

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

JARÐBORANIR OG RANNSÓKNIR Á JARÐHITASVÆÐINU Á  
REYKJANESI VEGNA SJÓEFNAVINNSLUATHUGANA

Stutt skýrslá um framkvæmdir til 31.12. 1968

Janúar 1969

JARÐBORANIR OG RANNSÓKNIR  
Á JARÐHITASVÆÐINU Á REYKJANESI  
VEGNA SJÓEFNAVINNSLUATHUGANA

Stutt skýrsla um framkvæmdir til 31.12. 1968

Jarðboranir og rannsóknir á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi  
vegna sjóefnavinnsluathugana.

Stutt skýrsla um framkvæmdir til 31.12. 1968.

Inngangur

Jarðboranir á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi eru nauðsynlegur liður í þeim athugunum, sem nú fara fram á möguleikum til sjóefnavinnslu er nýti jarðsjó og jarðvarma á Reykjanesi. Tilgangur þessara borana er að afla gagna um jarðhitasvæðið og kanna, hvort forsendur sjóefnavinnslunnar, þ.e. orkumagn og jarðsjór, séu fyrir hendi í nægilegum mæli. Ýmsar undirbúningsrannsóknir hafa þegar verið gerðar á fyrri árum, t.d. efnarannsóknir, kortlagning hrauna og sprungukerfis, þyngdarmælingar, jarðsveiflumælingar o.fl. Ein borhola var og til, 162 m djúp, boruð árið 1956.

Fyrri hluta árs 1968 var ákveðin 3.6 Mkr. fjárveiting úr Orkusjóði til borunar á Reykjanesi. Var ætlunin að boruð yrði ein 1000 - 1400 m djúp hola í því skyni að afla gagna um ástand jarðhitasvæðisins á þessu dýpi. Til þessa verks átti að fá Norðurborinn, en gufubor ríkis og Reykjavíkur var þá bundinn við boranir fyrir Reykjavíkurborg. Nokkur óvissa var þó um, hvenær Norðurborinn yrði laus til þessa verks, vegna borana við Námafjall fyrir gufurafstöð og kísilíðju.

Til að eiga ekki á hættu að fresta yrði öllum borunum á Reykjanesi árið 1968, var upphaflegri boráætlun breytt og ákvörðun tekin um að láta Mayhew-borinn byrja með því að bora eina holu (holu 2), allt að 600 m djúpa, en það er það hámarksdýpi, sem hann ræður við. Þessari holu var lokið sumarið 1968 og varð hún 300 m djúp. Gaf hún verðmætar upplýsingar um efnainnihald jarðsjávar á þessu dýpi.

Síðari hluta sumars komu fram óskir frá iðnaðarmálaráðherra um að borunarframkvæmdum yrði hraðað. Til djúpborunar var þá vart um annað tæki að ræða en gufuborinn og samdist svo um við Reykjavíkurborg, að hún léti borinn af hendi til þessa verks, og hófst borun með honum á Reykjanesi í byrjun nóvember.

Um það var talsverð óvissa, hve mikið þyrfti að bora á Reykjanesi til að hægt væri á sæmilega rökstuddan hátt að svara því, hvort forsendur sjóefnavinnslunnar um orkumagn og jarðsjó væru líklegar til að standast. Í upphafi var ljóst að ein hola myndi ekki svara þessu á fullnægjandi hátt. Þegar ákvörðun var tekin um að láta gufuborinn hefja borun á Reykjanesi og með hliðsjón af þeirri áherzlu, sem lögð var á að flýta rannsóknnum á jarðhitasvæðinu, lagði jarðhitadeild til að gufuborinn yrði látinn bora 2 holur í viðbót í beinu framhaldi af þeirri fyrstu. Hugmyndin var að þessum tveimur síðari holum væri ætlað að gefa sem mest rennsli, og yrðu þær staðsettar og hannaðar í samræmi við það. Ákvörðun var tekin um að bæta þessum tveimur holum við, rétt um það leyti er borun þeirrar fyrstu lauk.

Upphaflega var ætlunin, að fyrsta gufuborsholan (hola 3) yrði staðsett um 300 m NA við aðalgufusvæðið og yrði boruð niður á um 1000 m til þess m.a. að ná vatnssýnishornum og hitamælingum á því dýpi. Henni var valinn staður m.a. með það í huga, að litlar líkur væru á kröftugum gufuæðum á litlu dýpi, er kynnu að torvela dýpri borun. Jafnframt var staðsett önnur gufuborshola rétt við gufusvæðið. Svo fór, að fyrra borstæðið varð ónothæft vegna meitilfestingar rétt áður en gufuborinn skyldi byrja og var þá afráðið að síðara borstæðið yrði valið í staðinn, en jafnframt var ákveðið að halda óbreyttri fyrirhugaðri dýpt holunnar, ef það reyndist hægt.

Um áramóttin var lokið borun á tveimur gufuborsholum (holum 3 og 4) og skyldi sú þriðja (hola 5) boruð í janúar. Lokið var við eins mánaðar prófun á holu 2, og voru gerðar á henni afkastamælingar, hitamælingar og efnagreiningar á vatni og gufu. Hola 3 hafði einnig verið hitamæld og tekin fyrstu vatnssýnishorn, en afkastamæling ekki verið gerð. Í holu 4, sem lokið var við um miðjan desember, hafði einungis verið gerð hitamæling.

Í þessari skýrslu verður gefið yfirlit yfir helztu niðurstöður borana og rannsókna fram að áramóttum.

Yfirlit um boranir á Reykjanesi til 31.12. 1968

Hola	Verktími	Dýpi m	Fóðrun	Botnhiti °C	Afl t/klst. gufa við 4 atg
1	12.4. - 3.7. 1956	162	(20m) 8" 43 m	185	
2	27.6. - 3.9. 1968	301	6" 265 m	225	14
3	14.10. - 22.11. 1968	1166	13 3/8" 41,5 m 9 5/8" 242 m	286	
4	25.11. - 20.12. 1968	1036	13 3/8" 38 m 9 5/8" 246 m		

Prófun og mælingar á holu 2 (301 m djúp).

Gerð var áætlun um prófun á holu 2 í þeim tilgangi að kanna breytingar á rennsli og efnainnihaldi vatnsins með tímanum. Gert var ráð fyrir, að prófunin stæði í 1 mánuð, en henni yrði síðan haldið áfram, ef ástæða þætti til að þeim tíma loknum. Þessi áætlun, sem fylgt var að mestu, fer hér á eftir.

Verkdagur

nr.

- 1 Hitamæling, undirbúningur sýnishornatöku, opnun holu, sýnishornataka, aflestur  $P_O$  og  $P_C$
- 2 Sýnishorn tekin til  $Cl^-$  greiningar. Aflestur  $P_O$  og  $P_C$
- 3 " " " " " " " "
- 4 " " " " " " " "
- 5 " " " " " " " "
- 6 Hitamæling. Sýnishorn fyrir totalgreiningu og gas. Aflestur  $P_O$  og  $P_C$
- 9 Sýnishorn tekið til  $Cl^-$  greiningar. Aflestur  $P_O$  og  $P_C$
- 12 Hitamæling. Sýnishorn fyrir totalgreiningu og gas. Aflestur  $P_O$  og  $P_C$
- 18 Hitamæling. Sýnishorn fyrir totalgreiningu og gas. Aflestur  $P_O$  og  $P_C$
- 24 Hitamæling. Sýnishorn fyrir totalgreiningu og gas. Aflestur  $P_O$  og  $P_C$

Um afl og hitamælingarnar í þessari holu hefur verið samin sérstök skýrsla af Karli Ragnars, og fylgir hún hér með.

Efnagreiningarnar hafa verið gerðar af Sigurði Rúnari Guðmundssyni. Jens Tómasson og Sveinbjörn Björnsson hafa tekið saman skýrslu um efna- og ísótópainnihald vatnsins og hugsanlegan uppruna þess. Eru niðurstöður Sigurðar Rúnars þar með. Skýrsla þeirra fylgir hér með.

Jarðlagasnið hafa verið gerð af holum 2 og 3. Fylgir lýsing á þeim hér með, samin af Jens Tómassyni og Þorsteini Thorsteinssyni.

### Mælingar á holu 3

Enn hafa ekki verið gerðar aðrar mælingar á holu 3 en hitamælingar. Afkastamæling hefur ekki verið gerð enn vegna breytinga, sem gera þurfti á búnaði holunnar. Standa vonir til, að bráðlega verði hægt að gera afkastaprófanir á henni svipað og á holu 2. Línurit yfir hitamælingarnar fylgir hér með (Fnr. 8659).

### Niðurstöður

Helztu niðurstöður þeirra athugana, sem farið hafa fram á Reykjanesi til áramóta 1968 - 1969 eru þessar.

1. Hitamælingar í holu 3 sýna, að hiti svæðisins er vaxandi niður á a.m.k. 1100 m, þar sem hann er um 285°C. Þetta bendir til þess, að aðstreymi frá dýpri jarðlögum sé beint undir jarðhitasvæðinu eða í næsta nágrenni.
2. Efnarannsókn á vatni úr holum 1 og 2 sýnir, að efnainnihald þess er svipað og hveravatns á yfirborði. Enn skortir gögn úr dýpstu holunum (3 og 4).
3. Komið hefur skýrt í ljós í holum 3 og 4 að í a.m.k. efstu 200 m þeirra eru vatnsæðar sem hafa greiðan samgang við sjó. Gera þarf ráðstafanir til að loka vandlega slíkum æðum í áframhaldandi borunum, til að þær trufla ekki rennsli úr holunum.
4. Jarðlagasnið holanna einkennast af mjög þykku túffi og túffseti, sem nær niður á um 1000 m, þar sem þéttara berg virðist taka við. Líkur eru á, að heppilegasta vinnsludýpi svæðisins sé 500-1000 metrar.
5. Aflmælingar hafa enn aðeins verið gerðar á holu 2. Lítið er því hægt að segja enn um afkastagetu holanna, en búast má við að bæði hola 3 og hola 4 reynist góðar vinnsluholur.



Fylgiskjöl

1. Afl- og hitamelingar á nolu 2, Reykjanesi, tímabilið  
21.10.- 23.12.1968  
Eftir Karl Ragnars
2. Efnasamsetning og uppruni jarðsjávar á Reykjanesi og  
jarðfræði borholanna á Reykjanesi.  
Eftir Jens Tómasson, Sveinbjörn Björnsson og Þorstein  
Thorsteinsson.
3. Hitamelingar í nolu 3, Reykjanesi.

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Afl- og hitaælingar á holu 2, Reykjanesi,

tímabilið 21.10. til 23.12. 1968

eftir  
Karl Ragnars

Janúar 1969

Afl- og hitamælingar á holu 2, Reykjanesi,  
tímabilið 21.10. til 23.12. 1968

Tilgangur:

Tilgangur mælinganna er sá að mæla botnhita holunnar, og að mæla afl hennar þegar hún vinnur gegn mótþrýstingi  $p_0$  sem er 4 til 5 atg.

Helztu niðurstöður:

Er mælingar hófust hafði holan verið lokað í u.p.b. 1 mánuð. Áður en holan var opnuð var mældur þrýstingur hennar  $p_0$  (sjá mynd) með einnar stundar millibili í 1 sólarhring, til að kanna hvort flóð og fjara hafi áhrif þar á, (sjá mynd) en svo virðist ekki vera. Síðan var holan hitamæld, en sú mæling gaf botnhita  $225^{\circ}\text{C}$ .

Þá var holan opnuð og blés hún frá 21.10. til 23.12.'68. Á mælingatímabilinu var holan hitamæld 4 sinnum og voru niðurstöður alltaf þær sömu, þ.e. að botnhitinn (300 m) er skömmu eftir snögga lokun um  $194^{\circ}\text{C}$ , sem síðan hitnar ört upp í  $202^{\circ}\text{C}$ . Búast má við, að sá hiti ríki í botni holunnar við blástur. Við þá uppgufun hefur rúmmál blöndunnar aukist u.p.b. 6 sinnum frá því upphaflega.

Fyrstu 15 daga blástursins fer magnið úr holunni hratt minnkandi, en er frá þeim tíma nokkuð jafnt, virðist þó minnka heldur, og er á þessu tímabili 26 til 27 kg/sek, sem er innan ramma þeirrar mælinákvæmni, sem er á mælum.

Framkvæmd og aðferð mælinga:

Mælingar önnuðust Karl Ragnars og Stefán Sigurmundsson. Til rennslisákvarðana var mældur krítiskur þrýstingur í útstreymisopi við mótþrýsting  $p_0$ , sem var 4 til 5 atg. Enthalpy rennslisins ákvarðast af hitamælingunni  $h_0 = 230 \text{ kcal/kg}$ , en hitinn var mældur með Amerada-96. Frá 21.10. til 9.11. var notuð útstreymispípa með þvermáli  $d = 158.0 \text{ mm}$  en frá þeim tíma til 23.12. útstreymispípa með þvermáli  $d = 135,6 \text{ mm}$ . Eru útstreymispípur þessar til hægðarauka kallaðar 6" og 5" pípur.

Þessar mælingar eru svo notaðar til þess að reikna heildarrensli og gufurensli eftir formúlunum:

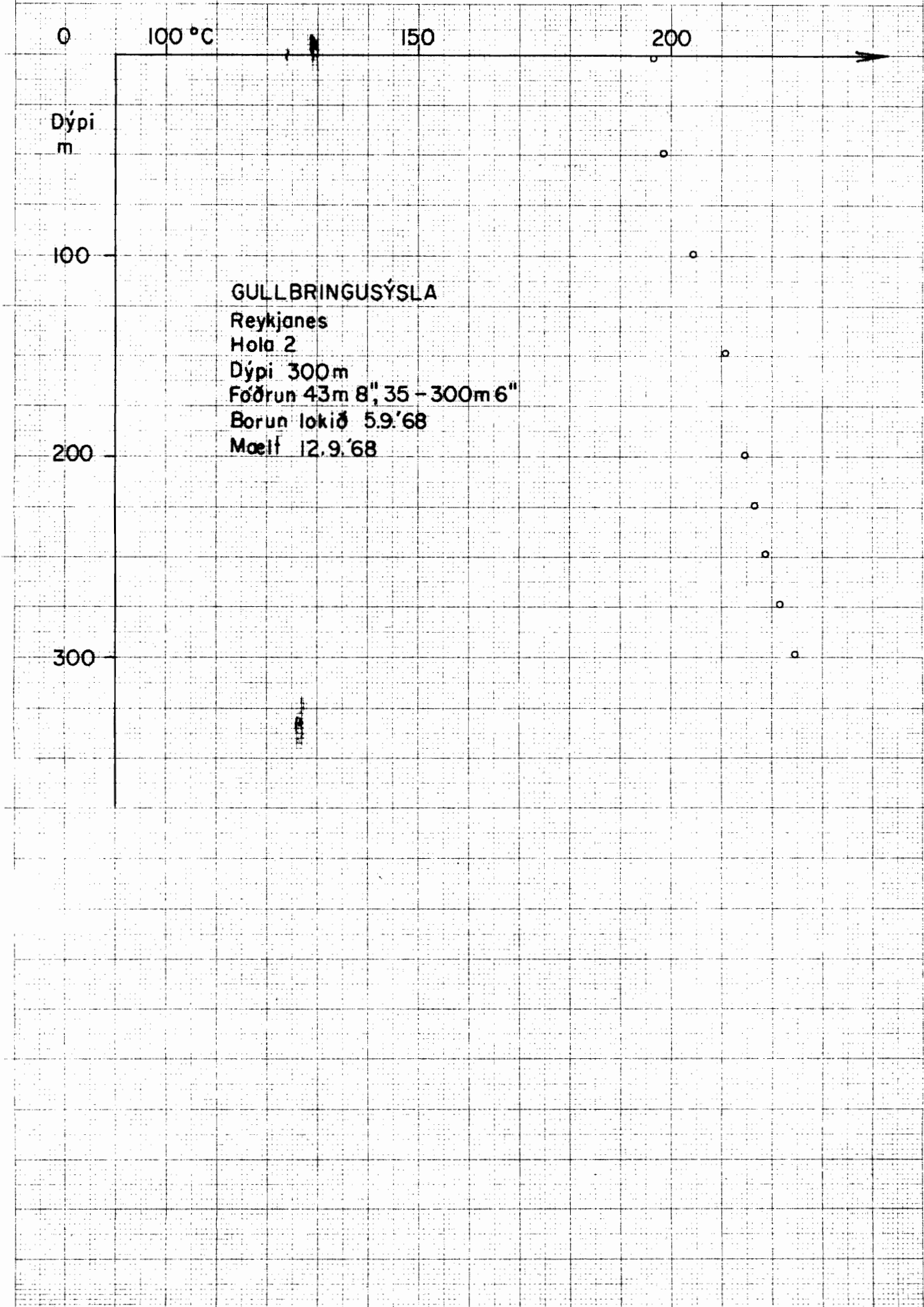
$$M = \frac{3,717 \cdot 10^3 \cdot A \cdot p_c^{0,96}}{h_o^{1,102}}$$

$$G = X_p \cdot M = \frac{h_o - h_p}{L_p} \cdot M$$

En þar tákna:

- M: heildarrensli, Kg/sek
- $h_o$ : enthalpy blöndu kcal/kg
- $h_p$ : enthalpy vatns við þrýsting p, kcal/kg
- $L_p$ : gufunarvarma við þrýsting p, kcal/kg
- $p_c$ : krítískan þrýsting í útstreymisopi, ata.
- A: flatamál útstreymisops, m<sup>2</sup>
- $G_p$ : gufurensli við þrýsting p, kg/sek
- x: þurrstig blöndu (x = G/M)

Hitamæling í borholum



GULLBRINGUSÝSLA

Reykjanes

Hola 2

Dýpi 300m

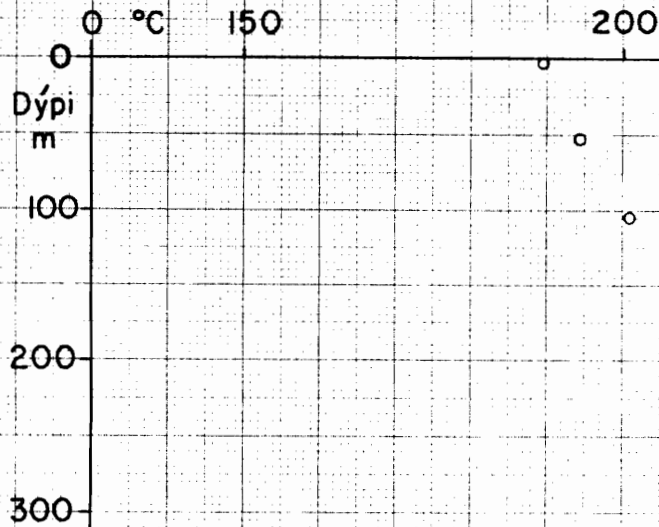
Fóðrun 43m 8", 35 - 300m 6"

Borun lokið 5.9.'68

Mælf 12.9.'68

HITAMÆLING

Hitamælingar í borholum



GULLBRINGUSÝSLA

Reykjanes

hola 2.

Dýpi 300 m

Fóðring 43 m 8", 35-300 m 6"

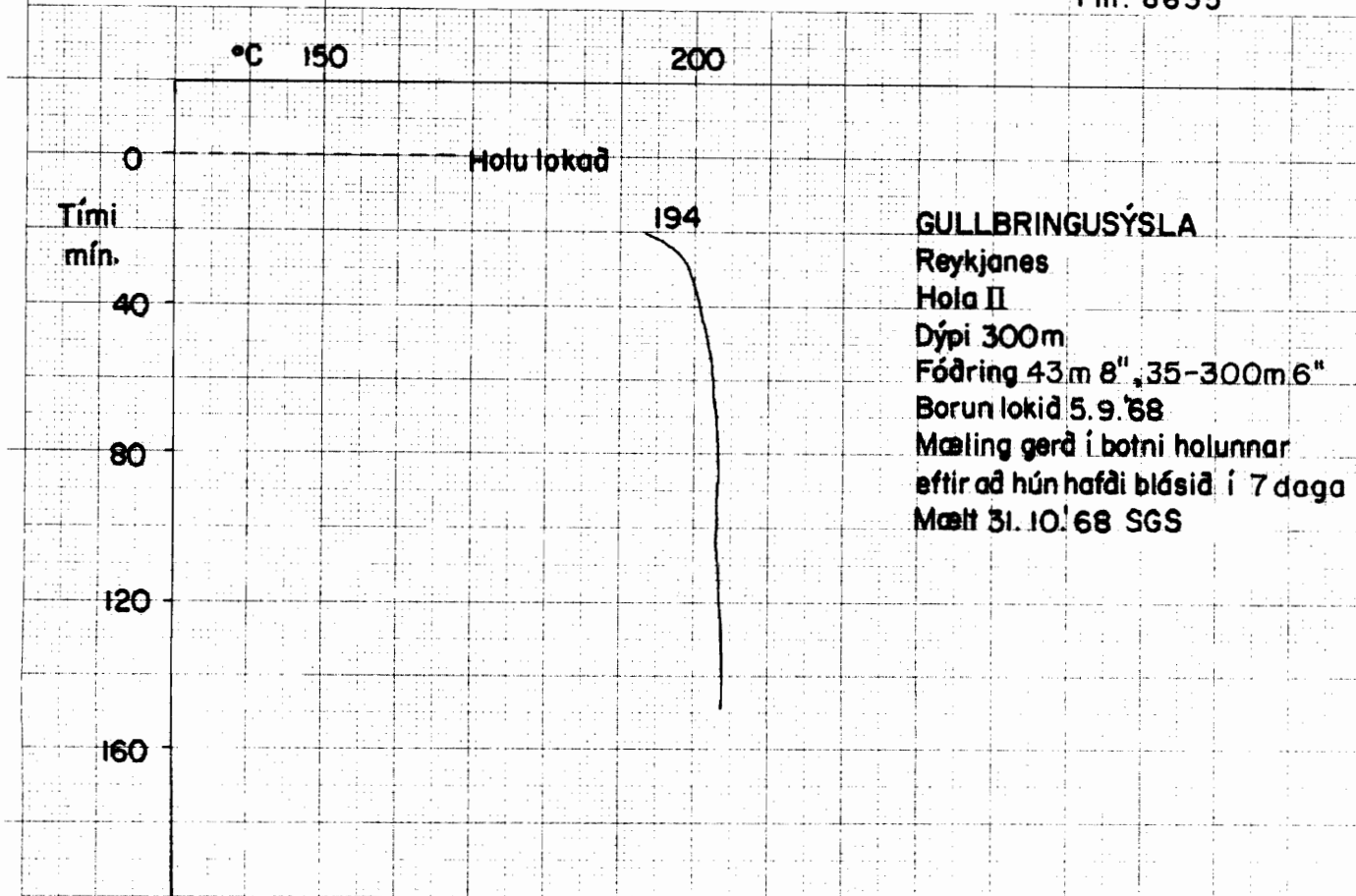
Borun lokið 5.9.68

Mælt er hola hafði verið lokið í 1.mánuð.

Mælt 19.10.68

K.R.

Hitamæling í borholum



GULLBRINGUSÝSLA

Reykjanes

Hola II

Dýpi 300m

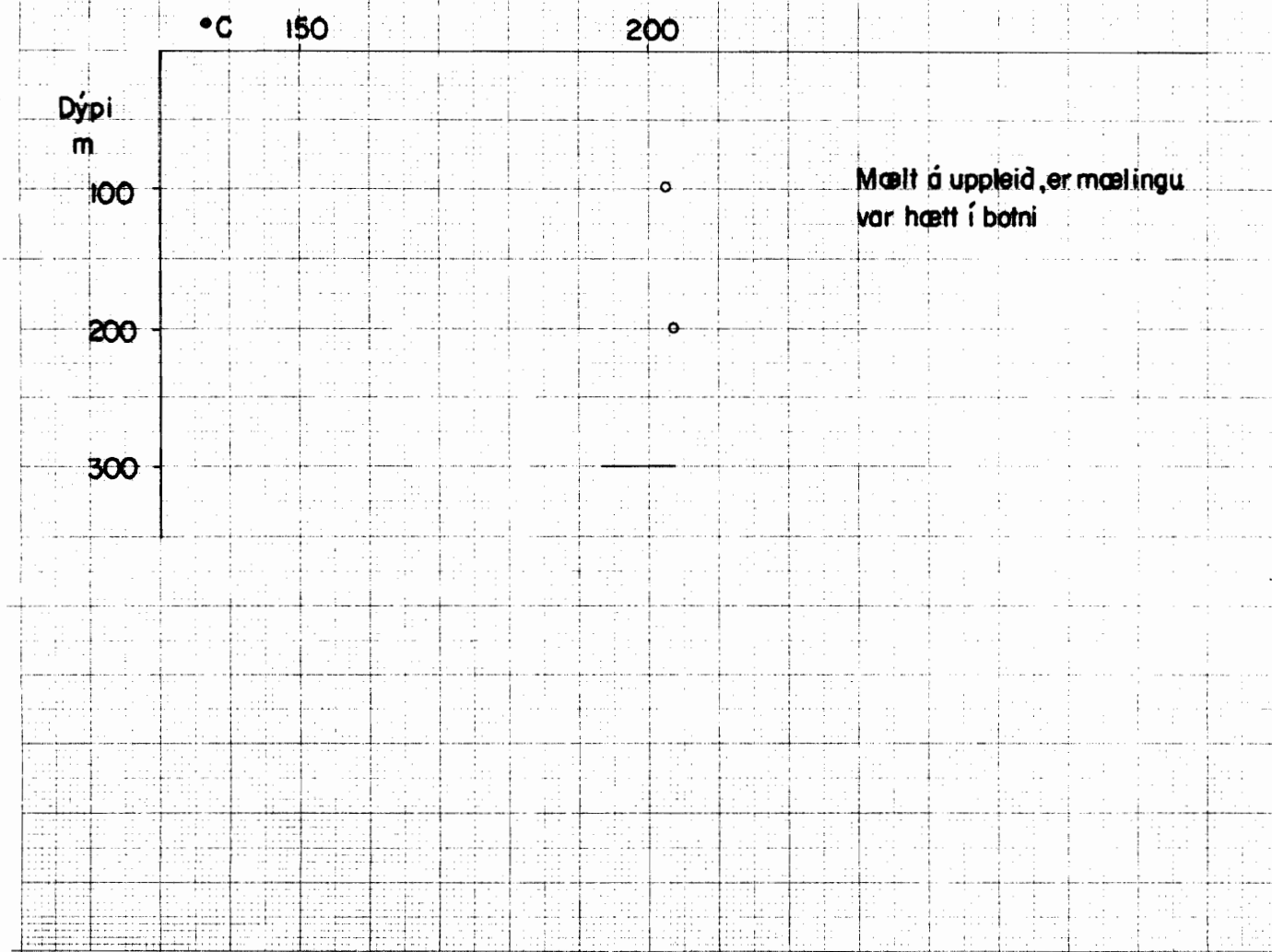
Fóðring 43m 8", 35-300m 6"

Borun lokið 5.9.68

Mæling gerð í botni holunnar

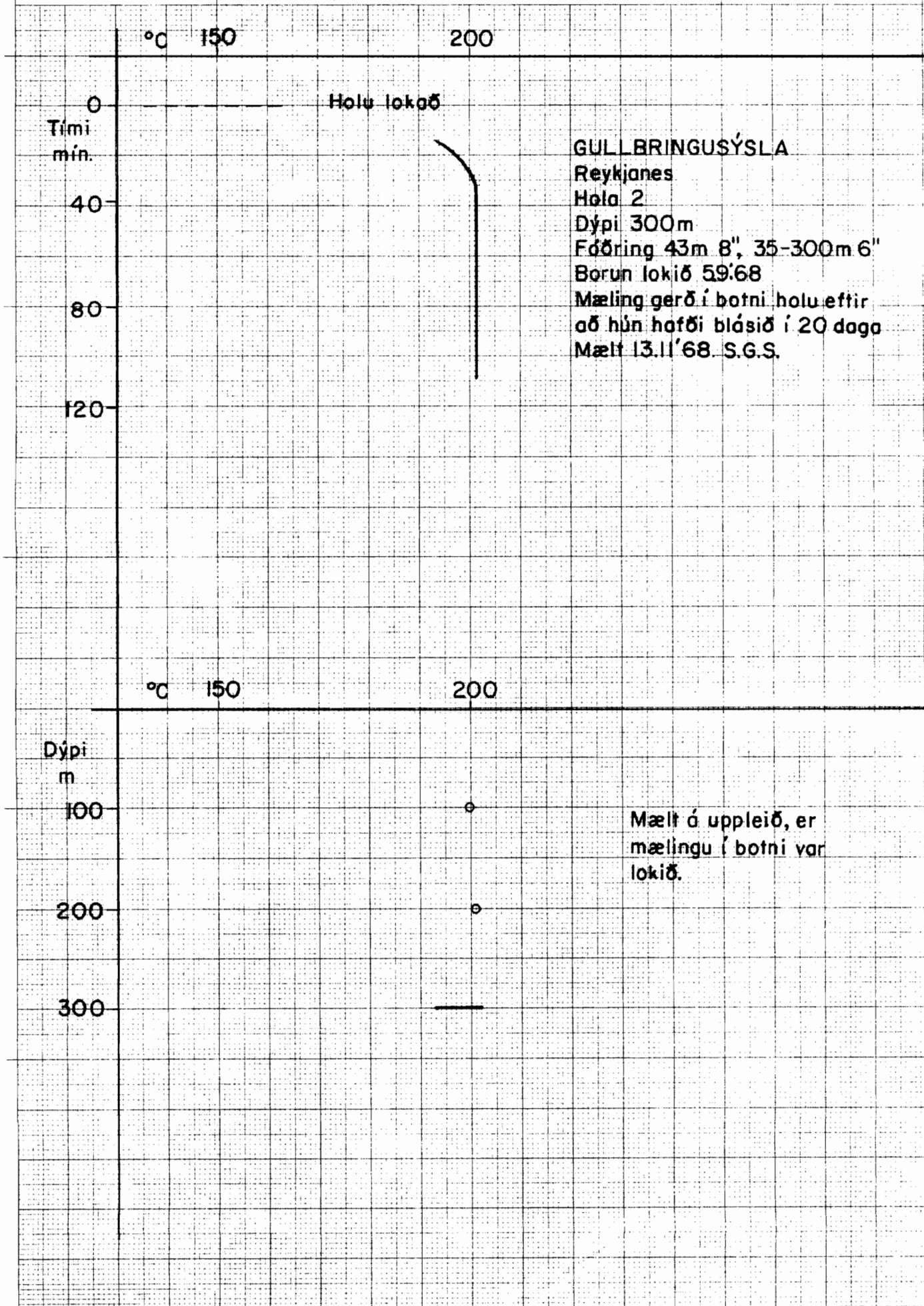
eftir að hún hafði blásið í 7 daga

Mælt 31.10.68 SGS



Mælt á uppleid, er mælingu var hætt í botni

Hitamæling í borholum.



12.12.68. S.G.S./E.K.



Hítamæling í borholum

°C 150 200

0  
Tími  
min.

Holu lokið

40

80

120

GULLBRINGUSÝSLA

Reykjanes

Hala 2

Dýpi 300m

Fóðring 43m 8" 35-300m 6"

Borun lokið 5.9.'68

Mæling gerð í botni holu eftir  
að hún hafði blásið í 28 daga

Mælt 21.11.'68. S.G.S.

°C 150 200

Dýpi  
m

100

200

300

Mælt á uppleið, er  
mælingu í botni var  
lokið.

### Þrýstimæling á borholum

11.12. '68 S.G.S./I.S.

Tnr.17. Tnr.630

J-Reykjan. J-hitam.

Fnr. 8653

#### GULLBRINGUSÝSLA

Reykjanes

Hola 2

Dýpi 300 m

Fóðring 43 m 8", 35-300 m 6"

Borun lokið 5.9. '68

Aflestur á þrýstingi Po yfir

tímabilið 14.11. kl. 12<sup>00</sup> -

15.11. kl. 12<sup>00</sup> Ó.S.

Árdegisháflæði Grindavík

14.11. '68 kl. 11.52.

15.11. '68 - 12.37

Teiknað eftir niðursföðu Ó.S.

6.12. '68 S.G.S.

kg/cm<sup>2</sup>

klst.

12

10

08

06

04

02

24

22

20

18

16

14

12

15.11. '68

14.11. '68

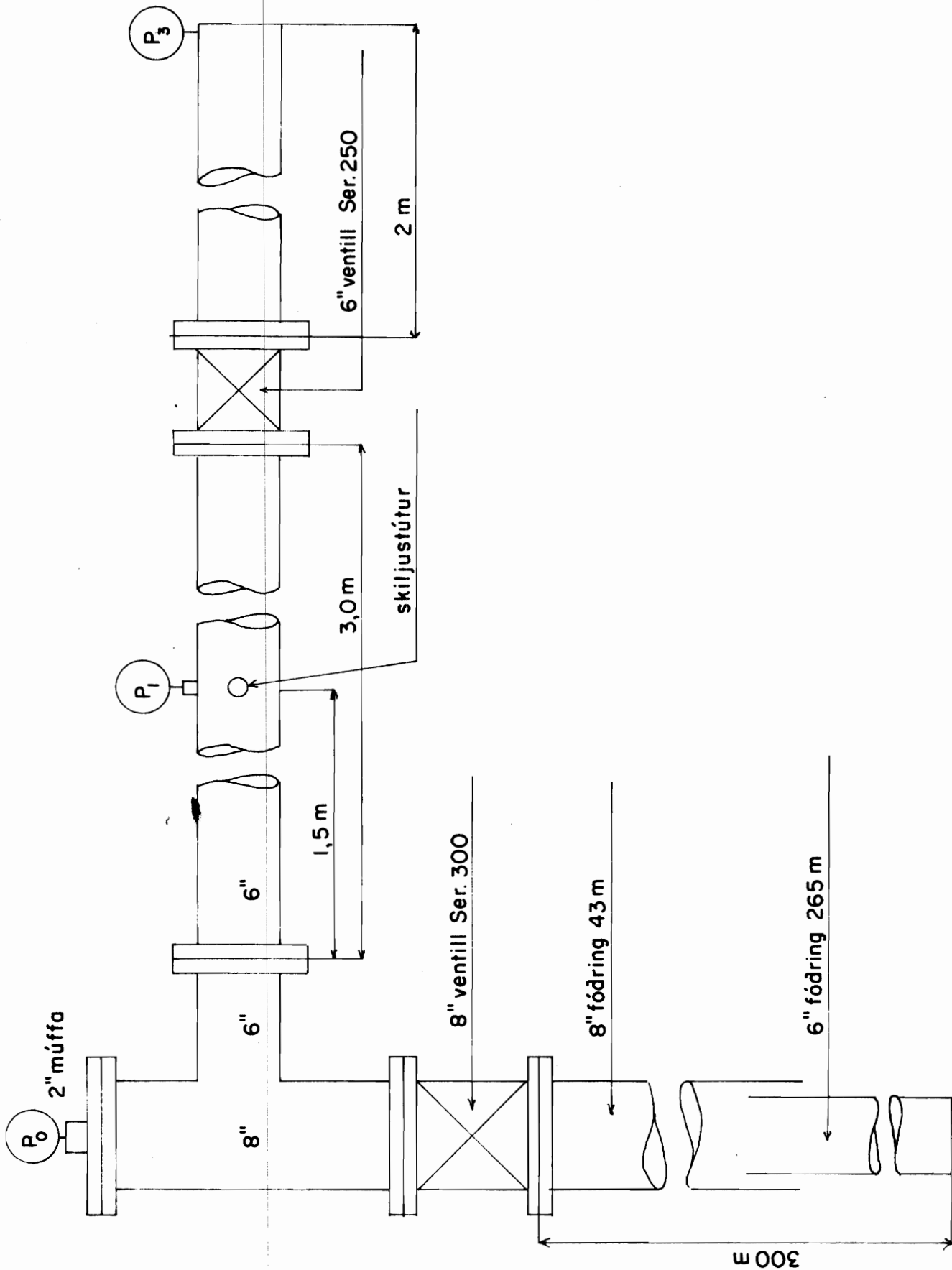
13,8

13,7

13,6

13,5

Holuútbúnaður á holu 2 Reykjanesi



ORKUSTOFNUN Jarðhitadeild

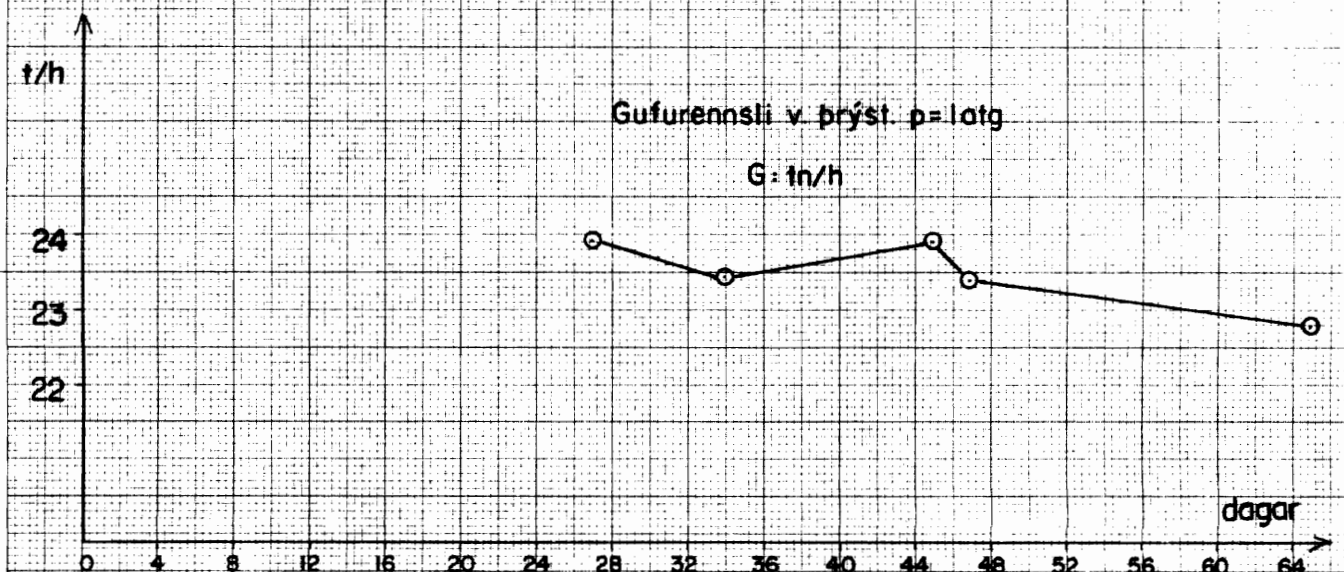
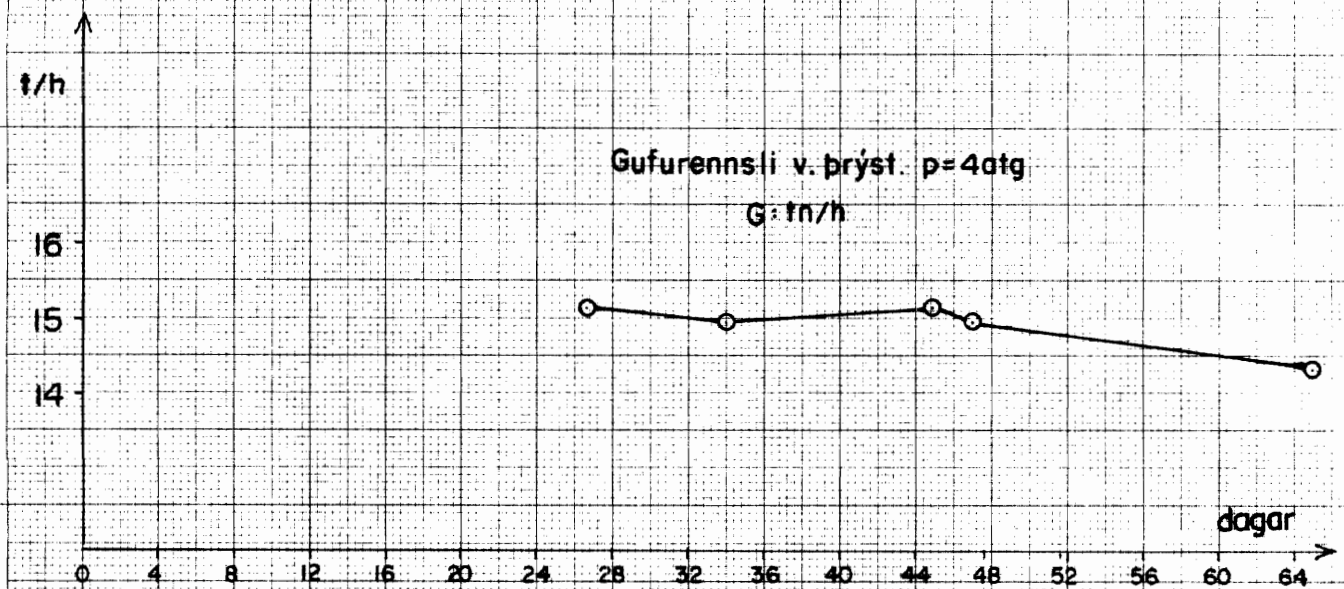
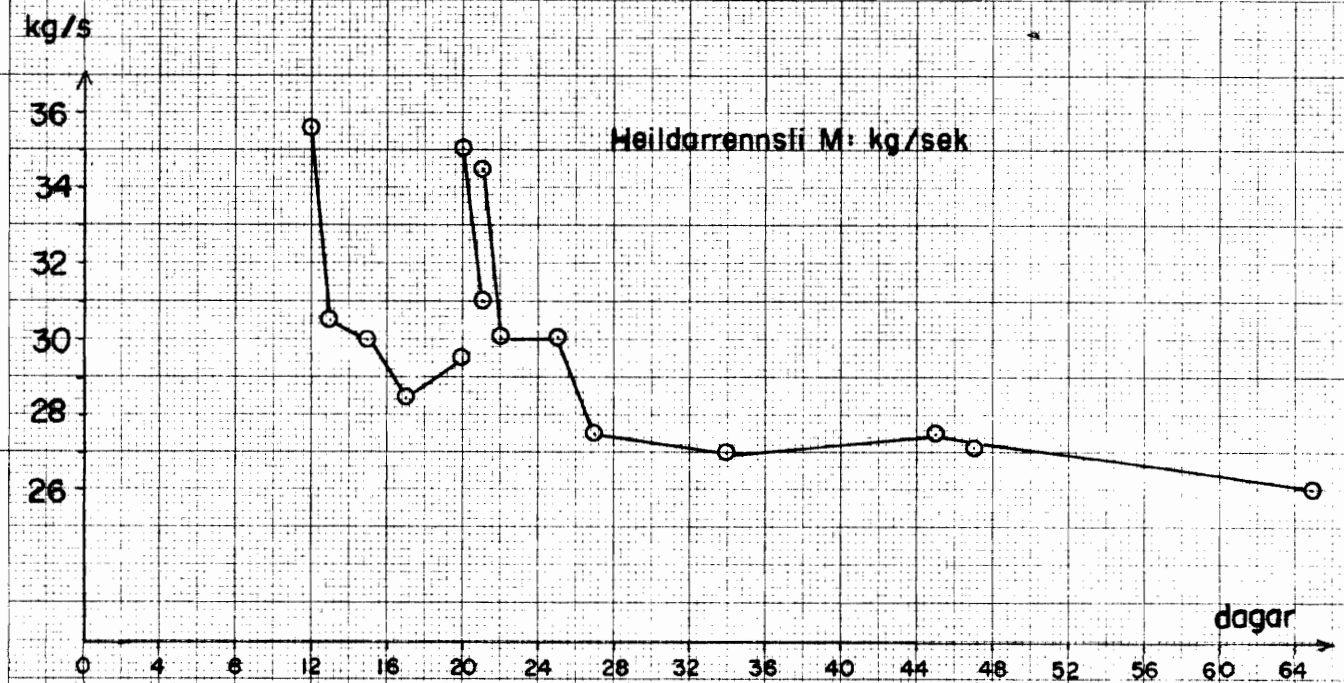
Aflmæling á holu 2 Reykjanesi

7.1.'68 KR/e

J-Reykjan. J-Aflm.

Tnr.24 Tnr.7

Fnr. 8683



37/2000 523 A4 1.1.1 m

Reykjanes, hola 2

	P <sub>0</sub> atg	P, atg	P <sub>C</sub> atg	útstr.op	M kg/sek	G(4 atg) t/h	G(1 atg) t/h
19.10.	hitam.						
30.10.	hitam.	-	0,84	6"	35,5	19,7	30,8
1.11.		2,4	0,57	6"	30,5	16,9	26,5
3.11.		2,4	0,53	6"	30,0	16,6	26,0
5.11.		2,4	0,48	6"	28,5	15,8	24,9
8.11.		2,4	0,52	6"	29,5	16,4	25,6
8.11.		3,1	0,80	6"	35,0	19,4	30,5
9.11.		2,4	0,60	6"	31,0	17,2	27,0
9.11.	5" útstr.op	4,5	1,50	5"	34,5	19,2	30,0
10.11.		3,8	1,15	5"	30,0	16,6	26,0
13.11.	hitam.	4,0	1,15	5"	30,0	16,6	26,0
15.11.		4,0	1,00	5"	27,5	15,2	24,0
21.11.	hitam.	-	-	-	-	-	-
22.11.		4,0	0,96	5"	27,0	15,0	23,5
3.12.		-	1,00	5"	27,5	15,2	24,0
5.12.		-	0,96	5"	27,0	15,0	23,5
23.12.		-	0,85	5"	26,0	14,4	22,9

EFNASAMSETNING OG UPPRUNI  
JARÐSJÁVAR Á REYKJANESI

OG  
JARÐFRÆÐI BORHOLANNA  
Á REYKJANESI

eftir

Jens Tómasson, Sveinbjörn Björnsson og Þorstein Thorsteinsson

EFNISYFIRLIT

		bls.
Efnagreiningar og túlkun þeirra	(J.T. og Sv.B.)	1
Uppruni jarðhitavatnsins	(J.T.)	6
Jarðfræði borholanna á Reykjanesi	(J.T. og Þ.Th.)	11

Efnasamsetning og uppruni jarðsjávar á Reykjanesi

Efnagreiningar og túlkun þeirra

Tafla I sýnir niðurstöður efnagreininga á vatni úr holu I og hvernum Geysi. Er önnur greiningin úr Geysi gerð af T.F.W.Barth árið 1937 en hin af jarðhitadeild eftir jarðskjálftann 1967. Hveravatnið er tekið við 100°C eða nokkru lægri hita. Vatnið hefur þó án efa verið heitara, er það var á meira dýpi og hefur kólnað við varmaleiðslu, blöndun við kaldara vatn og suðu á uppleið. Þar sem ekki er vitað, hvernig kólnunin átti sér stað, er ekki hægt að segja náð til um gerð djúpvatns út frá þessum sýnum. Ef engin blöndun hefur orðið og vatnið kólnað eingöngu við varmaleiðslu, ætti magn efna að vera svipað og í djúpvatni. Sama gildir, ef vatnið kólnar við suðu en gufan þéttist aftur í vatnið. Tapist hins vegar gufa við suðu, eykst magn efna í vatninu, sem eftir verður. Kólni 300°C heitt vatn í 100°C eingöngu við suðu og tapi það allri gufunni, eykst magn uppleystra efna um 1,6 sinnum.

Ekki er vitað um þrýsting og hita, þegar sýni voru tekin úr holu I 1958, en sýni tekið í sept. 1968 var tekið við 1 atm og 100°C. Nokkur munur er á magni efna í þessum sýnum, en hann er einkum fólgin í mismunandi styrkleika upplausnarinna og bendir það fremur til mismunandi aðstæðna við sýnatöku en breytinga í samsetningu vatnsins. Af þessum greiningum verður því að telja efnagreiningu frá sept. 1968 áreiðanlegasta. Hiti innstreymis er ekki þekktur og því ekki unnt að reikna magn efna í djúpvatni frá þessari greiningu.

Í töflu II eru sýndar nokkrar efnagreiningar úr holu II. Innstreymishiti vatns í þessa holu er um 224°C. Þessi sýni eru öll tekin við 1 atm og 100°C. Blés holan stöðugt milli mælinga og selta og kísilsýra vatnsins fara vaxandi með tíma.

Virðist holan ekki enn hafa náð fyllilega stöðugu magni uppleystra efna, sem búast má við í djúpvatni. Ef leiðrétt er magn uppleystra efna vegna gufutaps við suðu vatnsins frá 224°C í 100°C þarf að deila í magn mælt við 100°C með 1,3 til þess að finna magn uppleystra efna í djúpvatninu, 224°C heitu. Þetta er gert fyrir sýni frá 29.10. og 22.11. '68 og eru niðurstöður í Töflu III. Er þar borin saman samsetning djúpvatnsins úr holu II við samsetningu sjávar. Sé klórmagn í djúpvatninu 22.11. borið saman við klórmagn í Geysi 1967 sést, að munur er aðeins 5%. Bendir þetta til þess, að vatn hversins hafi ekki tapað verulegri gufu á uppleið sinni.

Efnahlutföll vatnsins eru allt önnur en í sjó. Helztu breytingarnar eru þessar: Magnesium og sulfat hafa nærri horfið úr vatninu, kalsium hefur vaxið nærri að sama skapi og magnesium hefur minnkað, kalium hefur vaxið (sjá töflu I og II). Magnesium hverfur inn í leirminerala og virðist samtímis leysast upp kalsium úr berginu. Ekki eru þessi jóna-skipti þekkt nákvæmlega, nema hvað þessi breyting á Ca/Mg-hlutfallinu verður alls staðar á setvatns svæðum. Í töflu I, II og III er reiknuð út hlutfalls tala allra efna (n) miðað við sjó, þannig að  $n = \frac{\text{magn í sýni}}{\text{magn í sjó}}$ . Þetta er gert til að auðvelda samanburð á milli sýna. Na/K-hlutfallið er háð hita og minnkar með vaxandi hita, og er því kalimagnið líklegt til að vaxa með dýpi. Kalsium vex með auknu magni af uppleystum efnum, svo það má einnig vænta aukins magns af kalsium með dýpi. Uppleysanleiki kalsiumsúlfats minnkar með vaxandi hita, og gæti því súlfatið fallið út sem kalsiumsúlfat. Einnig kemur til greina að súlfatið reduserist til brennisteins vetnis og það leysi svo járn úr berginu og falli svo út sem járn-súlfíð (pýrit).

Holum III og IV hefur enn ekki verið hleypt upp og því ekki til ómenguð sýni af djúpvatni þeirra. Verður beðið með efnagreiningar, unz þær hafa hreinsað út skolvatn, sem í berginu situr.



Tafla I

Dags.	Sjór	Reykjanes, hola I 4.9. 1958	Reykjanes, hola I 20.6. 1958	Reykjanes, hola I sept. 1968	Reykjanes, Geysir sept. 1967	Reykjanes, Geysir 2.10. 1967
		n	n	n	n	n
Ph		6,7	6,5		5,0	5,4
SiO <sub>2</sub>	p.p.m	543	912	130	(138,8)	388,4
Cl	"	18980	27400	1,54	28634	26840
F	"	1,3	0,54	-	1,5	1,15
SO <sub>4</sub>	"	2649	128	0,05	0,07	0,10
HCO <sub>3</sub>	"	140	5,0	0,04	-	-
CO <sub>3</sub>	"	0	-	-	-	-
Br	"	65	98	1,49	108	1,66
I	"	0,05	0,5	60,0	0,6	12,0
B	"	4,6	13,0	2,8	13	2,8
Li	"	0,1	7,4	74,0	8,3	83,0
Na	"	10560	13800	1,32	15020	1,43
K	"	1380	1920	5,08	1740	4,58
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	"	-	-	-	-	-
Ca	"	400	2200	5,5	2165	5,4
Mg	"	1272	45	0,03	23	0,02
Sr	"	13,3	15,0	1,13	-	-
Fe	"	0,02	0,25	12,5	-	-
Mn	"	0,01	0,05	5	-	0,4
Al	"	1,9	0,66	0,55	-	-
Steinefni		34475	47500	1,36	50970	1,48
					47500	1,58
					46000	1,33

$n = \frac{\text{magn í sýni}}{\text{MAGN Í SJÓ}}$  → góður samantektur milli  $\Sigma +$  og  $\Sigma -$  leiklu

Heiðar, línd. 1.02

Tafla II

Sýni frá holu II, Reykjanesi

Dags.	22.10.'68	29.10.'68	8.11.'68	15.11.'68	22.11.'68
SiO <sub>2</sub> P.P.m	478	541	77	543	77
Cl	26750	30600	1,6	30300	1,6
PO <sub>4</sub>	0,17	0,11	0,37	0,45	0,60
NO <sub>3</sub>	0,06	0,03	0,12	0,03	0,12
Na	14000	15660	1,49	15523	1,47
K	1984	2152	5,7	2130	5,4
Ca	2200	2630	6,7	2625	6,7
Mg	18.2	0,010	28	0,022	7,2
				20.6	0,016
				17050	1,46
				2190	5,4
				2563	6,4
				24	0,019
				608	87
				33000	1,8

$$n = \frac{\text{magn í sýni}}{\text{magn í sjó}}$$

Tafla III

Efnagreining vatnssýna frá holu II, Reykjanesi

Dagsetning	29.10. 1968		22.11. 1968	
	Samsetning vatns- fasa við 100°C	Samsetning djúpvatnsins	Samsetning vatns- fasa við 100°C	Samsetning djúpvatnsins
pH	6,8	n	6,7	n
SiO <sub>2</sub> p.p.m	541	77,2	408	58,4
Cl	30600	1,60	23200	1,17
Na	15660	1,49	11820	1,12
K	2192	5,7	1670	4,5
Ca	2630	6,7	2000	5,0
Mg	28	0,022	22	0,018
NO <sub>3</sub>	0,03		0,02	
PO <sub>4</sub>	0,11		0,08	
			608	87
			33000	1,8
			17050	1,61
			2350	6,1
			2880	7,2
			24	0,019
			459	65,7
			25200	1,33
			12940	1,23
			1780	4,67
			2180	5,45
			18	0,014

$$n = \frac{\text{magn í sýni}}{\text{magn í sjó}}$$

Tvenns konar tilgátur (hypotesur) eru til um hitagjafann á háhitasvæðum. Það er að vatnið sé hitað upp af magma innskotum eða að vatnið sé hitað upp af venjulegum varmastraumi jarðar, en til þess að ná þannig þeim hita, sem er á vatninu á Reykjanesi, þá þyrfti vatnið að hafa farið niður á 3-6 km dýpi og síðan komið mjög hratt upp aftur. Seltuaukningin á jarðhitavatninu á Reykjanesi getur orðið með tvennu móti og er líklegt að hvoru tveggja sé virkt. Í fyrsta lagi eykst saltmagnið við uppgufun því saltið fer ekki í gufufasann, enda er uppgufun á sjó notuð við saltvinnslu. Á svæðinu eru tvenns konar hverir, saltir vatnshverir og gufuhverir og þéttivatn þeirra, sem innihalda ekkert salt. Aukning á saltmagni vatnsins vegna uppgufunar hlýtur því að eiga sér stað, þar sem uppgufunin sést á svæðinu. En erfitt er að gera sér fyrir stærð hennar, því þó að hægt væri að mæla gufuna sem gufar upp af svæðinu, þá er ekkert vitað um vatnsmagn svæðisins (sjó) og hve langan tíma það er um kyrrt á jarðhitasvæðinu. En með ísotópamælingum á vatninu er hægt að segja til um, hve mikil suða hefur verið, því við suðu greinist vatnið eftir ákveðnum lögmálum. Í öðru lagi eykst saltmagn jarðhitavatnsins þannig, að jarðlögin virka sem síur, þ.e.a.s. þau hleypa í gegnum sig vatnsmólikúlum, en halda eftir saltmólikúlum (jónum). Það eru einkum set og tuff, sem virka sem slíkar síur. Hugmyndin að því að jarðlögin virki sem síur er komin fyrst fram til að skýra mjög saltan lút, sem finnst oft á olíusvæðum, oft er selta vatnsins 5-10 föld á við sjó. Þessi salti lútur finnst fremur djúpt á olíusvæðum, á 3000-5000 m dýpi, en grynna finnst oft vatn, sem er með miklu minni seltu en sjór. Jarðfræðilegar aðstæður á þessum svæðum benda til þess, að þessi selta stafi frá innilokuðum sjó. Þegar setið sezt til í sjó, inniheldur það mikinn sjó, til að byrja með er sjór upp í 60% af þunga setsins, en eftir því sem setið færir niður á við þrýstist vatnið úr setinu og á því dýpi, sem lúturinn finnst, er vatnið aðeins orðið 2-3%. Ef við þessa útpressun á vatni pressast meira vatn en salt er fundinn mekanismi sem gæti skýrt að minnsta kosti að einhverju leyti hvernig saltaukningin á sér stað.

Nokkrar tilraunir með að pressa sjó og mismunandi salt-  
blöndur úr leir minerölum og fínkornóttum setum.

(Von Engelhart 1961, Von Engelhart og Gaide 1963, Degenisis  
og Chilinger 1967)

Við þessar tilraunir kom það fram, að við tiltölulega  
lítinn þrýsting varð lögurinn, sem þrýst var út úr leir-  
klumpnum saltari en lögurinn, sem var fyrir, en við hærri  
þrýsting varð lögurinn sem þrýst var út úr leirminerölum og  
þeim mun minna saltur eftir því sem þrýstingurinn jókst.  
Nú er vatn, sem bundið er í leir mjög lítið hreyfanlegt og  
því holrúmsvatnið í leirsetunum ekki líklegt að skapa þann  
salta lút á olfusvæðum, enda er vatnið mest í sandsteinslög-  
um. Hefur því oft verið lítið á leirminerallögin sem hálf-  
síur, sem hleypi vissum jónum í gegn, en haldi eftir öðrum.

White (1965) gerði eftirfarandi módel af saltaukningu í  
setvatni. Leirlög í setbunkanum virka sem hálf síur, það er  
ákveðnir jónar fara í gegnum þau, en aðrir verða eftir  
fyrir neðan þau. Hann gerði ráð fyrir að leirlögin hefðu  
negativa hleðslu og drægju því til sín pósitiva jóna eins og  
natríum og magnesíum en kalsíum í minna mæli. En spennu-  
munurinn helzt konstant ofan og neðan við leirlagið því  
fyrir hverja pósitiva hleðslu (jón), sem sleppur í gegn, þá  
klofnar eitt vatnsmolíkul og fer  $H^+$  jónin niður fyrir síuna,  
en  $OH^-$  fyrir ofan síuna. Einnig ættu hlaðnar agnir eins og  
 $CO_2$  að komast í gegnum slíka síu, mun því saltmagnið aukast  
fyrir neðan síuna. Þessi síu hypotesa er bæði byggð á til-  
raunum og því sem sést í náttúrunni. Þessar síur eru aldrei  
fullkomnar svo að í náttúrunni sleppa eitthvað af anjónum í  
gegnum síurnar svo síunin verður aldrei alger. Eftir til-  
gátu White's ætti að vera tvenns konar vatn í setum. Það vatn  
sem verður eftir fyrir neðan jarðlagasíurnar hefur meira salt-  
magn en sjór (filter concentrated water). Vatn, sem finnst  
djúpt á olfusvæðum er þá slíkt vatn. Þetta vatn er mjög  
magnesíum fátækt en kalsíum ríkt og vex kalsíum með magninu  
af uppleystum efnum á kostnað natríums. Kalsíumaukningin  
gæti að nokkru leyti verið skýrð af því að kalsíum væri minna

móbilt en natrium yrði því frekara eftir fyrir neðan jarð-  
síurnar en natrium. En hvarfið af magnesíum er vegna jóna-  
skipta í leirminerölum og karbonati (kólomesjón) og losast  
þá ef til vill einnig kalsíum. Klór er aðal anjóninn í slíku  
vatni. Einnig ætti að vera til síað vatn á olfusvæðum, ætti  
það að innihalda tiltölulega mikið Na, CO<sub>2</sub>, B, S og vera mun  
minna salt en sjór. Nú verða jarðlögin gropnari eftir því  
sem ofar dregur og mundi því slíkt síað vatn verða fljótt  
blandað með venjulegu grunnvatni og því erfiðar að þekkja  
slíkt vatn. Þó telur White (1965) að svo kallað karbonat  
vatn, sem finnst oft á milli 1000-6000 m dýpis á olfusvæðum,  
geti verið slíkt vatn en blandað grunnvatni og sé karbonatið  
frá CO<sub>2</sub>, sem hefur sloppið í gegnum síurnar. Á olfusvæðum  
er vatnið, sem er fyrir ofan 400 m minna salt en sjór, en það  
sem er fyrir neðan meira salt en sjór og eykst saltmagnið  
eftir því sem neðar dregur.

Heimildarit

Degenisis, E.T. og Chilinger, G.V. 1967: Diagenesis of subsurface waters. - Diagenesis in sediments, Elsevier, Amsterdam, London.

Engelhart, Wolf, 1960: Zum Chemismus der Poren lösung der Sedimente. - Uppsala Univ. Geol. Inst. Bull V, 40, p. 189-204.

Engelhart, Wolf og Gaide, K.H., 1963: Concentration changes of pore solutions during the compaction of clay sediments. - Jour. Sed. Petrology V 33, p. 919-930

Tómasson, Jens 1967: On the origin of Sedimentary Water beneath Vestmann Islands. - Jökull Vol. 17, p. 300-311

White, D.E. 1965: Saline waters of sedimentary rocks. Fluids in subsurface environments. - A symposium memoir no. 4 Am. Assoc. Petroleum Geologists.

Jarðfræði borholanna á Reykjanesi

Í holum II og IV ná hraunlög með gjallkenndum millilögum niður í 60 m dýpi. Aftur á móti ná hraunlögin í holu III niður á 150 m dýpi. Fyrir neðan hraunlögin er lítið myndbreytt, blöðrött tuff í holu II og IV, gjallkennt á köflum. Nær þetta aðeins niður í 90 m í holu II, en í holu IV niður í 230 m dýpi. Í holu III var malarlag í 150 m dýpi, sem virðist vera gamall sjávarkambur. Þar fyrir neðan tekur við gjallkennt lag niður í 200 m dýpi.

Jarðmyndanir í holu III fyrir neðan 200 m dýpi

200-460 m dýpi:

Myndbreytt tufflög

460-570 m dýpi:

Basaltlög með millilögum.

520-570 m dýpi:

Myndbreytt tuff.

570-690 m dýpi:

Breksía með um 10-50% af basalti. Tuff brotkornin eru svipað uppbyggð og tuff brotkornin úr tufflögnum ofar í holunni.

690-1100 m dýpi:

Skiptast á basalt-, set- og tufflög. Er setið og tuffið megin hluti myndunarinnar.

1100-1165 m dýpi:

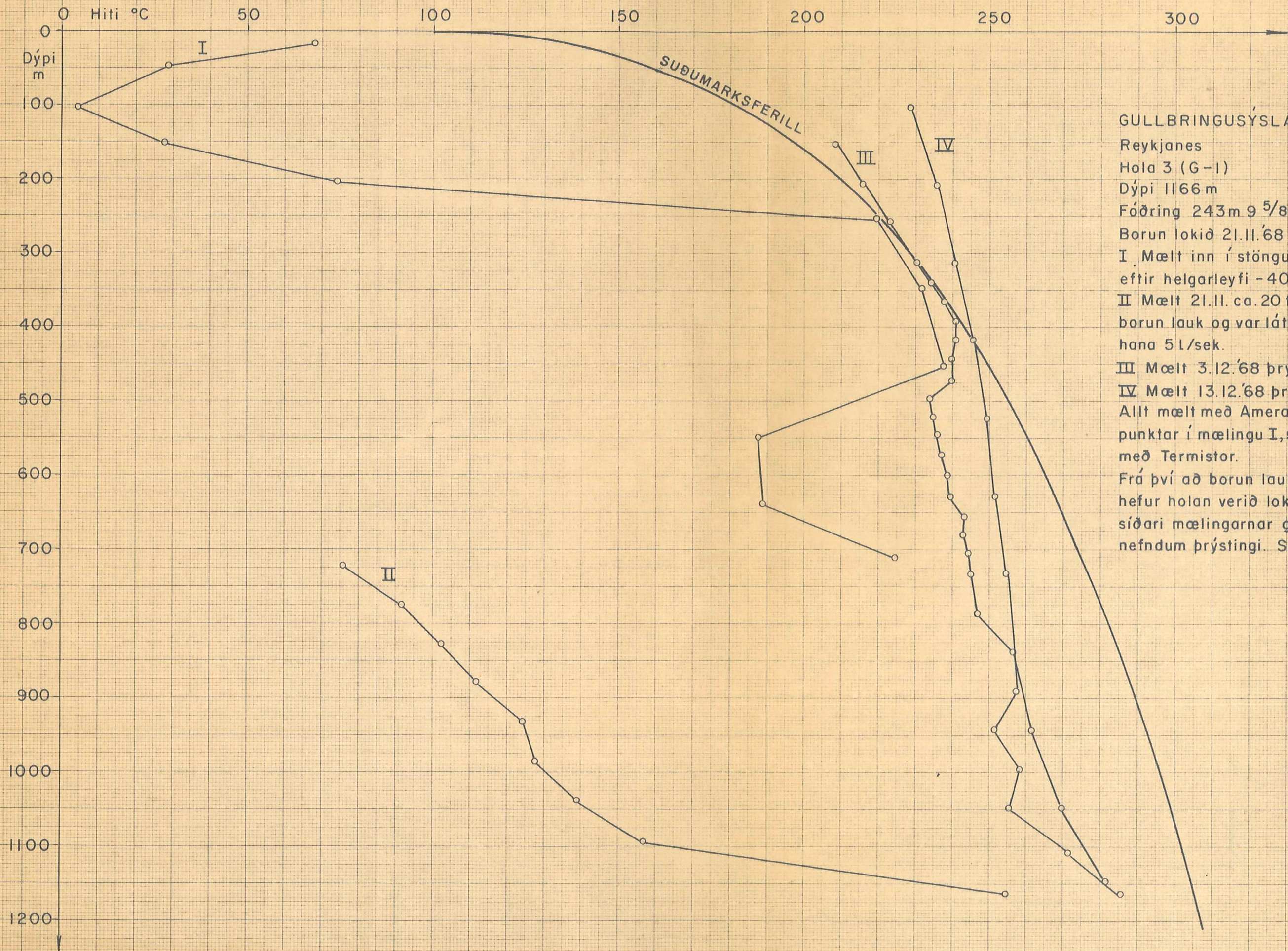
Basaltlög.

Í holu IV virðast vera svipaðar jarðmyndanir og í holu III. Gæti verið misgengi á milli holanna, þannig að sömu jarðlög finnast 100-150 m dýpra í holu IV en í holu III.

Í holu II hefur ekki verið borað í gegnum tuffmyndunina, enda er holan aðeins um 300 m djúp.



Hitamælingar í borholum



GULLBRINGUSÝSLA

Reykjanes

Hola 3 (G-1)

Dýpi 1166 m

Fóðring 243m 9 5/8"

Borun lokið 21.11.'68

I Mælt inn í stöngum  
eftir helgarleyfi - 40 tíma 17.11.'68

II Mælt 21.11. ca. 20 tímum eftir að  
borun lauk og var látið leka í  
hana 5 l/sek.

III Mælt 3.12.'68 þrýstingur 4,9 kg.

IV Mælt 13.12.'68 þrýstingur 31 kg.

Allt mælt með Amerada, nema 5 fyrstu  
punktur í mælingu I, sem eru mældir  
með Termistor.

Frá því að borun lauk til 17.12.'68  
hefur hola verið lokið og tvær  
síðari mælingarnar gerðar undir  
nefndum þrýstingi. S.G.S.