



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

HITAVEITA EGILSSTAÐA OG FELLA

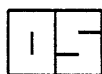
**Eftirlit með jarðhitavinnslu við Urriðavatn
árið 1995**

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella

OS-96080/JHD-47 B

Desember 1996



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 761

HITAVEITA EGILSSTAÐA OG FELLA
Eftirlit með jarðhitavinnslu við Urriðavatn
árið 1995

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella

OS-96080/JHD-47 B

Desember 1996

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. VINNSLA OG HITI	4
3. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS	6
4. LOKAORÐ	12
5. HEIMILDIR	13

TÖFLUSKRÁ

1. Ársmeðaltöl vinnslu, hita, kísilstyrks og klóríðstyrks vatns úr jarðhitasvæðinu	4
2. Heildarefnasamsetning vatns úr holu 8 1988-1995	7
3. Efnasamsetning hlutsýna vatns úr holu 8 1991-1995	8
4. Leiðni, klóríð- og súlfatstyrkur hlutsýna frá seinni hluta 1995	9
5. Niðurstöður súrefnismælinga í veitukerfi HEF	11

MYNDASKRÁ

1. Vikuleg meðalvinnsla úr holu 8 janúar 1994 - september 1996	13
2. Vinnsla og hiti vatns úr holu 8 1984 - 1996	14
3. Klóríðstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995	14
4. Kísilstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995	15
5. Flúoríðstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995	15
6. Kalíumstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995	16
7. Natríumstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995	16
8. Leiðni vatns úr jarðhitakerfinu í byrjun vetrar 1995	17
9. Klóríðstyrkur vatns úr jarðhitakerfinu í byrjun vetrar 1995	17
10. Samband hlutfalls súrefnisísótópa og klóríðstyrks í vatni úr holum 4, 5 og 8	18
11. Samband hlutfalls súrefnisísótópa og klóríðstyrks í vatni úr holu 8	18
12. Hlutfall jónavirkni- og leysnimargfelda steinda í sýni úr holu 8 frá 06/07/88	19
13. Hlutfall jónavirkni- og leysnimargfelda steinda í sýni úr holu 8 frá 06/07/95	19

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um eftirlit með vinnslu jarðhita úr jarðhitasvæðinu í Urriðavatni árið 1995, en þar nýtir Hitaveita Egilsstaða og Fella holur 4, 5 og 8. Er þetta áttunda skýrslan sem unnin er samkvæmt samningi Hitaveitunnar og Orkustofnunar um það eftirlit (Guðni Axelsson o. fl., 1989; Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994 og 1995). Samkvæmt samningnum skal fylgjast með vinnslu, vatnsborði og vatnshita auk þess sem vatnssýni eru tekin til efnagreininga. Hitaveitan á að sjá að mestu um gagnasöfnunina, en Orkustofnun um efnagreiningar og úrvinnslu gagnanna.

Á flestum jarðhitasvæðum takmarkar lækkun vatnsborðs afkastagetu borholna. Afkastageta jarðhitakerfisins undir Urriðavatni takmarkast hins vegar af kólnun vatns úr vinnsluholunum (Guðni Axelsson o.fl., 1989). Vatn úr holum 4 og 5 kólnaði mikið á stuttum tíma á árunum 1980 - 1983 vegna streymis kaldara vatns niður í efri hluta jarðhitakerfisins. Vatn úr holu 8, sem tók við sem aðalvinnsluhola í lok árs 1983, hefur hins vegar kólnað óverulega. Meðalhiti vatnsins úr holunni (75,5°C) hefur ekki breyst marktækt, a.m.k. síðustu átta árin.

Breytingar á efnastyrk vatns úr holu 8 benda þó til þess að streymi kaldara og efnasauðara vatns niður í jarðhitakerfið haldi áfram. Síðustu árin hafa þessar breytingar einkennst af hægfara þynningu ásamt mjög miklum tímabundnum frávikum, einkum á haustin. Ekki hefur tekist að skýra þessi frávik að fullu og sambærileg frávik þekkjast ekki frá öðrum jarðhitasvæðum á Íslandi. Eins og undangengin haust kom fram frávik haustið 1994, en þó ekki jafn mikið og haustið 1993 (Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1995). Hægfara þynningin var einnig minni milli árána 1993 og 1994, en árin þar á undan.

Þessar efnabreytingar benda til þess að vatn úr holu 8 muni kólna í framtíðinni, eins og bent hefur verið á áður. Ekki er þó talin hætta á bráðri kólnun næstu árin, vegna þess hve æðar holu 8 eru á miklu dýpi. Vaxandi vinnsla veldur því að kólnunarhættan eykst. Þó eru miklar líkur á því að bora megi aðra vinnsluhola á jarðhitasvæðinu, sem fengi vatn á meira dýpi en hola 8, eftir að vatn úr holu 8 tekur að kólna.

Meðalvinnsla árána 1992 - 1994 var mun meiri en meðalvinnsla árána 1989 - 1991. Aukningin stafar aðallega af aukningu í hituðu rými og umframdælingu sumrin 1992 og 1993.

2. VINNSLA OG HITI

Hola 8 er aðalvinnsluhola Hitaveitu Egilsstaða og Fella, en holur 4 og 5 ásamt sjálfrennsli úr holu 8 varaafli veitunnar. Vinnslan hefur verið mæld með rennslismælum við holurnar. Mælirinn við holu 8 bilaði í júní 1995. Grunur hefur leikið á að hann hafi ekki mælt rétt, enda staðsettur of nálægt holunni (Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1994). Frá því í október 1995 hefur vinnslan verið mæld með nýjum rennslismæli í kyndistöðinni. Í síðustu vinnslueftirlitsskýrslum var reynt að leiðrétta skekkjuna í rennslismælingunum. Með þessari skýrslu verður hætt við leiðréttinguna. Ekki fékkst nægilega skýr mynd af skekkjunni, en hún var talin vera innan við 5% að

jafnaði.

Í töflu 1 eru birt óleiðrétt ársmeðaltöl vinnslu úr jarðhitasvæðinu í Urriðavatni frá upphafi vinnslusögu þess. Meðalvinnsla ársins 1995 er áætluð um 23,3 l/s, sem er um 3% aukning frá meðalvinnslu árána 1992 - 1994. Væntanlega stafar þessi aukning bæði af áframhaldandi aukningu í hituðu rými og tilkomu nýju sundlaugarinnar sumarið 1995, auk þess sem veðurfar hefur auðvitað áhrif frá ári til árs. Mynd 1 sýnir vikulega meðalvinnslu úr holu 8 frá upphafi árs 1994 fram á haust 1996. Ekki eru til mælingar á vinnslu frá byrjun júní fram yfir miðjan október 1995. Á því tímabili sem myndin nær yfir var vikumeðalvinnslan mest 33,5 l/s fyrstu vikuna í janúar 1996, en minnst fyrstu tvær vikurnar í júlí 1996, 13,5 l/s. Það er um 2 l/s meiri vinnsla en minnsta vinnsla sumarið 1993 (tölur vantar fyrir sumarið 1995), væntanlega vegna nýju sundlaugarinnar.

Tafla 1. Ársmeðaltöl vinnslu, hita, kísilstyrks og klóríðstyrks vatns úr jarðhitasvæðinu í Urriðavatni.

Ár	Vinnsla ¹⁾ (l/s)	Hiti (°C)	Kísill (mg/l)	Klóríð (mg/l)	Vinnslu- holur
1980	13,5				4
1981	27,0				4 og 5
1982	27,1				4,5 og 6
1983	28,7				4,5 og 6
1984	24,0	77,0	69,1	48,1	8
1985	25,2	76,4	67,6	47,2	8
1986	26,3	76,2	67,3	46,1	8
1987	26,0	76,1	67,8	45,6	8
1988	24,3	75,3	66,5	44,9	8
1989	19,3	75,5	66,5	44,4	8
1990	19,6	75,6	66,8	44,4	8
1991	19,4	75,5	66,0	42,3	8
1992	22,5	75,5	66,3	41,6	8
1993	22,7	75,6	63,7	34,2	8
1994	22,4	75,8	65,5	42,9	8 (og 5)
1995	23,3	76,0	65,8	43,1	8

¹⁾ Vinnsla áætluð 1980-1986, en mæld 1987-1995.

Auk vinnslunnar úr holu 8 var kyndistöðin notuð töluvert á árinu 1996, til þess að hækka hita vatnsins kalda daga. Það ár voru brenndir um 72 þúsund lítrar af olíu samanborið við 33 þúsund lítra árið áður. Þannig eykst orkuvinnsla Hitaveitunnar í reynd enn meira en tafla 1 sýnir.

Með síkkun dælu getur hola 8 reyndar mætt áframhaldandi vexti í vatnsnotkun, en hafa verður í huga að aukin vinnsla eykur margumrædda kólnunarhættu. Þó ætti að vera óhætt að síkka dæluna, og auka vinnsluna nokkuð, en mikilvægt að fylgjast vel og nákvæmlega með viðbrögðum jarðhitakerfisins (vatnshita og efnainnihaldi). Nú er jafnframt svo komið að varafli veitunnar (holur 4 og 5 ásamt sjálfrennsli holu 8 og kyndistöðinni) nægir

tæplega á köldustu tímum ársins. Næsta öruggt er að bora má varaholu á svæðinu, tiltölulega nærri holu 8, sem fengi vatn á svipuðu eða meira dýpi en hún. Auk þess eru miklar líkur á því að bora megi aðra vinnsluholu á jarðhitasvæðinu, fjær holu 8, eftir að vatn úr henni tekur að kólna.

Á mynd 2 er sýndur mældur hiti vatns úr holu 8 frá upphafi nýtingar holunnar fram á haust 1996, ásamt vinnslu úr holunni á sama tíma. Hafa þarf í huga að mismunandi hitamælar hafa verið notaðir á þessu tímabili. Því er ekki hægt að segja með fullri vissu að langtímabreytingarnar, sem sjást á myndinni, séu raunverulegar. Þó hefur í sumum tilfellum verið reynt að leiðrétta hitamælingarnar fyrir augljósum mismun milli mæla. Nú síðustu mánuðina var notaður hitamælir með takmarkaðri aflestrarnákvæmni. Ársmeðaltöl vatnshita úr holu 8 eru jafnframt birt í töflu 1. Á mynd 2 og meðaltölunum sést að meðalhiti vatns virðist hafa staðið nokkurn veginn í stað, eða jafnvel hækkað, undanfarnin ár, en ekki er víst að hækkunin sé marktæk. Árið 1995 mældist vatnshitinn um 76,0 °C að meðaltali. Sveiflur í vatnshitanum endurspeglar væntanlega bæði breytilega vinnslu og ónákvæmni í mælingum. Lögð er áhersla á að hiti vatns úr holu 8 verði í framtíðinni mældur af mun meiri nákvæmni en verið hefur undanfarið. Það má t.d. gera með sjálfvirkum hætti. Samkvæmt Guðmundi Davíðssyni veitustjóra eru endurbætur á vatnshitamælingunum nú í undirbúningi.

Rétt er að ítreka það að reglulegar mælingar á vatnsborði í ónotuðum holum, t.d. í holu 3, gefa mikilsverðar viðbótarupplýsingar um ástand jarðhitakerfisins, þó ekki sé talið að miklar langtímabreytingar verði á þrýstingi og vatnsborði í jarðhitakerfinu undir Urriðavatni. Vatnsborð í holu 3 hefur verið mælt af og til síðasta árið (1996), en þær mælingar því miður ekki skráðar. Samkvæmt upplýsingum veitustjóra hefur vatnsborð í holunni lækkað mikið undanfarna mánuði, eða úr 3,6 m í 5,9 m. Líklegt er að það endurspegli bæði lækkandi vatnsborð Urriðavatns sjálfs og vaxandi vinnslu úr jarðhitakerfinu með haustinu.

3. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS

Eftirlit Orkustofnunar með efnasamsetningu jarðhitavatnsins sem Hitaveita Egilsstaða og Fella nýtir, hefur verið tvíþætt undanfarnin ár. Í fyrsta lagi hafa starfsmenn Orkustofnunar tekið sýni til heildarefnagreininga tvisvar á ári. Heildarefnagreining felur í sér að styrkur allra helstu efna í vatninu er mældur, þar með talin reikul efni sem tapast fljótt úr sýnunum séu þau ekki sérstaklega meðhöndluð. Slík efnagreining gerir kleift að reikna út jafnvægi steinda við vatnið, ásamt öðrum þáttum sem geta sagt fyrir um kólnun vatnsins, eða útfellinga- og tæringarhættu í dreifikerfinu. Í öðru lagi hafa starfsmenn hitaveitunnar tekið sýni u.þ.b. mánaðarlega eða oftár ef þurfa þykir, og sent Orkustofnun jafnóðum til greininga á völdum efnum. Þessar efnagreiningar þjóna þeim tilgangi að sjá fyrstu merki breytinga sem kunna að verða milli sýnatöku vor og haust, og sjá ef skammtímasveiflur verða í efnasamsetningunni.

Eins og fram hefur komið í vinnslueftirlitsskýrslum undanfarninna ára hefur þetta tvíþætta eftirlit sannað gildi sitt á jarðhitasvæðinu við Urriðavatn. Þar hafa orðið miklar skammtímasveiflur í styrk einstakra efna allt frá árinu 1988, sem ekki komu fram á þeim tíma sem heilsýnin voru tekin. En einnig hefur orðið hægfara lækkun á heildarstyrk efna, en til þess að túlka þá breytingu er heildarefnagreining nauðsynleg.

Árið 1995 voru að venju tekin tvö sýni til heildarefnagreiningar úr holu 8, í júlí og desember. Niðurstöður greininganna eru birtar í töflu 2 ásamt heildarsamsetningu vatns úr holunni allt frá árinu 1988. Einnig voru tekin allmörg hlutsýni, en misjafnlega mörg efni voru mæld í þeim. Tafla 3 sýnir niðurstöður þeirra greininga aftur til ársins 1991. Þar er sýnd með feitu lettri efnasamsetning sýna sem er verulega frábrugðin venjulegri samsetningu jarðhitavatnsins, þ.e. hin margumræddu tímabundnu frávik.

Þessar breytingar sjást þó miklu betur á myndum 3 - 7. Þar er styrkur nokkurra helstu efna teiknaður á móti tíma frá upphafi vinnslu úr holu 8. Þar sést hvernig styrkur efnanna lækkar mjög snögglega, oftast síðla árs, en hann nær sér síðan fljótt aftur. Fyrst fer að bera á þessu haustið 1988, og síðan gerist það á hverju ári þar til síðastliðið haust. Að ekkert slíkt frávik hafi orðið árið 1995 er þó erfitt að fullyrða, þar sem sýnataka var strjáll en oft áður. Þó var tímabilið 3. nóvember til 8. desember vaktað alveg sérstaklega. Þá voru sýni tekin á nokkurra daga fresti og leiðni þeirra mæld. Til stóð að taka heilsýni af vatninu ef leiðnin breyttist verulega, því enn hefur ekki tekist að ná heilsýni úr holunni þegar styrkur efna í vatninu hefur verið óvenju lágur. Þegar til kom varð engin breyting á þessu tímabili.

Síðar var ákveðið að mæla fleiri efni í nokkrum þessara sýna, einkum til að kanna næmni leiðnimælinganna á breytingu í styrk einstakra efa. Tafla 4 sýnir niðurstöður leiðnimælinganna ásamt styrk klóríðs og sulfats. Auk venjulegra sýna úr holu 8 er eitt sýni úr holunni þegar hún hefur verið í sjálfrennsli í skamman tíma, og eitt sýni úr holu 4 sem hefur mun lægri efnastyrk en hola 8. Á myndum 8 og 9 er leiðni í þessum sýnum annars vegar, og klóríðstyrkur hinsvegar, teiknaðir á móti tíma. Þar sést marktæk breyting í hvorugum þessara þátta, en athyglisvert er að sýni af sjálfrennsli úr holu 8 í desember 1995, þegar dæla hafði verið stöðvuð í aðeins þrjár klukkustundir, hefur marktækt hærri efnastyrk, en sýni sem tekið var rétt eftir að dæling hófst að nýju. Þetta sýnir að vatn, sem dælt er úr holunni, er blanda af misheitu og misefnaríku vatni og verður nánar komið að því síðar. Vegna þess hve vel leiðni vatnsins virðist fylgja styrk þess efnis, sem mest breytist í efnasveiflunum í jarðhitakerfinu (klóríðs), væri mögulegt að fylgjast með sveiflunum með leiðnimælingum sem væru framkvæmdar á staðnum, líkt og nú er gert hjá Hitaveitu Akureyrar.

Efnasveiflur í holu 8 hafa verið skýrðar að hluta með millirennslu á 50°C heitu vatni úr holu 5 (Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993). Það getur þó ekki skýrt hversu miklar þær eru, og tæplega fæst fullnægjandi skýring nema heilsýni náist þegar efnastyrkur er í lágmarki. Ef til vill mætti höndla það augnablik með tíðum leiðnimælingum. En þó þessar sveiflur vari stutt og hafi ekki sést síðastliðið haust, má greinilega sjá á myndum 3 - 7 að styrkur flestra þessara efna fer smám saman lakkandi í vatninu úr holu 8.

Til þess að reyna að kanna uppruna efnasnauða vatnsins sem kemur inn í kerfið, þ.e. hvort það er jarðhitavatn með aðra samsetningu en vinnsluvatnið úr holu 8, eða grunnvatn e.t.v. úr Urriðavatni, var hlutfall súrefnisísótópa mælt í nokkrum hlutsýnum frá síðustu árum, einkum þeim sýnum sem hafa lægri efnastyrk en venjulegt er úr holu 8. Hlutfall súrefnisísótópa er táknað með svonefndu delta-gildi sem er táknað svo; $\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW). Þetta er raunar mælikvarði á hlutfallslegan styrk misþungra ísótópa (samsæta) súrefnis í vatnsatóminu, O^{18} og O^{16} , miðað við staðalgildi sjávar (SMOW=Standard Mean Ocean Water). Deltagildið hefur alltaf neikvætt formerki í vatni sem er að uppruna

Tafla 2. Heildarefnasamsetning vatns úr holu 8 1988 - 1995 (mg/l).

Dagsetning	Númer	Hiti (°C)	Sýrustig pH/C°	Kísill SiO ₂	Natríum Na	Kalíum K	Kalsíum Ca	Magnesium Mg	Súlfat SO ₄	Kloríð Cl	Fíloríð F	Karbonsat CO ₂	Br.st.vetni H ₂ S	Uppleyst efni
88-07-06	88-0079	74,4	9,82/24	66,2	70,7	1,2	7,3	0,000	55,2	46,3	0,70	10,8	0,06	277
88-10-11	88-0153	76,0	9,81/23	66,2	68,6	1,2	7,1	0,002	55,2	45,0	0,68	13,4	0,11	250
89-06-12	89-0037	75,0	9,84/23	65,9	68,9	1,1	7,0	0,001	57,7	46,9	0,69	9,8	0,16	263
89-09-29	89-0078	76,2	9,79/20	66,9	69,9	1,2	7,0	0,016	57,8	46,8	0,70	7,1	0,16	275
90-07-10	90-0138	76,5	9,81/25	68,2	70,3	1,0	7,1	0,003	55,1	46,5	0,70	12,5	0,10	262
90-09-27	90-0243	76,4	9,82/14	68,0	67,2	1,2	6,9	-	55,8	47,0	0,69	8,2	0,18	267
91-06-20	91-0135	76,2	9,79/26	67,0	69,5	1,1	7,1	0,009	54,3	46,7	0,70	9,9	0,10	282
91-12-04	91-0250	75,9	9,80/23	66,5	67,9	1,0	7,0	0,001	53,1	44,3	0,68	12,6	0,12	271
92-05-06	92-0097	76,3	9,83/24	66,8	67,7	1,0	7,0	0,003	53,0	44,2	0,68	11,1	0,17	236
92-10-28	92-0247	75,5	9,86/20	66,3	67,8	1,0	-	0,001	53,0	44,2	0,68	10,6	0,20	220
93-05-26	93-0090	76,2	9,81/24	65,8	67,0	1,0	6,9	0,000	52,4	44,4	0,68	16,8	0,17	268
93-10-07	93-0172	76,2	9,79/22	64,2	66,8	1,0	7,2	0,000	53,4	44,4	0,68	10,2	0,25	258
94-06-01	94-0066	76,6	9,91/15	65,6	67,4	0,9	7,0	0,002	53,4	47,1	0,64	12,4	0,16	260
94-11-09	94-0312	75,8	9,88/18	66,3	67,5	0,9	7,1	0,000	53,1	44,4	0,66	12,5	0,11	253
95-07-06	95-0101	75,9	9,74/23	64,7	66,4	0,9	7,2	0,007	52,9	44,1	0,64	12,5	0,15	267
95-12-08	95-0360	75,5	9,81/22	65,4	67,4	1,0	6,9	0,003	51,2	42,7	0,68	15,9	0,20	216

Tafla 3. Efnasamsetning hlutsýna vatns úr holu 8 1991-1995 (mg/l).

Hola	Dagsetning	Númer	Hiti (°C)	Kísill SiO ₂	Natríum Na	Kalíum K	Súlfat SO ₄	Klóríð Cl	Flúoríð F
8	91-01-22	91-0081	75,8	66,5	65,7	1,0	49,9	44,6	0,67
8	91-02-15	91-0082	75,7	67,1	68,6	1,1	54,0	47,9	0,71
8	91-04-02	91-0083	75,8	66,9	66,5	1,0	49,7	44,5	0,67
8	91-05-30	91-0142	75,5	67,0	68,4	1,1	54,6	47,0	0,69
8	91-08-15*	91-0264	75,6	65,6	38,4	0,6	31,8	23,8	0,57
8	91-09-10*	91-0265	75,6	64,5	59,6	0,9	48,7	40,1	0,64
8	91-11-02*	91-0266	75,0	63,0	60,6	0,9	48,8	39,5	0,66
8	91-12-22	91-0267	75,3	66,4	67,5	1,0	53,0	44,2	0,68
8	92-01-15	92-0081	75,4	66,5	68,3	1,0	53,1	44,5	0,68
8	92-03-02*	92-0082	75,6	65,6	49,1	0,7	38,9	30,8	0,60
8	92-03-30	92-0083	75,5	66,4	67,8	1,0	53,1	44,4	0,68
8	93-02-28	93-0095	-	65,9	72,0	1,0	56,0	47,5	0,74
8	93-03-23	93-0096	-	65,0	66,2	1,0	51,6	43,8	0,68
8	93-04-14	93-0097	-	65,5	67,7	1,0	53,3	45,3	0,68
8	93-05-10	93-0098	-	65,3	66,7	1,0	52,7	44,7	0,69
8	93-08-03*	93-0273	75,6	64,4	49,0	0,7	39,5	31,5	0,61
8	93-09-03	93-0274	74,9	65,2	67,7	0,9	54,3	45,0	0,69
8	93-11-16*	93-0275	75,8	50,7	18,7	0,3	15,1	11,0	0,32
8	93-12-15*	93-0276	75,7	65,1	38,3	0,6	29,6	23,6	0,52
8	94-01-24*	94-0033	76,5	63,7	52,6	0,7	41,7	33,6	0,58
8	94-03-15	94-0034	75,6	65,1	66,0	0,9	51,6	43,5	0,66
8	94-05-03	94-0074	75,5	64,8	67,5	0,9	53,2	47,1	0,66
8	94-06-01	94-0072	-	66,1	69,7	1,0	56,9	50,1	0,66
8	94-07-30	94-0313	75,6	67,9	70,2	1,0	57,2	46,7	0,70
8	94-09-06	94-0314	75,3	67,5	70,6	1,0	56,5	46,3	0,69
8	94-11-09	94-0312	75,8	66,3	67,5	0,9	53,1	44,4	0,66
8	94-12-06*	94-0391	76,2	62,9	45,7	0,7	-	-	0,51
8	95-01-24*	94-0021	76,0	64,6	52,1	0,8	39,1	35,3	0,55
8	95-03-09	94-0022	76,3	65,8	67,9	1,0	50,7	46,5	0,63
8	95-05-15	95-0106	75,8	65,1	65,6	0,9	51,6	43,5	0,63
8	95-06-19	95-0107	75,8	64,4	65,6	0,9	52,5	43,9	0,65
8	95-06-27	95-0108	76,2	66,6	66,7	0,9	54,4	45,4	0,66
8	95-09-18	95-0368	76,2	-	-	-	54,0	44,8	-
8	95-11-03	95-0369	-	-	-	-	52,9	43,3	-
8	95-11-10	95-0351	76,2	65,3	67,3	1,0	51,7	42,5	0,68
8	95-11-14	95-0352	76,2	65,8	67,3	1,0	51,4	42,5	0,68
8	95-11-25	95-0353	-	67,6	67,8	1,0	51,6	42,8	0,68
8	95-11-27	95-0354	-	67,2	67,4	1,0	50,7	42,6	0,66
8	95-11-29	95-0355	-	67,3	66,9	1,0	50,6	42,3	0,69
8	95-12-01	95-0356	-	66,1	67,9	1,0	51,1	42,5	0,68
8	95-12-05	95-0357	-	-	-	-	50,9	42,4	-
8	95-12-06	95-0359	-	-	-	-	50,9	42,5	-
8	95-12-08	95-0365	-	-	-	-	50,9	42,3	-
8	95-12-08°	95-0367	-	-	-	-	57,0	46,7	-
8	96-02-22	96-0060	-	64,6	69,4	-	50,8	42,6	-

* Frávik í efnasamsetningu

° Sjálfrennsli

- ekki mælt

Tafla 4. Leiðni, klóríð- og sulfatstyrkur hlutsýna frá seinni hluta 1995.

Hola	Dagsetning	Númer	Leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)
8	95-09-18	95-0368	376	44,8	54,0
8	95-11-03	95-0369	365	43,3	52,9
8	95-11-10	95-0351	371	42,5	51,7
8	95-11-14	95-0352	376	42,5	51,4
8	95-11-22	95-0353	372	42,8	51,6
8	95-11-27	95-0354	363	42,6	50,7
8	95-11-29	95-0355	361	42,3	50,6
8	95-12-01	95-0356	366	42,5	51,1
8	95-12-05	95-0357	365	42,4	50,9
8	95-12-06	95-0359	366	42,5	50,9
8, sjálfr.	95-12-08	95-0367	388	46,7	57,0
8	95-12-08	95-0365	358	42,3	50,9
4	95-12-08	95-0358	235	22,0	19,9

úrkomuvatn. Því þýðir hærra deltagildi (minna neikvætt) þyngra vatn, en lægra deltagildi (meira neikvætt) léttara vatn. Þessi formáli kann að gera það skiljanlegra þegar rætt er um delta-gildi hér á eftir.

Hlutfall súrefnisísótópa er að jafnaði mælt í sýnum sem eru geymd í kæli í stútfullum flöskum svo andrúmsloft komist ekki að, en uppgufun sýna getur raskað hlutfallinu. Sýnin sem mæld voru höfðu verið geymd í hálffullum flöskum við stofuhita í allt að tvö ár, þannig að nokkurn fyrirvara þarf að gera við túlkun mælinganna. Á mynd 10 eru niðurstöður mælinganna birtar ásamt eldri niðurstöðum úr holu 8, holum 4 og 5, og einni mælingu úr Urriðavatni. Deltagildið er teiknað á móti klóríðstyrk. Mælingin úr Urriðavatni og fimm mælingar úr holum 4 og 5 frá árinu 1981 voru gerðar í Japan og eru fengnar úr skýrslu Jóns Benjamínssonar o.fl. (1982). Aðrar mælingar voru gerðar á Raunvísindastofnun Háskóla Íslands.

Þessi mynd sýnir nokkra athyglisverða hluti. Í fyrsta lagi að samfara hinni hægfara lækkun klóríðstyrks hefur deltagildið hækkað. Þetta sést betur á mynd 11 sem sýnir greiningar á sýnum úr holu 8, annarra en þeirra er sýna mestu frávikin (lægsta efnastyrkinn). Þetta er í samræmi við þá túlkun að hægfara lækkun, m.a. klóríðstyrks, stafi af innrennsli kaldara vatns inn í jarðhitakerfið. Vatnið úr holu 8 hefur deltagildi á bilinu -13,5 til -13,7 en í Urriðavatni er það -8,2. Gildin í holum 4 og 5 eru á bilinu -13,7 til -11,9 og fara hækkandi með tíma. Á mynd 11 sést að breytingin í holu 8, og gildin úr holum 4 og 5 falla öll nálægt beinni línu með stefnu á gildið í Urriðavatni. Það bendir óneitanlega til þess að styrkbreytingin stafi af blöndun við grunnvatn svæðisins. Árið 1983 var gerð ferilprófun (Jón Benjamínsson, 1985) sem leiddi í ljós að kólnun í holum 4 og 5 stafaði af beinu innrennsli úr Urriðavatni. Þó efnabreytingar í holu 8 falli á sömu línu er ekki víst að um samskonar leka sé að ræða því grunnvatn svæðisins hefur sennilega nær sömu samsetningu og Urriðavatn. Þá eru áhrif þessa innrennsli enn lítil því

svo til engin kólnun gerir vart við sig. Jafnframt eru stóru frávikin í efnasamsetningu sennilega af öðrum rótum runnin eins og vikið verður að hér á eftir.

Í öðru lagi sést á mynd 10 að þegar frávik í efnastyrk verða stærst (punktur með lægri klóríðstyrk en 40 mg/l, merkt UV-x8 á mynd), þá hækkar deltagildið ekki umtalsvert og er lægra en -13. Ekki þykir koma til álita að mæliskekka vegna geymslu sýnanna valdi þessu. Uppgufun vatns við geymslu veldur því að vatnið þyngist, þ.e. deltagildið hækkar, því er raungildið sennilega enn lægra en myndin sýnir. Þetta bendir til að stóru frávikin stafi af innstreymi vatns sem er álíka langt að komið og heita vatnið úr holu 8. Þar sem ekki verður vart við kólnun samfara innstreyminu er þetta vatn sennilega jarðhitavatn með lægri efnastyrk en vatnið úr holu 8. Vatnið er þó áreiðanlega kaldara en það þar sem kísilstyrkur er mun lægri í sýnum af þessu vatni. Allt bendir þetta til að jarðhitakerfið undir Urriðavatni sé enn flóknara en talið hefur verið. Þegar hola 8 var boruð 1983 reyndust helstu vatnsæðarnar, á 700-900 m dýpi, hafa svipaða efnasamsetningu (Jón Benjamínsson, 1984). Aukin vinnsla úr svæðinu og aðrar breytingar á aðstæðum geta opnað leiðir fyrir ný vatnskerfi inn í holuna. Þetta þarf að kanna nánar, m.a. með blöndunarreikningum og frekari rannsóknum á grunnvatni á svæðinu. Hvað efnaeftirlit varðar er mjög áhugavert að ná heilsýni af vatninu, sem sýnir stærst frávik í efnasamsetningu, eins og getið var hér að framan. Þá þarf að taka sýni úr Urriðavatni og leggja áherslu á að súrefnis- og vetnisísótópar verði mældir, bæði í jarðhitavatni og grunnvatni. Hugsanlegt er að ný ferilprófun muni gefa frekari upplýsingar. Þann möguleika þarf að athuga nánar.

Jarðhitavatn myndar jafnvægi við steindir í berginu sem það leikur um, og þetta jafnvægi er háð hitastigi. Ef kalt vatn blandast heita vatninu raskast þetta jafnvægi, en jafnvægi myndast við nýtt hitastig með tímanum. Þessi jafnvægi eru notuð sem jarðhitamælur, þ.e. til að segja til um við hvaða hitastig vatnið sé í jafnvægi í kerfinu. Jafnvægi nokkurra steinda var reiknað með forritinu WATCH fyrir tvö sýni úr holu 8. Fyrri sýnið var tekið árið 1988, eða árið sem innrennslis í holuna varð fyrst vart. Síðara sýnið var tekið vorið 1995. Á myndum 12 og 13 er hlutfall jónavirknimargfeldis og leysnimargfeldis steindanna, $\log(Q/K)$, teiknað á móti hitastigi, og þar sem mettunarlína hveðrar steindar sker 0-línu hlutfallsins telst hún vera í jafnvægi við það hitastig. Á mynd 12 sést að árið 1988 skera línur flestra steinda ásinn nærri 80°C sem er innan óvissumarka fyrir mælt hitastig vatnsins, en það er um 76°C. Það hve margar steindir skera ásinn við sama hitastig sýnir að vatnið er í góðu jafnvægi við bergið í kring. Mynd 13 sýnir að árið 1995 hefur þetta breyst talsvert. Skurðpunktur línanna dreifast nú miklu meira, sem sýnir að vatnið er ekki í jafnvægi við bergið. Annað sem er athyglisvert er að punkturinn þar sem einhverjar línur skerast sameiginlega hefur færst niður í 70°C. Það skal tekið fram að þessa útreikninga er einungis unnt að gera á heilsýnum. Niðurstaða þessa er sú að kaldara vatn kemst inn í jarðhitakerfið og hefur raskað jafnvægi bergs og vatns við ríkjandi hitastig.

Styrkur súrefnis var mældur á sömu stöðum í kerfinu og hefur verið gert undanfarin ár (tafla 5). Örlítið súrefni mældist við úttak úr tanki, en styrkurinn er nærri greiningarmörkum svo tæplega er hægt að tala um súrefnisupptöku.

Tafla 5. Niðurstöður súrefnismælinga í veitukerfi HEF (í ppb).

Dagsetning	Hola 8	Tankur, inntak	Tankur, úttak	Kyndistöð	Dælustöð
20-08-87	0-5	20-30	200-300	40-80	30
27-11-87	0-10	0-10	30-60	0-10	10-20
06-07-88	30	-	100-300	40	0-10
11-10-88	15	10	-	60	20
12-06-89	30	10	-	100-200	100
02-08-89	-	-	100	50	0-20
29-09-89	15	15	100	40	20
10-07-90	0	0	80	20	3
27-09-90	0	0	80	30	5
03-12-90	-	-	30	-	-
13-12-90	-	-	10-20	<10	-
08-02-91	-	-	0-10	-	-
04-12-91	10	3	8	0	2
06-05-92	0	0	6	2	0
28-10-92	0	0	0	0	0
26-05-93	0	0	60	0	0
07-10-93	0	0	0	0	0
01-06-94	0	0	10	0	0
09-11-94	0	0	0	0	0
06-07-95	0	0	0,002	0	0,0015
08-12-95	0	0	0,003	0	0

- ekki mælt.

4. LOKAORÐ

Helstu niðurstöður þessarar skýrslu eru eftirfarandi:

1. Meðalvinnsla ársins 1995 er áætluð um 23,3 l/s, sem er um 3% aukning frá meðalvinnslu árána 1992 - 1994. Væntanlega stafar þessi aukning bæði af áframhaldandi aukningu í hituðu rými og tilkomu nýrrar sundlaugar. Auk vinnslunnar úr holu 8 var kyndistöðin notuð mun meira á árinu 1995, en undangengin ár.
2. Breytingar á efnastyrk vatnsins úr holu 8 undanfarin ár hafa einkennst af hægfara þynningu ásamt mjög miklum tímabundnum frávikum. Þó varð ekki vart við slíkt frávik í hlutsýnum úr holu 8 haustið 1995, en hægfara lækun styrks flestra efna í vatninu heldur þó áfram, og sumar steindir eru nú nálægt jafnvægi í vatninu við um 70°C.
3. Athygli vekur að ísótópasamsetning sýna úr holu 8 bendir ekki til þess að vatnið sem fæst úr holu 8 meðan á frávikunum stendur sé ættað beint ofan úr Urriðavatni,

heldur sé um jarðhitavatn með aðra efnasamsetningu að ræða. Þetta þarf þó að kanna mun betur. Ísótópasamsetningin styður hins vegar það að hægfara þynningin stafi af niðurrennsli kaldara og efnasnauðara vatns, úr efsta hluta jarðhitakerfisins og Urriðavatni.

4. Hætta er á að vatn úr holu 8 muni kólna í framtíðinni, en ekki er talin hætta á bráðri kólnun allra næstu árin, vegna þess hve æðar holu 8 eru á miklu dýpi. Meðalhiti vatns úr holu 8 hefur ekki breyst marktækt, a.m.k. síðustu átta árin.
5. Óhætt ætti að vera að síkka dæluna í hola 8 til þess að mæta áframhaldandi vexti í vatnsnotkun, en hafa verður í huga að aukin vinnsla eykur kólnunarhættuna. Þá verður mikilvægt að fylgjast vel og nákvæmlega með viðbrögðum jarðhitakerfisins (vatnshita og efnainnihaldi).
6. Næsta öruggt er að bora má varaholu tiltölulega nærri holu 8, til þess að tryggja betur varafll Hitaveitunnar. Auk þess eru miklar líkur á því að bora megi aðra vinnsluholu á jarðhitasvæðinu, fjær holu 8, eftir að vatn úr henni tekur að kólna.
7. Hitaveitan hefur nú komið sér upp búnaði til leiðnimælinga. Lagt er til að leiðni vatns sé mæld reglulega, t.d. vikulega, en allt að því daglega á tímabilinu nóv-jan. Komi fram mikil lækkun í leiðni verði heilsýni tekið samdægurs. Enn fremur væri æskilegt að koma á reglulegum mælingum á vatnsborði Urriðavatns, eins og áður hefur verið lagt til. Lögð er áhersla á að hiti vatns úr holu 8 verði í framtíðinni mældur af mun meiri nákvæmni en verið hefur undanfarið. Það má t.d. gera með sjálfvirkum hætti.
8. Súrefnisupptaka í veitukerfi Hitaveitunnar var óveruleg á árinu 1995, eins og verið hefur síðustu ár.

5. HEIMILDIR

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1995: *Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Urriðavatn árið 1994*. Orkustofnun, OS-95043/JHD-28 B, 16 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1994: *Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Urriðavatn árið 1993*. Orkustofnun, OS-94028/JHD-15 B, 16 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993: *Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1992 og niðurstöður ferlunarprófunar*. Orkustofnun, OS-93036/JHD-18 B, 24 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1992: *Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Urriðavatn 1991*. Orkustofnun, OS-92021/JHD-09 B, 15 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1991: *Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Urriðavatn 1990*. Orkustofnun, OS-91022/JHD-09 B, 14 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

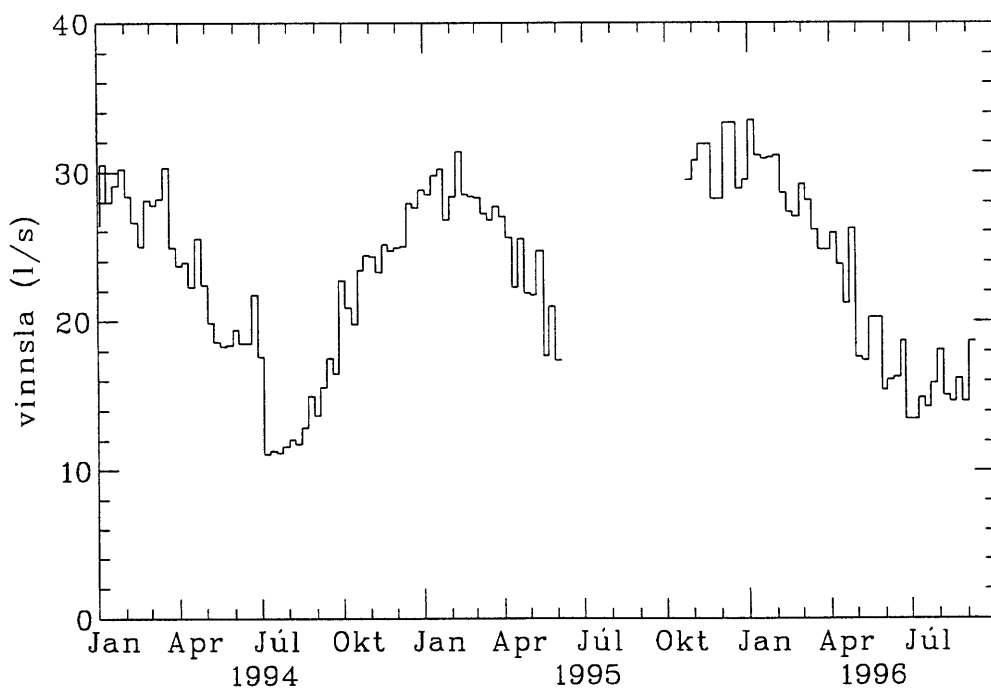
Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1990: *Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitavinnslu að Urriðavatni 1989*. Orkustofnun, OS-91017/JHD-06 B, 13 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

Guðni Axelsson, Halldór Ármannson, Guðrún Sverrisdóttir og Magnús Ólafsson, 1989: *Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitavinnslu að Urriðavatni 1988*. Orkustofnun, OS-89024/JHD-09 B, 33 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

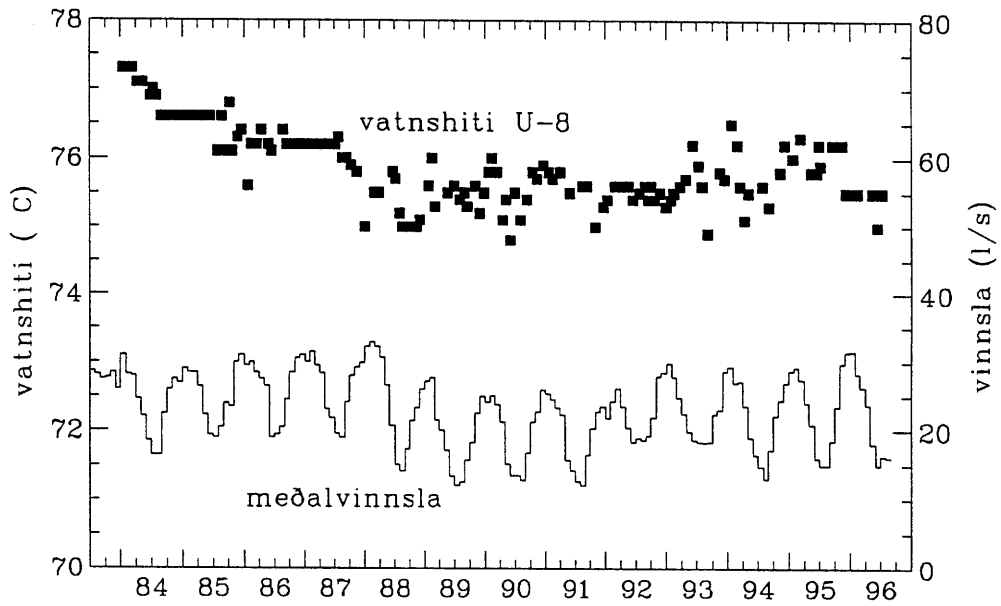
Jón Benjamínsson, 1984: *Jarðhitasvæðið Urriðavatni. Varmavinnsla og efnainnihald vatns*. Orkustofnun, OS-84114/JHD-50 B, 38 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

Jón Benjamínsson, 1985: *Jarðhitasvæðið Urriðavatni. Ferlunarprófun 1983*. Orkustofnun, OS-85011/JHD-03, 24 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

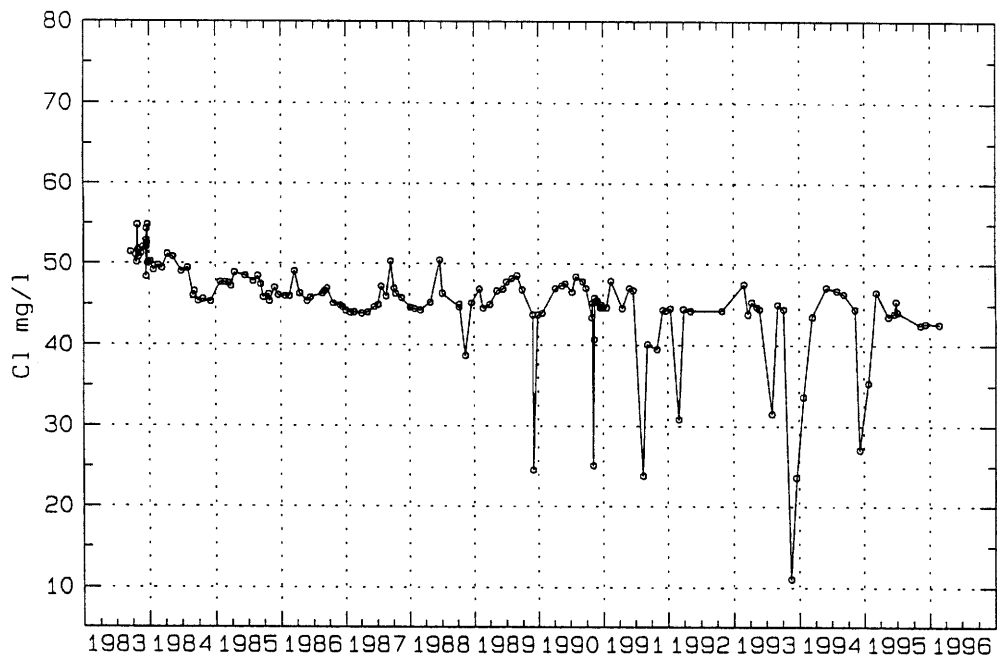
Jón Benjamínsson, Gestur Gíslason og Þorsteinn Thorsteinsson, 1982: *Jarðhitasvæðið Urriðavatni. Efnagreiningar, líkanhugmynd, orkuvinnsla*. Orkustofnun, OS-82129/JHD-16 B, 99 s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.



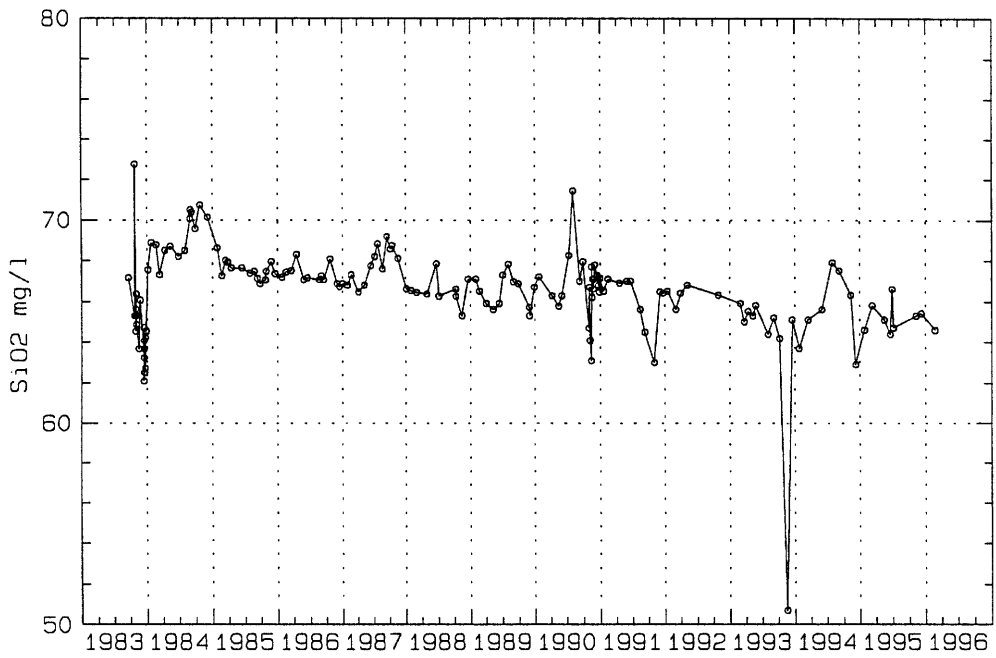
Mynd 1. Vikuleg meðalvinnsla úr holu 8 janúar 1994 - september 1996.



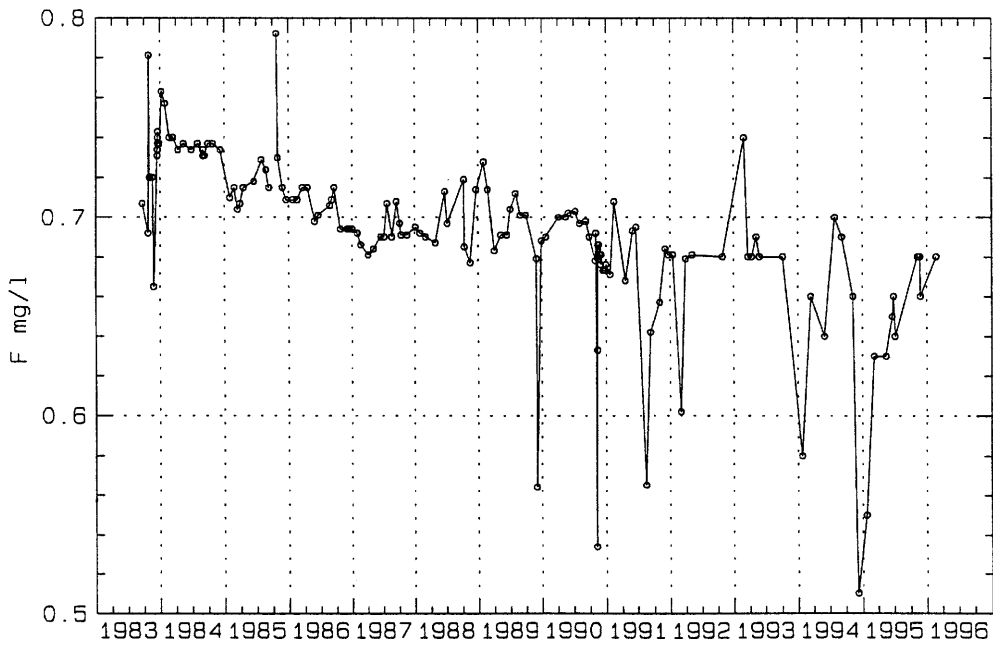
Mynd 2. Vinnsla og hiti vatns úr holu 8 1984 - 1996.



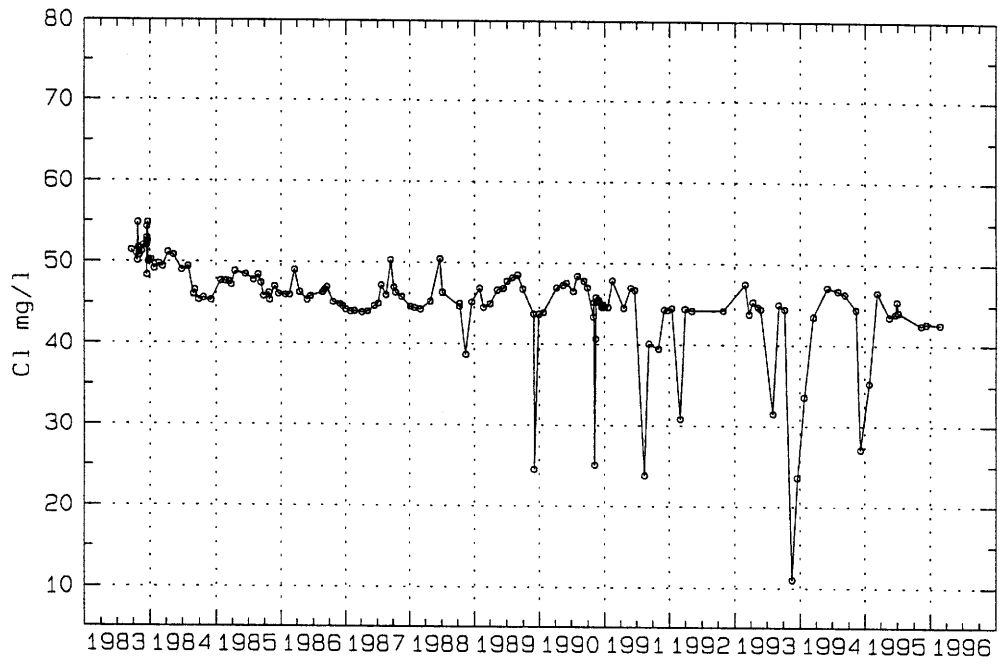
Mynd 3. Klóríðstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995.



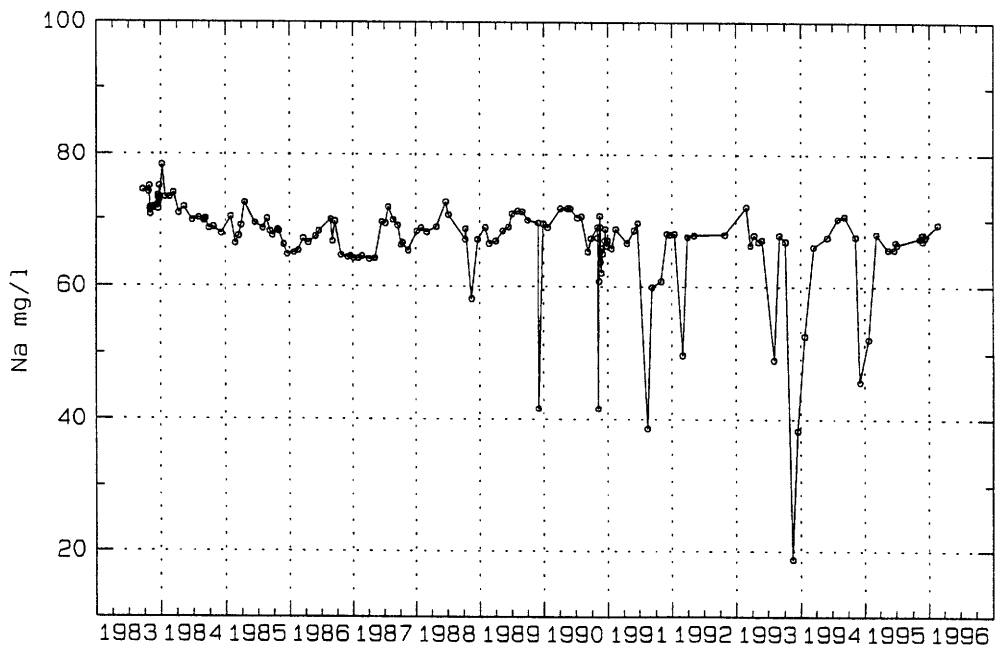
Mynd 4. Kísilstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995.



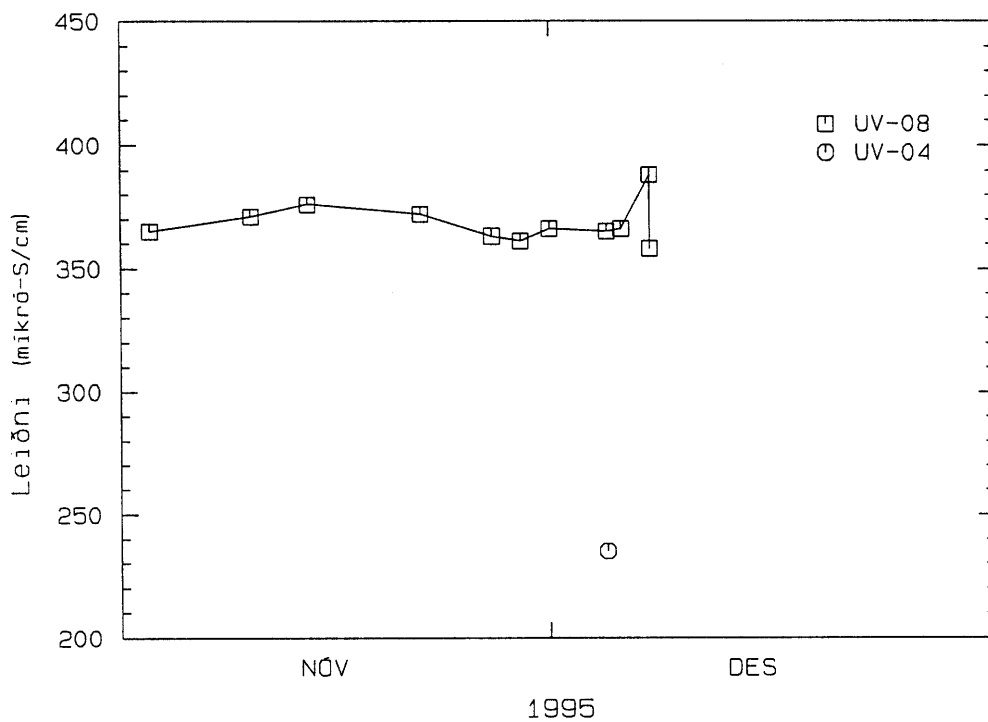
Mynd 5. Flúoríðstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995.



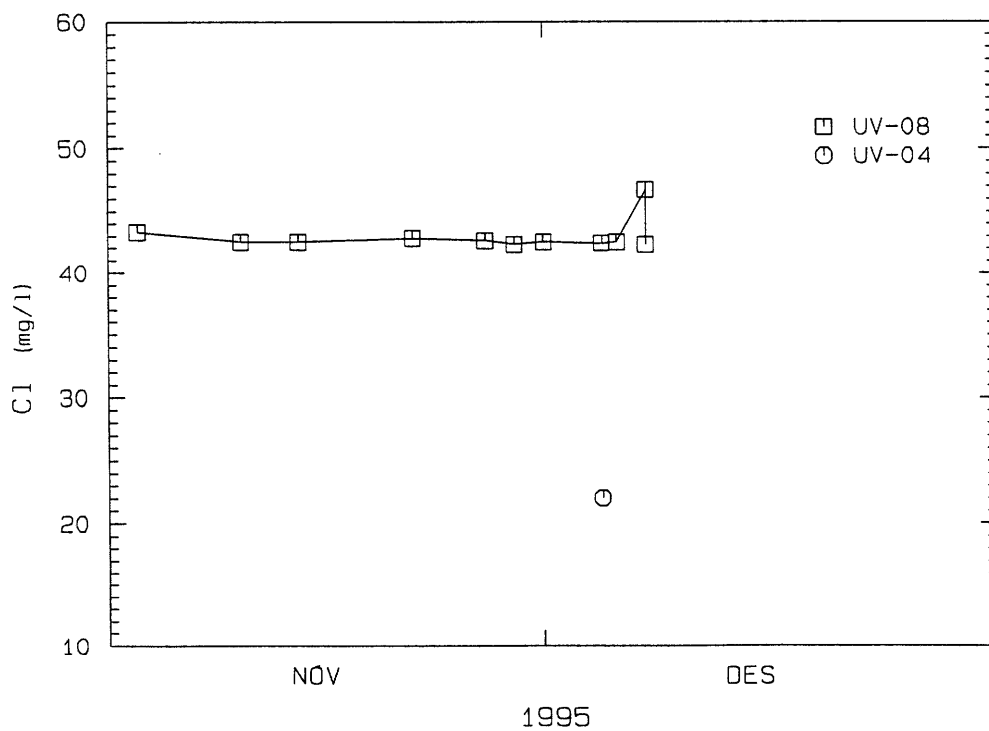
Mynd 6. Kalíumstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995.



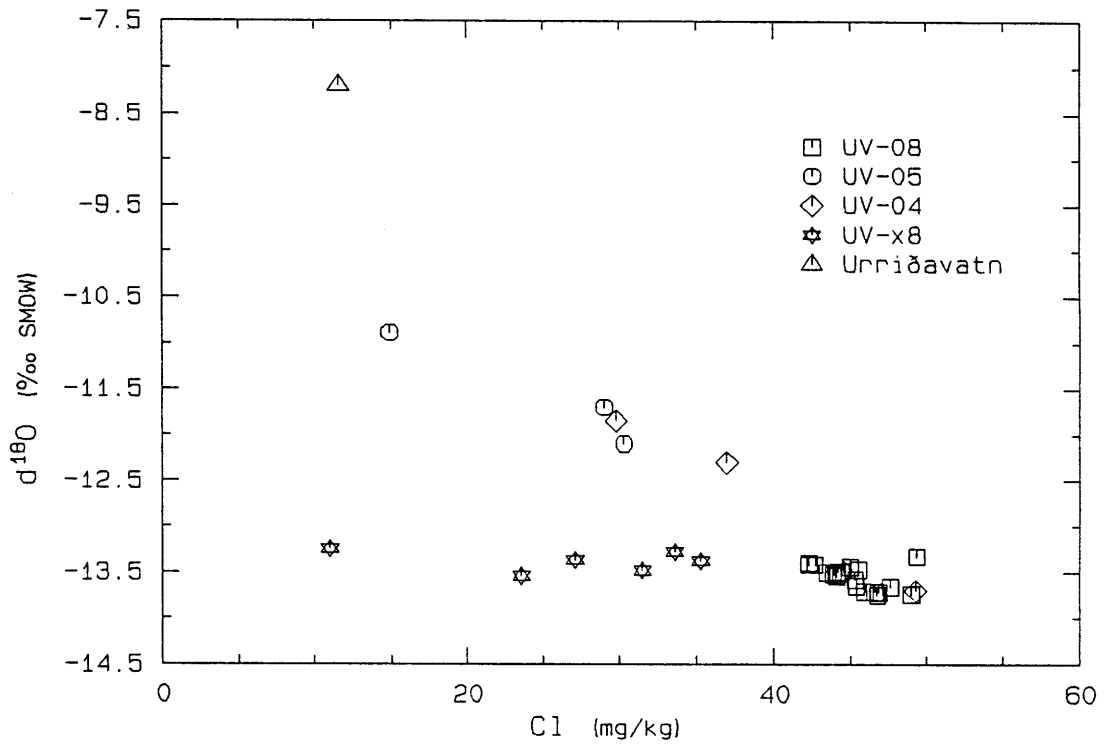
Mynd 7. Natríumstyrkur í vatni úr holu 8 árin 1983 - 1995.



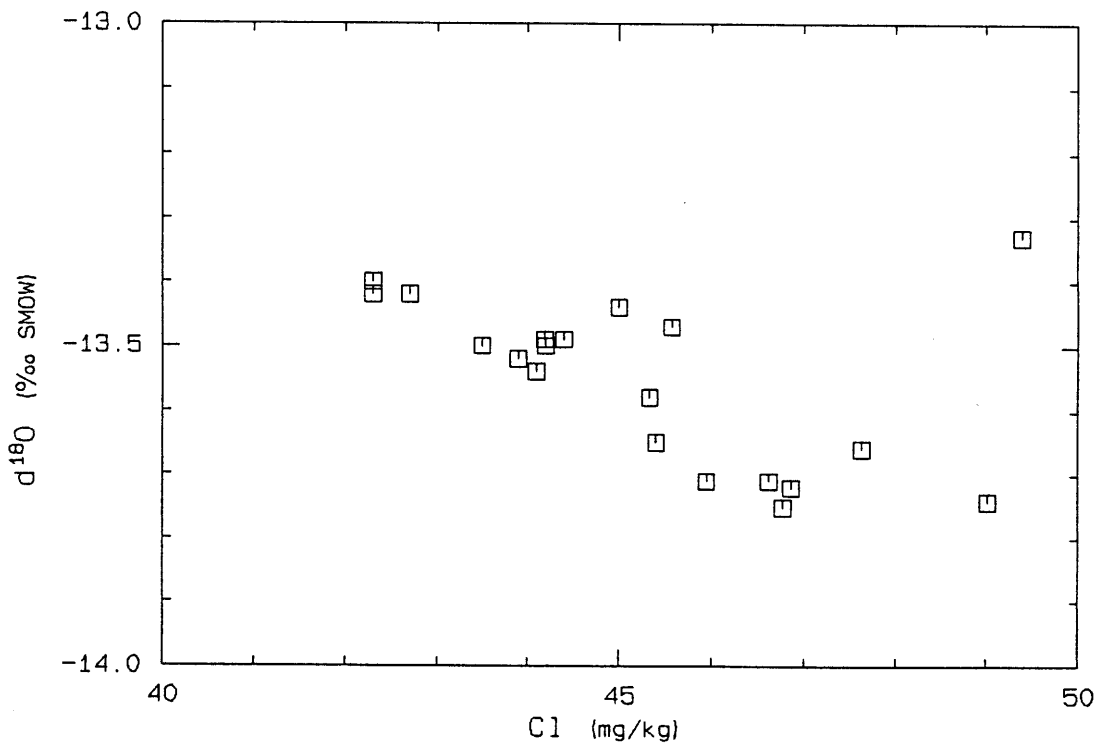
Mynd 8. Leiðni vatns úr jarðhitakerfinu í byrjun vetrar 1995.



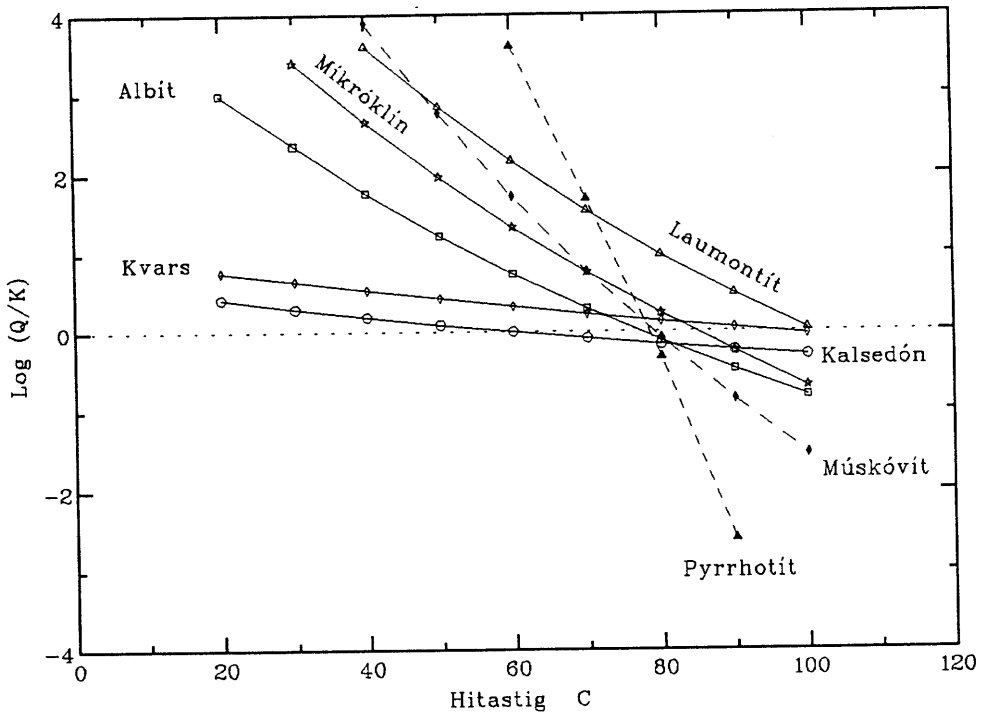
Mynd 9. Klóríðstyrkur vatns úr jarðhitakerfinu í byrjun vetrar 1995.



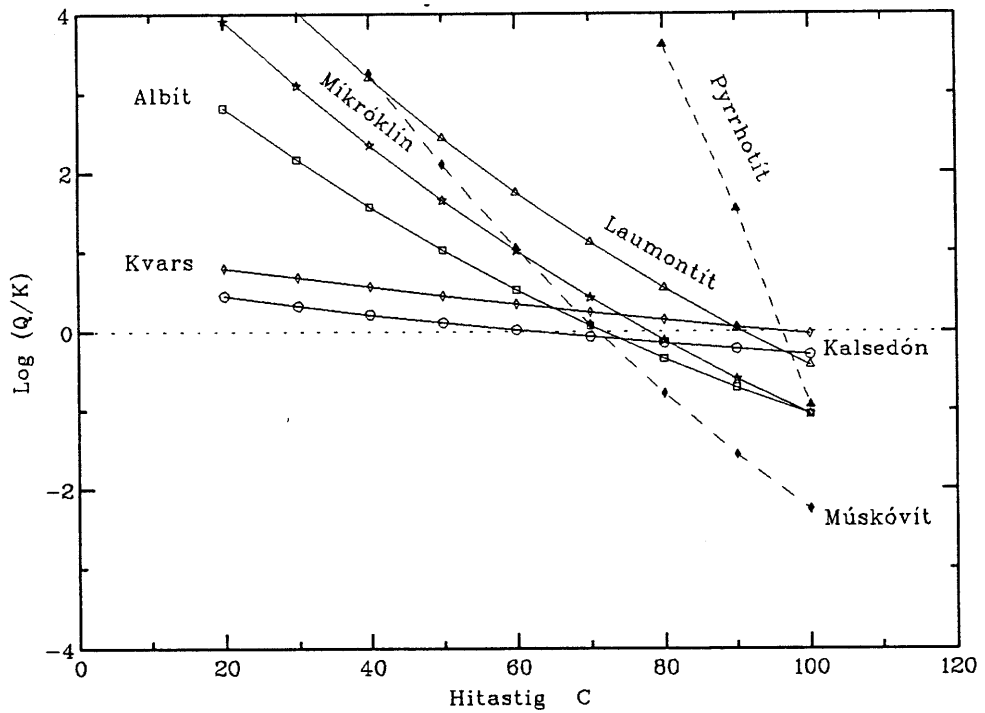
Mynd 10. Samband hlutfalls súrefnisísótópa og klóríðstyrks í vatni úr holum 4, 5 og 8.



Mynd 11. Samband hlutfalls súrefnisísótópa og klóríðstyrks í vatni úr holu 8.



Mynd 12. Hlutfall jónavirkni- og leysnimargfelda steinda í sýni úr holu 8 frá 06/07/88.



Mynd 13. Hlutfall jónavirkni- og leysnimargfelda steinda í sýni úr holu 8 frá 06/07/95.