



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

*HITAVEITA ÞORLÁKSHAFNAR*

**Eftirlit með jarðhitavinnslu 1994-1995**

Hrefna Kristmannsdóttir  
Hilmar Sigvaldason  
Sverrir Þórhallsson

Unnið fyrir Hitaveitu Þorlákshafnar

OS-95035/JHD-22 B

Júní 1995



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 875

***HITAVEITA ÞORLÁKSHAFNAR***

**Eftirlit með jarðhitavinnslu 1994-1995**

Hrefna Kristmannsdóttir  
Hilmar Sigvaldason  
Sverrir Þórhallsson

Unnið fyrir Hitaveitu Þorlákshafnar

OS-95035/JHD-22 B Júní 1995

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. VATNSVINNSLA OG HITASTIG	3
3. EFNASAMSETNING VATNS	3
4. TILLÖGUR AÐ HITA- OG ÞRÝSTIMÆLINGUM Í HOLUNUM	7
5. NIÐURSTÖÐUR	7
6. HEIMILDIR	8
VIÐAUKI: Mælirör í holu að Bakka	13

## TÖFLUR

Tafla 1: Efnasamsetning vatns úr holu BA-01 og HJ-01	5
Tafla 2: Efnagreiningar hlutsýna úr holum BA-01 og HJ-01 og Knarrarbergi	6

## MYNDIR

Mynd 1: Heildarvinnsla úr jarðhitasvæðinu 1989-1995	9
Mynd 2: Rennsli og hitastig vinnsluvatns úr holu BA-01	9
Mynd 3: Rennsli og hitastig vinnsluvatns úr holu HJ-01	10
Mynd 4: Styrkur klóríðs með tíma í vinnsluvatninu	10
Mynd 5: Samspil klóríðstyrks og vinnslu	11
Mynd 6: Breytingar í hlutfalli stöðugra ísótópa með tíma	11
Mynd 7: Breytingar í kalsedonhitastigi með tíma 1987-1994	12
Mynd 8: Alkalíhitastig í jarðhitavatninu á tímabilinu 1987-1994	12

## 1. INNGANGUR

Í eftirfarandi skýrslu er gerð grein fyrir niðurstöðum efnagreininga á vatni úr vinnsluholum Hitaveitu Þorlákshafnar 1994-1995 samkvæmt samningi hitaveitunnar og Orkustofnunar nr. 687171-1988. Einnig eru teknar saman niðurstöður um vatnsvinnslu í samræmi við samning aðilanna.

Starfsmenn Orkustofnunar tóku sýni úr báðum vinnsluholum veitunnar einu sinni á árinu, en auk þess tóku starfsmenn hitaveitunnar nokkur sýni til greininga á ákveðnum þáttum.

Vegna framkvæmda við veituna hefur búnaður til stýringar og söfnunar vinnslugagna ekki verið tengdur mestallt árið. Sjálfvirkur söfnunarbúnaður frá Orkustofnun, sem tengdur var 1992 við stýribúnað hitaveitunnar var því óvirkur einnig. Lítið var því til af gögnum um vinnslu þetta árið.

## 2. VATNSVINNSLA OG HITASTIG

Gagnasöfnunin hefur verið mjög léleg frá maí 1994 til dagsins í dag þar sem nemar fyrir hita og rennsli hafa verið ótengdir lengst af þennan tíma. Unnið hefur verið við að byggja hús fyrir dælubúnaðinn og rífa gamla húsið og hefur það valdið því að ekki hefur verið hægt að koma gagnasöfnuninni í samt lag. Gagnasöfnunin fór í lag í lok marsmánaðar 1995 þannig að aðeins hafa borist gögn í rúman mánuð frá því að síðasta áfangaskýrsla var skrifuð. Þessum gögnum hefur verið komið í gagnagrunn Orkustofnunar og eru þau birt með eldri gögnum á myndum 1, 2 og 3.

Á mynd 1 er sýnd heildarvinnsla úr báðum holunum frá árinu 1989 en myndir 2 og 3 sýna hita- og rennsli úr hvorri holu fyrir sig.

Mjög lítið er að sjálfsögðu um þessi gögn að segja, en þann mánuð sem vinnslugögnin spanna er svipuð vinnsla og verið hefur á undanförunum árum.

Vinnslugögn, sem safnað er nú á jarðhitasvæðinu á Bakka, segja lítið um áhrif vinnslunnar á svæðið, þar sem ekki er mældur hiti eða þrýstingur niðri í holunum. Hiti hefur verið mældur af og til í holu HJ-01, en vagna kostnaðar er það einungis gert stöku sinnum. Rætt hefur verið um uppsetningu á búnaði sem mælir hita og þrýsting neðan vatnsborðs í borholunum. Hér á eftir eru teknar saman tillögur um framkvæmd og kostnað við uppsetningu slíks búnaðar.

## 3. EFNASAMSETNING VATNS

Fylgst hefur verið reglulega með efnasamsetningu vinnsluvatn frá jarðhitasvæðinu á Bakka, bæði vinnsluholu BA-01 og HJ-01 og breytingum samfara vinnslu (Hrefna Kristmannsdóttir, 1982, Hrefna Kristmannsdóttir, 1987, Auður Ingimarsdóttir, 1989, Hrefna Kristmannsdóttir o. fl., 1988, Hrefna Kristmannsdóttir o. fl. 1990, Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Tulinius, 1991, Hrefna Kristmannsdóttir og Hilmar Sigvaldason, 1992, Hrefna Kristmannsdóttir o. fl., 1993, Hrefna Kristmannsdóttir og Hilmar Sigvaldason, 1994). Á síðari árum hafa breytingar verið litlar, en þrátt fyrir það er full ástæða til að fylgjast áfram vel með þessum þætti, þar sem efnabreytingar eru oft fyrirboði um kólnun vatns og innstreymi kaldara grunnvatns.

Tekin voru heilsýni til efnagreiningar 31. janúar s.l. og eru niðurstöður greininganna sýndar í töflu 1. Einnig var tekið eitt sýni úr holu BA-01 í september 1994 vegna almennra rannsókna Orkustofnunar og eru niðurstöður greiningar þess einnig sýndar í töflunni. Til samanburðar þessum niðurstöðum eru teknar með efnagreiningar frá undanförunum árum úr báðum vinnsluholunum.

Einungis voru tekin 4 sýni alls af starfsmönnum hitaveitunnar til greininga á einstökum efnum að þessu sinni og eru niðurstöður þeirra greininga sýndar í töflu 2. Í þeirri töflu er einnig sýnd hlutgreining á vinnslusýni úr dreifikerfi, sem tekið var samhliða heilsýnatöku úr holunum.

Æskilegt væri að taka oftari hlutsýni úr holunum, eða annan hvorn mánuð eins og verið hefur lengst af á undanförunum árum. Með því móti er von til að hugsanlegar breytingar sjáist með nokkrum fyrirvara og gefi tóm til viðbragða.

Einstakir þættir og breytingar á þeim eru sýndir á myndum 4-8. Mynd 4 sýnir styrk klóríðs með tíma í vinnsluvatninu og mynd 5 samhengi klóríðstyrks og vinnslu. Á mynd 6 eru sýndar breytingar í hlutfalli stöðugra ísótópa með tíma og myndir 7 og 8 sýna annars vegar útreiknað kalsedónhitastig og hins vegar alkálíhitastig á móti tíma.

Efnasamsetning vatnsins bendir til að litlar breytingar séu í jarðhitakerfinu nú. Selta, sem styrkur klóríðs er dæmigerður fyrir, sveiflast í takt við vinnslu eins og fram kemur á mynd 5, en hefur ekki breyst marktækt á síðustu árum (mynd 4). Sveiflur í seltu eru þannig taldar tengdar massatöku og stafa af því að við breytingar á vinnslu breytist innbyrðis hlutfall einstakra vatnsæða, en þær eru missaltar. Í holu BA-01 koma fram skýr línuleg tengsl á milli þessara þátta, en þau sjást ekki eins vel í holu HJ-01. Þessi munur stafar líklega af því að í holu HJ-01 er vinnsla mun stöðugri en í holu BA-01 og þar hafa verið mun meiri almennar breytingar með tíma á efnasamsetningu, fyrst vegna mikils innstreymis kaldara vatns og síðan meira hægfara breytingar eftir viðgerð holunnar. Í holu BA-01 er hins vegar ljóst að með aukinni dælingu kemur meira inn af vatnsæðum þar sem vatnið er minna salt og þegar dæling er minnkuð verður blandan meira sölt. Engar varanlegar breytingar virðast hafa orðið á seltu, þar sem sýni tekin á mismunandi tímum við sama dælingarmagn eru nánast eins að samsetningu.

Hlutfall súrefnisísótópa (mynd 6) hefur sýnt marktækar breytingar með tíma í báðum holum, en er óbreytt frá fyrra ári.

Útreiknaður kalsedónhiti sýnir smávægilegar sveiflur (mynd 7) en ekki marktækar breytingar né merki um yfirvofandi kælingu í jarðhitakerfinu. Alkálíhiti, sem byggir á hlutfalli katjóna (mynd 8) sýnir svipað djúphitastig en öllu meiri sveiflur, sem væntanlega tengjast sveiflum í seltu vatnsins.

Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu BA-01 og HJ-01; 1991-1995

Staður	BA-01						HJ-01						
	91-01-24 91-0007	91-07-31 91-0163	92-01-30 92-0022	93-01-14 93-0002	94-01-18 94-0002	94-09-05 94-0167	95-01-31 95-0006	91-01-24 91-0003	91-07-31 91-0164	92-01-30 92-0021	93-02-10 93-0015	94-01-18 94-0001	95-01-31 95-0007
Hiti (°C)	119	121	121	116	118	119	120	100	-	99	99	98	98
Sýrustig (pH/°C)	8,69/24	8,23/25	8,68/22	8,90/22	8,78/24	8,66/24	8,88/23	9,05/24	8,97/25	9,04/22	8,98/24	8,93/23	9,01/23
Kisill (SiO <sub>2</sub> )	129,3	129,4	129,2	130,7	130,6	137,5	130,2	110,1	113,7	111,2	112,9	109,6	109,6
Natrium (Na)	389	398	399	397	389	398	390	260	292	293	281	276	279
Kalíum (K)	19,5	19,3	17,5	17,8	17,1	17,8	19,2	11,2	12,5	10,8	10,3	10,0	11,0
Kalsíum (Ca)	76,1	74,3	71,5	78,5	71,4	73,2	72,0	35,1	42,5	39,4	42,3	38,9	40,4
Magnesium (Mg)	0,010	0,021	0,009	0,010	0,008	0,021	0,004	0,002	0,026	0,003	0,011	0,008	0,008
Karbonsat (CO <sub>2</sub> )	7,8	13,8	10,0	3,6	6,2	9,9	5,3	8,6	7,7	8,2	6,3	6,8	6,8
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	114,6	118,3	118,4	121,8	119	121	116	75,3	85,1	84,4	83,4	82,2	79,4
Brennist.v. (H <sub>2</sub> S)	0,61	0,73	0,64	0,48	0,46	0,20	0,49	0,12	0,12	0,10	0,15	0,14	0,16
Klóríd (Cl)	650	656	655	676	658	743	626	396	457	435	452	441	419
Flúoríd (F)	0,50	0,49	0,49	0,52	0,51	0,51	0,52	0,56	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53
Uppleyst efni	1474	1470	1444	1432	1412	1422	1310	939	1052	1005	926	980	950
Járn (Fe)	-	-	-	0,007	0,016	-	-	-	-	-	0,029	0,006	-
Mangan (Mn)	-	-	-	-	0,003	-	-	-	-	-	-	0,001	-
Bór (B)	0,26	0,28	-	0,28	0,25	-	-	0,18	0,19	0,18	0,19	0,18	-
Brómíd (Br)	2,21	2,25	2,47	-	2,04	-	-	1,34	1,61	1,60	-	1,37	-
Al (Al)	0,078	0,088	0,078	-	0,064	-	-	0,100	0,085	0,093	-	0,095	-
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0	-	0	0,003	0	-	0	0	0	0	0	0	0
Strontium (Sr)	-	-	-	-	0,39	-	-	-	-	-	-	0,06	-
Lítium (Li)	-	-	-	-	0,19	-	-	-	-	-	-	0,06	-
δ <sup>18</sup> O ‰	-9,26	-9,28	-9,26	-9,23	-9,19	-9,17	-9,21	-8,67	-8,53	-8,71	-8,70	-8,68	-8,67
δD ‰	-72,6	-72,5	-	-	-	-73,8	-	-64,6	-66,0	-	-	-	-



#### 4. TILLÖGUR AÐ HITA- OG ÞRÝSTIMÆLINGUM Í HOLUNUM

Bent hefur verið alloft á að æskilegt væri að fylgjast með breytingum á hita og þrýstingi í jarðhitakerfinu á Bakka (Auður Ingimarsdóttir o. fl., 1989, Hrefna Kristmannsdóttir og Hilmar Sigvaldason, 1994), en til þess þarf að koma fyrir mælibúnaði í vinnsluholunum neðan suðuborðs. Hitastig mælt á holutoppi segir ekkert til um ástand jarðhitakerfisins, en það stjórnast af suðuborði í holunni. Ekki hafa slíkar mælingar verið gerðar annars staðar hér á landi og hafa menn velt fyrir sér útfærslu á þeim. Um er að ræða tilraunauppsetningu og ekki alveg víst að rekstur mælibúnaðar gengi snurðulaust til að byrja með. Af þeim sökum og kostnaðar vegna hefur dregist að setja upp slíkan mælibúnað. Þar sem mæling á hitastigi og/eða þrýstingi eykur mjög öryggi vinnslueftirlits væri þó mjög æskilegt að reyna þetta. Í fylgiskjali með þessari skýrslu er lýsing á búnaði til að mæla hitastig og þrýsting niðri í vinnsluholunum og kostnaðaráætlun fyrir uppsetningu hans. Sams konar rör og lagt er til að nota hafa verið sett í jarðhitaholu annars staðar, en í öðrum tilgangi, og hafa gefist vel. Kostnaður er gróflega áætlaður 315 þúsund kr fyrir hvora holu. Auk þess þarf að setja upp nýja hliðarloka þar sem ekki verður unnt að nota aðaloka holnanna eftir að burðarrör búnaðarins er sett í þær.

#### 5. NIÐURSTÖÐUR

Einungis var safnað vinnslugögnum í um mánuð á undanfögnu ári og því litlar ályktanir unnt að draga frá þeim.

Æskilegt væri að fylgjast betur með hita- og þrýstiástandi í jarðhitakerfinu og er gerð tillaga um að setja upp mælibúnað á dýpi í holunum til að fylgjast með því. Kostnaðaráætlun um búnað og uppsetningu fylgir skýrslunni.

Engar verulegar breytingar hafa orðið á efnasamsetningu vinnsluvatns úr holunum, en sveiflur tengdar vinnslu koma fram.

Efnahiti sýnir ekki marktækar breytingar frá fyrra ári og ekki bendir neitt til yfirvofandi kælingar, en æskilegt er að fylgjast áfram vel með svæðinu.

Æskilegt er að taka reglulega annan hvern mánuð sýni úr vinnsluholunum til greiningar á klóríði og kísli til að fylgjast með hugsanlegum breytingum á jarðhitakerfinu.



## 6. HEIMILDIR

Auður Ingimarsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir, Helga Tulínus, Hrefna Kristmannsdóttir og Sæþór L. Jónsson, 1989 Hitaveita Þorlákshafnar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1988-1989. OS-89029/JHD-13 B. 12 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, 1987. Hitaveita Þorlákshafnar-Efnaeftirlit með hitaveituvatni 1987. Orkustofnun, greinargerð HK-87/14. 2 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir, Guðjón Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason, 1988. Hitaveita Þorlákshafnar. Efnasamsetning jarðhitavatns í holu 1 á Bakka og holu 2 í Hjallakróki, og hitamæling holu 2. Orkustofnun, OS-88043/JHD-22 B. 8 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Magnús Ólafsson, Hilmar Sigvaldason, Helga Tulínus, Sverrir Þórhallsson og Kristján Sæmundsson, 1990. Hitaveita Þorlákshafnar. Áhrif vinnslu á jarðhitavæðing og tillögur til úrbóta. Orkustofnun, OS-90021/JHD-09 B. 40 s.

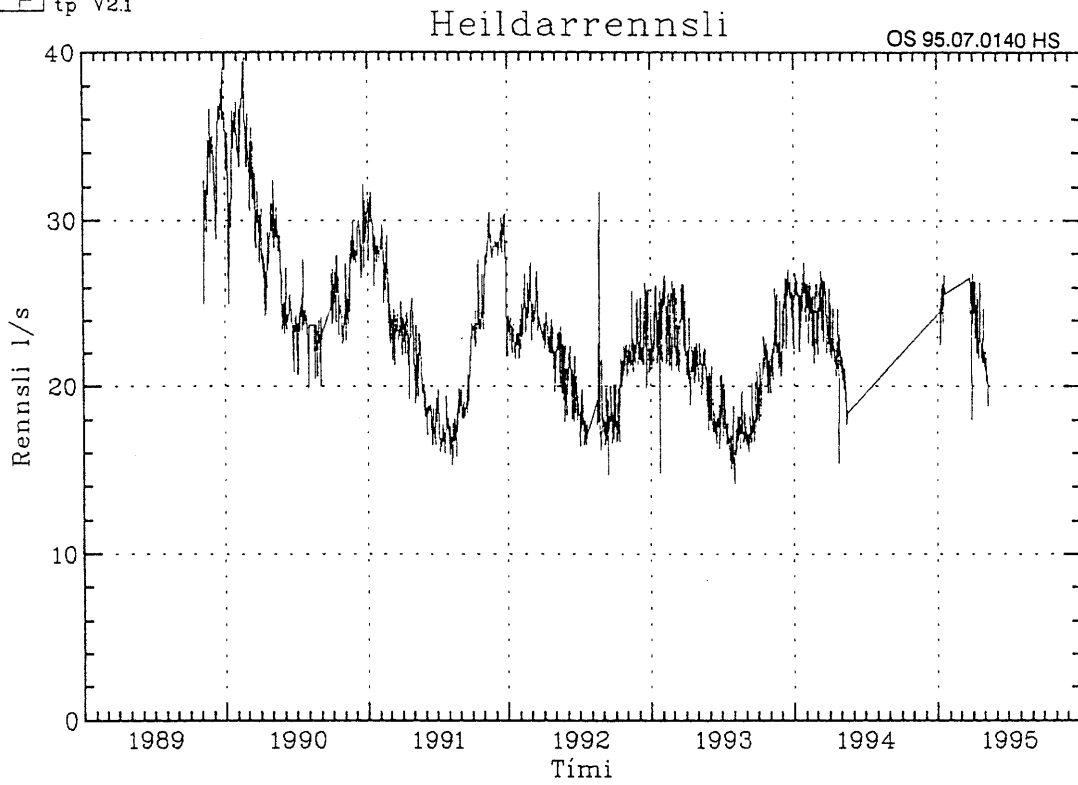
Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Tulínus, 1991. Hitaveita Þorlákshafnar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1990-1991. Orkustofnun, OS-91030/JHD-16 B. 13 s.

Hrefna Kristmannsdóttir og Hilmar Sigvaldason, 1992. Hitaveita Þorlákshafnar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1991-1992. Orkustofnun, OS-92029/JHD-13 B. 13 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir og Hilmar Sigvaldason, 1993. Hitaveita Þorlákshafnar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1992-1993. Orkustofnun, OS-93040/JHD-20 B. 10 s.

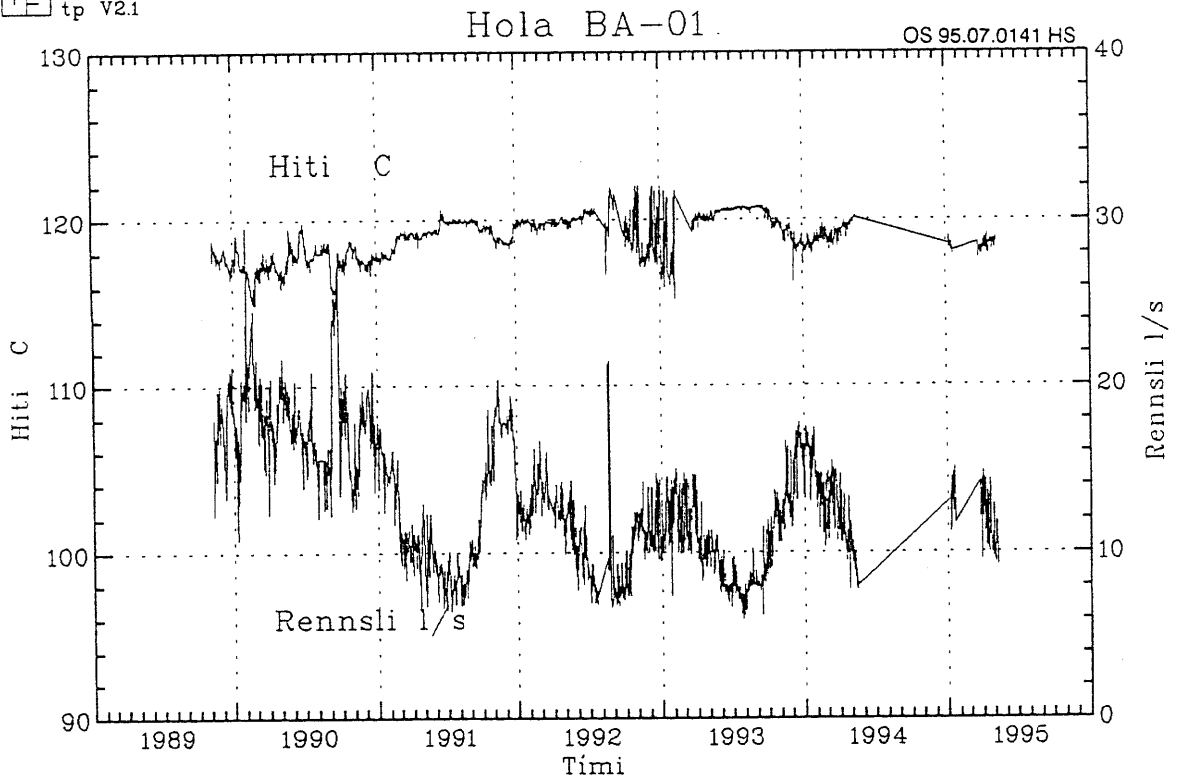
Hrefna Kristmannsdóttir og Hilmar Sigvaldason, 1994. Hitaveita Þorlákshafnar Eftirlit með jarðhitavinnslu 1993-1994. Orkustofnun, OS-94029/JHD-16 B. 10 s.

17 May 1995 HS  
tp V2.1



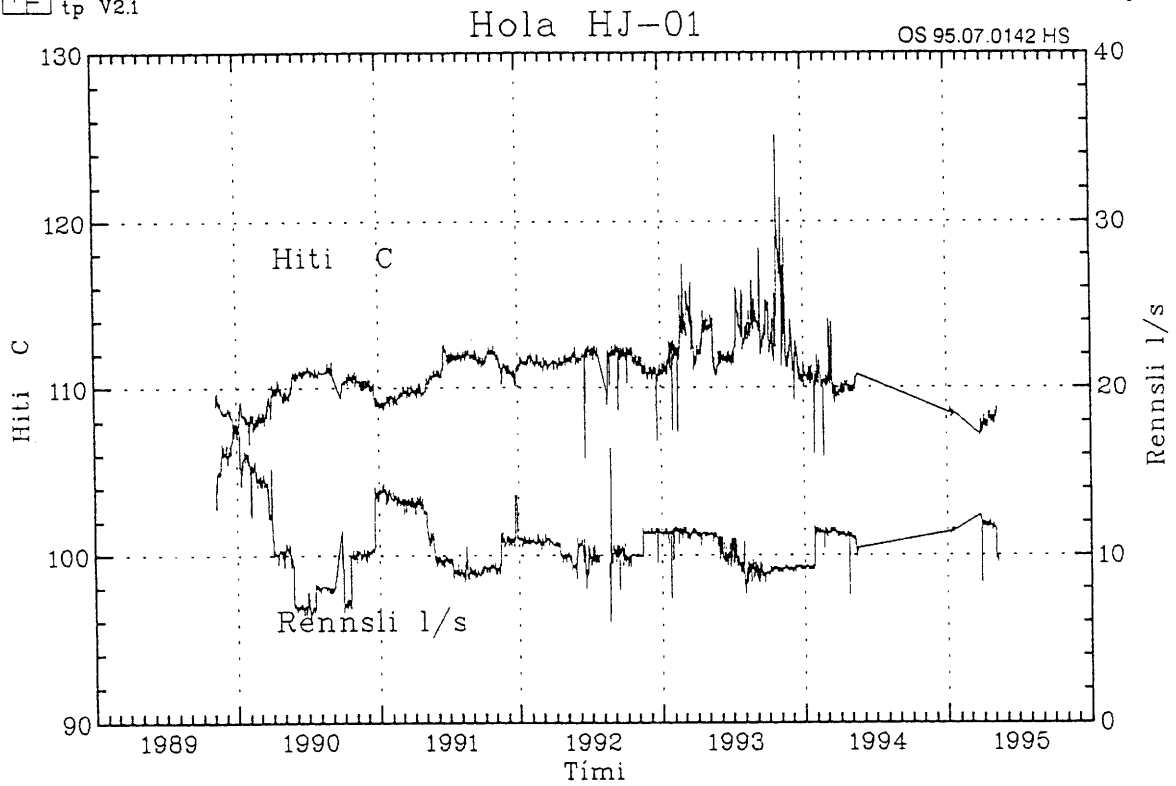
Mynd 1 : Heildarvinnsla úr jarðhitasvæðinu 1989-1995.

17 May 1995 HS  
tp V2.1

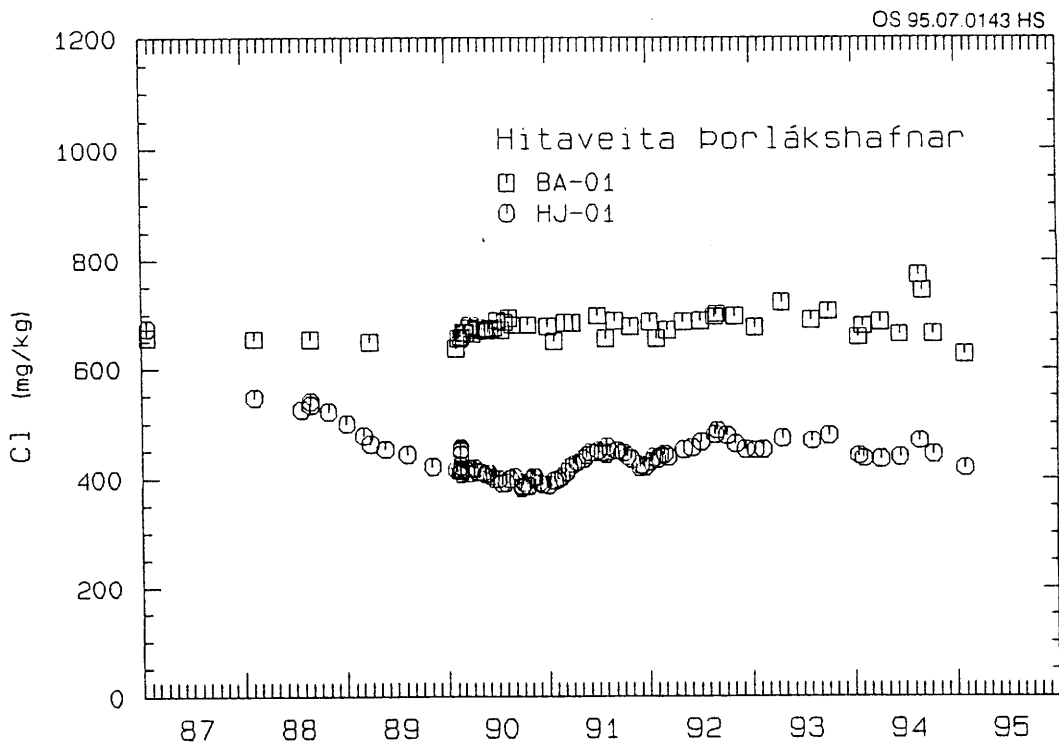


Mynd 2 : Rennsli og hitastig vinnsluvatns úr holu BA-01.

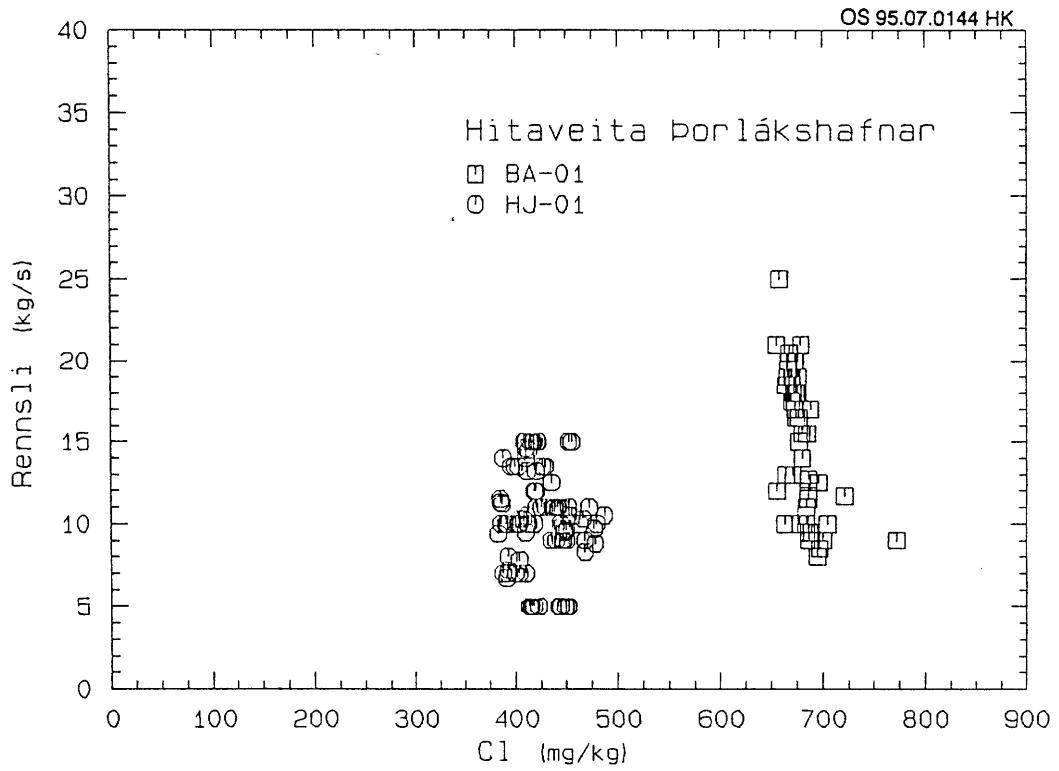
17 May 1995 HS  
tp V2.1



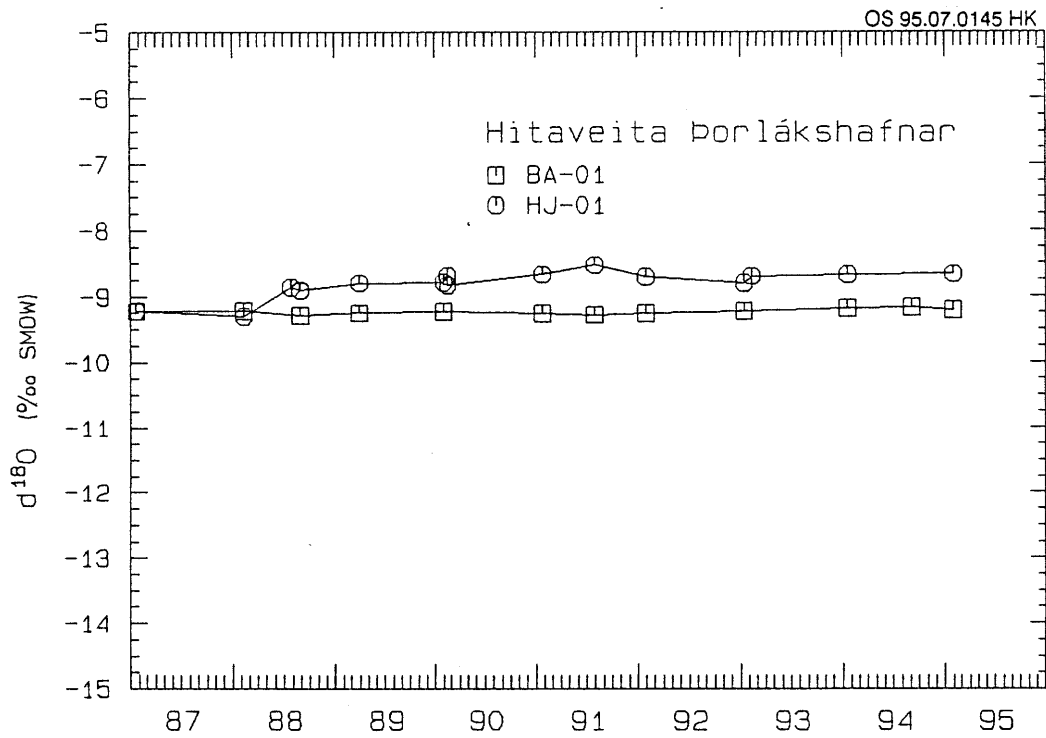
Mynd 3 : Rennslí og hitastig vinnsluvatns úr holu HJ-01.



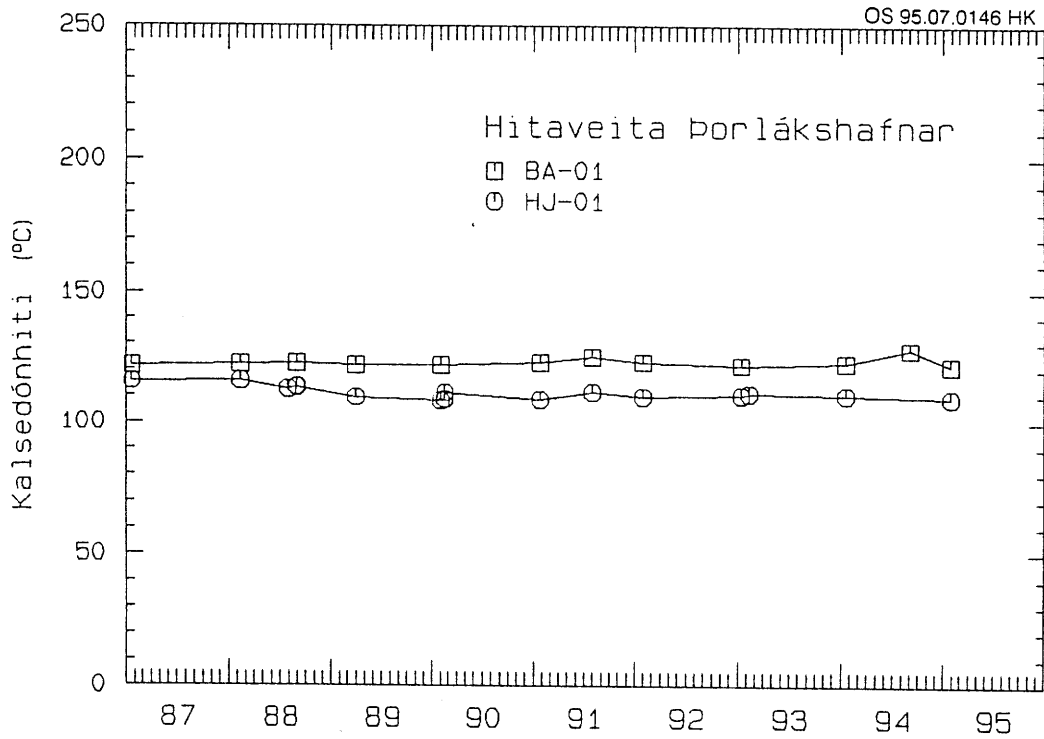
Mynd 4 : Styrkur klóríðs með tíma í vinnsluvatninu.



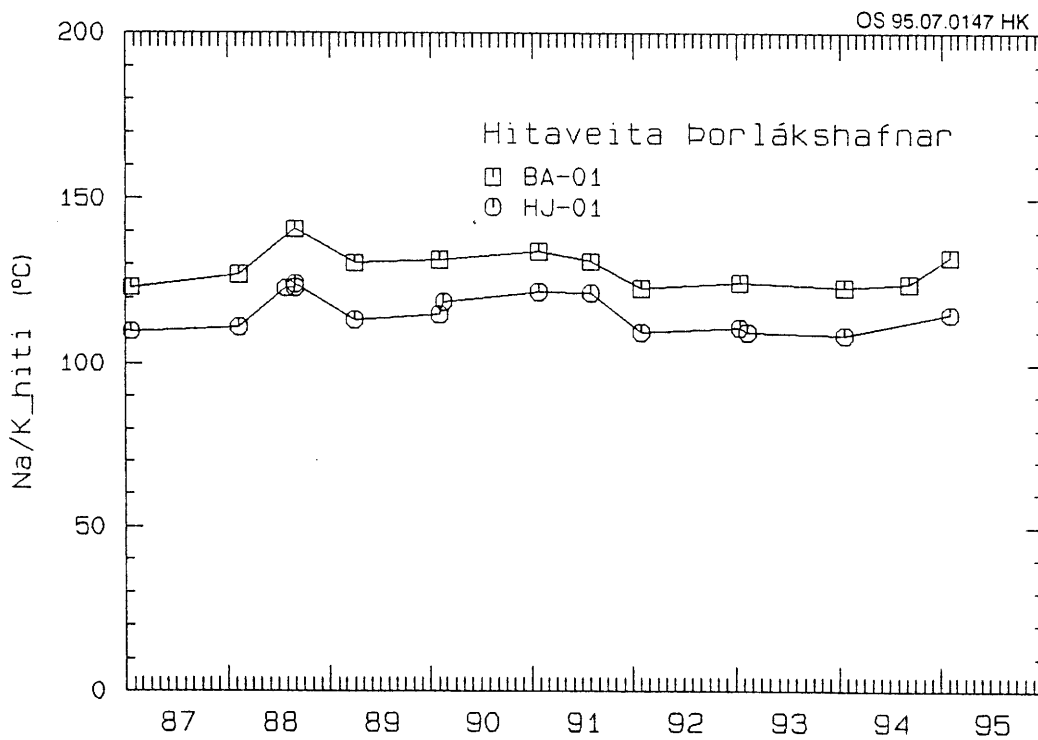
Mynd 5 : Samspil klóríðstyrks og vinnslu.



Mynd 6 : Breytingar í hlutfalli stöðugra ísótópa með tíma.



Mynd 7 : Breytingar í kalsedonhitastigi með tíma 1987-1994.



Mynd 8 : Alkalíhitastig í jarðhitavatninu á tímabilinu 1987-1994.



27. júní, 1995

## MÆLIRÖR Í HOLU AÐ BAKKA FYRIR HITAVEITU ÞORLÁKSHAFNAR

### INNGANGUR

Athugun hefur verið gerð á því með hvaða hætti hægt er fylgjast að staðaldri með hita og þrýstingi í vinnsluholum Hitaveitu Þorlákshafnar. Áhugi er á þessum mælingum til eftirlits með breytingum í jarðhitakerfinu samfara vinnslu. Til þess þarf að mæla hita og þrýsting niðri í vinnsluholunni, áður en suða hefst. Hér er kynnt tillaga að búnaði sem gerir það kleift.

### LÝSING Á BÚNAÐI

Áætlað er að suða hefjist í holu 1 á u.þ.b. 15 m dýpi. Með því að setja burðarrör sem nær a.m.k. 10 m niður fyrir suðuborðið, er hægt að framkvæma mælingarnar með skynjurum í botni þess. Þar er skynjari sem mælir hita vatnsins og loftrör til mælingar á þrýstingi. Nokkur vatnsþrýstingur er í lögninni frá holunni á holutoppi og því þarf að nota pakkdós til að koma burðarrörinu í holuna.

Burðarrörið er 33 mm að utanmáli, 3,25 mm að efnisþykkt, og úr ANSI 316 ryðfríu stáli. Það er skrúfað saman í 6 m lengjum sem sett eru í holuna í áföngum en mælirörin grönnu eru þrædd innan í burðarrörin fyrirfram af kefli. Burðarrörin eru skrúfuð saman með nippilhók þannig að þau verða slétt að utanverðu, til þess að hægt sé að renna rörunum í holuna um pakkdósina. Innan í þeim eru tvö 6 mm grönn rör án samskeyta, annað fyrir þrýstiloftið sem notað er til þrýstimælinga í holunni og hitt sem hlífðarrör fyrir þrípáttan mælikapal frá hitaskynjaranum. Efnisval í þeim er annað hvort nælon eða ryðfrítt stál.

Eftir að burðarrörið er komið á sinn stað er ekki hægt að nota aðalloka holunnar til að loka fyrir rennslið. Því þarf að setja nýjan loka á lögnina frá holunni.

Sambærilegur búnaður hefur ekki verið settur í jarðhitaholu hér á landi og því er hér um visst tilraunaverkefni að ræða. Slétt rör, notuð sem varmaskiptir, hafa aftur á móti verið sett í holu sem var með háan toppþrýsting. Þau eru svipaðrar gerðar og hafa gefist vel.

### KOSTNAÐUR

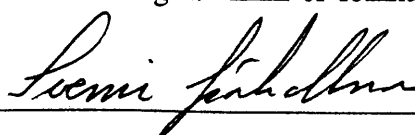
Kostnað má gróflega áætla eftirfarandi (án mæla og skráningarbúnaðar):

- |    |  |                    |
|----|--|--------------------|
| 1. | Mælirör 33 mm 25 m langt og pakkdós úr ryðfríu stáli | 220.000 kr, án VSK |
| 2. | Loft- og kapalrör 6 mm (ryðfrítt 250 kr/m)           | 15.000             |
| 3. | Vinna við niðursetningu                              | 80.000             |

-----  
Samtals áætlaður kostnaður

315.000 kr

Framangreind verð eru byggð á verðtilboðum, nema niðursetningin. Ekki er reiknað með kostnaði við nýjan hliðarloka eða aðrar breytingar.

  
-----