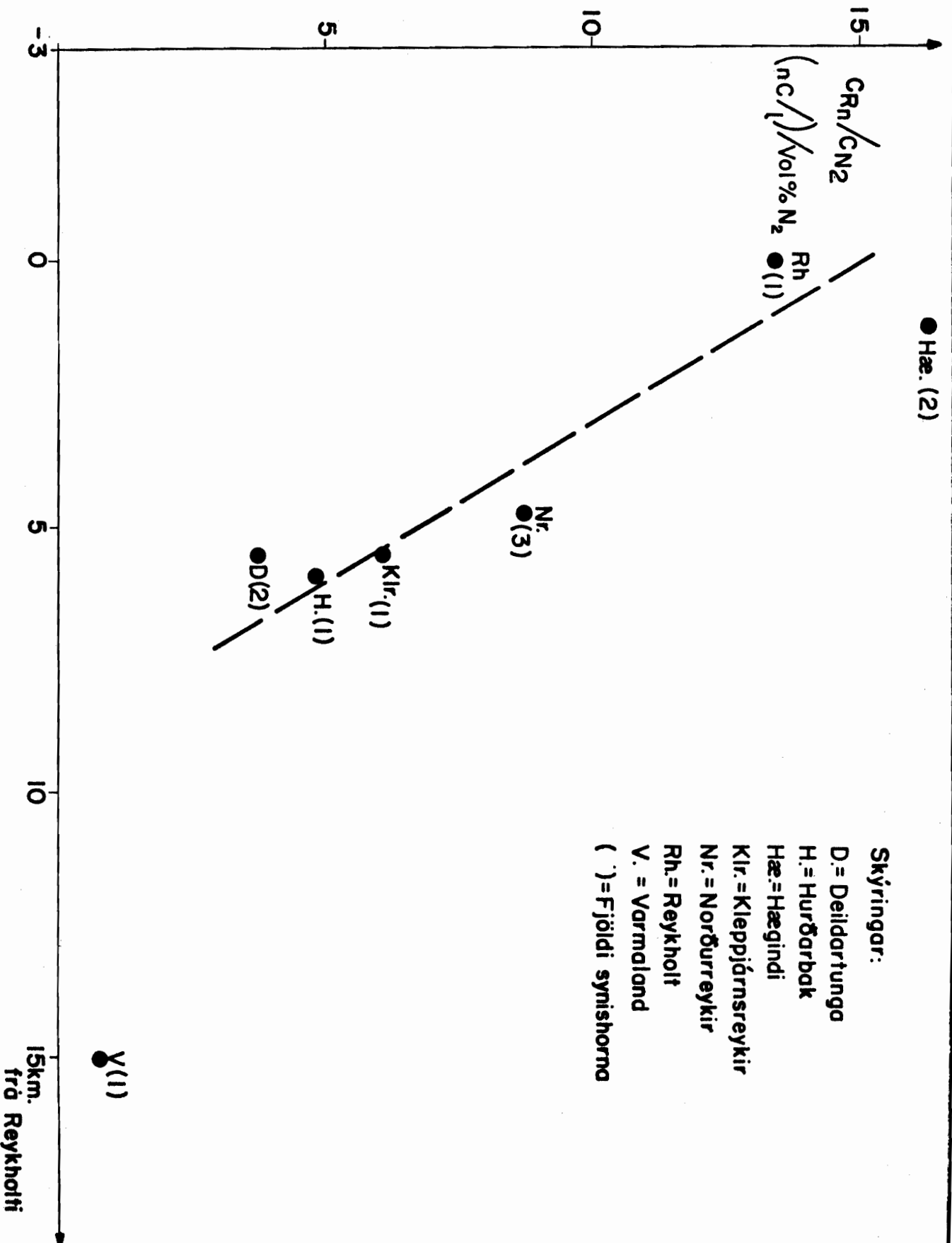
Jarðhitaathuganir í Reykholtssdal
Radon í hverum

2.2.'66 G.S./Ólöf

J-Efnav.gr. J-Reykh.

Tnr. 145 Tnr. 43

Fnr. 7284



MYND 19

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

Jarðhitaathuganir í Reykholtsdal
CO₂ í hverum

25.1.66 G.E./Gyða

J-Efnav.gr. J-Reykh.

Tnr.142 Tnr.40

Fnr. 7209

