



**ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið**

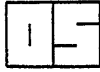
**Vinnsluprófun holu 1  
á Hofstöðum  
í Helgafellssveit**

**Grímur Björnsson  
Guðni Axelsson  
Hrefna Kristmannsdóttir  
Kristján Sæmundsson  
Sverrir Þórhallsson  
Vigdís Harðardóttir**

**Unnið fyrir RARIK og Stykkishólm**

**1997**

**OS-97042**



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 377

**Grímur Björnsson  
Guðni Axelsson  
Hrefna Kristmannsdóttir  
Kristján Sæmundsson  
Sverrir Þórhallsson  
Vigdís Harðardóttir**

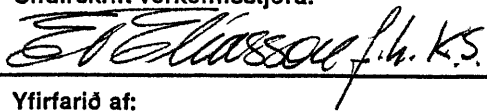
## **VINNSLUPRÓFUN HOLU 1 Á HOFSSTÖÐUM Í HELGAFELLSSVEIT**

**Unnið fyrir RARIK og Stykkishólm**

**OS-97042**

**September 1997**

ORKUSTOFNUN: Kennitala 500269-5379 - Sími 569 6000 - Fax 5688896  
Netfang [os@os.is](mailto:os@os.is) - Heimasíða <http://www.os.is>

<b>Skýrsla nr.:</b> OS-97042	<b>Dags.:</b> September 1997	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> VINNSLUPRÓFUN HOLU 1 Á HOFSSTÖÐUM Í HELGAFELLSSVEIT		<b>Upplag:</b> 50
		<b>Fjöldi síðna:</b> 36
<b>Höfundar:</b> Grímur Björnsson, Guðni Axelsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Kristján Sæmundsson, Sverrir Þórhallsson og Vigdís Harðardóttir		<b>Verkefnisstjóri:</b> Kristján Sæmundsson
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Álitsgerð, mat á borholu/jarðhitakerfi		<b>Verknúmer:</b> 610 377
<b>Unnið fyrir:</b> RARIK og Stykkishólm		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er greint frá viðamikilli vinnsluprófun á holu 1 við Hofsstæði í Helgafellssveit í mars-ágúst 1997. Prófunin var gerð í tvennum tilgangi. Annars vegar átti hún að staðfesta hvort holan gæfi nægt vatn til hitaveitu í Stykkishólmi og nágrenni, og hins vegar meta hættuna af tæringu og útfellingum í vatninu ef það yrði leitt inn á dreifikerfi. Lýst er söfnun upplýsinga og niðurstöðum sem dregnar hafa verið. Birtar eru mikilvægar forsendur fyrir hönnun nýrrar hitaveitu í Stykkishólmi. Helstu niðurstöður eru þær að prófunin tókst mjög vel og auðvelt reyndist að fella geymslíkðn að vinnslusögu holunnar. Hún virðist þola vel 15-20 l/s vinnslu næst áratuginn, en það er rífleg vatnspörf nýrrar hitaveitu fyrir Stykkishólm og næsta nágrenni. Talið er líklegt að meðalvatnsborð holunnar að átta árum liðnum verði 70 +/- 20 m sem er vel viðráðanlegt. Dæluþrófunin ásamt mælingum á hita í grunnum holum bendir til þess að mjög víðáttumikil jarðhitakerfi séu í Helgafellssveit. Meginniðurstöður tæringaprófana eru þær að ofnastál tærist mjög hægt, og mengist vatnið ekki af súrefni verður tæring óveruleg. Mikilvægt er að koma í veg fyrir að súrefni nái að smita vatnið. Sem neysluvatn er vatnið alltof salt.		
<b>Lykilorð:</b> Jarðhitakerfi, borhola, vinnsluprófun, vatnsgæfni, lftkan, hitaveita, dreifikerfi, tæring, útfellingar		<b>ISBN-númer:</b>
		<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 
		<b>Yfirfarið af:</b> ETE, PI

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. JARÐHITAKERFIÐ Á ÞÓRSNESI	3
3. FRÁGANGUR, ÆÐAR OG JARÐLÖG HOLU 1	5
4. FRAMKVÆMD VINNSLUPRÓFUNAR	8
4.1 Dæluprófun	8
4.2 Tæringar- og útfellingaprófanir	10
5. GEYMISLÍKÖN OG VATNSBORÐSSPÁR	12
5.1 Ákvörðun á iðustreymisstuðli	12
5.2 Þjöppuð geymislíkön af vatnskerfi holu 1	14
5.3 Spár um framtíðarvatnsborð	16
6. EFNAINNIHALD VATNSSÝNA	19
6.1 Eiginleikar og uppruni	19
6.2 Neyslu- og vinnslueiginleikar vatnsins	12
7. NIÐURSTÖÐUR ÚTFELLINGA OG TÆRINGARPRÓFANA	25
8. MEGINFORSENDUR HÖNNUNAR HITAVEITU FRÁ HOLU 1	27
9. NIÐURSTÖÐUR	28
10. HEIMILDASKRÁ	29
VIÐAUKAR	31

## MYNDASKRÁ

1. Staðsetning holu 1 og hitasvæða á Þórsnesi	4
2. Útlit og frágangur holu 1	5
3. Jarðlagamælingar í holu 1	7
4. Vatnsborð í prófun holu 1	8
5. Rennsli í prófun holu 1	9
6. Vatnshiti á toppi í prófun holu 1	9
7. Mótþrýstingur á toppi í prófun holu 1	10
8. Tæringar- og útfellingaprófun	11
9. Þrepaprófun holu 1	13
10. Afiferill holu 1	13
11. Eiginleikar 3ja geyma, lokaðs geymislíkans	14
12. Eiginleikar 3ja geyma, opins geymislíkans	14
13. Samræmi mælds og reiknaðs vatnsborð í 3ja geyma, lokuðu líkani	15
14. Samræmi mælds og reiknaðs vatnsborð í 3ja geyma, opnu líkani	15
15. Spár um framtíðarvatnsborð holu 1	17
16. Líklegasta vatnsborð holu 1 í framtíðinni	18
17. Leiðni vatnssýna úr holu 1 á prófunartímanum	20
18. Klóríðstyrkur vatnssýna úr holu 1 á prófunartímanum	20
19. Flokkun vatns eftir hlutfallslegum styrk anjóna	21
20. Flokkun vatns eftir hlutfallslegum styrk katjóna	22
21a,b,c. Lógariþmi hlutfalls virknimargfeldis og fræðilegs leysnimargfeldis	22-23

## 1. INNGANGUR

Í skýrslu þessari er greint frá viðamikilli vinnsluprófun sem gerð var á holu 1 við Hofstaði í Helgafellssveit í mars-ágúst 1997. Tilgangur prófunarinnar var tvíþættur. Annars vegar að meta afköst holunnar og hvort hún gæfi nægilegt vatn fyrir hitaveitu í Stykkishólmi og nágrenni. Hins vegar þótti nauðsynlegt að skoða hættu af tæringu og útfellingum vatnsins, þegar það væri leitt inn á dreifikerfi. Mikið safnaðist af upplýsingum í prófuninni og er þeim lýst og niðurstöður dregnar af þeim. Síðast en ekki síst skilar skýrslan mikilvægum forsendum fyrir hönnun nýrrar hitaveitu í Stykkishólmi.

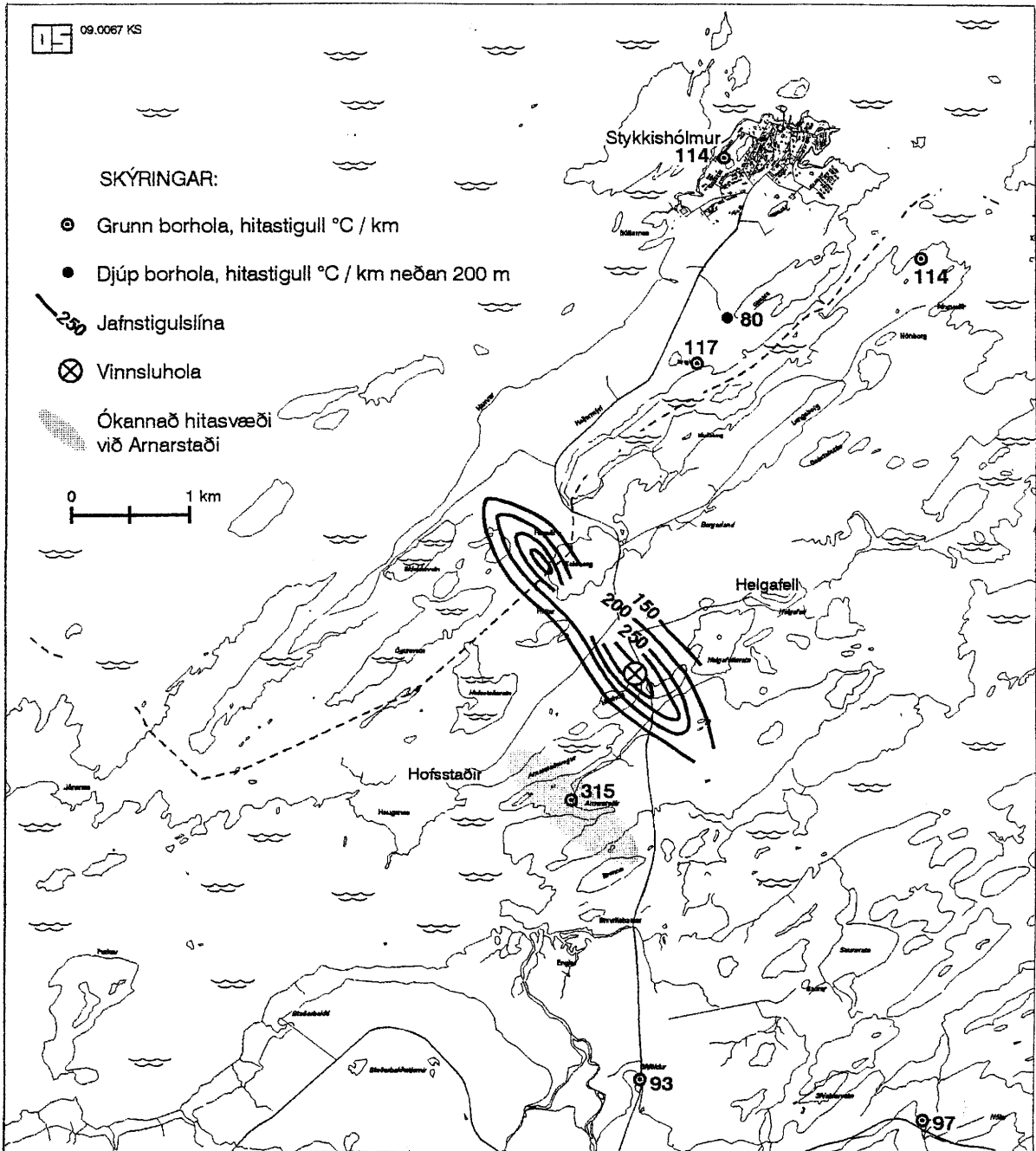
## 2. JARÐHITAKERFIÐ Á ÞÓRSNESI

Borun holu 1 telst lokaáfanginn í viðamikilli könnun á jarðhitalíkum í nágrenni Stykkishólms (Kristján Sæmundsson, 1996). Einkum beindist leitin að sjálfu Þórsnesinu, en þar voru boraðar fjölmargar grunnar rannsóknarholur til mælinga á hita í bergi. Alls voru boraðar yfir 20 holur, flestar 50 m djúpar, áður en lögun og lega hitasvæðis lá fyrir. Með segulmælingum var dreifing innskota og ganga á hitasvæðinu könnuð (Hjálmar Eysteins-son, 1996).

Hitafrávikkið sem þarna fannst er sýnt á mynd 1. Það er um 2,5 km á lengd og stefnir NV-SA. Það er tvískipt og breidd þess er um 1 km. Syðri hluti hitafráviksins er stærrí og var vinnsluhola staðsett í miðju þess, skammt vestan þjóðvegur í landi Hofstaða. Borað var haustið 1996 og fannst góð æð á 819 m dýpi. Hún tengist sprungu í gabbróinnskoti.

Þær niðurstöður sem hafa safnast til þessa um jarðhitann á Þórsnesi skila eftirfarandi hugmyndalíkani af svæðinu. Jarðhitakerfið er bundið við lóðréttu sprungu eða sprungukerfi. Stefna þess fellur að annarri þeirri sprungustefnu sem vænta má innan hins virka brota-kerfis Snæfellsness. Hiti í jarðhitakerfinu niðri á 820 m er um 87 °C og rúmlega 81 °C í æð á 172 m dýpi. Svo hár hiti þetta ofarlega ásamt hinum háa stigli í grunnum holum (hæstur rúmlega 400 °C/km) bendir til greiðs gegnumstreymis og afrennslis jarðhitavatns sem líklega kemur upp úti í sjó. Jarðhitakerfið er ísalt og vatnið er „létt“ í skilningi samsætuvísinda. Léttleikann má túlka þannig að vatnið sé gamalt (frá ísaldarlokum). Þótt vatnið kunní að stofni til að vera upprunnið í Snæfellsnessfjallgarðinum, verður það fyrir íblöndun sjávarvatns á láglendinu þar sem Þórsnes skagar með vogum og víkum út í Breiðafjörð (Hrefna Kristmannsdóttir, 1996). Þá er athyglisvert að kolsýru, sem einkennir jarðhitavatn og að hluta kalt grunnvatn annars staðar á Snæfellsnesi, gætir hér ekki.

Grunn hola sem nýlega var boruð heima við bæ á Arnarstöðum (mynd 1), sýnir mjög háan hitastigul (315 °C/km). Hér er komið rúmlega 1 km vestur fyrir hitasvæðið sem hola 1 er boruð í. Ætla má að um Arnarstaði liggi önnur jarðhitasprunga, líklega samsíða þeirri sem áður fannst. Þessi vitneskja styrkir stöðu væntanlegrar hitaveitu í Stykkishólmi hvað vatnsöflun, rekstaröryggi og stækkunarmöguleika varðar.

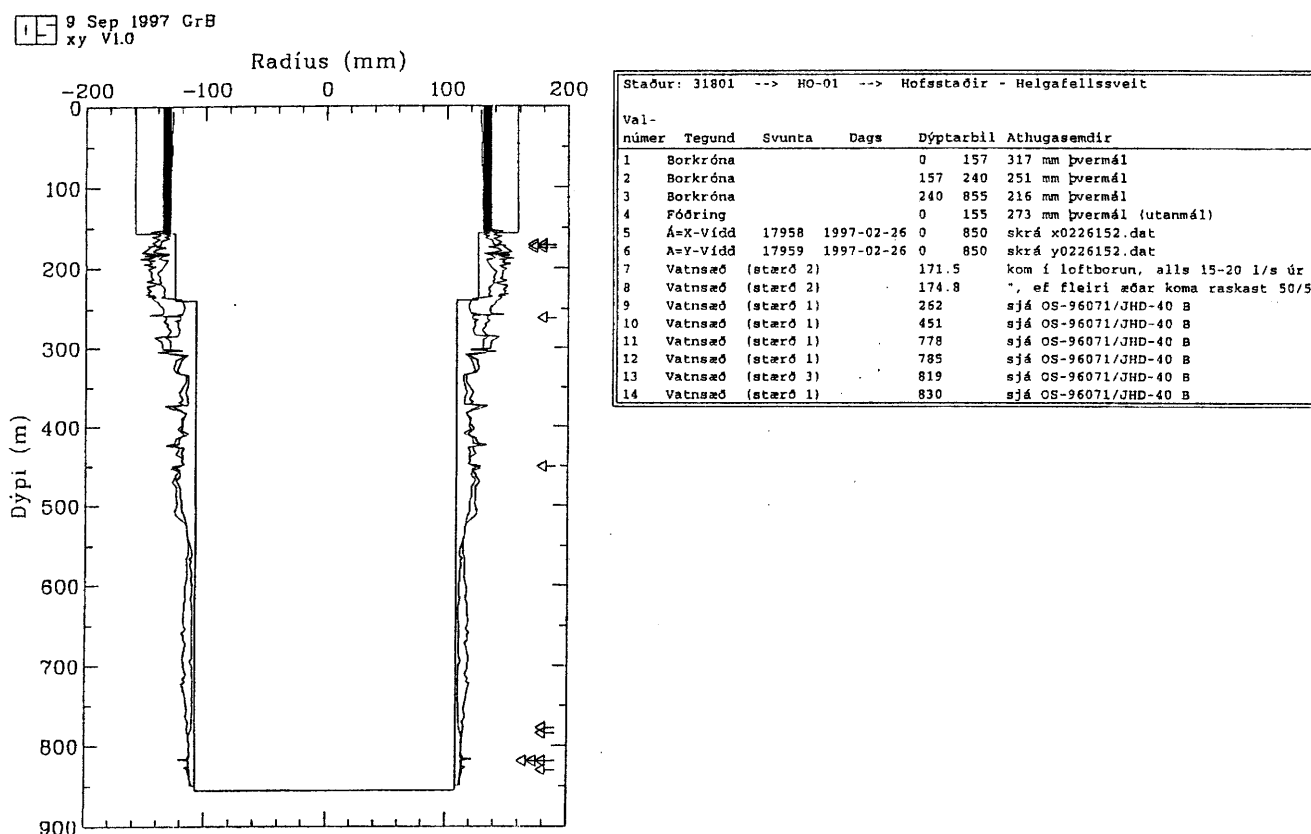


Mynd 1: Staðsetning holu 1 og hitasvæða á Þórsnesi.

### 3. FRÁGANGUR, ÆÐAR OG JARÐLÖG HOLU 1

Borun holu 1 stóð frá 7. október til 29. nóvember 1996, í frosti og kulda. Borað var með jarðbornum Narfa. Mynd 2 sýnir helstu drættina í útliti og frágangi holunnar. Fóðrað var með 10" röri (innanmál) niður í 155 m dýpi. Vinnsluhlutinn er boraður með 9 7/8" krónu í 240 m og þaðan með 8 1/2" krónu til botns í 855 m dýpi. Þegar er búið að gera grein fyrir helstu rannsóknum tengdum borverkinu í skýrslum Orkustofnunar, og er þessi kafli því að hluta til upprifjun (Grímur Björnsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1996; Hrefna Kristmannsdóttir, 1996).

Á mynd 2 er einnig sýnt hvar vatnsæðar komu fram í Hofsstaðaholunni. Þær eru helstar á 171-175 m dýpi og á 819 m dýpi. Skilar sú dýpri rúmlega 90 % af holurennslinu, en 172 m æðin um 7 %. Smáæðar á 262, 451, 778, 785 og 830 m sjá svo um afganginn.



**Mynd 2:** Útlit og frágangur holu 1. Fóðringin er sýnd með sverum línun, borkrónur með kassalaga línun, vidd með skörðóttum línun og vatnsæðar með örnum.

Farið var með mælingabíl að holu 1 þann 26. febrúar 1997 og gerðar í henni hefðbundnar jarðlagamælingar. Tilgangurinn með þeim var að skoða með eðlisfræðilegum aðferðum ýmsar einkennisstærðir bergsins við holuna og tengja þær vatnsæðum og almennu ástandi jarðhitakerfisins. Þessar mælingar voru umsaminn hluti af þeirri umfangsmiklu vinnslu- prófun sem hér er lýst. Mynd 3 sýnir niðurstöður mælinganna, en auk þess er mæling

fjórarma víddarmælis sýnd á mynd 2 hér að framan. Ef víddarmælingin er fyrst skoðuð, vekur strax athygli töluverð breyting í hrjúfleika holunnar kringum 500 m dýpi. Er holan nokkuð vöskuð og skörðótt ofan þessa dýpis en tiltölulega slétt þar fyrir neðan. Hér veldur að bergið er mun sterkara og jafnara neðan 500 m, trúlega vegna aukinnar ummyndunar og innskotavirkni. Þá fylgir lítill skápur stóru æðinni í 819 m dýpi svo og smáæðum í 451 og 830 m.

Önnur súlan á mynd 3 sýnir styrk endurkastaðra nifteinda í svonefndum API einingum (American Petroleum Institute). Nifteindamælingin hefur þann tilgang fyrst og fremst að endurspegla poruhluta bergsins við holuna. Neðan á nifteindamælinn er festur lítill, geislavirkur kubbur sem sendir stöðugt frá sér nifteindir. Þær kastast út í holuvegginn og hluti þeirra kemur svo til baka að nema sem er í mælinum og telur endurvarpið. Almennt verður fjöldi endurkastaðra nifteinda því hærri sem bergið er þéttara. Mynd 3 sýnir að ákveðinn stígandi er í nifteindatalningu niður alla holuna. Endurspeglar það vaxandi samþjöppun bergsins með dýpi svo og aukna ummyndun. Ofan á þessa hægt stígandi nifteindageislun prentast svo a.m.k þrír áberandi toppar, í 310-340 m, 540-570 m og í 770-790 m. Í öllum tilvikum er um þétt innskotaberg að ræða (Grímur Björnsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1996).

Þriðja súlan á mynd 3 sýnir styrk náttúrulegrar gammageislunar í bergi Hofsstaðaholunnar. Almennt gildir að þessi geislun hækkar með kísilsýruinnihaldi bergsins. Er aðferðin því mikið notuð til að afmarka dýpisbil í holum þar sem berg er ísúrt eða súrt. Gamma-mælingin á mynd 3 staðfestir þá meginniðurstöðu jarðlagagreininganna að bergið við holuna er að mestu basískt (lág geislun). Undantekningar eru geislunartoppur kringum 305 (setlag), 380 (kargi), 630 (kargi) og 770 m dýpi (ísúrt). Reyndar fer holan ofan í gabbróinnskot neðan 780 m dýpis og hækkar gammageislunin smávegis við þá breytingu. Smáæðarnar á 778 og 785 m dýpi tengjast þessari breytingu í berggerð.

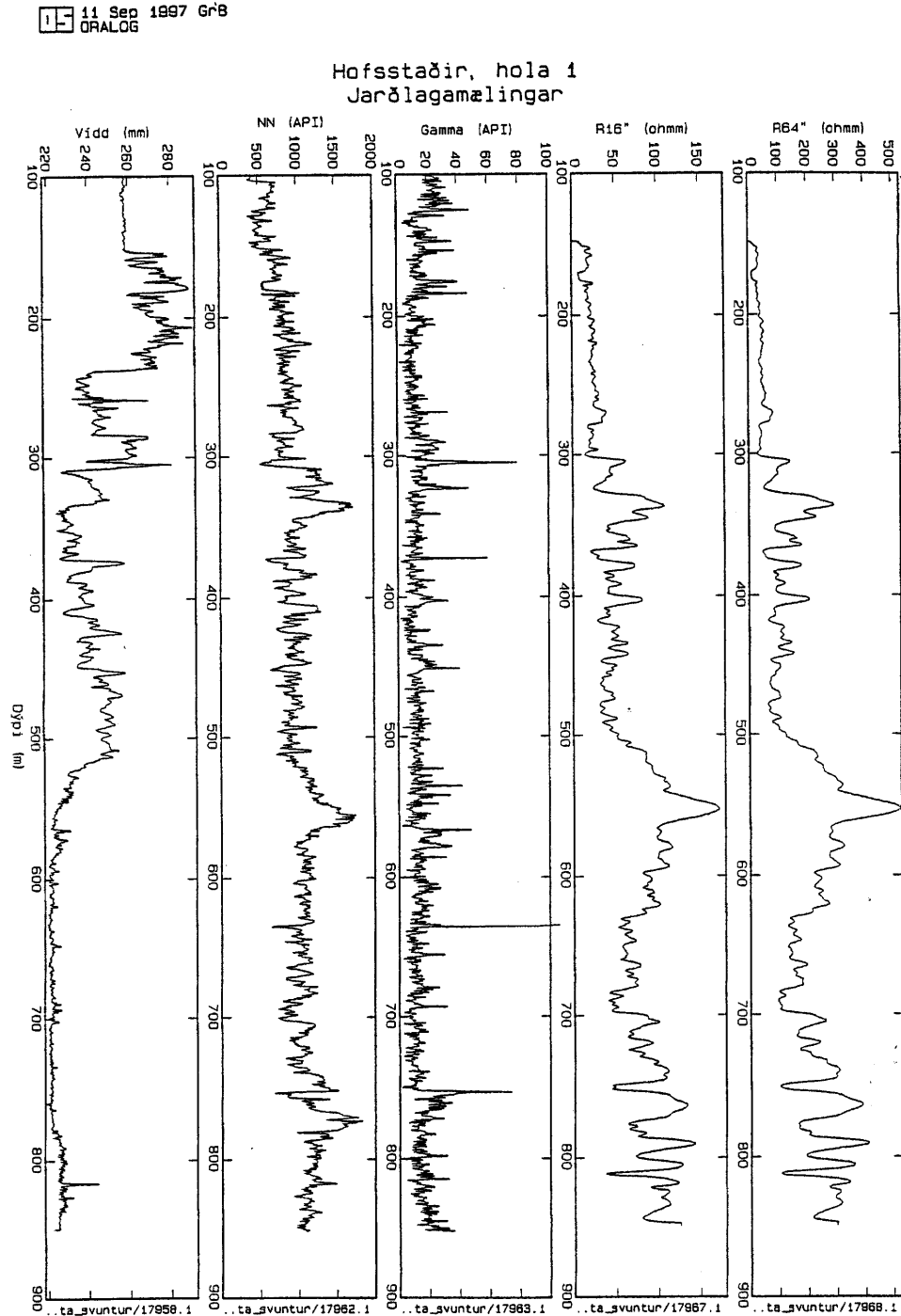
Fjórðu og fimmtu súlurnar á mynd 3 sýna svo viðnám jarðlaga gegn rafstraumi. Um er að ræða tvær mælisyrrpur þar sem annars vegar eru 16" en hins vegar 64" milli straumskauts og spennuskauta í mælipróbunni. Ferlarnir eru áþekkir sem venjan er. Athygli vekur að viðnám er lágt frá fóðringarenda í 150 m að 300 m dýpi en hækkar þar neðan við. Hér er væntanlega á ferðinni breyting í ummyndun á þessu dýptarbili, þ.e. rafleiðandi ummyndunarsteindum fækkar verulega neðan 300 m. Eins gæti meiri holuvídd átt hlut að máli. Þessi niðurstaða hefur almennt hagnýtt gildi, hvort sem litið er þröngt til Snæfellsness eða landsins alls. Enduspeglar viðnámsbreytingin hitaástand 240-300 °C háhitakerfisins sem var þarna í fyrndinni. Fróðlegt væri að skoða með TEM viðnámsmælingum hvort viðnám milli yfirborðs og 300 m dýpis er lægra beint yfir hitasvæðinu við Hofsstaði en utan við. Með því móti má sjá hvort yfirborðsmælingar gagnist við jarðhitaleit á norðanverðu Snæfellsnesi.

Neðan 300 m dýpis gerist viðnámið svo bæði hátt og skörðótt og taka nú einstök, þétt jarðlög að sýna sig sem háviðnámstoppur. Þeirra sterkastur er toppur í 560 m sem tengist fínkorna basaltinnskoti.

Vart er hægt að segja að jarðlagamælingarnar á mynd 3 hafi afgerandi tengsl við vatns-



æðar, ef frá eru taldar smáæðarnar kringum 780 m dýpi. Þetta má túlka þannig að vatnslektin við holuna sé afleiðing allt annars spennu- og brotaástands en ríkti þegar jarðlöggin voru að hlaðast upp fyrir milljónum ára. Núverandi jarðhitakerfi sé því myndað vegna tiltölulega nýlegra brotahreyfinga, löngu eftir að háhitakerfið sem þarna var í fyrndinni kulnaði út.



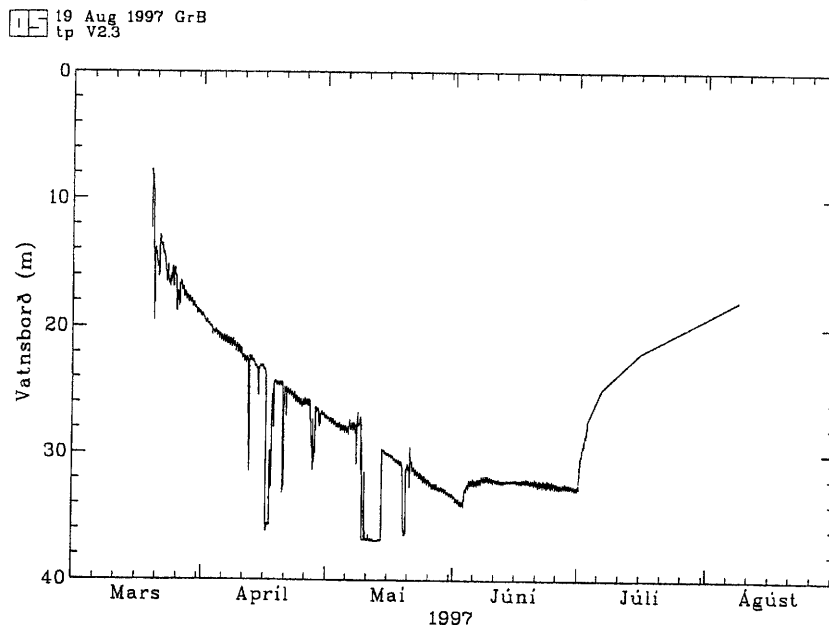
Mynd 3: Jarðlagamælingar í holu 1.

## 4. FRAMKVÆMD VINNSLUPRÓFUNAR

Þær vísbendingar sem komu úr fyrstu prófunum á Hofstaðaholunni eftir borun, bæði um seltu- og sýrustig vatnsins svo og hægfara lökkun vatnsborðs, leiddu til þess að afráðið var að prófa holuna rækilega. Segja má að tilgangur prófunarinnar hafi verið tvíþættur. Annars vegar skyldi rannsakað hvort holan þyldi þá vinnslu sem vænta mætti handa nýrri hitaveitu í Stykkishólmi og næsta nágrenni (dæluprófun). Hins vegar myndi hún sýna fram á með hvaða hætti væri tryggast að dreifa vatninu og varmanum frá holunni til neyt- enda (tæringar- og útfellingarprófun).

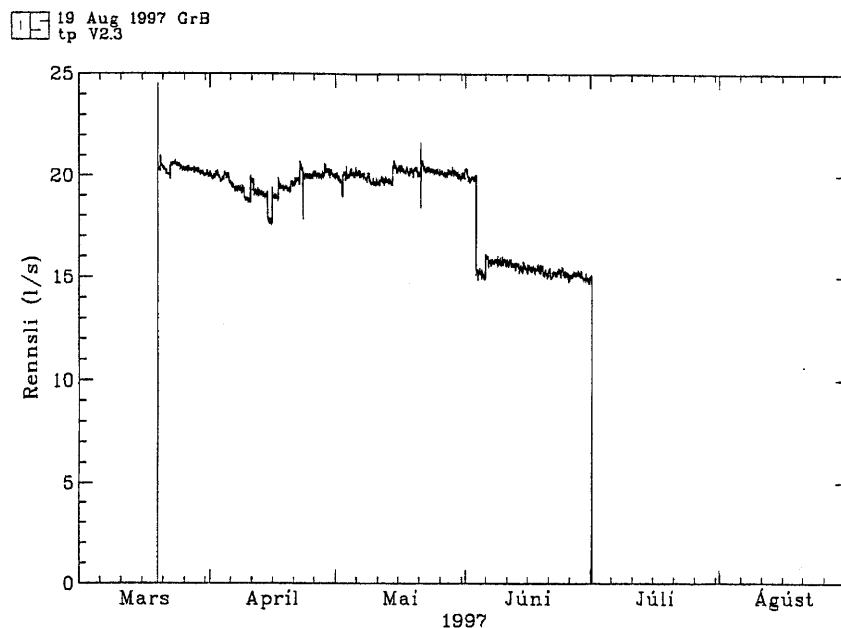
### 4.1 Dæluprófun

Dæluprófun holu 1 hófst með að djúpdælu var komið í holunni á u.þ.b. 36 m dýpi snemma í mars 1997, ásamt fullkomnum tölvubúnaði til að mæla og skrá rennsli, hita, þrýsting og vatnsborð. Dælan gekk svo í nokkra daga frá 11 mars að telja, en þá brann dælumótorinn yfir og prófunin stöðvaðist. Jafnframt glataðist tölvuskráningin vegna rafmagnstruflana. Skipt var um mótor og fór prófið aftur í gang 19. mars klukkan 17:50. Fyrirfram hafði verið ákveðið að dæla kringum 20 l/s, en það er talin vera rífleg vatnsþörf hitaveitu í Stykkishólmi. Þessi dæling stóð nánast sleitulaust fram til 3. júní, en þá var svo komið að vatnsborðið stóð einungis 3-4 m yfir enda djúpdælunnar. Til öryggis var dælingin því minnkuð í 15 l/s og hélt svo fram til morguns þann 1. júlí 1997 að dælingin var stöðvuð. Myndir 4 til 7 sýna gögnin sem söfnuðust í prófuninni.

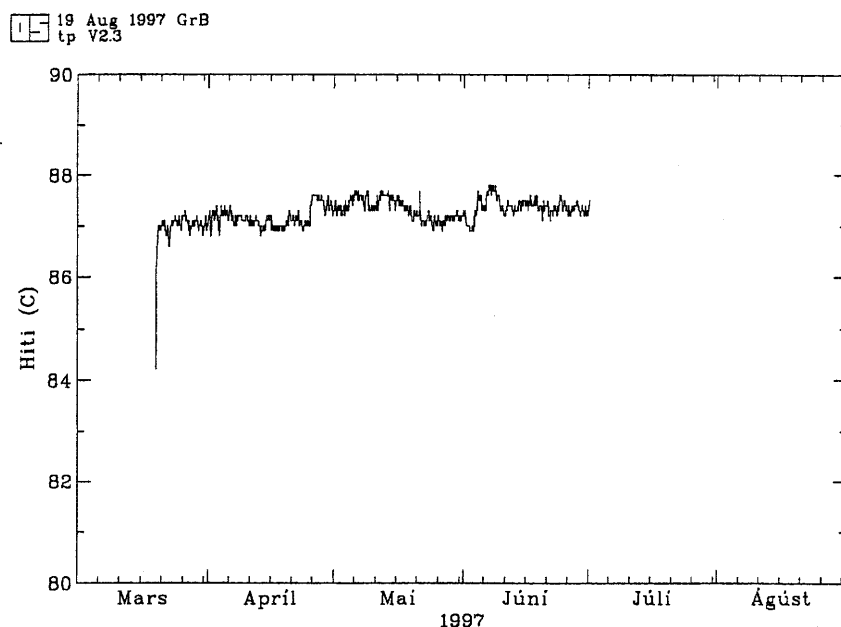


Mynd 4: Vatnsborð í prófun holu 1.

Nokkuð flókt var í vatnsborðsmælingunni og stafar það af ójöfnu rennsli gass niður um loftrörið sem notað var til vatnsborðsmælinga. Ekki er að marka þessa toppa, en að þeim slepptum sýnir mynd 4 vel hvernig vatnsborðið hegðaði sér í prófuninni.

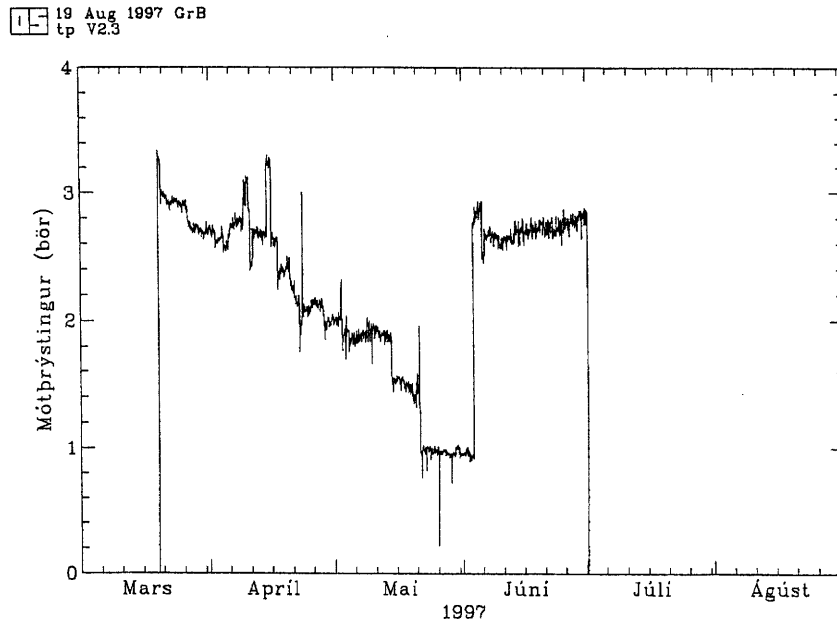


Mynd 5: Rennsli í prófun holu 1.



Mynd 6: Vatnshiti á toppi í prófun holu 1.

Meðalhiti vatnsins sem dælt var úr holu 1 reyndist 87,2 °C. Sárálitlar sveiflur mældust í hitanum og lofar það góðu um langtímarekstur holunnar. Of snemmt er þó að nota vatnshitann einan til slíkrar ályktunar, þar munu efnamælingar veita betri innsýn. Eins bendir hár hiti til þess að mestallt vatnið sem dælt var komi úr 819 m æð holunnar en miklu minna úr 172 m æðinni.



*Mynd 7: Mótþrýstingur á toppi í prófun holu 1, mældur áður en þrýstingur vatnsins fellur aftan við leggventil.*

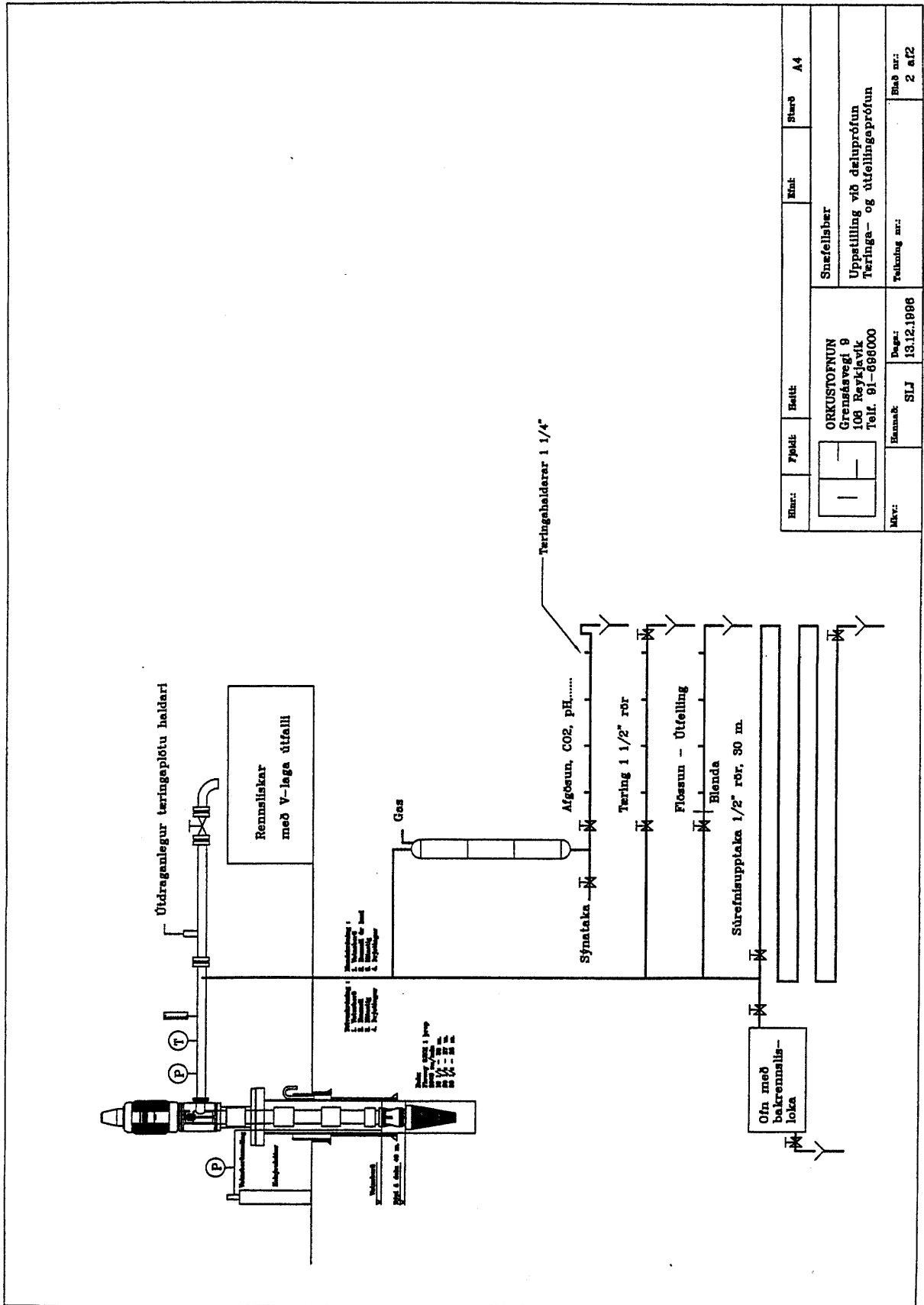
## 4.2 Tæringar- og útfellingarprófanir

Í þessum rannsóknarþætti voru kannaðir bæði tæringar- og útfellingaeiginleikar heita vatnsins úr holu 1. Var það gert með hvoru tveggja vatnssýnatöku og með því að koma fyrir sérstökum plötum í hliðarlögnum þar sem líkt er eftir rennsli í venjulegu lagnakerfi. Helst var óttast að kalkútfelling yrði við það að loftbólur af koltvíoxíði losni úr vatninu (afgösun) við lækku á þrýstingi í holunni sjálfri og eins í hemlabúnaði. Einnig getur lágt sýrustig og mikið koldíoxíð orsakað pittatæringu af völdum frjálsrar kolsýru. Alþekkt er að súrefnisupptaka veldur bráðatæringu í stállögnum í svo söltu hitaveituvatni. Upptaka súrefnis hefur verið vandamál hjá hitaveitum, m.a. við afloftun vatnsins og í geymum. Einnig er upptaka súrefnis algeng í plaströrum sem farið er að nota allvíða sem lagnar-efni í hitaveitum.

Notaðar voru sýnaplötur, 2×5 cm að stærð, og voru þær festar á teflonstöng með nylonskrúfum. Er það gert til að hindra spennutæringu milli mismunandi málma sem hefðu truflandi áhrif á prófunina. Teflonstöngin var fest í rörtappa sem skrúfaðist í T-stykki á lögnum sem heita vatnið streymdi um. Straumhraðinn var stilltur á um 1 m/s í 2" lögnum sem plötunum var komið fyrir í.

Tæringar- og útfellingaprófunin var gerð á sýnum úr stáli, eir, áli og ryðfríu stáli (SS 304). Tengiskemað fyrir búnaðinn er sýnt á mynd 8. Plötusýni voru prófuð við fernskonar skilyrði:

1. Við fullan hita og þrýsting á holutoppi. Þetta líkti eftir aðstæðum í holu og dreifikerfi.
2. Eftir að vatnið hafði streymt um hitapólin plaströr. Þetta var gert til að kanna hvort súrefnisupptaka yrði mjög bráð sem myndi valda tæringu. Einnig skyldi skoðaður þáttur brennisteinsvetnis í að draga úr tæringunni þar eð  $H_2S$  bindur súrefni í vatninu.
3. Við lækkaðan þrýsting eftir hemil-blendu (úr Danfoss hemli). Þetta líkti eftir aðstæðum í húskerfum. Eins kynni kalkútfelling að myndast í blendunni.



Hnr:	05	Fjöldi:	Blatt:	Kinn:	Stærð:	A4
Mfr:		Samtak:	SLJ	ORKUSTOFNUN Grensásavegi 9 108 Reykjavík Tél. 61-686000		
		Daga:	13.12.1998	Snæfellshar		
		Talning nr.:		Uppatilling við dæluþrófun Tæringa- og útfellingaþrófun		
		Blað nr.:	2	af 2		

Mynd 8: Dæluþrófun og tæringarbúnaður tengdur henni.

4. Eftir afloftun. Afloftari var settur upp til að kanna hvort unnt yrði að hækka pH gildið, sem talið var mjög lágt fyrir dæluþrófunina. Ekki reyndist þörf á því. Vegna þess hvernig tækið var rekið, komst súrefni í vatnið og sýndi þrófunin glögglega hve slæmar afleiðingar það hefur.

Gerð var sérstök tæringartilraun á fódurrörastáli (API K-55) í aðallögninni með því að setja plötusýni á útdraganlegan haldara. Einnig var lítil miðstöðvarofn settur inn í rásina til að kanna áhrif kælingar.

Tæringaplöturnar voru vegnar fyrir og eftir þrófunina. Plötusýnin voru ljósmynduð og laus húð skafin af plötunum til efnagreininga í röntgentæki (XRD). Síðan var útfellingar- og tæringarhúðin fjarlægð með saltsýrupplausn. Hún er með tæringarheftandi efnum þannig að ótærður málmurinn leysist ekki upp. Eftir sýrupvottinn var platan vigtuð að nýju og má þá reikna tæringahraðann. Tæringahraðinn var umreiknaður í millimetra á ári í meðal efnispynningu (mm/ári).

Tvær sýnaplötur úr sama efninu voru festar á hvern tappa og var fyrri sýnaplatan fjarlægð og vigtuð eftir 45 daga (28/4). Hin platan var höfð í vatninu til loka þrófunarinnar eða í 105 daga (25/6). Bætt var inn plötusýni er fyrri platan var fjarlægð og því eru til niðurstöður á tæringarhraða eftir 45, 60, og 105 daga.

## 5. GEYMISLÍKÖN OG VATNSBORÐSSPÁR

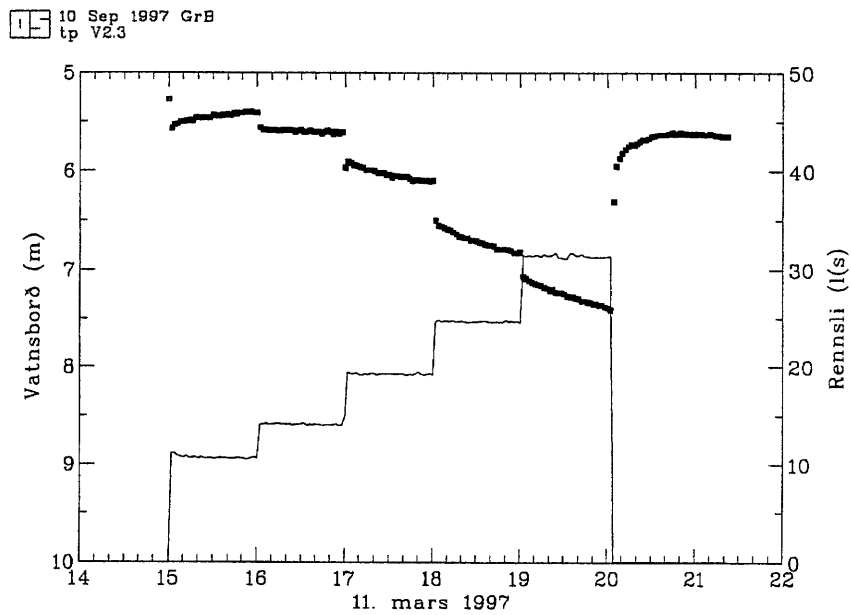
Gögnin á myndum 4 og 5 liggja til grundvallar reiknilíkönunum sem notuð eru til að spá fyrir um langtímaviðbrögð holu 1 í dælingu. Hér var afráðið að byggja vatnsborðsspár eingöngu á þjöppuðum geymislíkönunum, en góð reynsla er af notkun þeirra við spáreikninga fyrir íslensk jarðhitakerfi. Grunnhugsunin í smíði þeirra er að vatnskerfin hegði sér eins og keðjur af raðtengdum geymum og rennslisviðnámmum. Þau eru ýmist höfð opin til jaðars sem hefur fastan þrýsting (t.d. kalda grunnvatnið í yfirborði) eða algerlega lokuð. Því má líta á spár opnu líkananna sem bjartsýnisspár, vegna þess eðlis þeirra að þau ná alltaf jafnvægi að ákveðnum tíma liðnum. Lokuðu líkönin gefa hins vegar svartsýnisspár. Reynslan hefur sýnt að í tímans rás lendir vatnsborð jarðhitasvæðanna einhvers staðar á milli spáa opinna og lokaðra líkana.

### 5.1 Ákvörðun á iðustreymisstuðli

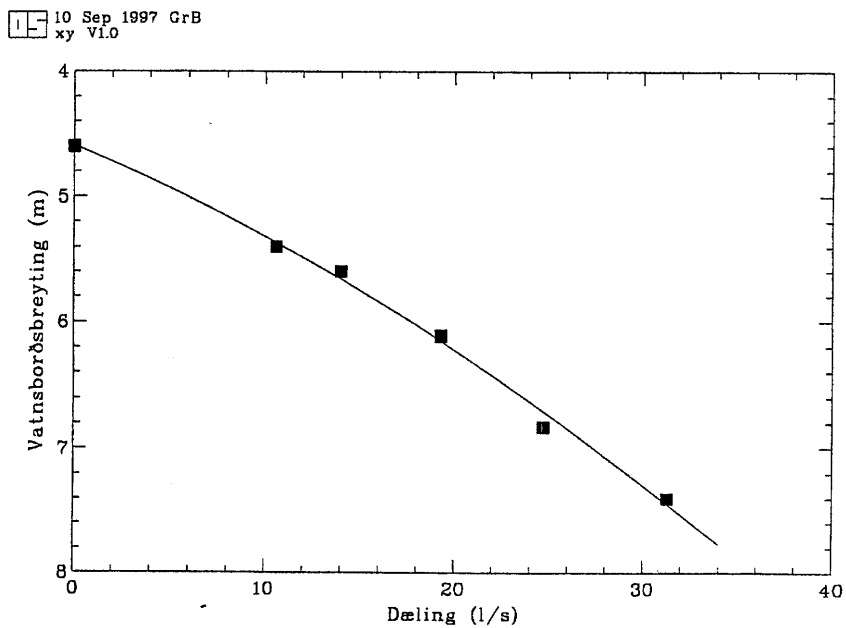
Áður en farið var í sjálfa líkanreikningana, þurfi fyrst að meta svonefnt iðustreymistap í Hofsstaðaholunni. Með iðustreymistapi er átt við það þrýstifall sem verður vegna iðustreymis allra næst sjálfri holunni. Eins er reiknað svonefnt lagstreymistap, sem verður vegna vatnsstreymis í jarðhitakerfinu utan við iðustreymiskaflann. Myndir 9 og 10 sýna hvernig þessir stuðlar voru fundnir. Grunnupplýsingarnar fengust með því að dælt var föstu magni úr holunni í fimm, klukkustundarlöngum þrepum (mynd 9). Því næst var vatnsborð í enda hvers þreps teiknað á móti dælingarmagninu og annarrar gráðu margliða felld í gegnum mældu gildin (mynd 10). Það skilar afkastajöfnunni:

$$vb = 4,59 + 0,0646 \cdot Q + 8,52 \times 10^{-4} \cdot Q^2$$

þar sem  $vb$  er vatnsborð í metrum neðan holutopps og  $Q$  er dælingin í l/s. Stuðullinn  $0,0646 \text{ m/(l/s)}$  táknar lagstreymistapið við holuna og  $8,52 \times 10^{-4} \text{ m/(l/s)}^2$  er iðustreymisstuðullinn. Hvoru tveggja er lágt, t.d. er vatnsborðsfallið vegna iðustreymistapa einungis um hálfur metri í 25 l/s dælingu. Athugið að liðurinn  $0,0646 \cdot Q$  er tímaháður og fer stækkandi eftir því sem vinnslusagan lengist. Hinn lági iðustreymisstuðull sýnir hve hola 1 er vel tengd heitavatnskerfinu á Hofsstöðum og færir vinnslurannsóknir á það stig að menn hugsi frekar um hve jarðhitakerfið þoli mikla vinnslu fremur en sjálf holan.



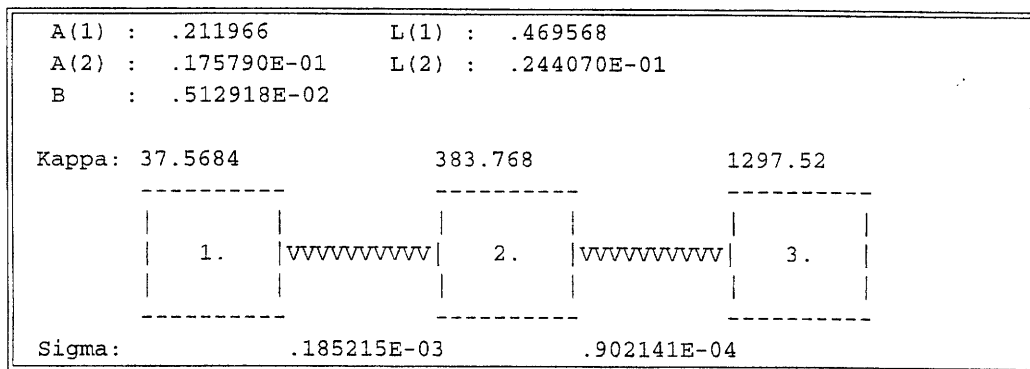
Mynd 9: Preparaþrófun holu 1. Rennslið er sýnt með línu en vatnsborðið með kössum.



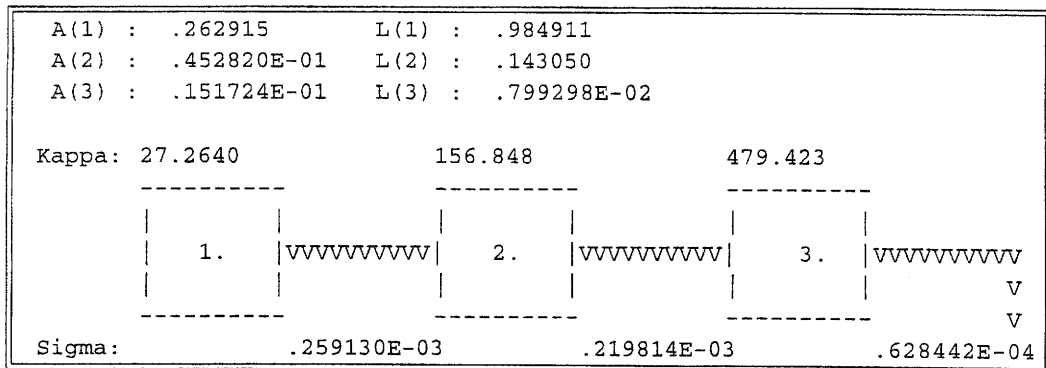
Mynd 10: Afþerill holu 1. Mæld gildi er sýnd með kössum og reiknuð með línu.

## 5.2 Þjöppuð geymislíkön af vatnskerfi holu 1

Sem áður segir var ákveðið að herma rennslis- og vatnsborðsgögnin úr dæluþrófun holu 1 með þjöppuðum geymislíkönum. Myndir 11 og 12 sýna þau tvö líkön sem við teljum herma hvað best mælda vatnborðið. Við líkansmíðina er tekið tillit til iðustreymistapsins við holuna ( $0,00085 \text{ m}/(\text{l/s})^2$ ). Rétt er að taka fram að myndir 11 og 12 innihalda óþarflega miklar upplýsingar fyrir almenna lesendur þessarar skýrslu, en eru samt birtar á þennan máta til að allir eiginleikar þjöppuðu líkananna geymist á prenti.



Mynd 11: Eiginleikar 3ja geyma, lokaðs geymislíkans fyrir Hofstaðaholuna.

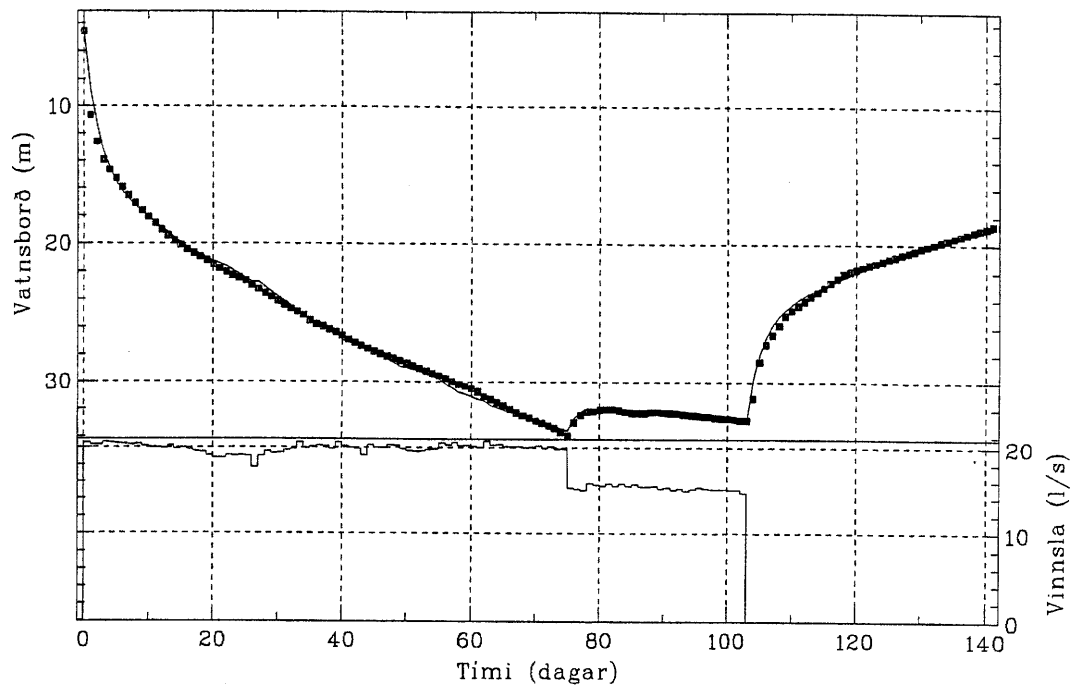


Mynd 12: Eiginleikar 3ja geyma, opins geymislíkans fyrir Hofstaðaholuna.

Sem fyrr var greint eru nokkrar truflanir í vatnsborðsmælingum í holu 1. Þær voru að sjálfsögðu hreinsaðar burtu áður en líkönin voru gerð. Eins var vatnsborðinu jafnað þannig að einn sólarhringur leið milli mæligilda, og rennslinu á þeim tíma splæst saman við vatnborðið og tímann. Myndir 13 og 14 sýna svo hvernig til tókst með samræmi mælds og reiknaðs vatnsborðs. Segja má að þar hafi náðst mjög gott samræmi, og telst það liggja á bilinu 99,7-99,8 %. Við fyrstu sýn gæti meira að segja virst sem um sömu myndina sé að ræða, en svo er ekki. Ef vel er rýnt má nefnilega greina örlítið meiri frávik milli reiknaðs og mælds vatnsborð í mynd 13 en mynd 14.

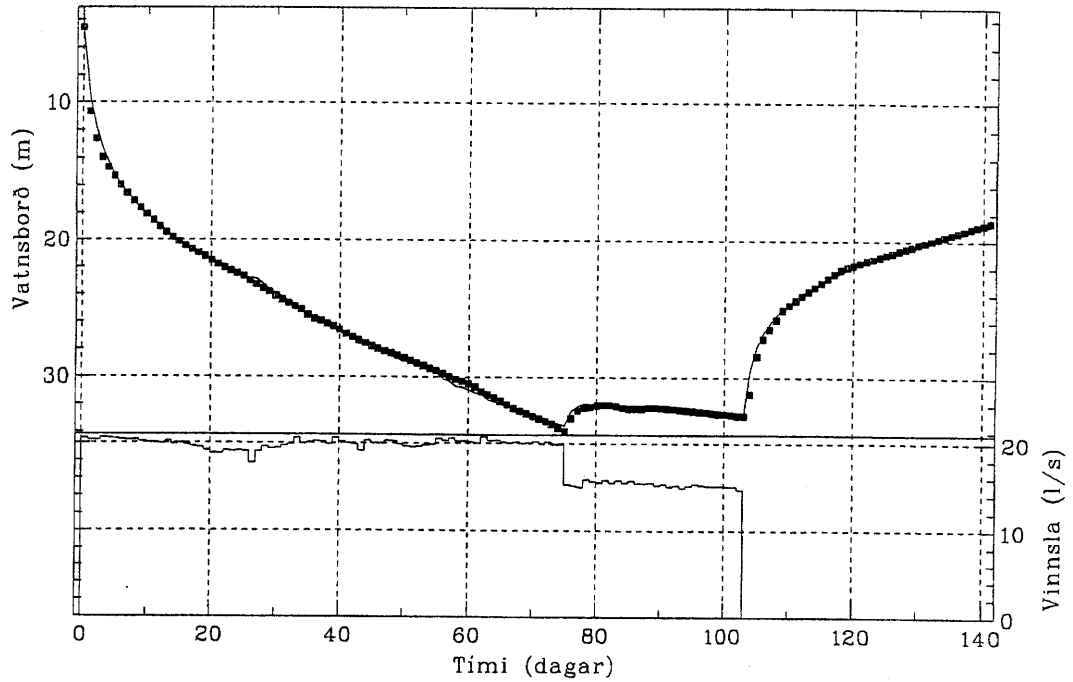


19 Aug 1997 grb  
LUMPFIT



**Mynd 13:** Samræmi mælds og reiknaðs vatnsborð í 3ja geyma, lokuðu líkani. Mæld gildi eru sýnd með fylltum kössum en reiknað vatnsborð með heildreginni línu.

19 Aug 1997 grb  
LUMPFIT



**Mynd 14:** Samræmi mælds og reiknaðs vatnsborð í 3ja geyma, opnu líkani. Mæld gildi eru sýnd með fylltum kössum en reiknað vatnsborð með heildreginni línu.

Eiginleika líkananna tveggja má nota til þess að áætla stærð og eiginleika vatnskerfisins sem hola 1 vinnur vatn úr. Ef gert er ráð fyrir því að þrýstingslækkunin (lækkun vatnsborðs) í kerfinu sé eingöngu af völdum þjappanleika bergs og vatns, og að poruhluti þess sé af stærðargráðunni 10%, fæst að rúmmál vatnskerfisins sé u.þ.b. 10 - 30 km<sup>3</sup>. Ef gert er ráð fyrir 500 - 1000 m þykkt þess jafngildir það 10 - 60 km<sup>2</sup> yfirborðsflatarmáli. Þetta er töluvert stórt flatarmál, sem að hluta til stafar af því að hér er ekki eingöngu um yfirborðsflatarmál heitasta hluta kerfisins að ræða heldur einnig kaldari hluta vatnskerfisins umhverfis jarðhitakerfið. Að hluta til gæti hér einnig verið um ofmat á rúmmáli að ræða, ef þrýstingslækkunin í kerfinu stjórnast einnig af lækkun frjáls vatnsborðs ofan jarðhitakerfisins (tengt við grunnvatnið á yfirborði).

Eiginleikar líkansins benda jafnframt til þess að vatnsleiðni, eða lekt, sé þökkaleg í innsta hluta vatnskerfisins, eða sambærileg við það sem gerist í miðlungs lekum jarðhitakerfum á Íslandi. Hins vegar virðist vatnsleiðnin minnka er fjær dregur miðju vatnskerfisins; e.t.v. vegna þess að bergið verður þéttara, einhver þétt skil fara að hafa áhrif eða þá vegna vaxandi seigju vatns við lækkandi hita. Áætla má út frá lækkun vatnsborðs í prófuninni að margfeldi lektar og þykktar vatnskerfisins sé að meðaltali u.þ.b.  $7 \times 10^{-12} \text{ m}^3$ , eða um 7 Darcy-m.

### 5.3 Spár um framtíðarvatnsborð

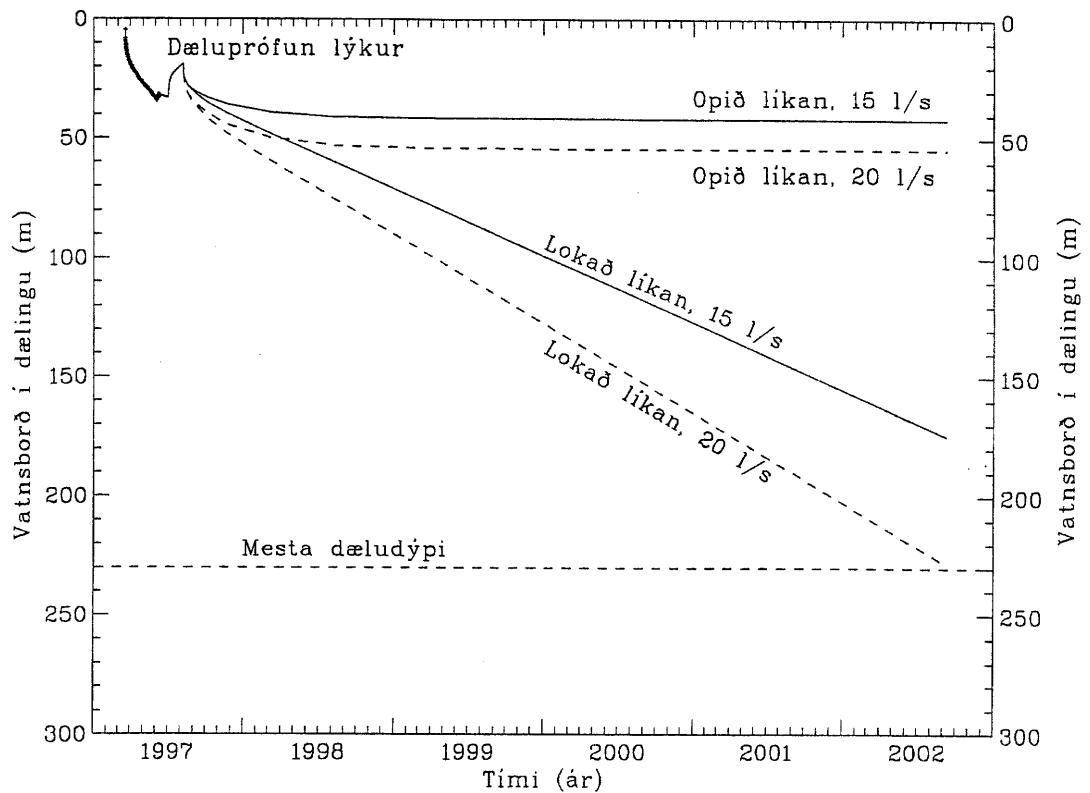
Að fengnum líkönunum tveimur á myndum 11 og 12 er síðan auðvelt að spá fyrir um framtíðarvatnsborð Hofstaðaholunnar. Fyrst þurfti samt að meta hvaða vinnsla yrði eðlileg fyrir væntanlega hitaveitu. Ef gert er ráð fyrir að hver íbúi noti 15-25 MWh á ári, en það er reynslutala nokkurra íslenskra hitaveitna, má áætla að meðalvinnsla úr Hofstaðaholunni fylgi jöfnunni:

$$Q = \frac{(15 \rightarrow 25) \times \text{íbúafjöldi} \cdot 10^6}{(T-35) \times 0.97 \cdot 4200 \cdot 8766}$$

þar sem Q er meðalársvinnslan, T er vatnshiti til notenda (80 °C), 35 °C er bakrásarhitinn, 0.97 er eðlisþyngdarleiðrétting, 4200 er varmarýmd vatns (J/kg/°C) og 8766 er klukkustundafjöldinn í árinu. Þessi reynslujafna áætla að ef 1300 manns tengjast nýrri veitu, þá muni hún þurfa á bilinu 12 til 20 l/s meðalársvinnslu. Því var afráðið að skoða tvö tilvik jafnaðarvinnslu, 15 og 20 l/s. Eins var vatnsborðið reiknað fyrir hvoru tveggja opna og lokaða geymislíkanið. Mynd 15 sýnir niðurstöðurnar.

Mynd 15 sýnir að Hofstaðaholan virðist þola, a.m.k. næstu 5 árin, jafnaðarvinnslu á bilinu 15-20 l/s, hvort sem litið er til opna bjartsýnislíkansins eða lokaða svartsýnislíkansins. Þannig reiknast vatnsborðið vel ofan 230 m dýpis í öllum tilvikum, en það dýpi telst tæknilega vel viðráðanlegt nú á tímum í djúpdæluhönnun. Myndin sýnir einnig vel þá óvissu sem felst í því að spá fyrir um vatnsborð til margra ára á grundvelli nokkurra vikna prófunar.

19 Aug 1997 GrB  
tp V2.3



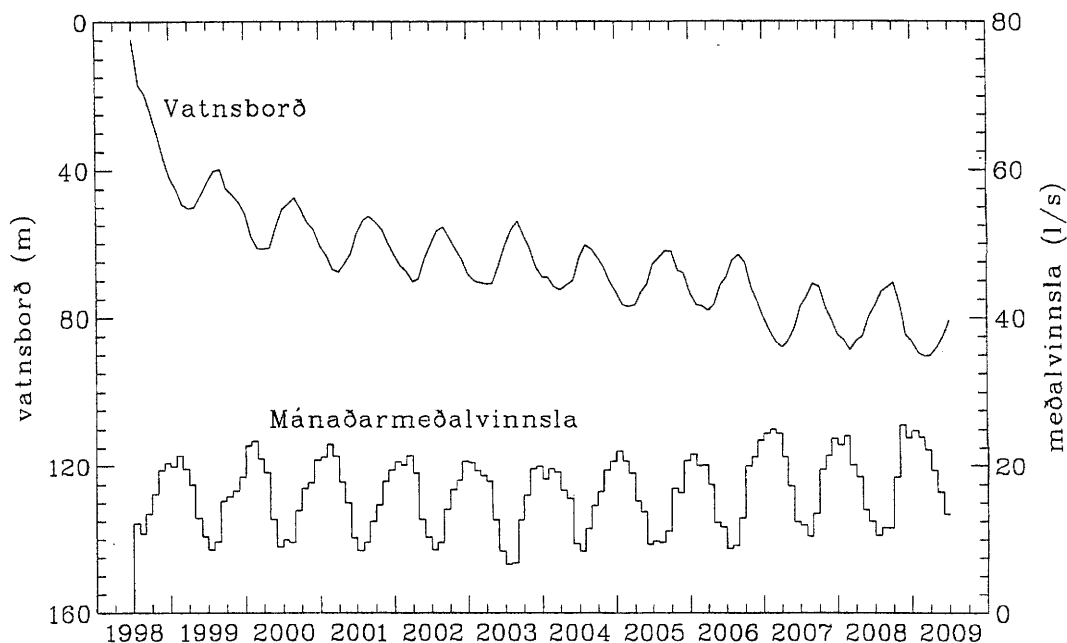
Mynd 15: Spár um framtíðarvatnsborð holu 1.

Væntanlega er vatnsborðsspá opna líkansins á mynd 15 óþarflega bjartsýn og þess lokaða allt of svartsýn. Eins er næsta víst að dæling á eftir að sveiflast milli sumars og vetrar og verður að gera ráð fyrir því í spáreikningum. Hér er því gripið til tvenns konar forsendna til að hægt sé að gefa út eins konar meðalspá þeirra tveggja geymslíkana sem lýst er hér að ofan:

- Reiknað er vatnsborðsfall fyrir fasta dælingu í opna og lokaða líkaninu og skoðað í lógariþmískum tíma hve lengi líkönin skila sama hraða reiknaðrar vatnsborðslækkunar. Sú lína er síðan framlengd til tíu ára með sama halla og á milli viðbragða opna og lokaða líkansins. Með þessari aðferðafræði er í raun búið að skilgreina reiknilíkan sem er hvoru tveggja í senn, lokað að ofan og neðan en með óendanlega lárétta útbreiðslu (Theis). Segja má að í eðli sínu sé það hálf-opið. Þetta líkan er síðan notað til að spá framtíðarvatnsborði Hofsstaðaholunnar.
- Þá var stuðst við þekkta vinnslusögu Hitaveitu Dalvíkur árabilið 1986-1997 (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1996). Hún er aðlöguð framtíðarvinnslu nýrrar hitaveitu frá Hofsstöðum (1300 manns) á þann veg að gert er ráð fyrir sömu varmanotkun á íbúa, ofan 35 °C bakrásarhita. Það bendir til að vinnslan úr Hofsstaðaholunni verði 60 % af vinnslunni á Dalvík.

Mynd 16 sýnir því það sem höfundar telja vera líklegasta vatnsborð holu 1 við dælingu sem fylgir notkun Hitaveitu Dalvíkur margfaldaðri með 0,6. Gert er ráð fyrir að dæling hefjist 1. júlí 1998. Niðurstaðan er skýr, vatnsborðið stendur ofan 80 m dýpis fyrstu 8 ár

vinnslunnar og ofan 100 m dýpis allan spátímann. Vatnsborðssveiflan innan ársins er á myndinni 15-25 m. Í þeirri niðurstöðu felst nokkur útjöfnun því notuð eru mánaðarmeðaltöl vinnslu. Sveiflan getur orðið lítið eitt meiri í mestu kuldaköstum. Á grunni myndarinnar er lagt til að sett verði hraðastýrð djúpdæla í Hofsstaðaholuna niður á 100 m dýpi, og að afl hennar verði nægt til að lyfta 30 l/s við 90-100 m niðurdrátt. Ætti hún þá að duga vel fyrirhugaðri hitaveitu í fullri stærð a.m.k. fyrstu árin.



**Mynd 16:** Líklegasta vatnsborð holu 1 í framtíðinni.  
Miðað er við að vinnslan verði 60 % af notkun Hitaveitu Dalvíkur.

Benda má á tvo þætti í spánni á mynd 16. Í fyrsta lagi að hún styðst við raunverulega vinnslusögu þar sem hægvoxandi vöxtur er í vatnsnotkuninni (vex um ca. 16 % á spátímanum, úr 15 í 18 l/s). Í öðru lagi sést að niðurdráttur er hægvoxandi allan spátímann. Það þýðir strangt til tekið að ofangreind tillaga um dælustærð er full ríflig framan af en ætti, að teknu tilliti til öryggissjónarmiða og óvissu í vatnsborðsspám, að vera eðlileg. Óvissan um endanlegt vatnsborð í dælingu hraðminnkar eftir því sem vinnslusagan lengist.

Með hliðsjón af ofansögðu teljast því yfirgnæfandi líkur á að Hofsstaðasvæðið anní orkuþörf hitaveitu í Stykkishólmi a.m.k. næsta áratuginn. Það ætti að teljast nægur tími til að hitaveitan komist í tryggan rekstur, og að ekki verði þörf á frekari orkuöflun fyrr en að þeim tíma liðnum. Reyndar bendir dæluþrófunin, ásamt mælingum á hita í grunnnum holum, til að víðáttumikil jarðhitakerfi séu til staðar í Helgafellssveit. Ætti heitavatnsvinnsla á þessum slóðum því að eiga sér bjarta framtíð.

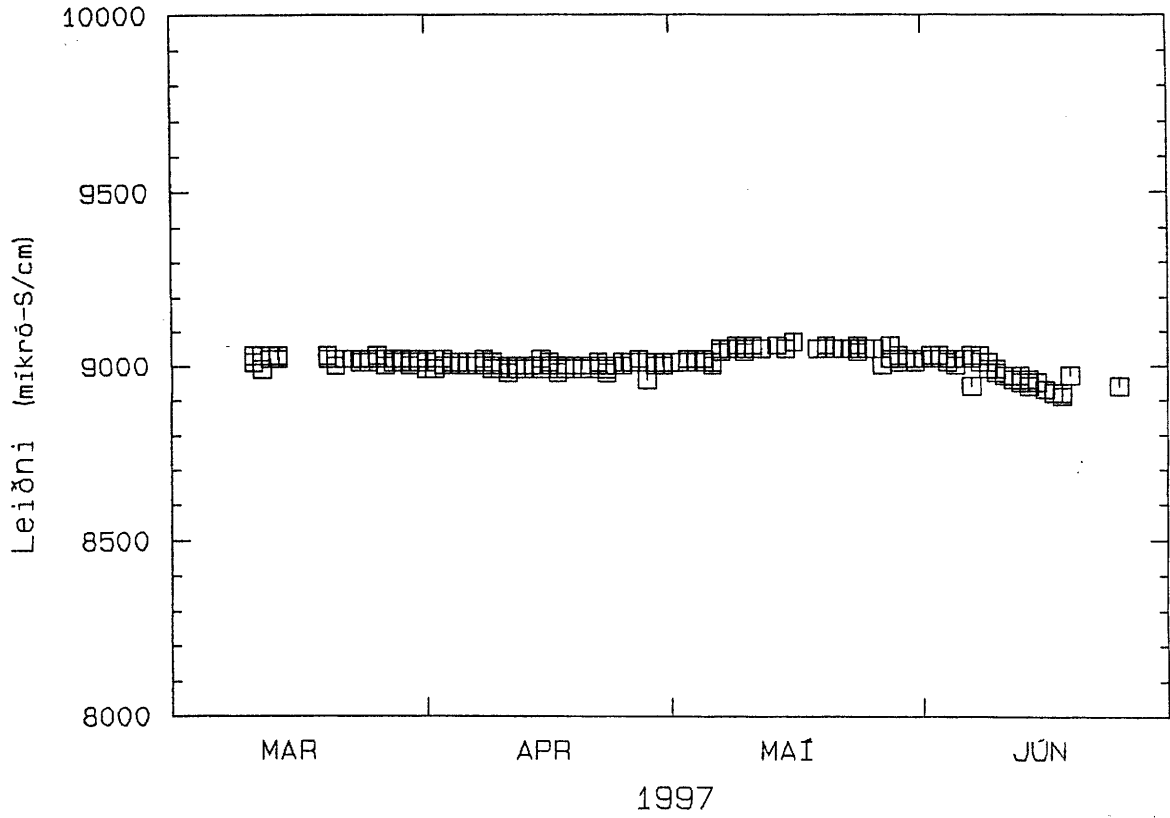
## 6. EFNAINNIHALD VATNSSÝNA

### 6.1 Eiginleikar og uppruni

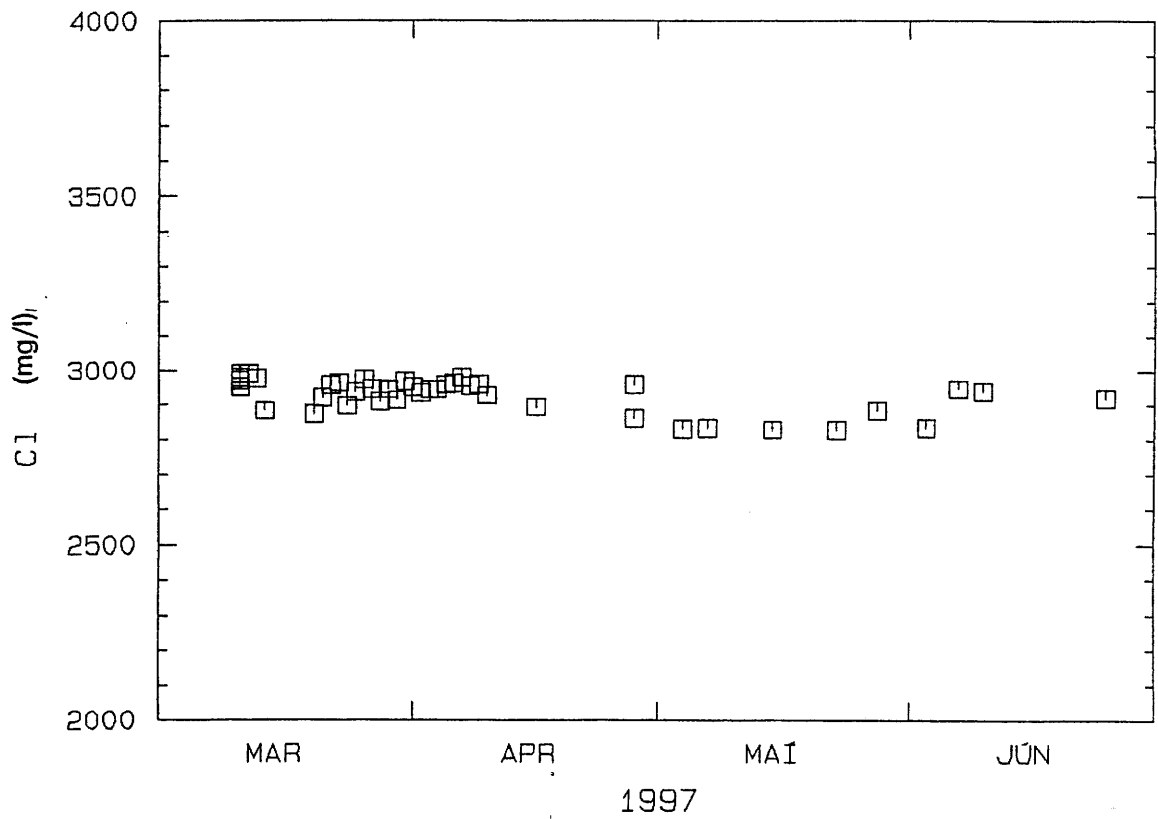
Meðan á dæluþrófun holu 1 á Hofsstöðum stóð voru tekin sýni tvisvar á dag til leiðni-mælinga og í sumum þeirra sýna var einnig mældur styrkur klóríðs, en hvort tveggja er mælikvarði á seltu vatnsins. Kísilstyrkur var einnig mældur í sumum þessara sýna en hann er mælikvarði á hitastig. Einnig voru tekin þrjú sýni til heildarefnagreininga. Niður-stöður allra efnagreininga þar sem mæld eru fleiri en 2-3 efni eru sýndar í töflu 1. Leiðni-mælingar á þrófunartímanum eru sýndar á mynd 17 og klóríðmælingar á mynd 18.

**Tafla 1:** Efnagreiningar á vatni úr holu 1, Hofsstöðum. Styrkur í mg/l.  
Dæluþrófun hófst 19. mars 1997.

Staður Dagsetning Númer	HO-01 96-10-28 96-0327	HO-01 96-10-29 96-0328	HO-01 96-11-26 96-0514	HO-01 97-03-12 97-0065	HO-01 97-04-28 97-0179	HO-01 97-06-25 97-0404
Hiti (°C)				86	85,5	87
Sýrustig (pH/°C)			4,96/19	8,35/21	8,37/22	8,45/23
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	68	43,6	72,2	72,6	72,0	72,9
Natríum (Na)	748	738	771	733	733	731
Kalíum (K)	14,3	14,9	14,7	14,0	14,0	13,9
Kalsíum (Ca)	1210	1240	1150	1150	1150	1150
Magnesium (Mg)	0,56	0,52	0,59	0,45	0,47	0,51
Heildarkarb. (CO <sub>2</sub> )			22,2	9,4	8,5	9,0
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	324	323	325	321	318	325
Brennist.v. (H <sub>2</sub> S)			0	0,05	0,09	0,07
Klóríð (Cl)	3173	3165	3000	2990	2960	2920
Flúor (F)			1,19		1,05	1,07
Uppl Efn.			6125		5457	
Brómíð (Br)				9,9	9,9	9,9
Bór (B)					0,1	0,11
Ál (Al)			0,041	0,0082	0,0072	0,0033
Járn (Fe)			0,23	0,0187	0,0096	0,0099
Mangan (Mn)			0,059	0,023	0,022	0,023
Kopar (Cu)				0,0004	0,0003	0,0005
Sínk (Zn)				0,0003	0,0008	0,0005
Kvikasilfur (Hg)					<0,000005	<0,000005
Blý (Pb)				<0,0005	<0,0005	<0,0005
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-11,03	-11,06	-11,04		-11,1	-11,1



**Mynd 17:** Leiðni vatnssýna úr holu 1 á prófunartímanum.

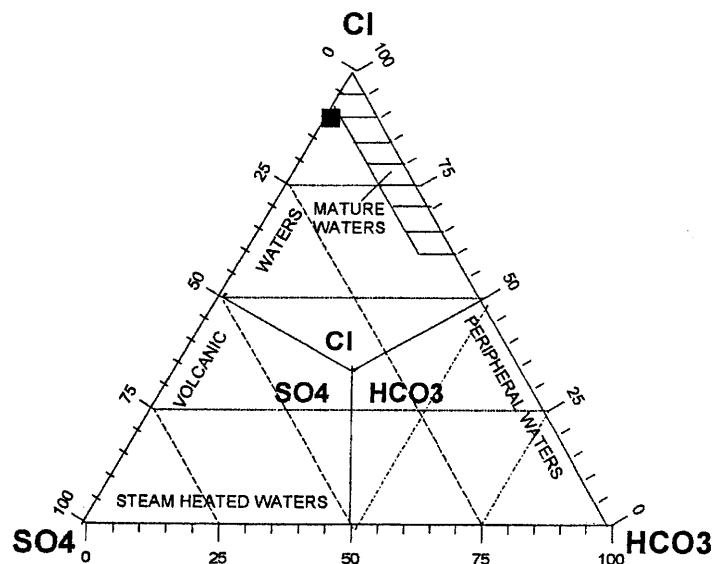


**Mynd 18:** Klóríðstyrkur vatnssýna úr holu 1 á prófunartímanum.

Styrkur klóríðs mældist að jafnaði rúmlega 2900 mg/l. Selta vatnsins er því um 15 % af sjávarseltu. Reyndist hún mjög stöðug á prófunartímanum. Kísilstyrkur var einnig stöðugur kringum 72 mg/l. Styrkur kalsíums er hár og hlutfall kalsíums miðað við natrium óvenju hátt. Ljóst er nú að hár styrkur kalsíums tengist ekki háum koltvíoxíðstyrk heldur stafar væntanlega af miklum efnaskiptum við berg.

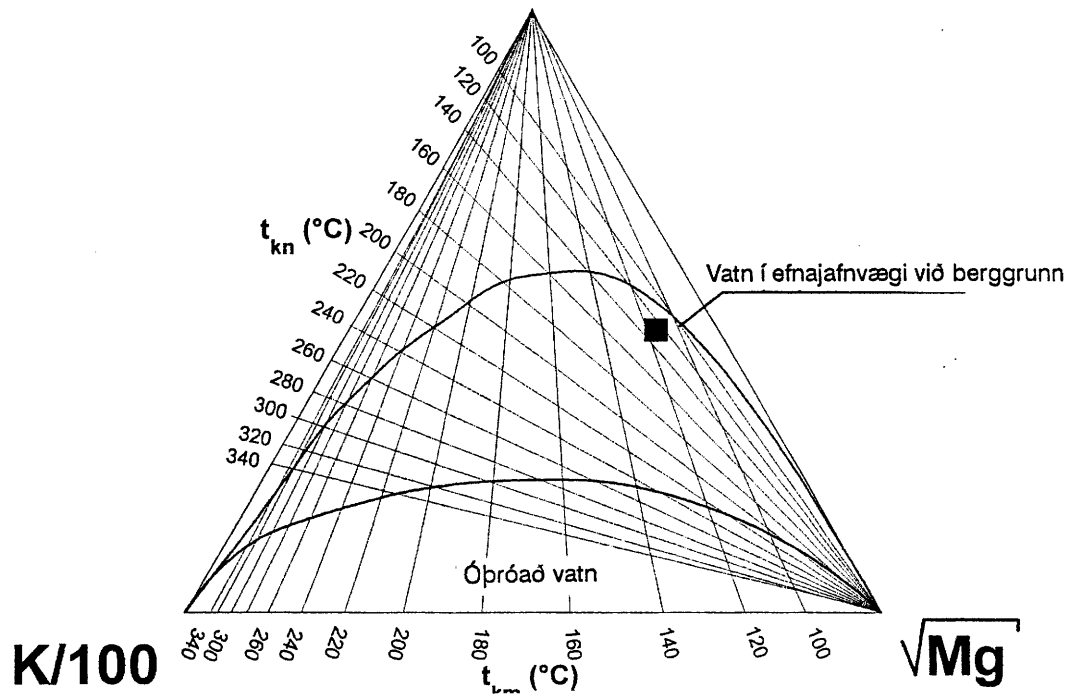
Nokkur hætta var talin á því, fyrir dæluþrófunina, að vatnið á Hofsstöðum gæti verið kolsýruríkt. Svo reyndist ekki vera. Sýrustig sýnanna, sem tekin voru í dæluþrófun, reyndist vera 8,35-8,45 (pH gildi), enda kom í ljós að heildarstyrkur karbónats er lágur í vatninu. Eru þetta því mjög eðlileg gildi miðað við efnasamsetningu. Ekkert frjálst koltvíoxíð er í vatninu. Efnagreining sýnis af gasinu, sem kemur upp með jarðhitavatninu, sýnir að 77,5 % af því er köfnunarefni, en innan við 1% koltvíoxíð. Þetta er í samræmi við það sem algengast er í lághitavatni á Íslandi þ.e. að gas í því er að mestu andrúmsloft að uppruna. Á Snæfellsnesi er talsvert um að koltvíoxíðuppstreymi frá djúpt liggjandi kvikuinnskotum berist í grunnvatn eins og þekkt er bæði í köldum ölkeldum og einnig í jarðhitavatni eins og á Lýsuhóli. Slíkt jarðhitavatn er mjög tærandi, sér í lagi ef það er saltmengað að auki.

Vatnið úr holu HO-01 flokkast sem klóríðvatn, vel þróað (mynd 19) og í góðu efnajafnvægi við berg (mynd 20). Reiknaður kísilhiti er nálægt hitastigi vatnsins, eða rétt tæpar 90 °C, sem bendir til að hitt hafi verið á aðaluppstreymisrás úr jarðhitageymnum og að ekki sé um að ræða uppstreymi frá heitari vatnsgeymi á meira dýpi. Reiknaður alkálíhiti gefur hins vegar mun lægra jafnvægishitastig, sem ekki er óalgengt í saltmenguðu vatni. Reiknuð efnajafnvægi við aðrar ummyndunarsteindir í bergi benda helst til jafnvægishita 80-90 °C, þótt þær gefi ekki mjög afgerandi niðurstöðu (mynd 21a). Vatnið reiknast talsvert yfirmettað af kalki (mynd 21), en venjulega er jarðhitavatn á Íslandi nákvæmlega mettað með tilliti til kalks. Vera má að þetta stafi af því að hár kalsíumstyrkur í vatninu ráðist af jafnvægjum við aðrar steindir.

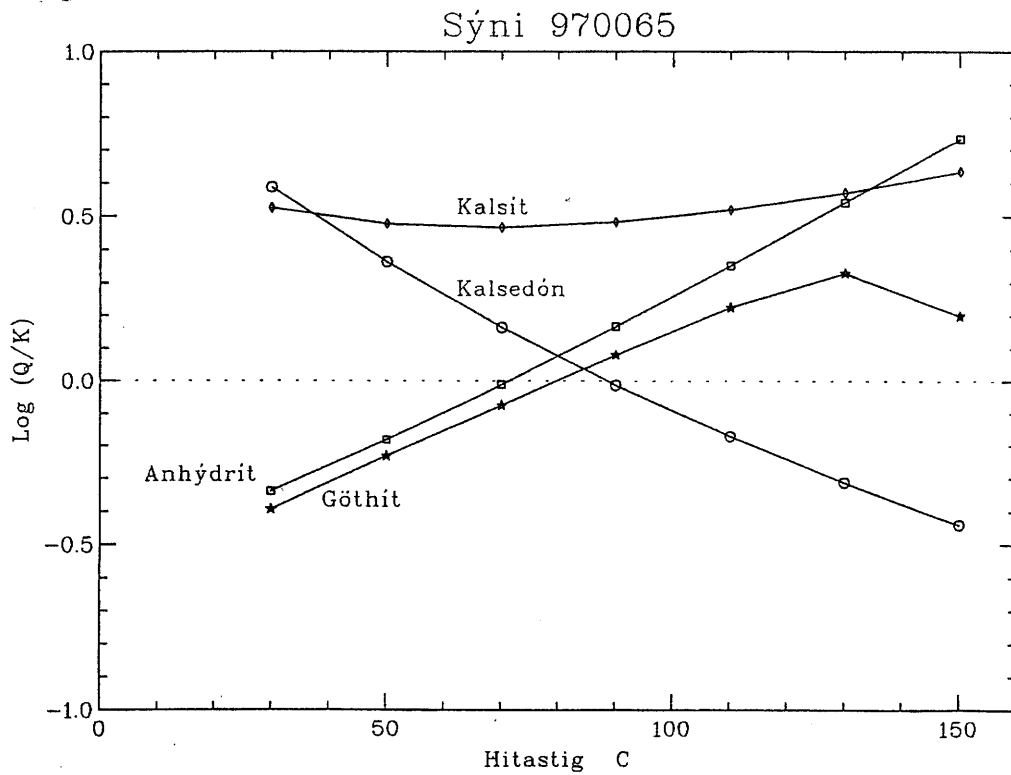


**Mynd 19:** Flokkun vatns eftir hlutfallslegum styrk anjóna (súlfats, klóríðs og bíkARBÓNATS) í vatninu (Giggenbach, 1991). Vatn úr holu 1 sýnt með fylltum kassa.

# Na/1000

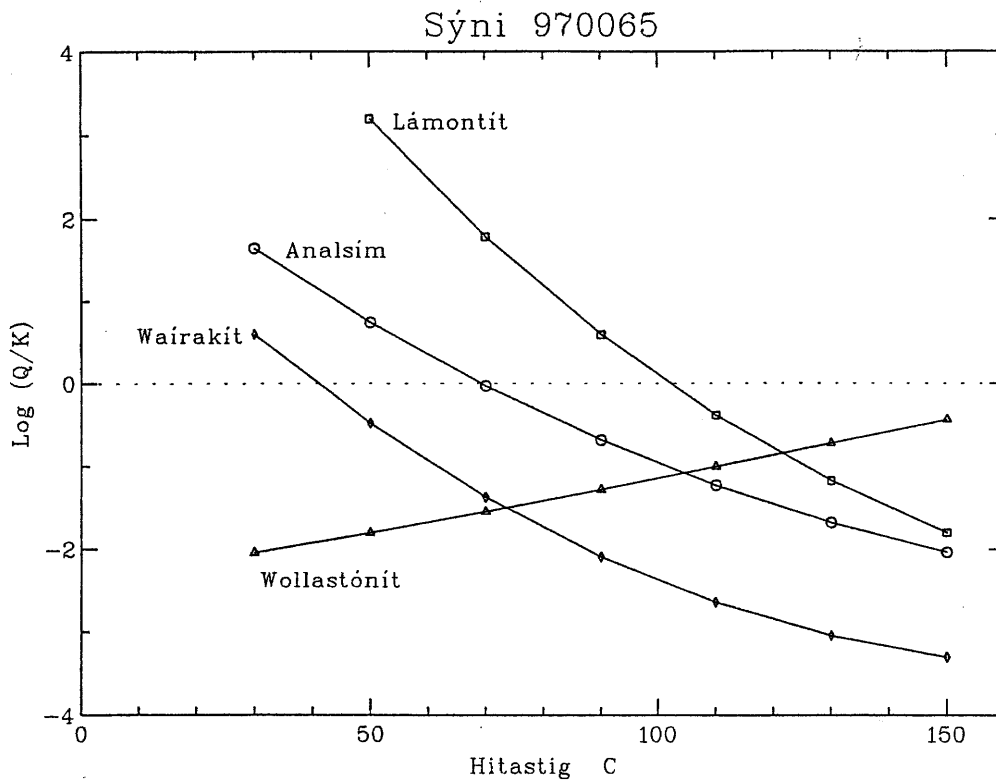


Mynd 20: Flokkun vatns eftir hlutfallslegum styrk katjóna (kalíum, natríum og magnesíum) í vatninu (Giggenbach, 1991). Vatn úr holu 1 sýnt með fylltum kassa.

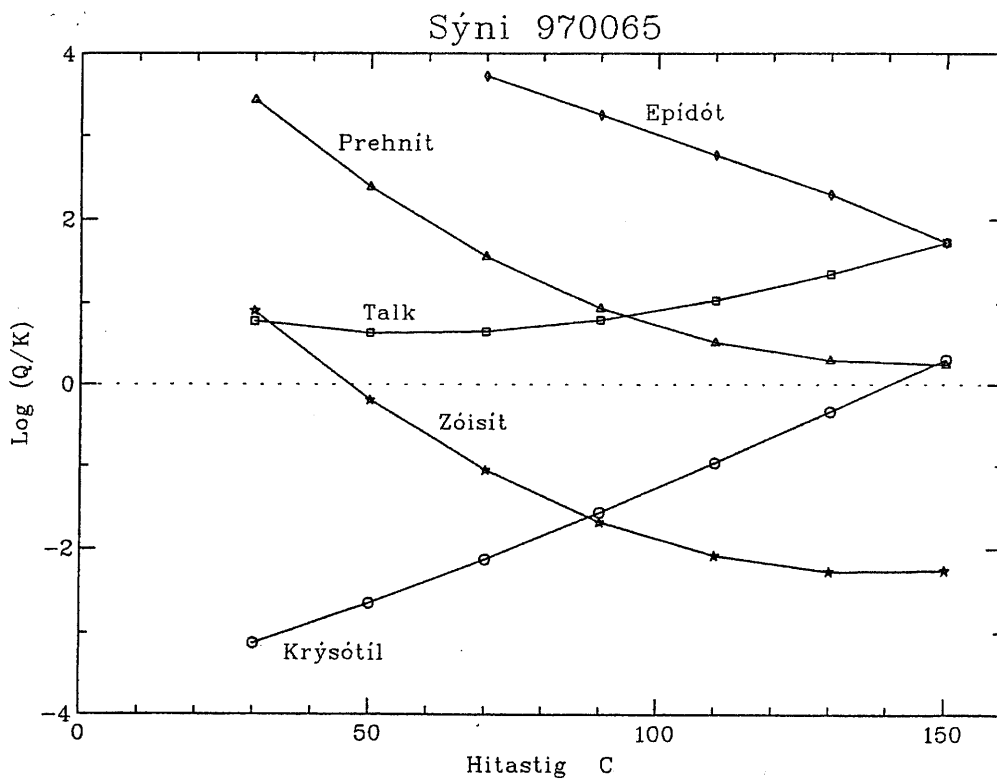


Mynd 21a.





Mynd 21b.



Mynd 21c: Lógaríþmi hlutfalls virknimargfeldis í vatninu og fræðilegs leysnimargfeldis fyrir ákveðnar steindir á móti hitastigi. Sé viðkomandi steind í jafnvægi við vatnið, við ákveðið hitastig, er þetta hlutfall núll.

Styrkur járnns er talsvert hærri en algengast er í jarðhitavatni, en þó ekki verulega hár. Sama gildir um styrk annarra þungmálma eins og nánar er vikið að í næsta kafla.

Mælingar á súrefnissamsætum ( $\delta^{18}\text{O}$ ) sýna að þetta vatn er marktækt léttara ( $\delta^{18}\text{O} = -11,1$ ) en vatn sem er upprunnið í fjalllendi sunnan við Stykkishólm ( $\delta^{18}\text{O} \geq -9$ , áætlað frá vetnismælingum Braga Árnasonar, 1976) eða á Snæfellsnesi yfirleitt. Mjög ólíklegt er að samsætuhlutföllin hafi breyst vegna hvörfunar við berg í ekki heitara vatni en þetta og þær breytingar yrðu væntanlega frekar til þyngingar en ekki léttingar á vatninu. Blöndun við sjó mundi sömuleiðis þyngja vatnið en ekki léttu. Samsætuhlutföllin benda þannig til að vatnið sé mjög gamalt og gæti það skýrt mikil efnaskipti við bergið.

## 6.2 Neyslu- og vinnslueiginleikar vatnsins

Eins og bent hefur verið á er selta vatnsins úr holu 1 nokkuð há og því tæpast hægt að reikna með að unnt sé að nýta það beint í hitaveitukerfi. Vatnið er einnig óhæft til neyslu vegna hárrar seltu. Eins og fram kom hér á undan er styrkur járnns talsvert hærri en algengast er í jarðhitavatni, en þó ekki það hár að valdi vandræðum við nýtingu. Sama gildir um mangan. Styrkur áls er mjög lágur eins og algengt er í söltu vatni. Styrkur annarra þungmálma, kopars, sinks, blýs og kvikasílfurs er mjög lágur. Allir þeir þungmálmar, sem mældir hafa verið eru langt innan hættumarka (a.m.k. stærðargráðu neðan) fyrir neysluvatn. Styrkur flúors er við efri mörk þess, sem er leyfilegt fyrir drykkjarvatn. Ekkert í vatninu gerir það beinlínis hættulegt til neyslu og óhætt er að nota það til matargerðar. Hátt hlutfall kalsíums miðað við natríum í vatninu er væntanlega ákjósanlegt á sama hátt og notkun heilsusalts.

Selta vatnsins virkar sem hvati á öll efnahvörf og komist örlítið súrefni inn í vatnið verður mjög hröð stáltæring í því. Einnig má búast við því að við lágt hitastig geti orðið útfelling efnna í krönum, sem gera beina notkun hvítleiða til annars en baða í heitum pottum og sundlaugum.

Kalkmettun vatnsins er nokkuð há og reyndar nálægt þeim mörkum þar sem hætta er talin á útfellingu kalks. Ekki varð vart við neina útfellingu í prófuninni, en breytingar í sýrustigi, hvirfilstreymi eða örlítil íblöndun kalds vatns gætu hrundið þeim af stað. Vegna hárrar seltu er enn meiri ástæða til að gæta varúðar við hönnun veitunnar með þetta í huga og fylgjast einnig vel með eftir að vinnsla hefst.

Til samanburðar við vinnslueiginleika vatnsins má geta þess að selta vatns í Hitaveitu Seltjarnarness er tæplega 2000 mg/l, eða 2/3 af því sem er á Hofsstöðum (Hrefna Kristmannsdóttir, o. fl., 1996). Þar voru veruleg tæringarvandamál á fyrri tíð meðan reynt var að nýta vatnið beint. Í Hitaveitu Seltjarnarness hafa hinsvegar ekki verið nein tæringarvandamál í aðveitukerfi og eftir að forhitarar voru settir upp í húsum, bæði á ofnakerfi og kranavatn. Hefur nýting vatnsins því ekki verið miklum vandamálum bundin. Þar er vatnið nýtt beint í sundlaug bæjarins og mikil notkun er á affalli frá forhiturum í heita potta. Vatnið á Seltjarnarnesi er reyndar mun heitara en vatnið á Hofsstöðum og því síður hætta á súrefnisupptöku. Styrkur brennisteinsvetnis er svipaður í vatninu á báðum stöðum og gefur nokkra vörn gegn upptöku súrefnis.

Varðandi eiginleika vatnsins sem heilsuvatns þá er heildarefnainnihald þess nógu hátt til að það flokkist undir efnaríkt vatn (mineral water) samkvæmt þýskum heilsuvatnsstöðlum. Hins vegar er vatnið hvorki mjög járnríkt, né hefur háan styrk annarra þungmálma. Styrkur flestra annarra sporefna, sem heilsusamleg eru talinn, er einnig lágur. Þó nær styrkur flúors þeim mörkum, sem þýskir heilsuvatnsstaðlar gefa upp. Sjálfsagt er að halda áfram rannsókn á þessum þætti. Sýrustig vatnsins er lægra en algengt er í jarðhitavatni og það ásamt háu efnainnihaldi gerir það væntanlega ákjósanlegra sem baðvatn en ferskt jarðhitavatn með hátt sýrustig, sem vill þurrka húðina.

Einnig er verið að vinna að rannsókn á hitakærum örverum í vatninu á líftæknideild Iðntæknistofnunar og liggja fyrstu niðurstöður þeirrar rannsóknar fyrir (Sólveig Pétursdóttir og Jakob K. Kristjánsson, 1997). Þær benda til að örveruflóran sé mjög svipuð því sem gerist í vatni af þessu hitastigi og að hún sé fremur fábreytt enn sem komið er.

## 7. NIÐURSTÖÐUR ÚTFELLINGA- OG TÆRINGARPRÓFANA

Í töflu 2 eru teknar saman niðurstöður tæringarprófunarinnar og tæringarhraðinn umreiknaður í millimetra á ári (mm/ári). Í viðaukum A og B eru gefnar frekari lýsingar á skoðun plattanna. Tæringarhraðinn er birtur fyrir hvert efni á fyrrgreindum fjórum stöðum (sjá kafla 4.2) eftir 45, 60 og 105 daga. Tæring mælist lítil nema þegar vatnið mengast súrefni. Meginniðurstöður tæringarprófunarinnar eru eftirfarandi:

1. Í hitaveituvatninu beint frá holu HO-01 mælist lítil tæring á þeim efnum sem prófuð voru. Ánægjulegast er að ofnastál, tærist mjög hægt eða um 0,01-0,02 mm/ári. Sýni af fóðurrörastáli sem haft var í rörinu þar sem fullt streymi var. Það tærist nokkru meira eða um 0,05 mm/ári. Koparinn tærist nokkuð ef súrefni kemst að vatninu, um 0,054-0,089 mm/ári og það fellur á hann. Ryðfrítt efni tærist ekki.
2. Eftir að hafa streymt 100 m um 1/2" plaströrið er tæringarhraðinn á ofnastáli um fimm sinnum meiri en í vatni sem fer um stálrör (0,05-0,07 mm/ári). Skýrist þetta af súrefnisupptöku (70 µg/l) í gegnum óvarið polypropylen rörið. Önnur efni tærust lítið.
3. Mikil tæring mælist á stáli eftir afloftarann þar sem upptaka súrefnis mældist meiri en 100 µg/l. Koparinn tærist þar einnig nokkuð mikið.

Niðurstöður tæringarprófunarinnar sýna að mengist vatnið ekki súrefni verður tæring óveruleg. Vottur af brennisteinsvetni nægir ekki til að eyða súrefninu og því fer sem fer. Þar sem húskerfi eru aldrei alveg þétt og einungis örlítið súrefni nægir til að valda tæringarvandráðum í svo söltu vatni, er ljóst að vatnið frá Hofsstöðum telst óæskilegt til nota inn á ofnakerfi. Mikilvægt er við hönnun að fyrirbyggja að súrefni nái nokkurs staðar að smita vatnið.

Þar eð engin þyngdaraukning varð á plötunum og engin sjáanleg útfelling, er komist að þeirri niðurstöðu að útfelling verði ekki í vatninu. Fylgjast þarf þó með veitukerfinu og vatninu frá borholu því vatnið reiknast yfirmettað af kalki. Tífold kalkyfirmettun má vera til staðar áður en útfellingar taka að myndast.

Tafla 2. Þynning málma í mm/ári reiknað frá þyngdartapi prófunarplatna.  
 Reiknað út frá  $\text{mm/ár} = (\Delta m / \rho A) 365 / d$ .  $\Delta m = \rho_1 - \rho_3$ ;  $\rho =$  eðlisþyngd málmplötunnar;  
 $A =$  flatarmál plötunnar;  $d =$  dagafjöldi, sem tilraunin stóð yfir.

Númer	mm/ári (47 dagar)	Númer	mm/ári (60 dagar)	Númer	mm/ári (105 dagar)	Grind
<b>STÁL</b>						
2	0,02	12	0,01	1	0,02	fullur þrýst.
4	0,01	14	0,01	3	0,01	eftir þrýstifall
6	0,05	13	0,07	5	0,06	eftir plast
8	0,59	15	0,15	7	0,55	eftir afloftun
<b>EIR</b>						
17	0,003	27	0,005	16	0,005	fullur þrýst.
19	0,002	29	0,003	18	0,003	eftir þrýstifall
21	0,058	28	0,13	20	0,078	eftir plast
23	0,089	30	0,10	22	0,054	eftir afloftun
<b>ÁL</b>						
32	0,078	42	0,09	31	0,14	fullur þrýst.
34	0,015	44	0,08	33	0,05	eftir þrýstifall
36	0,000	43	0,02	35	0,07	eftir plast
38	0,008	45	0,13	37	0,07	eftir afloftun
<b>Fóðurrörastál</b>						
		38	0,05	78	0,05	í útdragi

## 8. MEGINFORSENDUR HÖNNUNAR HITAVEITU FRÁ HOLU 1

Niðurstöður dæluþrófunarinnar og könnun á efnafræðilegum vinnslueiginleikum vatnsins í Hofsstaðaholunni benda ótvírætt til að nýta megi holuna til orkuöflunar fyrir hitaveitu. Fjarlægð frá Sykkishólmi er um 5 km og eru ytri aðstæður því einnig ákjósanlegar. Það sem einkennir þessa holu er að í henni er frekar salt vatn sem takmarkar nokkuð þær útfærslur sem til álita koma við hönnun á hitaveitu. Mælt er með að skoða sérstaklega hönnun sem byggði á lokuðu hringrásarkerfi í bænum og varmaskiptstöð.

Samkvæmt niðurstöðum vinnsluþrófunar holu 1 eru eftirfarandi helstu þættir er snerta hönnun hitaveitunnar:

1. Vatnshiti á holutoppi: 85-87°C
2. Frágangur djúpdælu: Sett niður á 100 m dýpi. Hraðastýrður mótör. Þarf að anna max. 30 l/s við 90-100 m niðurdrátt. Hönnun djúpdælu kann að verða endurskoðuð þegar vinnslusagan lengist og geymslúkönnun verða nákvæmari.
3. Helstu eiginleikar vatnsins vegna efniskaupa:

pH	8,7	H <sub>2</sub> S	0.008 mg/l
Cl	2900 mg/l	O <sub>2</sub>	0 mg/l
SiO <sub>2</sub>	72 mg/l		

4. Tæringarhraði á ofnastáli í hitaveituvatninu er um 0,02 mm/ári en um 0,05 mm/ári á fóðurrörastáli. Varað er sérstaklega við súrefnismengun vatnsins sem veldur bráða-tæringu.
5. Súrefnisupptaka í óvörðum plaströrum eykur tæringarhraðann umtalsvert.
6. Vatnið er tærandi á ryðfrítt stál ef það kemst jafnframt í snertingu við andrúmsloft (súrefni). Slík tæring getur t.d. valdið spennutæringu á plötuvarmaskiptum með gúmmípakkningum. Því er lagt til að nota heilsoðna varmaskipta úr ryðfríu stáli eða þá með plötum úr títan málm.
7. Með vatninu berst svolítið hveraloft sem er köfnunarefni að mestu (75%). Það er trúlega svo lítið að ekki er þörf á að fjarlægja það í sérstökum afloftunargeymi þar sem vatnið fer í varmaskipta. Þessi ráðlegging er til að forðast súrefnismengun eftir fögum.
8. Ekki er að vænta útfellinga, en fylgjast þarf með hvort kalkútfellingar myndist.
9. Vatnið er óneysluhæft sem neysluvatn (kranavatn) vegna hárrar seltu.
10. Vatnið er áhugavert til heilsubaða.
11. Koma þarf á kerfisbundnu vinnslueftirliti með áhrifum vatnstöku á jarðhitasvæðið. Auk þess eru efnasýni tekin til heildarefnagreiningar. Fylgst er með hvort súrefni kemst í dreifikerfi og tæringarplötur hafðar á völdum stöðum. Einnig er mánaðalega mælt vatnsborð í nálægum hitastigulsholum. Sjá nánar í viðauka C .
12. Gera verður ráð fyrir að boruð verði innan tíðar önnur hola til að tryggja varaafli fyrir veituna. Með því að hafa veitukerfið tvöfalt innanbæjar má einnig hugsa sér að aðrir orkugjafar nýtist til þessa.
13. Ástæða er til að ráðstafa ekki öllu affallsvatninu til annarra nota fyrir en ljóst er hvort þörf verður fyrir það til að bæta jarðhitakerfinu upp tapið með niðurdælingu.

## 9. NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður í viðamikillar prófunar á holu 1 við Hofsstaði eru eftirfarandi:

1. Prófunin gekk mjög vel og eru mæligögn í hæsta gæðaflokki.
2. Auðvelt reyndist að fella 3ja geyma, opin og lokuð geymislíkön að vinnslusögunni.
3. Holan virðist þola 15-20 l/s vinnslu, a.m.k. næstu 5 árin, hvort sem litið er til lokaða eða opna geymislíkansins. Það telst vera rífleg vatnspörf nýrrar hitaveitu fyrir Stykkishólm og næsta nágrenni.
4. Líklegt meðalvatnsborð holunnar að 8 árum liðnum er  $70 \pm 20$  m. Slíkt dýpi á vatnsborð er auðveldlega viðráðanlegt með hefðbundnum djúpdælum.
5. Komi til þess að svartsýnustu vatnsborðsspárnar reynist réttar, hafa menn margra ára fyrirvara til að grípa til aðgerða. Ættu þær þá hvorki að verða erfiðari né kostnaðarsamari en almennt tíðkast hjá hitaveitum hérlandis. Endurskoða má þjöppuðu geymislíkönin eftir því sem vinnslusaga Hofsstaðaholunnar lengist. Þannig má að liðinni 6-12 mánaða dælingu spá fyrir um hvort og þá að hve mörgum árum liðnum fyrirhuguð hitaveita þarf að fara út í borframkvæmdir.
6. Vatnið úr holunni flokkast sem vel þróað klóríðvatn. Jafnvægishitastig þess er mjög nálægt mældu hitastigi, eða rétt tæpar  $90^{\circ}\text{C}$ , sem bendir til að hitt hafi verið á aðaluppstreymisrás úr jarðhitageyminum.
7. Súrefnissamsætuhlutföll eru marktækt lægri en í öðru vatni á Snæfellsnesi, sem bendir til þess að vatnið sé mjög gamalt.
8. Selta vatnsins er há og er það óhæft til neyslu af þeim sökum.
9. Há selta og fremur lágt sýrustig vatnsins gerir það ákjósanlegt til baða.
10. Helstu niðurstöður tæringarprófunarinnar eru þær að málmtæring verður óveruleg mengist vatnið ekki af súrefni.
11. Kalkmettun vatnsins er nálægt þeim mörkum þar sem talin er hætta á að útfellingar verði.
12. Nauðsynlegt er að koma strax í upphafi á góðu eftirliti með vinnslunni, bæði með massatöku og efnasamsetningu vinnsluvatnsins.

## 10. HEIMILDASKRÁ

- Bragi Árnason, 1976: *Groundwater Systems in Iceland Traced by Deuterium*. Societas Scientiarum Islandica XLII, pp. 236, Reykjavík, 1976.
- Giggenbach, W.F., 1991: *Chemical techniques in geothermal exploration*. Í D'Amore, F., Application of Geochemistry in Reservoir Development. UNITAR/UNDP publication, Rome, Italy, 119-142.
- Grímur Björnsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1996: *Rannsóknir á holu 1 við Hofsstaði í Helgafellssveit í nóvember 1996*. Orkustofnun, OS-96071/JHD-40 B, 13 s.
- Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1996: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar árið 1995*. Orkustofnun, OS-96034/JHD-20 B, 12 s.
- Hjálmar Eysteinnsson, 1996: *Segulmælingar á Þórsnesi við Stykkishólm*. Orkustofnun, OS-96040/JHD-25 B, 8 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Helga Tulinius og Magnús Ólafsson, 1996: *Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1995-1996*. Orkustofnun, OS-96083/JHD-48 B.
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1996: *Efnasamsetning vatns úr holu HO-01 á Hofsstöðum*. Orkustofnun, greinargerð HK-96/13.
- Kristján Sæmundsson, 1996: *Jarðhitaleit á Snæfellsnesi. Niðurstöður rannsókna við Stykkishólm*. Orkustofnun, greinargerð, KS-96/21.
- Sólveig Pétursdóttir og Jakob K. Kristjánsson, 1997: *Forathugun á örverulífi í borholuvatni við Stykkishólm*. Skýrsla Iðntæknistofnunar, Reykjavík.





**VIÐAUKAR**

## VIÐAUKI A: Þyngdarbreytingar á tæringarplötum

### Þyngdarbreytingar á tæringarplötum

Tafla 1a Þyngdarbreytingar á plötum í Grind 1 ( 45 dagar), fullur þrýstingur.

Nr.	Gerð	Þyngd1 (g)	Þyngd2 (g)	Þyngd3 (g)	Þ1-Þ3 (g)
2	járn	8,9940	9,0122	8,9507	0,0433
17	eir	10,3712	10,3696	10,3639	0,0073
32	ál	3,0583	3,0448	2,9961	0,0622
47	ryðfrítt	8,8376	8,8383	8,8375	0,0001

Tafla 2a Þyngdarbreytingar á plötum í Grind 2 (45dagar), eftir þrýstifall.

Nr.	Gerð	Þyngd1 (g)	Þyngd2 (g)	Þyngd3 (g)	Þ1-Þ3 (g)
4	járn	8,9967	8,9838	8,9553	0,0214
19	eir	10,4285	10,4297	10,4235	0,0050
34	ál	3,0274	3,0210	3,0151	0,0123
49	ryðfrítt	8,8259	8,8292	8,8256	0,003

Tafla 3a Þyngdarbreytingar á plötum í Grind 3 (45 dagar), eftir plast.

Nr.	Gerð	Þyngd1 (g)	Þyngd2 (g)	Þyngd3 (g)	Þ1-Þ3 (g)
6	járn	8,9822	8,8961	8,8589	0,1233
21	eir	10,4470	10,3482	10,2936	0,1534
36	ál	3,0062	3,0106	3,0059	0,0003
51	ryðfrítt	8,8424	8,8469	8,8422	0,0002

Tafla 4a Þyngdarbreytingar á plötum í Grind 4 (45 dagar), eftir afloftun.

Nr.	Gerð	Þyngd1 (g)	Þyngd2 (g)	Þyngd3 (g)	Þ1-Þ3 (g)
8	járn	9,0603	8,8369	7,6815	1,3788
23	eir	10,4165	10,3664	10,1789	0,2376
38	ál	3,0229	3,0431	3,0164	0,0065
53	ryðfrítt	8,8327	8,8476	8,8326	0,0001

Tafla 1b Þyngdarbreytingar á plötum í Grind 1 ( 60 dagar), fullur þrýstingur.

Nr.	Gerð	Þyngd1 (g)	Þyngd2 (g)	Þyngd3 (g)	Þ1-Þ3 (g)
12	járn	8,9938	8,9844	8,9546	0,0392
27	eir	10,4470	10,4474	10,4313	0,0157
42	ál	3,0237	3,0082	2,9311	0,0926
57	ryðfrítt	8,8254	8,8278	8,8257	-0,0003

Tafla 2b Þyngdarbreytingar á plötum í **Grind 2 (60 dagar)**, eftir þrýstifall.

Nr.	Gerð	Þyngd1(g)	Þyngd2(g)	Þyngd3(g)	Þ1-Þ3(g)
14	járn	8,9011	8,8910	8,8676	0,0335
29	eir	10,4740	10,4772	10,4643	0,0097
44	ál	3,0264	3,0126	2,9400	0,0864
59	ryðfritt	8,8215	8,8237	8,8219	-0,0004

Tafla 3b Þyngdarbreytingar á plötum í **Grind 3 (60 dagar)**, eftir plast.

Nr.	Gerð	Þyngd1(g)	Þyngd2(g)	Þyngd3(g)	Þ1-Þ3(g)
13	járn	8,9706	8,8487	8,7752	0,1954
28	eir	10,4286	10,0085	9,9888	0,4398
43	ál	3,0348	3,0437	3,0105	0,0243
58	ryðfritt	8,8548	8,8603	8,8548	0

Tafla 4b Þyngdarbreytingar á plötum í **Grind 4 (60 dagar)**, eftir afloftun.

Nr.	Gerð	Þyngd1(g)	Þyngd2(g)	Þyngd3(g)	Þ1-Þ3(g)
15	járn	8,0155	8,9087	7,5843	0,4312
30	eir	10,4806	10,4257	10,1265	0,3541
45	ál	3,0289	3,0449	2,8994	0,1295
60	ryðfritt	8,7374	8,7507	8,7377	-0,00033

Tafla 5b Þyngdarbreytingar á föðurröri (60 dagar?), í útdragi.

Nr.	Gerð	Þyngd1(g)	Þyngd2(g)	Þyngd3(g)	Þ1-Þ3(g)
38	föðurrör	11,0401	11,0328	10,9958	0,0443

Tafla 1c Þyngdarbreytingar á plötum í **Grind 1 (105 dagar)**, fullur þrýstingur.

Nr.	Gerð	Þyngd1(g)	Þyngd2(g)	Þyngd3(g)	Þ1-Þ3(g)
1	járn	8,9808	9,0097	8,8964	0,0844
16	eir	10,4455	10,4441	10,4163	0,02918
31	ál	3,0149	2,9942	2,7667	0,2482
46	ryðfritt	8,8599	8,8627	8,8602	-0,0003

Tafla 2c Þyngdarbreytingar á plötum í **Grind 2 (105 dagar)**, eftir þrýstifall.

Nr.	Gerð	Þyngd1(g)	Þyngd2(g)	Þyngd3(g)	Þ1-Þ3(g)
3	járn	8,9434	8,9604	8,8869	0,0565
18	eir	10,3757	10,3782	10,3559	0,0198
33	ál	3,0287	3,0065	2,9435	0,0852
48	ryðfritt	8,8574	8,8663	8,8589	-0,0015

Tafla 3c Þyngdarbreytingar á plötum í **Grind 3 (105 dagar)**, eftir plast.

Nr.	Gerð	Þyngd1 (g)	Þyngd2 (g)	Þyngd3 (g)	Þ1-Þ3 (g)
5	járn	8,9322	8,7365	8,6157	0,3165
20	eir	10,4126	10,0434	9,9477	0,4649
35	ál	3,0304	3,0476	2,9081	0,1223
50	ryðfrítt	8,9590	8,9666	8,9585	0,0005

Tafla 4c Þyngdarbreytingar á plötum í **Grind 4 (105 dagar)**, eftir afloatun.

Nr.	Gerð	Þyngd1 (g)	Þyngd2 (g)	Þyngd3 (g)	Þ1-Þ3 (g)
7	járn	8,9549	8,8547	6,1201	2,8348
22	eir	10,3488	10,2498	10,0291	0,3197
37	ál	3,0279	3,0618	2,9077	0,1202
52	ryðfrítt	8,8575	8,8867	8,8570	0,0005

Tafla 5c Þyngdarbreytingar á fóðurröri (105 dagar), í **útdragi**.

Nr.	Gerð	Þyngd1(g)	Þyngd2 (g)	Þyngd3 (g)	Þ1-Þ3 (g)
78	fóðurrör	11,0388	11,0421	10,9556	0,0832

## **VIÐAUKI B: Lýsing á útliti platna eftir prófun**

**Járn:** Plöturnar í grind 1 og 2 léttust innan við 1 % hvort heldur þær voru 45, 60 eða 105 daga í grindunum. Í sýruþvottinum myndaði # 3 hvíta froðu. Eftir rennsli um plöst voru plöturnar svartar og með smá ryði, þannig að erfitt var að lesa númer platnanna. Eftir sýruþvott höfðu plöturnar lést um 2-3 %. Plötur # 15 og # 7 litu verst út með miklu ryði og # 7 öllu verri enda léttist hún um 32 % en hin um 5%.

**Eir:** Plöturnar úr grindum 1 og 2 léttust innan við hálf % hvort heldur eftir 45, 60 eða 105 daga. En eftir rennsli um plöst (grind 3) léttust þær um 4,5 % og sýruþvotturinn olli því að eirinn virtist flagna af (# 20) og þunn ljósgræn útfelling (Cuprite?) olli því að erfitt var að lesa á númer pötu 28. Nægilegt magn af útfellingum til greiningar í XRD fékkst af plötum # 30 og # 22 úr grind 4, og reyndist vera Cuprite (Cu<sub>2</sub>O). Léttust þessar plötur í grind 4 (afloftun) um 3 - 3,5 % eða um 1,5 % minna en í grindinni á undan.

**Al:** Hér breytist þyngd platnanna mjög sveiflukennt og erfitt er að útskýra sveifluna. Þær léttast frá 0,8 % (# 43) en hinar 3 - 4 % að einni undan skilinni (# 31), sem léttist um 8%. Á flestum plötunum var karrýgul útfelling, mest á plötunum í grind 3 og 4 en þó það lítil að erfitt var að fá nægjanlegt magn á plötu til greiningar í XRD, sem gaf enga toppa, þ.e. ókristallað efni. Eitt er þó sameiginlegt öllum plötunum, að í sýruþvottinum freyddu þær mjög mikið, ýmist áberandi hvítri froðu (# 44 og # 33) eða svörtum flyksum eins og þær væru að leysast upp. Þetta ásamt því hve plöturnar eru í eðli sínu léttar, gæti skýrt sveiflurnar í hve misjafnlega mikið þær léttast.

**Ryðfrítt:** Tilraunin hafði lítil sem engin áhrif á þessar plötur, fyrir utan að á þær (í grind 4) féll smávegis af karrýgulu efni, ókristallað samkvæmt XRD keyrslu.

**Fóðurrör:** Þessar tvær plötur léttust lítið eða um 0,75 % (eftir 105 daga). Ekki sáust neinar útfellingar á þeim.

## VIÐAUKI C: Tillögur um vinnslueftirlit við holu 1

Mjög mikilvægt er að setja upp strax í upphafi gott eftirlit með vinnslu úr jarðhitakerfinu. Til að geta sagt fyrir og hermt um viðbrögð jarðhitakerfisins við aukinni vinnslu þurfa að vera til gögn um fyrri vinnslu og viðbrögð kerfisins við henni. Auk þess að mæla þá þætti sem lúta beint að vatnsvinnslunni þarf að fylgjast reglulega með efnainnihaldi vatnsins þar sem breytingar á því eru oft forboði um kælingu í jarðhitakerfinu eða innstreymi kaldara vatns inn í það. Þeir þættir vatnsvinnslunnar sem mæla þarf, tíðni og með hvaða næmni eru sýndir í töflunni hér að neðan.

Mælistærð	Eining	Tíðni	Næmni
1. Vatnsborð	m	4/sólarhring	<0,05 bör
2. Hitastig vatns	°C	4/sólarhring	0,5 °C
3. Augnabliksrennsli	l/s	4/sólarhring	10 %
4. Meðaltalsrennsli	m <sup>3</sup>	4/sólarhring	5 %
5. Rafmagnsnotkun	KWh	4/sólarhring	
6. Straumur	A	4/sólarhring	
7. Gangstundir	klst.	4/sólarhring	
8. Útihiti	°C	4/sólarhring	0,5 °C
9. Þrýstingur	bör	4/sólarhring	0,05 bör

Æskilegt er að mælingum á þessum þáttum sé safnað sjálfvirkt og berist reglulega til Orkustofnunar eða þess ráðgjafa sem hitaveitan kys sér, til varðveislu og síðari úrvinnslu.

Eftirliti með efnainnihaldi er rétt að haga á þann hátt að tekin eru sýni af vinnsluvatninu árlega til heildarefnagreiningar og mánaðarlega til greiningar á leiðni eða klóríði. Fyrirnefndu sýnin verða sérfræðingar að taka, en heimamenn taki sjálfir sýni til leiðni/klóríðgreininga.

Jafnframt er lagt til að fylgst verði reglulega með hugsanlegri tæringu og/ eða útfellingum úr vatninu með búnaði eins og settur var upp á aðallögnina í tæringarprófuninni. Í þeim búnaði eru plötufestingarnar úttorganlegar svo unnt er að skoða plöturnar og skipta um án þess að skrúfa fyrir rennsli. Slíkan búnað þarf að setja upp á nokkrum stöðum í dreifikerfinu og skoða plöturnar nokkrum sinnum á ári.