



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**HITAVEITA ÞORLÁKSHAFNAR**

**Eftirlit með jarðhitavinnslu 1990-1991**

Hrefna Kristmannsdóttir  
Helga Tulinius

Unnið fyrir Hitaveitu Þorlákshafnar

OS-91030/JHD-16 B

Júní 1991



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 613875

**HITAVEITA PORLÁKSHAFNAR**  
**Eftirlit með jarðhitavinnslu 1990-1991**

Hrefna Kristmannsdóttir  
Helga Tulinius

Unnið fyrir Hitaveitu Porlákshafnar

OS-91030/JHD-16 B

Júní 1991

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. HITAMÆLINGAR	3
3. VATNSVINNSLA 1990	4
4. EFNASAMSETNING VATNS	4
5. HELSTU NIÐURSTÖÐUR HEIMILDIR	5 7

## TÖFLUSKRÁ

1. Efnasamsetning vatns (heilsýni) úr holum BA-01 og HJ-01 1989-1991 og hlutsýni úr dreifistöð	5
2. Niðurstöður greininga á klóríði og kísli í sýnum teknum af starfsmanni Hitaveitu Þorlákshafnar á tímabilinu 23.04.1990 - 03.06.1991	6

## MYNDASKRÁ

1. Hitamælingar í holu HJ-01 17.07.90	8
2. Hitamælingar í holu HJ-01 17.07.90	9
3. Hitamælingar í HJ-01 17.07.90 og 16.10.90	10
4. Heildavinnsla úr jarðhitasvæðinu frá nóvember 1989, þegar sjálfvirkar mælingar hófust, til ársloka 1990	11
5. Hóla HJ-01. Rennsli og hiti frá nóvember 1989 til ársloka 1990	12
6. Hóla BA-01. Rennsli og hiti frá nóvember 1989 til ársloka 1990	12
7. Breytingar á styrk klóríðs með tíma í holum BA-01 og HJ-01	13
8. Breytingar á styrk kísils með tíma í holum BA-01 og HJ-01	13

## 1. INNGANGUR

Í eftirfarandi skýrslu eru teknar saman niðurstöður reglubundins vinnslueftirlits, samkvæmt samningi Hitaveitu Þorlákshafnar og Orkustofnunar nr. 687171-1988. Einnig er greint frá niðurstöðum mælinga sem gerðar hafa verið í borholum frá því að síðasta vinnslueftirlitsskýrsla kom út í júní á síðasta ári og tóku djúpsýna. Niðurstöðum mælinganna var skilað til Hitaveitunnar í bréfum skömmu eftir að þær fóru fram og Hitaveitan hefur fengið upplýsingar jafnóðum símleiðis eða bréflaga um efnamælingar á vinnslusýnum, en formleg afhending og frágangur er í þessari skýrslu.

Efnabreytingar, sem urðu við vinnslu í holu HJ-01, túlkaðar í samhengi við mælingar í holunni, sýndu að mikið innstreymi var af köldu staðbundnu grunnvatni inn í hluta jarðhitasvæðisins (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1988 og 1990). Á grundvelli rannsókna á svæðinu gerði Orkustofnun á árinu 1990 tillögur til Hitaveitunnar um úrbætur til að tryggja vatnsvinnslu. Helstu valkostir voru þeir að bora nýja holu, setja dælu í aðra vinnsluholuna eða báðar, eða að gera við holu HJ-01. Vegna óvissu um vatnspörf á næstu árum og ýmissa annarra þátta var valin sú leið að gera við holu HJ-01 á þann hátt að steypa í neðsta hluta hennar og loka þannig af aðalinnstreymið af köldu vatni í holuna. Þessi aðgerð var talin geta tafið innstreymi af köldu vatni og þannig lengt líftíma holunnar, en var ekki talin geta stöðvað kælingu alfarið og því bráðabirgðaaðgerð.

Steypt var í holuna um miðjan september 1990 og náði steypa upp í 495 m dýpi að lokinni aðgerð. Samkvæmt upplýsingum Jarðborana fóru um 137 tonn af köldu vatni niður í holuna meðan á aðgerðinni stóð. Viðgerðin virtist hafa tekist vel og eins og fram kemur hér á eftir benda allar mælingar einnig til þess. Nú er ljóst að vatnspörf verður verulega minni á næstunni en verið hefur á undanförunum árum vegna stöðvunar fiskeldisfyrirtækja og Hitaveitan því væntanlega vel á vegi stödd hvað vatnsöflun varðar.

## 2. HITAMÆLINGAR

Eftir að síðasta vinnslueftirlitsskýrsla kom út (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1990) hefur Hjallakröksholan HJ-01 verið hitamæld tvisvar sinnum. Í fyrra skiptið (17.07.90) var hún mæld við mismunandi rennsli áður en tekin var ákvörðun um viðgerð á henni (myndir 1 og 2). Seinni mælingin (16.10.90) var gerð rétt eftir að viðgerð lauk (mynd 3). Fyrsti hluti mælingarinnar þann 17.07.90 sýnir að holan hefur lítið breyst, en rennslið hafði verið frekar lítið (7 l/s) í langan tíma fyrir mælinguna. Þegar rennslið var minnkað í 2,5 l/s sást ekki marktæk breyting í botni, en æðarnar neðarlega í holunni hitnuðu strax svo og æðin í 435 m dýpi. Eftir að rennslið var aukið í 15 l/s kólnaði holan fljótt og varð vart við örlitla kælingu í botni (0,6°C).

Þegar mælt var 16.10.90 var nýbúið að gera við holuna, þ.e. neðstu æðarnar voru lokaðar af. Af mælingunni sést að aðgerðin hefur tekist vel og hefur holan hitnað verulega í botni.

### 3. VATNSVINNSLA 1990

Eins og fram hefur komið í fyrri skýrslum (Hrefna Kristmansdóttir o.fl., 1989 og 1990) er aðeins mæld vatnstaka úr holunum svo og hiti vatnsins sem upp kemur. Hitinn segir eingöngu til um holutoppsprýsting, þar sem holurnar eru báðar í suðu. Ekkert er vitað um þrýsting í jarðhitakerfinu. Úr þessu þyrfti að bæta sem fyrst, þannig að hægt sé að segja til um viðbrögð jarðhitakerfisins við vinnslunni. Mælt er sex sinnum á dag, og eins og áður var valinn ákveðinn tími um miðjan dag (kl. 16:00) og gögn slegin inn fyrir þann tíma ásamt heildarvatnsmagni í m<sup>3</sup> úr svæðinu yfir daginn.

Heildarvinnsla úr svæðinu frá því að sjálfvirkar mælingar hófust til loka árs 1990 er teiknuð upp á mynd 4, annarsvegar sem augnabliksgildi um miðjan dag (lína 1) og hinsvegar sem heildarvinnsla yfir daginn í m<sup>3</sup> (lína 2). Á myndinni sést að aðeins hefur dregið úr heildarvinnslu úr svæðinu frá árinu áður, sérstaklega yfir sumarmánuðina. Meðalvinnsla yfir sumarmánuðina 1990 (01.05.90 - 30.09.90) var 24,7 l/s á móti 31,1 l/s árið 1989. Yfir vetrarmánuðina (01.10.89 - 30.04.90) var meðalvinnslan 32,7 l/s á móti 34,8 l/s árið áður.

Hiti og rennsli úr holunum frá því að byrjað var að mæla í nóvember 1989 og til ársloka 1990, er teiknað á myndum 5 og 6. Á myndunum sést að hitinn fylgir vinnslunni, þ.e. þegar mikið er tekið úr holunum lækkar holutoppsprýstingurinn og þar af leiðandi hitinn. Fyrir holu HJ-01 (mynd 5) var hitinn 110,6°C yfir sumarið (01.05.90 - 30.09.90) þegar rennslið var 6,8 l/s að meðaltali, en 108,6°C yfir veturinn (07.11.89 - 30.04.90) með 14,4 l/s meðalrennsli. Svipaða sögu er að segja fyrir holu BA-01 (mynd 6), en þar er rennslið stöðugra og minni árstíðarsveiflur. Hins vegar sést glögg að hiti breytist þó nokkuð, eða frá 114,0°C þegar vatnið var kaldast í febrúar 1990, í um 120°C í júní 1990, þegar minnst var tekið úr holunni. Meðaltalsvinnsla úr holu BA-01 allt árið 1990 var 17,9 l/s. Á meðan viðgerð á holu HJ-01 stóð yfir, í september 1990, var eingöngu notast við vatn úr holu BA-01 og fengust þá um 25 l/s úr henni og við það kólnaði vatnið niður fyrir 115°C. Þar sem ekki var byrjað að mæla hita og rennsli úr holunum fyrr en í nóvember 1989 er erfitt að bera saman hita vatnsins úr holu HJ-01 fyrir og eftir viðgerð við svipað rennsli. Þó er hægt að merkja að vatnið sé örlítið heitara eftir viðgerð en áður.

### 4. EFNASAMSETNING VATNS

Þann 24. janúar s.l. voru tekin árleg sýni til heildarefnagreininga úr báðum borholunum á vinnslusvæði Hitaveitu Þorlákshafnar, BA-01 og HJ-01. Einnig var tekið sýni til hlutgreininga úr dreifistöð og mælt súrefni í vatni í inntaki að Knarrarbergi 5. Frá því að síðasta vinnslueftirlitsskýrsla kom út í júní í fyrra hefur starfsmaður Hitaveitu Þorlákshafnar tekið 38 sýni úr holu HJ-01 til greininga á klóríði og kísli og 17 til sömu greininga úr holu BA-01. Niðurstöður heildarefnagreininganna eru gefnar í töflu 1 og í henni eru einnig niðurstöður hlutgreininga á sýni úr dreifistöð. Súrefnisstyrkur á Knarrarbergi 5 reyndist vera núll og til samanburðar eru teknar með greiningar á heilsýnum úr holunum frá 1990 og 1989. Í töflu 2 eru svo niðurstöður greininga á klóríði og kísli í sýnum úr báðum vinnsluholunum. Á myndum 7 og 8 eru sýndar breytingar á klóríði og kísli með tíma í báðum holunum.

Eins og fram kemur í töflu 1 eru engar marktækar breytingar í efnasamsetningu vatns úr holu BA-01 miðað við undanfarin ár. Nokkrar sveiflur eru á styrk klóríðs og kísils í vatninu, en frá fyrirliggjandi gögnum sjást ekki tengsl við árstíðaskipti né vinnslu. Styrkur kísils er einnig nokkuð breytilegur, en heldur ekki þar sést nein reglubundin sveifla.

Í holu HJ-01 hefur verið hröð þynning og kæling á undanförunum árum, en eins og fram kemur í töflum 1 og 2 og á myndum 7 og 8, stöðvuðust þær breytingar við viðgerð á holunni og hélst samsetning vatnsins nánast óbreytt um margra mánaða skeið. Rúmlega hálfu ári eftir viðgerð holunnar tók svo selta vatnsins að hækka á ný og styrkur kísils hefur einnig hækkað nokkuð, sem bendir til að djúphitastig sé að hækka.

Súrefnisísótópahlutfall í vatni úr HJ-01 hefur ekkert breyst á árinu og er vatnið úr holunni af mun staðbundnari uppruna en í holu BA-01. Í síðustu sýnum úr holu BA-01, eða frá í mars s.l., er marktækt þyngra vatn en áður hefur mælst og er það vísbending um innstreymi staðbundins vatns inn í holuna. Í þeim þrem sýnum sem greind hafa verið frá í mars mælist súrefnisísótópahlutfallið  $\delta = 8,98\text{‰}$ , sem er  $0,3\text{‰}$  munur frá því sem vatnið hefur verið jafnan áður. Þessi breyting þarf ekki endilega að vera undanfari kælingar vatnsins, en fylgjast þarf grannt með þróun mála.

## 5. HELSTU NIÐURSTÖÐUR

1. Vatnsvinnsla hefur minnkað á milli ára einkum meðalvinnsla yfir sumarið.
2. Viðgerð holu HJ-01 tókst vel og hefur eftir hana ekki bara dregið úr kólnun og þynningu vatns, heldur virðist holan vera að hitna aftur.
3. Engar marktækar breytingar hafa orðið á efnasamsetningu vatns úr holu BA-01 á síðasta ári og sýnir efnasamsetning þeirrar holu engar marktækar breytingar frá upphafi, þótt talsverðar skammtímasveiflur sjáist. Vísbending um innstreymi af þyngra vatni kom þó fram í ísótópahlutfalli í síðustu sýnum, sem tekin voru úr holunni og þarf að fylgjast nánar með þeirri holu á næstunni.
4. Gera þarf ráðstafanir til að geta fylgst með þrýstingi í jarðhitakerfinu og þar með viðbrögðum þess við vinnslu, eins og oft hefur verið lagt til á undanförunum árum.

TAFLA 1. Efnasamsetning vatns (heilsýni) úr holum BA-01, HJ-01 1989-1991 og hlutsýni úr dreifistöð (mg/kg)

Dagsetning Númer	BA-01			HJ-01			Dreifistöð 91.01.24 005
	89.03.30 0023	90.02.01 004	91.01.24 007	89.03.30 0022	90.02.01 003	91.01.24 003	
Hiti (°C)	117,5	118	119	99,2	100	99,5	92,5
Sýrustig (pH/°C)	8,83/24	8,88/24	8,69/24	9,00/24	9,02/24	9,05/23,7	-
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	130,6	131,2	128,5	110,5	108,7	108,7	-
Natríum (Na)	396	397	389	300	282	260	-
Kalíum (K)	19,0	19,3	19,5	11,6	11,1	11,1	-
Kalsíum (Ca)	70,9	69,9	76,1	44,1	36,4	35,1	-
Magnesíum (Mg)	0,02	0,013	0,010	0,02	0,007	0,0006	0,0006
Karbónat (CO <sub>2</sub> )	6,4	6,0	7,8	6,4	7,7	7,8	-
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	122,7	119,5	114,6	93,5	82,7	75,3	97,9
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	0,37	0,27	0	0,10	0,13	0,12	-
Klóríð (Cl)	649	637	650	463	415	396	541
Flúoríð (F)	0,54	0,49	0,50	0,58	0,54	0,56	-
Uppleyst efni	1468	1470	1332	1076	989	860	-
Járn (Fe)	0,05	-	-	<0,025	-	-	-
Mangan (Mn)	-	-	-	-	-	-	-
Bór (B)	0,30	-	-	0,23	-	-	-
Brómíð (Br)	2,36	2,29	2,21	1,68	1,46	1,34	1,85
Ál (Al)	-	-	-	-	-	-	-
Súrefni (O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	0	-	0
δ <sup>18</sup> O o/oo	-9,3	-9,2	-9,3	-8,8	-8,8	-8,7	-

TAFLA 2. Niðurstöður greininga á klóríði og kísli í sýnum teknum af starfsmanni Hitaveitu Þorlákshafnar á tímabilinu 90-04-23 til 91-06-03.

Númer	Hola	Dags.	Dæling (kg/s)	Cl (mg/kg)	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	Hiti (°C)
90-0079	BA-01	90-04-23	17	673	134.5	100.5
90-0080	HJ-01	90-04-23	10	411	111.2	100.5
90-0086	BA-01	90-04-30	20	673	133.8	100.1
90-0087	HJ-01	90-04-30	10	411	109.5	100.2
90-0091	BA-01	90-05-07	19	671	134.5	100.3
90-0092	HJ-01	90-05-07	10.5	411	109.2	100.2
90-0093	BA-01	90-05-14	19	670	133.9	99.9
90-0094	HJ-01	90-05-14	10.3	408	109	100.2
90-0096	BA-01	90-05-21	20.5	668	133.9	100.5
90-0097	HJ-01	90-05-21	9.5	410	109.5	100.3
90-0122	BA-01	90-05-28	18	672	134.4	100.3
90-0123	HJ-01	90-05-28	7	410	111.4	99.8
90-0124	BA-01	90-06-05	18	674	135.4	99.5
90-0125	HJ-01	90-06-05	7	404	110.6	100.1
90-0126	BA-01	90-06-18	18	676	134.9	99.5

frh.

Númer	Hola	Dags.	Dæling (kg/s)	Cl (mg/kg)	SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	Hiti (°C)
90-0127	HJ-01	90-06-18	7	400	109.9	100.5
90-0134	BA-01	90-07-02	17	688.2	135.3	100.2
90-0135	HJ-01	90-07-02	7	399.2	110.6	100.3
90-0167	BA-01	90-07-16	17.5	670	134.6	99
90-0168	HJ-01	90-07-16	6.7	391	111	100.5
90-0205	BA-01	90-07-30	15.5	685	134.3	98.6
90-0206	HJ-01	90-07-30	8	393	110.3	99.8
90-0219	BA-01	90-08-13		693	135	99.6
90-0220	HJ-01	90-08-13		399	110.5	99.8
90-0229	BA-01	90-08-27	15.5	680	135.2	
90-0230	HJ-01	90-08-27	7.8	404	111.7	
90-0242	HJ-01	90-09-25	9.4	383	110.7	100.3
90-0254	HJ-01	90-09-26	11.5	385	111.2	99.5
90-0255	HJ-01	90-09-27	11.3	385	112.2	99.5
90-0256	HJ-01	90-09-28	11.2	387	112	99.3
90-0257	HJ-01	90-10-01	7.2	393	113.6	99.4
90-0258	HJ-01	90-10-08	7	392	113.5	99.2
90-0259	HJ-01	90-10-16	7	388	113.1	99.4
90-0260	BA-01	90-10-22	14	680	136.7	99.5
90-0261	HJ-01	90-10-22	10	386	112.5	99.6
90-0262	HJ-01	90-10-29	10	400	113.3	99.9
90-0264	HJ-01	90-11-05	10.3	404	111.4	101
90-0267	HJ-01	90-11-12	10	403	113.8	100.6
90-0268	HJ-01	90-11-11	10	404	113.6	100.3
90-0337	HJ-01	90-11-27	10	392	113.8	100.6
90-0338	HJ-01	90-12-10	10	390	112.6	101
91-0001	HJ-01	91-01-02	14	388	112.7	99
91-0002	BA-01	91-01-02	16.5	677	136.7	98.6
91-0006	HJ-01	91-01-21	13.5	396	110.4	99.4
91-0060	HJ-01	91-02-05	13.5	399	106.7	99.8
91-0061	HJ-01	91-02-18	13.5	403	108.7	99.4
91-0062	BA-01	91-03-04	10	684	132	98.9
91-0063	HJ-01	91-03-04	13.2	411	108.3	100.2
91-0084	HJ-01	91-03-18	13.2	420	107.8	99.3
91-0085	BA-01	91-04-02	11	684	133.5	99.4
91-0086	HJ-01	91-04-02	13.5	426	108.1	99.7
91-0113	HJ-01	91-04-15	13.5	429	110.5	100.7
91-0114	HJ-01	91-05-06	12.5	435	111.7	110.5
91-0133	HJ-01	91-05-21	11	442		99.9
91-0134	HJ-01	91-06-03	9.5	447		100.4

## HEIMILDIR

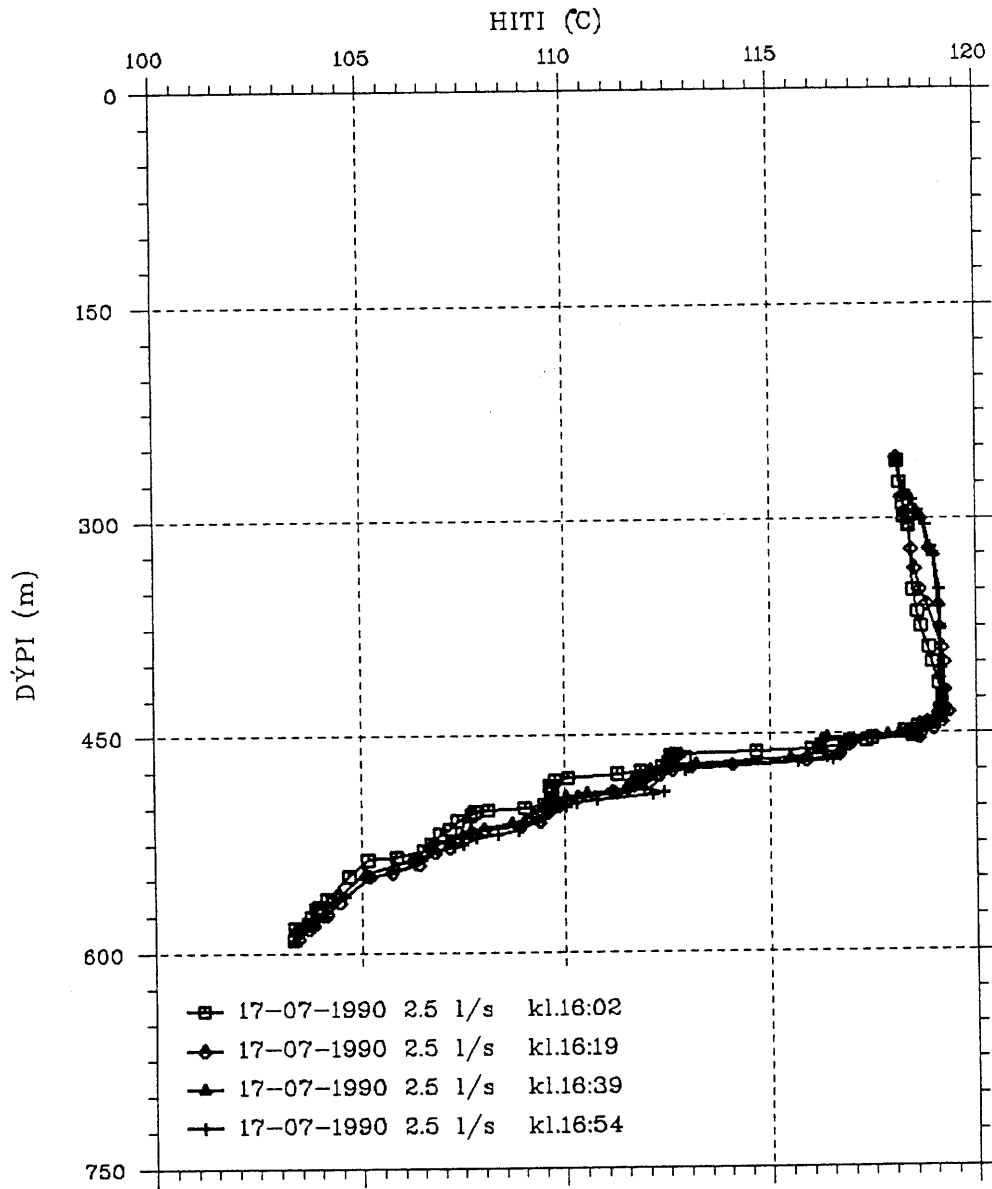
Hrefna Kristmannsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir, Guðjón Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1988; *Hitaveita Þorlákshafnar. Efnasamsetning jarðhitavatts í holu 1 á Bakka og holu 2 í Hjallakróki, og hitamælingu holu 2.* Orkustofnun, OS-88043/JHD-22 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Magnús Ólafsson, Hilmar Sigvaldason, Helga Tulínus, Sverrir Þór-hallsson og Kristján Sæmundsson 1990; *Hitaveita Þorlákshafnar. Áhrif vinnslu á jarðhita-svæðið og tillögur til úrbóta.* Orkustofnun, OS-90021/JHD-09 B.



1 Jul 1991 htul  
L= 96811 Oracle

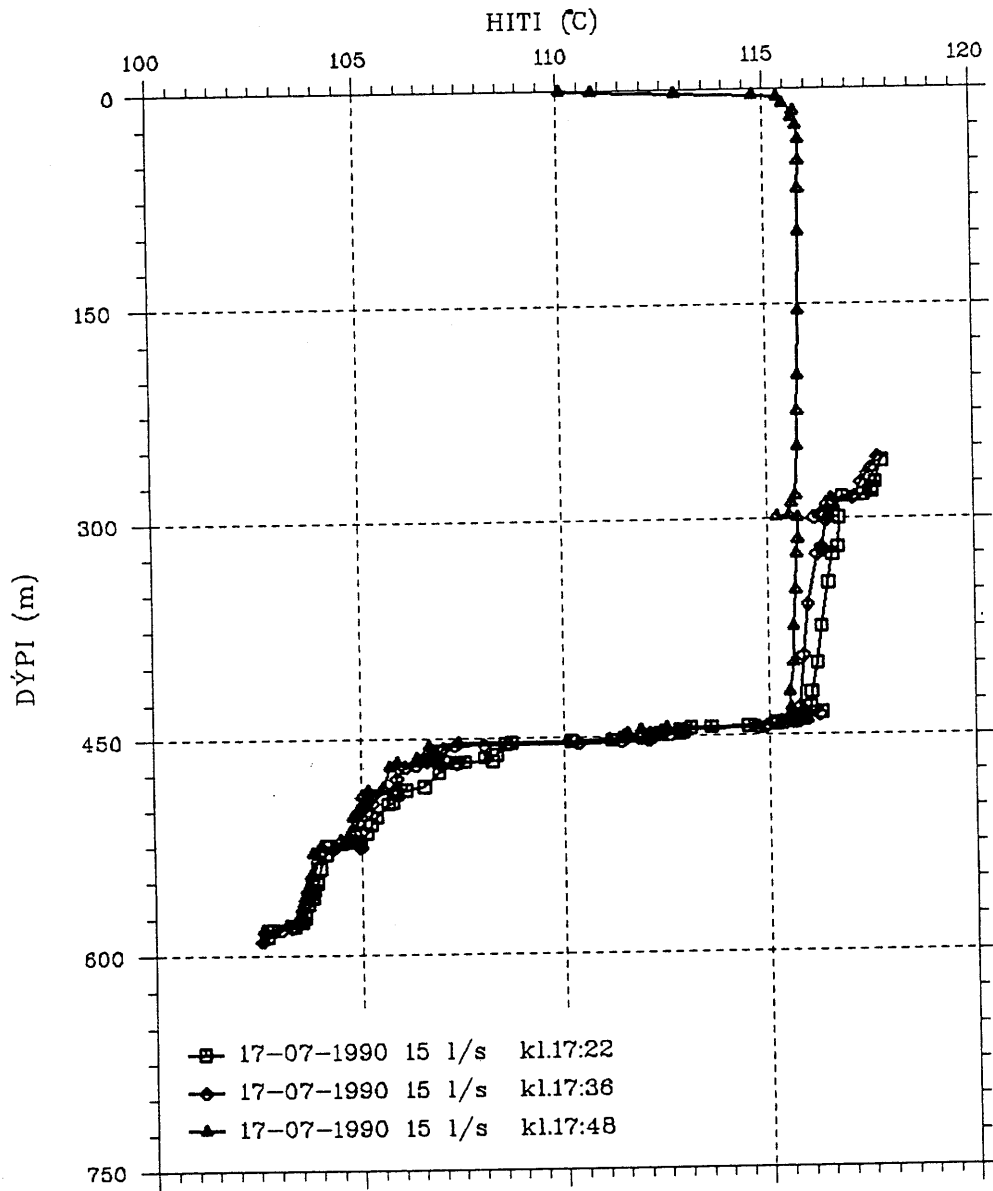
### Hjallakrókur hola HJ-01 Hitamælingar



MYND 1. Hitamælingar í holu HJ-01 17.07 1990

☐ 1 Jul 1991 htul  
L= 96811 Oracle

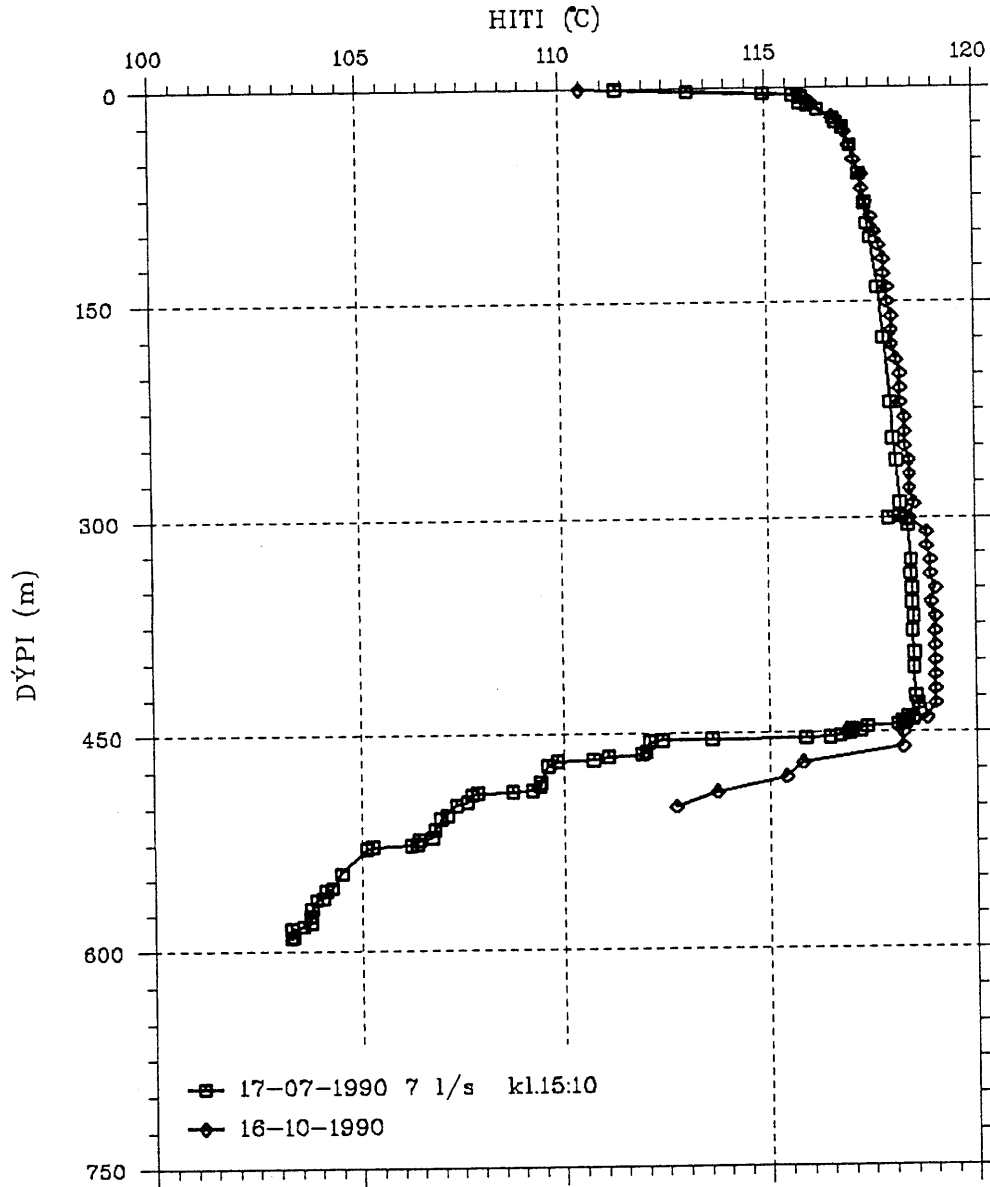
### Hjallakrókur hola HJ-01 Hitamælingar



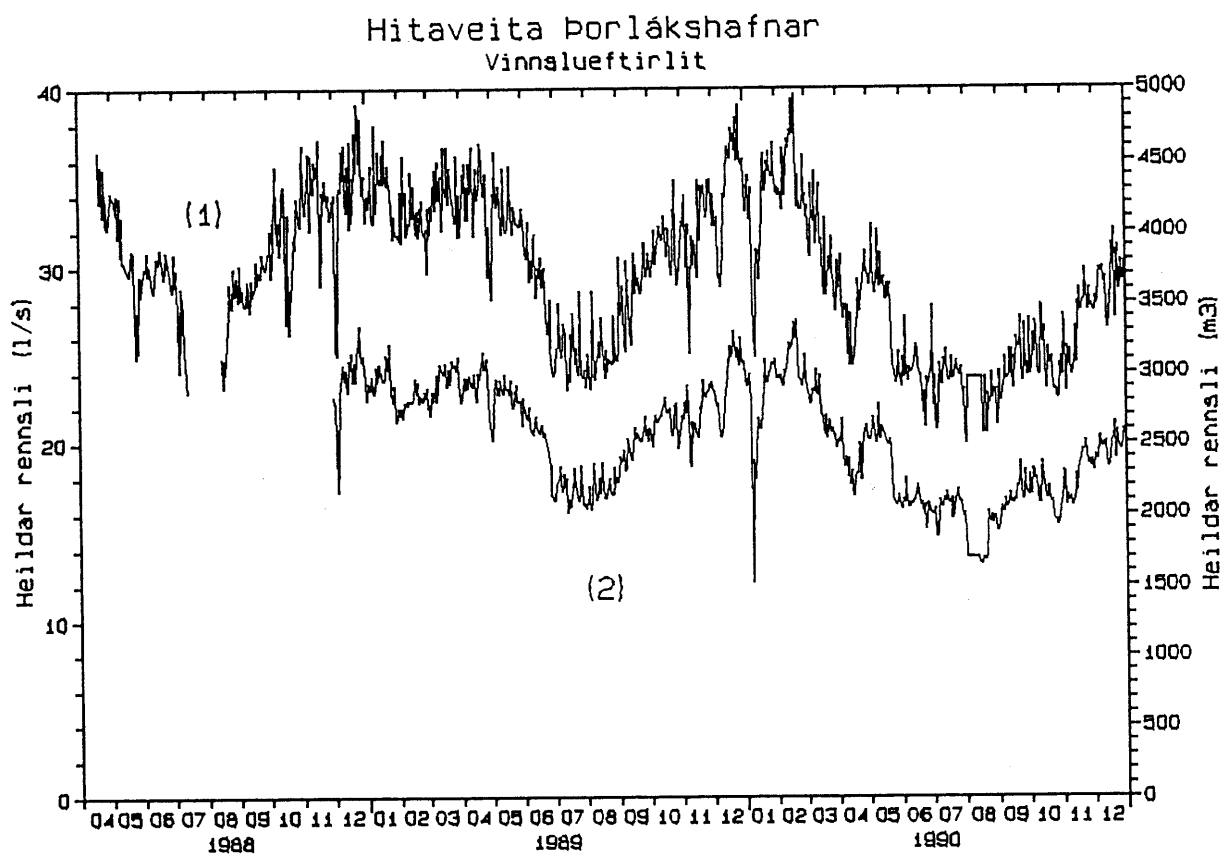
MYND 2. Hitamælingar í holu HJ-01 17.07 1990

1 Jul 1991 htul  
L= 96811 Oracle

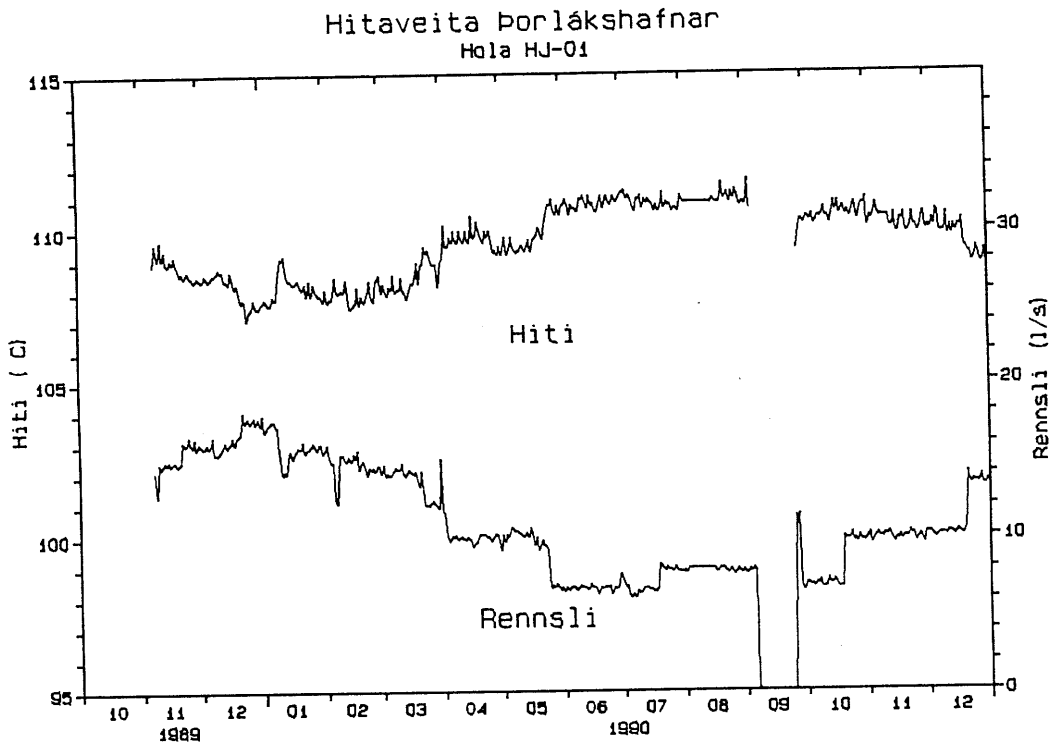
### Hjallakrókur hola HJ-01 Hitamælingar



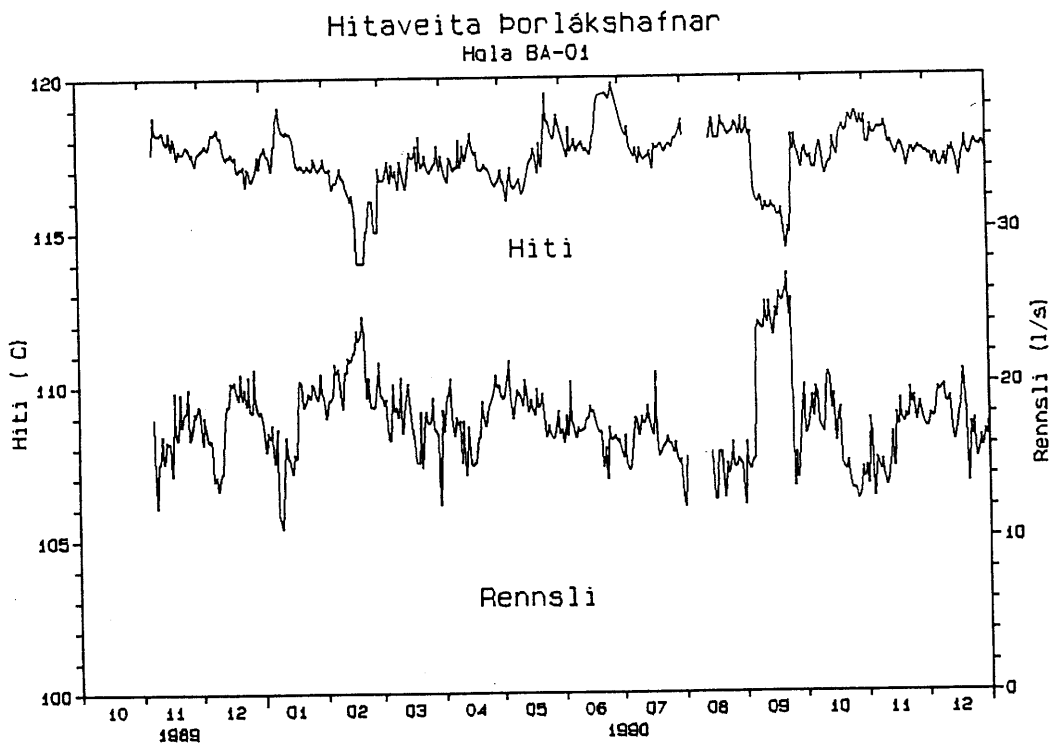
MYND 3. Hitamælingar í HJ-01 17.07.90 og 16.10.90



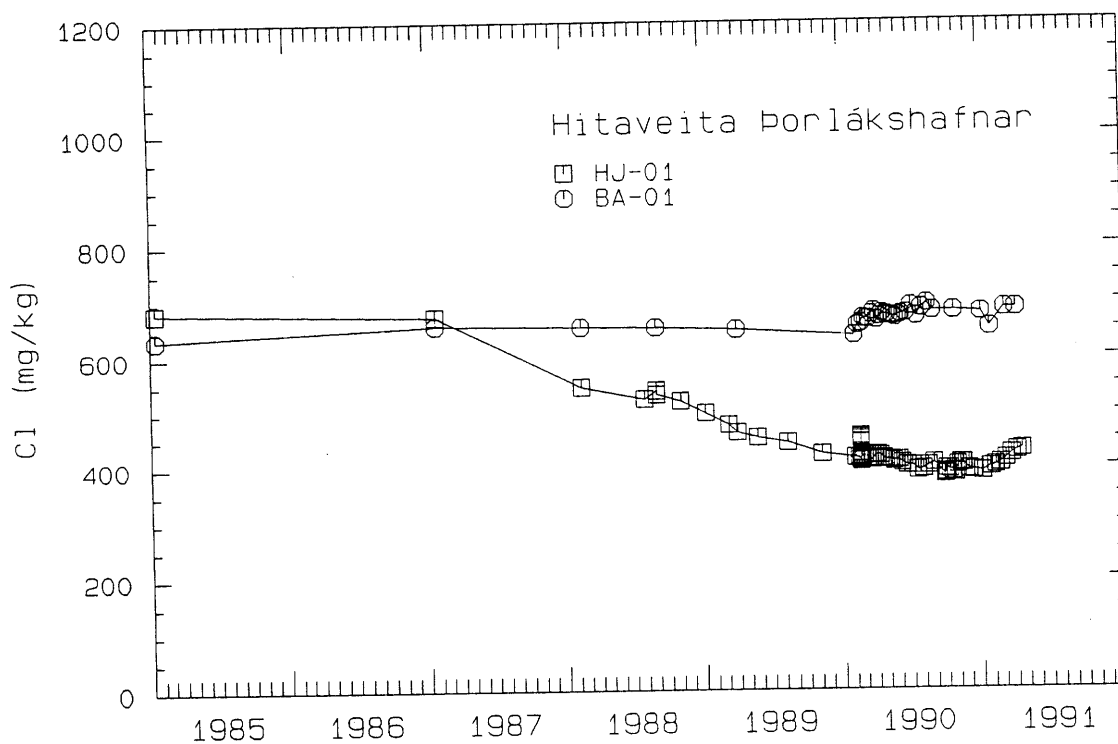
MYND 4. Heildavinnsla úr jarðhitasvæðinu frá nóvember 1989, þegar sjálfvirkar mælingar hófust, til ársloka 1990



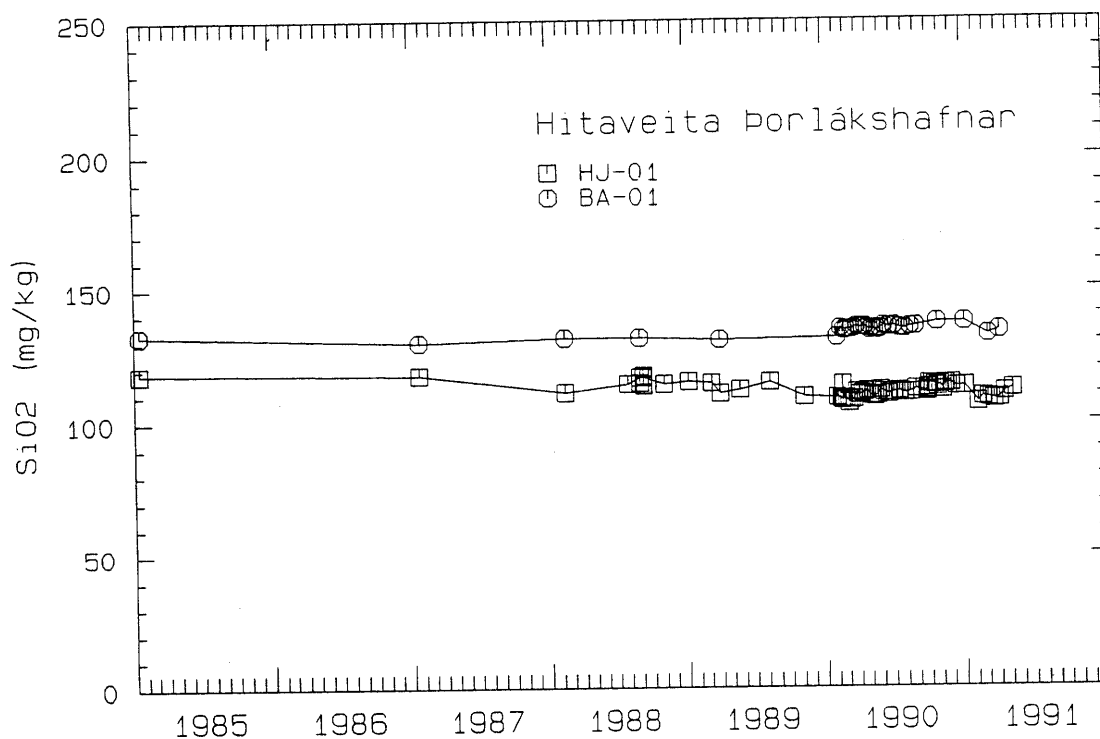
MYND 5. Hóla HJ-01. Rennsli og hiti frá nóvember 1989 til ársloka 1990



MYND 6. Hóla BA-01. Rennsli og hiti frá nóvember 1989 til ársloka 1990



MYND 7. Breytingar á styrk klóríðs með tíma í holum BA-01 og HJ-01



MYND 8. Breytingar á styrk kísils með tíma í holum BA-01 og HJ-01