



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

Hitaveita Rarik á Siglufirði
VINNSLUEFTIRLIT
1997-1998

Ómar Sigurðsson
Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins

1998

OS-98046



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 501

Ómar Sigurðsson
Guðrún Sverrisdóttir

HITAVEITA RARIK Á SIGLUFIRÐI

Vinnslueftirlit 1997-1998

Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins


OS-98046

September 1998

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-98046	Dags.: September 1998	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtill: HITAVEITA RARIK Á SIGLUFIRÐI Vinnslueftirlit 1997-1998	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 11	
Höfundar: Ómar Sigurðsson Guðrún Sverrisdóttir	Verkefnisstjóri: Ómar Sigurðsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit	Verknúmer: 610 501	
Unnið fyrir: Rafmagnsveitur ríkisins		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu RARIK á Siglufirði árið 1997 og fram á árið 1998. Vinnslusvæði veitunnar er í Skútudal, og hafa Hitaveitan og Orkustofnun haft samvinnu um eftirlitið. Fjallað er um niðurstöður efnagreininga á vatnssýnum úr vinnsluholu og dreifikerfi veitunnar, m.a. til að kanna tæringu asbestlagna og virkni íblöndunarefnis til að eyða súrefni í jarðhitavatninu. Vinnslusaga jarðhitakerfisins er uppfærð fram á mitt ár 1998 og endurmetin nálgun einfalds tanklíkans á stöðu vatnsborðs og þeir reikningar síðan framlengdir til að spá um vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu allt til ársins 2010. Niðurstöður vinnslueftirlitsins sýna að ekki hefur orðið marktæk breyting á efnastyrk vinnsluvatns frá Skútudal á undanförunum árum. Vatnshiti við sýnatöku í holu 11 hefur verið lægri síðustu þrjú ár en áður og smávægilegar breytingar í efnastyrk gætu verið fyrstu vísbendingar um kólnun í jarðhitakerfinu, en breytingarnar eru enn ekki tölulega marktækar. Ekkert súrefni mælist í dreifikerfinu. Meðalársvinnsla hitaveitunnar árið 1997 var 16,95 l/s, sem er nærri meðaltali síðustu ára. Samfara minni vatnstöku úr jarðhitakerfinu eftir 1992 hefur vatnsborð hækkað og væri unnt að fjölga notendum í náinni framtíð.		
Lykilorð: Siglufjörður, hitaveita, jarðhitavinnsla, vinnslusvæði, vinnsluhola, dreifikerfi, vatnssýni, efnagreiningar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirlit af: PI	

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS	3
3. VINNSLA OG VATNSBORÐ	6
4. NIÐURSTÖÐUR	7
5. HEIMILDIR	8

TÖFLUR

Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu 11	4
Tafla 2. Efnasamsetning vatns úr brunni við Hvanneyrarbraut 49	4
Tafla 3. Efnasamsetning vatns úr brunni 2	5

MYNDIR

Mynd 1. Hiti og styrkur efnanna kfsils, klóríðs og natríums í vatni úr holum 7 og 11	9
Mynd 2. Samsvörun reiknilíkans við vatnsborðsgögn frá upphafi vinnslu	10
Mynd 3. Vinnsluspá á meðalvatnsborði við holu 7 til ársins 2010 fyrir fjögur vinnslutilfelli	10
Mynd 4. Vinnslusaga og ítarlegri spá um vatnsborð við holu 7 til 3ja ára fyrir þrjú tilfelli	10

1. INNGANGUR

Í skýrslunni er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu RARIK á Siglufirði fyrir árið 1997 og fram á árið 1998, en vinnslusvæði veitunnar er á Skútudal. Hitaveitan og Orkustofnun hafa í samvinnu staðið að þessu vinnslueftirliti og er það unnið samkvæmt samningi þar um númer 613501-1987. Fjallað er um niðurstöður efnagreininga á vatns-sýnum sem tekin voru í nóvember 1997, bæði úr vinnsluholu og dreifikerfi veitunnar. Með þeim er tæring asbestlagna könnuð svo og virkni íblöndunarefnis til eyðingar súrefnis í jarðhitavatninu. Vinnslusaga jarðhitakerfisins á Skútudal er uppfærð fram á mitt ár 1998. Endurmetin er nálgun einfalds tanklíkans á stöðu vatnsborðs í jarðhitakerfinu og þeir reikningar síðan framlengdir til þess að spá vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu fram yfir aldamótin, allt til ársins 2010.

2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS

Í nóvember 1997 voru tekin sýni til efnagreininga af jarðhitavatninu sem Hitaveita RARIK á Siglufirði nýtir. Þetta er liður í reglubundnu eftirliti með ástandi jarðhitakerfisins, sem Orkustofnun hefur haft með höndum. Kannað er hvort einhver breyting verður á efnasamsetningu vatnsins í jarðhitakerfinu við vinnslu, og einnig hvort breytingar verða á samsetningu þess við að ferðast um veitukerfið. Felst hið síðarnefnda einkum í því að mæla hvort íblöndun natríumsúlfíts sé nægileg til að eyða súrefni úr vatninu áður en það fer til bæjarins og hvort súrefni kemst inn í dreifikerfið. Þá er kalsíum mælt til að fylgjast með tæringu asbeströra í stofnæðinni til bæjarins.

Sýni til heildarefnagreininga voru tekin úr aðalvinnsluholunni, holu 11 á Skútudal. Ennfremur úr brunni við Hvanneyrarbraut 49, sem er nálægt enda dreifikerfisins. Hlutsýni til mælinga á sulfíti og kalsíum var tekið úr brunni 2 á Skútudal, og súrefni var mælt við holutopp og á nokkrum stöðum í kerfinu. Niðurstöður þessarra efnamælinga eru sýndar í töflum 1, 2 og 3.

Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu 11 (mg/l).

Dagsetning	93-10-15	94-11-17	95-11-19	96-11-15	97-11-19
Númer	93-0202	94-0352	95-0337	96-0375	97-0726
Hiti (°C)	73,4	72,9	72,1	71,8	72,2
Sýrustig (pH/°C)	10,08/17	10,07/22	9,98/22	10,11/22	10,02/19
Kísill (SiO ₂)	94,8	96,5	94,8	93,9	92,5
Natríum (Na)	43,8	44,7	43,6	43,9	44,6
Kalíum (K)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kalsíum (Ca)	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5
Magnesíum (Mg)	0,004	0,001	0,004	0,004	0,008
Karbónat (CO ₂)	19,9	19,4	19,4	20,3	18,6
Súlfat (SO ₄)	9,1	9,4	9,5	9,4	9,3
Brennist.vetni (H ₂ S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	8,7	8,4	8,6	8,7	8,5
Flúoríð (F)	0,36	0,38	0,35	0,37	0,34
Ál (Al)	0,100	-	-	0,092	0,082
Mangan (Mn)	-	0,0003	-	0,0000	0,0002
Járn (Fe)	-	0,015	-	0,013	0,012
Uppleyst efni	185	190	190	199	192
Súrefni (O ₂)	0,06	0,03	0,06	0,05	0,04
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-	-11,34	-	-11,34	-11,35

Tafla 2. Efnasamsetning vatns úr brunni við Hvanneyrarbraut 49 (mg/l).

Dagsetning	93-10-15	94-11-17	95-11-19	96-11-15	97-11-19
Númer	93-0201	94-0354	95-0341	96-0378	97-0728
Hiti (°C)	-	66,3	61,8	-	64,0
Sýrustig (pH/°C)	10,13/16	10,07/22	10,00/22	10,12/22	10,07/19
Kísill (SiO ₂)	94,3	94,7	94,2	93,7	92,3
Natríum (Na)	45,4	47,3	45,7	45,6	47,1
Kalíum (K)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kalsíum (Ca)	2,0	1,9	1,9	2,0	2,0
Magnesíum (Mg)	0,001	0,001	0,004	0,004	0,006
Karbónat (CO ₂)(t)	21,8	19,4	21,2	17,7	19,4
Súlfat (SO ₄)	11,8	13,8	13,7	12,6	13,1
Brennist.vetni (H ₂ S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	8,6	8,4	8,7	8,6	8,7
Flúoríð (F)	0,35	0,37	0,34	0,37	0,33
Ál (Al)	-	-	0,098	0,086	0,082
Mangan (Mn)	0,0002	-	0,0000	0,0002	0,0004
Járn (Fe)	0,0048	-	0,0180	0,0129	0,0214
Uppleyst efni	166	215	185	202	205
Súrefni (O ₂)	0,04	0,00	0,25	0,00	0,00
Súlfít (SO ₃)	0,2	0,3	0,0	0,6	1,5

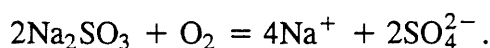
Tafla 3. Efnasamsetning vatns úr brunni 2 (mg/l).

Dagsetning	93-10-15	94-11-17	95-11-19	96-11-15	97-11-19
Númer	93-0203	94-0353	95-0338	96-0376	97-0727
Hiti (°C)	72,0	72,5	71,0	71,0	
Kalsíum (Ca)	1,5	1,5	1,4	-	1,5
Súlfít (SO ₃)	1,0	2,0	0	2,16	1,5
Súrefni (O ₂)	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00

Tafla 1 sýnir niðurstöður heildarefnagreiningar vatns úr holu 11 frá síðasta ári, en einnig eru birtar til samanburðar greiningar frá árunum 1993-1996. Ekki hafa orðið miklar breytingar á þeim tíma. Breytingar sjást þó oft betur á myndrænni framsetningu og því var hiti ásamt styrk þriggja aðalefna teiknaður með tíma frá því byrjað var að taka regluleg vatnssýni úr holu 11, árið 1986. Þetta sést á mynd 1, og er þar einnig sýndur efnastyrkur vatns í varaholu veitunnar, holu 7. Á mynd 1 sjást ekki breytingar sem telja má tölulega marktækar, en styrkur kísils virðist þó heldur lækka síðustu þrjú ár, og styrkur magnesíums er hærri haustið 1997 en verið hefur. Einnig mælist hiti ögn lægri síðustu þrjú ár. Í raun er ekki hægt að túlka þessar breytingar vegna þess hve litlar þær eru. Hins vegar, ef þær eru raunverulegar, bendir lækkaður styrkur kísils oft til kælingar í jarðhitakerfum, og hækkun á styrk magnesíums getur bent til innrennslis á köldu grunnvatni í kerfið. Því þarf að fylgjast vel með styrk þessarra efna, einkum ef vinnsla úr kerfinu eykst.

Tafla 2 sýnir niðurstöður heildarefnagreininga vatns sem tekið hefur verið úr brunni við Hvanneyrarbraut á síðustu 5 árum, en brunnurinn er nærri enda dreifikerfisins. Þar sést að lítilsháttar breytingar eiga sér stað á efnasamsetningu vatnsins á leið þess um dreifikerfið. Þær breytingar eru þó allar auðskýrðar. Í fyrsta lagi er styrkur kalsíums hærri en í vatni úr vinnsluholunni. Það er vegna tæringar á asbeströrum sem enn eru eftir af upphaflegu aðveituæðinni til bæjarins. Tæringin virðist bæta álfka miklu við styrk kalsíums á hverju ári þessi 5 ár, jafnvel þó að við endurnýjun á aðveituæðinni hafi asbeströrum verið skipt út að hluta með stálrörum á þessum tíma. Það gæti bent til að tæringin væri að aukast miðað við yfirborð röranna. Þá sést að styrkur súlfats og natríums er lítið eitt hærri. Það er vegna þess að natríumsúlfati er bætt í vatnið til að eyða súrefni og ögn af því verður eftir í vatninu. Í samræmi við það sést að súrefnið, sem kemur upp með jarðhitavatninu, er alveg horfið við enda dreifikerfisins.

Jarðhitavatnið á Skútudal er snautt að brennisteinsvetni og hefur háan styrk súrefnis. Þar sem þetta er nægilega hár styrkur súrefnis til að tæra lagnir og ofna úr járnri hefur verið beitt þeirri aðferð að eyða súrefni úr vatninu með íblöndun natríumsúlfíts. Súlfítið hvarfast við súrefnið í vatninu og oxast yfir í sulfat samkvæmt efnahvarfinu:



Þetta er ástæðan fyrir því að styrkur súlfats og natríums hækkar í vatninu. Styrkur súlfíts er mældur á a.m.k. tveimur stöðum á lögninni til að fylgjast með að íblöndunin sé hæfileg og geri sitt gagn. Miðað er við að efnið sé nægilega mikið til að eyða öllu súrefni sem er í vatninu og afgangur sé til að eyða súrefni sem kann að leka inn í kerfið

um óþéttar lagnir. Afgangur sem nemur um 2-3 mg/l við enda lagnar þykir æskilegur til að mæta sveiflum í súrefnisleka. Rétt er að taka fram að natríumsúlfít er talið skaðlaust í þessum styrk jafnvel þótt um neysluvatn væri að ræða. Leyfilegt hámark í neysluvatni er 15 mg/l og hefur styrkurinn í jarðhitavatninu alltaf mælst langt undir þeim mörkum. Natríumsúlfíti er blandað í vatnið með sjálfvirkum skömmtunarbúnaði við varaholuna, holu 7. Styrkur súlfíts ásamt súrefnisstyrk er síðan mældur í brunni 2, sem er á aðveituæðinni nokkur hundruð metrum neðar. Niðurstöður þeirra mælinga eru í töflu 3. Úr töflum 1, 2 og 3 má lesa að súlfítið hefur strax í brunni 2 náð að eyða öllu súrefni úr jarðhitavatninu og er súlfítið komið niður í 1,5 mg/l. Í töflu 2 sést að í brunni við Hvanneyrarbraut er styrkur súlfíts enn 1,5 mg/l. Þetta sýnir að ekkert súrefni hefur komist inn á lögnina á leið vatnsins um kerfið. Afgangsúlfít er hins vegar alveg í minnsta lagi til að bregðast við ef súrefni færi að koma inn. Súrefni var einnig mælt við úttak miðlunartanks bæjarins þar sem oft er mest hætta á súrefnisupptöku. Ekkert súrefni mældist þar.

3. VINNSLA OG VATNSBORÐ

Hitaveitan hefur fylgst nær samfelld með vatnsborði í holu 7 frá árinu 1983, en á tímabilinu febrúar 1993 til mars 1995 var það mælt í holu 6. Þó hola 6 sé í tæplega 40 m fjarlægð frá holu 7 eru viðbrögð hennar við vinnslu úr holu 11 nær sömu og holu 7, þegar tillit hefur verið tekið til hæðarmunar milli þeirra. Vatnsborðsstaða í jarðhitakerfinu er því miðuð við holu 7. Vatnsborð hefur einnig verið mælt í holu 11 frá árinu 1983, fyrstu tvö árin stopult, þá reglulega utan sumarstoppa og svo samfelld frá 1992. Hola 11 hefur hins vegar verið í vinnslu þennan tíma og því erfiðara að miða vatnsborð jarðhitakerfisins við það.

Vatnstaka úr jarðhitakerfinu hefur verið mæld nær samfelld frá desember 1988. Á tímabili voru jafnvel þrjár rennismælar í gangi samtímis og fékkst þá góður samanburður milli þeirra og kvörðun á þeim. Þannig var nýjasti mælirinn sem tekinn var í notkun í júlí 1993 talinn vera réttastur, en hann er á frárennsli miðlunartanks. Öll vinnsla úr jarðhitakerfinu er nú miðuð við þann mæli.

Eftir sölukerfisbreytingu um áramótin 1991-92, og frekari hagræðingu í vinnslustýringu jarðhitakerfisins í kjölfarið, þá dró verulega úr vinnslunni og vatnsborð í jarðhitakerfinu hækkaði. Undanfarin sumur hefur vatnsborð hækkað upp fyrir holutoppa fyrstu vinnsluholnana á svæðinu, holna 6 og 7, en sjálfrennsli var úr þeim við upphaf vinnslu. Vatnsvinnslan á árinu 1997 var að meðaltali 16,95 l/s, en frá árinu 1993 hefur vinnslan verið að jafnaði kringum 17 l/s. Fyrir breytingu sölukerfis og samhliða umbótum var ársvinnslan tæpir 25 l/s. Þessar aðgerðir hafa því skilað sér í um 30% minni vatnstöku úr jarðhitakerfinu, sem þýðir að afl kerfisins hefur aukist. Vatnsvinnslan fyrri hluta árs 1998 bendir til að hún verði svipuð og á árinu 1997, eða um 17 l/s.

Síðustu ár hefur vinnslan verið mest í janúar eða febrúarmánuði rúmlega 23 l/s, en minnst í júlímánuði allt niður í tæpa 10 l/s. Mesta mánaðarvinnsla er nú minni en ársvinnslan var áður að jafnaði og minnsta mánaðarvinnsla er nú sambærileg við það sem jarðhitakerfið gaf í upphafi í sjálfrennsli. Því hefur vatnsborð í jarðhitakerfinu hækkað á síðustu árum, en árið 1997 var það að meðaltali á rúmlega 22 m dýpi miðað við holu 7. Fyrir 1992 var það hins vegar á um 115 m dýpi (myndir 2 og 3).

Vatnsborð og dæling eru þær stærðir sem notaðar eru til að meta afköst jarðhitakerfisins og áætla viðbrögð þess fram í tímann miðað við gefið vinnslumynstur. Á undanförunum árum hefur verið notað einfalt vatnafræðilegt tanklíkan til að herma viðbrögð kerfisins við vinnslu (Ómar Sigurðsson o.fl., 1987). Líkanið hefur verið uppfært reglulega fyrir ný vinnslugögn og síðan notað við gerð spáa. Mynd 2 sýnir nálgun líkansins að mældu vatnsborði í holu 7 frá upphafi vinnslu úr jarðhitakerfinu. Samfelldar mælingar á vatnsborði hófust 1983 og var líkanið stillt af við gögn frá þeim tíma. Hins vegar eru til eldri stopular mælingar sem einnig eru sýndar á mynd 2. Nálgun líkansins við þær, þó þær séu ekki teknar með í stillingu þess, rennir frekari stoðum undir líkanið. Líkt og áður var tanklíkanið notað til að gera spár fyrir nokkur vinnslutilfelli. Reiknað var fyrir svipuð vinnslutilfelli og notuð hafa verið í fyrri spám. Spárnar eru sýndar á mynd 3, en þær eru reiknaðar frá áramótum 1997-98 og fram til ársins 2010. Þær sýna meðalvatnsborð í jarðhitakerfinu við holu 7 miðað við meðalársvinnslu. Auk þess er á myndinni sýnt mælt meðalvatnsborð (opnir kassar) og punktur eins og vatnsborð virðist stefna í að verða nú í ár.

Vitað er að vatnsborð sveiflast mikið með vinnslunni yfir árið. Til að gera sér betur grein fyrir þessu eru á mynd 4 sýndar spár fyrir þrjú tilfelli, þar sem meðalársvinnslan er 17 l/s, 20 l/s og 23 l/s. Spárnar ná eins og fyrr þrjú ár fram í tímann frá mánaðarmótum júlí-ágúst 1998 og breytist vinnslan milli mánaða í líkingu við það sem hún gerir í raun. Enn miðast vatnsborð við holu 7 þannig að í holu 11 er vatnsborð á sama tíma allt að 30 m lægra vegna hæðarmunar holnana og vegna þrýstítaps við holu 11 samfara dælingu. Eins og er fylgir vatnsborð nokkurn veginn spáferlinum fyrir 17 l/s.

4. NIÐURSTÖÐUR

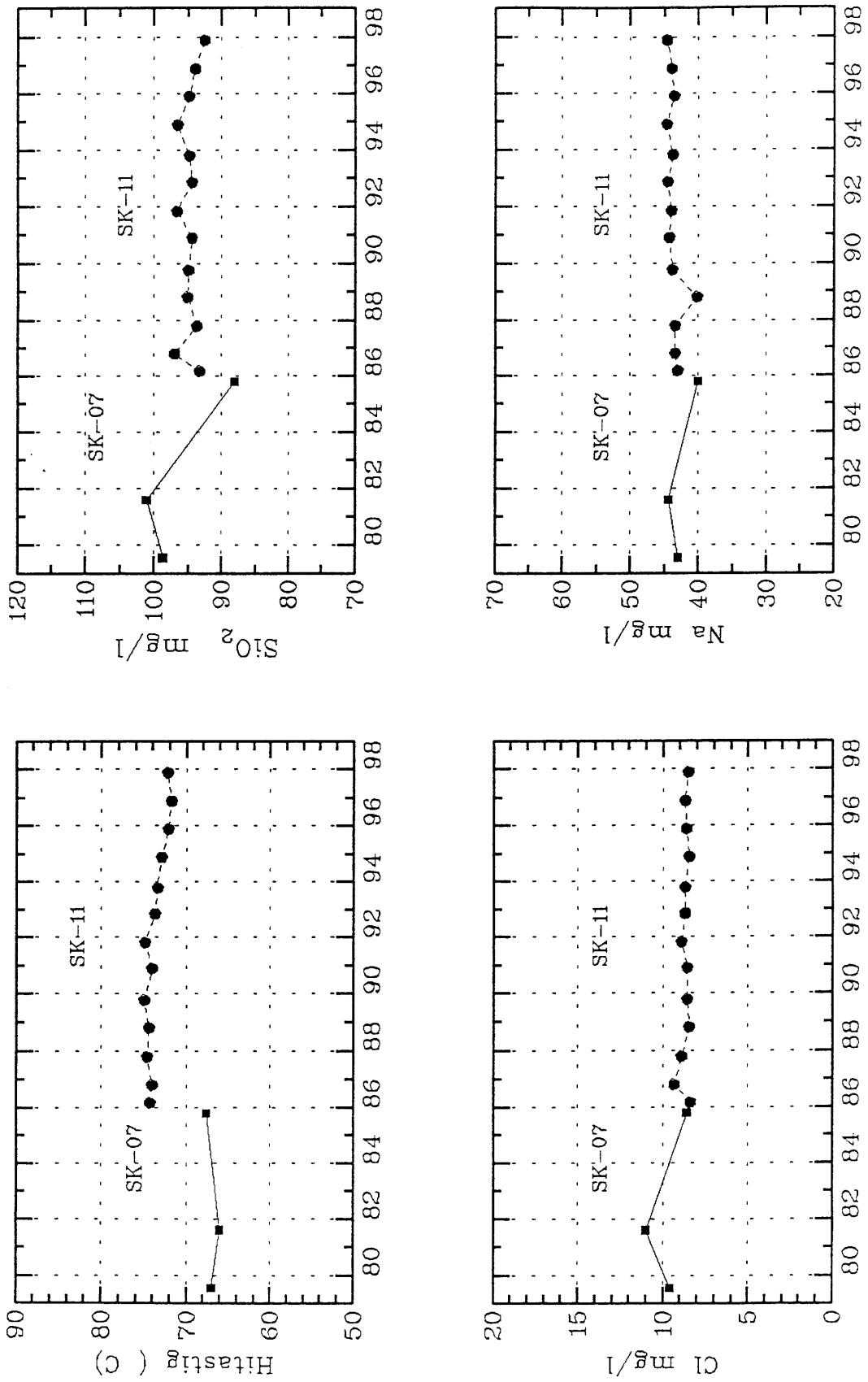
Helstu niðurstöður vinnslueftirlits fyrir árið 1997 hjá Hitaveitu RARIK á Siglufirði eru eftirfarandi:

1. Ekki hefur orðið marktæk breyting á efnastyrk vinnsluvatns úr jarðhitakerfinu á Skútudal á undanförunum árum. Hins vegar hefur mældur vatnshiti úr holu 11 við sýnatöku síðustu þrjú ár verið lægri en áður. Örlítil lækkun kísilstyrks og smá hækking magnésíumstyrks gætu verið fyrstu vísbendingar kólnunar í jarðhitakerfinu. Hún gæti stafað af auknu innrennsli grunnvatns til jarðhitakerfisins. Ítrekað er að breytingarnar eru enn ekki tölulega marktækar og því of snemmt að fullyrða nokkuð um þær og gætu verið aðrar skýringar á þessu.

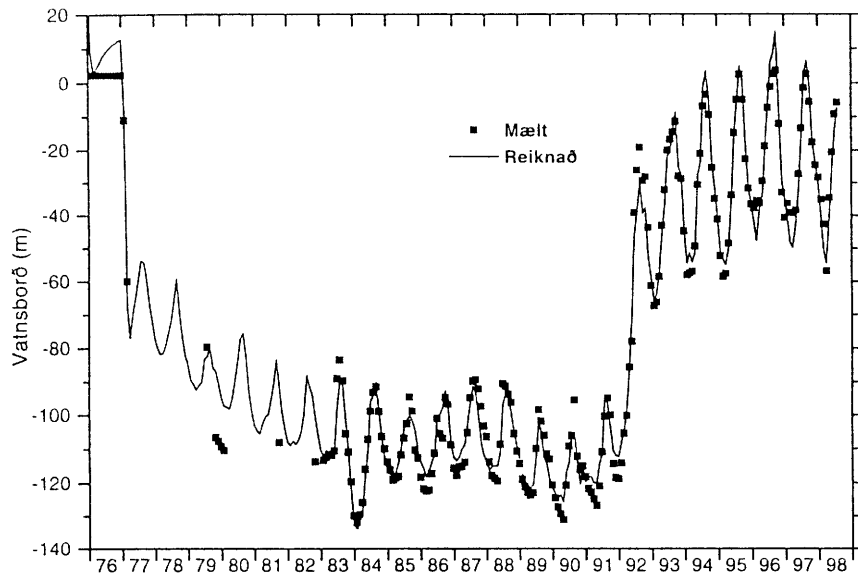
2. Ekkert súrefni mældist í dreifikerfinu þannig að íblöndun natríumsúlfíts virðist næg. Styrkur þess við enda dreifikerfisins er við neðri mörk þess sem myndi duga til eyðingar súrefni sem mögulega kæmist inn í dreifikerfið vegna bilana.
3. Aukning á styrk kalsíums í vatninu eftir að hafa farið í gegnum dreifikerfið er svipuð og á undanförunum árum. Búast mætti við minni aukning í styrk kalsíums vegna þess að asbestlögn í aðveituæð hefur í auknum mæli verið endurnýjuð með stálrörum á síðustu árum. Þetta gæti bent til þess að tæring þeirra asbeströra sem eftir eru hafi aukist.
4. Meðalársvinnsla hitaveitunnar var 16,95 l/s á árinu 1997 sem er nærri meðaltali síðustu ára, eða frá 1993. Fyrir árið 1992 var vinnslan hins vegar að jafnaði 25 l/s. Sölukerfisbreyting veitunnar um áramótin 1991-92 ásamt öðrum aðgerðum til að bæta vinnslustýringu hennar minnkaði vatnsþörf veitunnar um rúm 30%.
5. Samfara minni vatnstöku úr jarðhitakerfinu hefur vatnsborð hækkað og kemur upp að holutoppum á sumrin. Góður árangur af vatnssparnaði veitunnar og góð staða vatnsborðs í jarðhitakerfinu veita hitaveitunni svigrúm til að fjölga notendum eitt-hvað í náinni framtíð.

5. HEIMILDIR

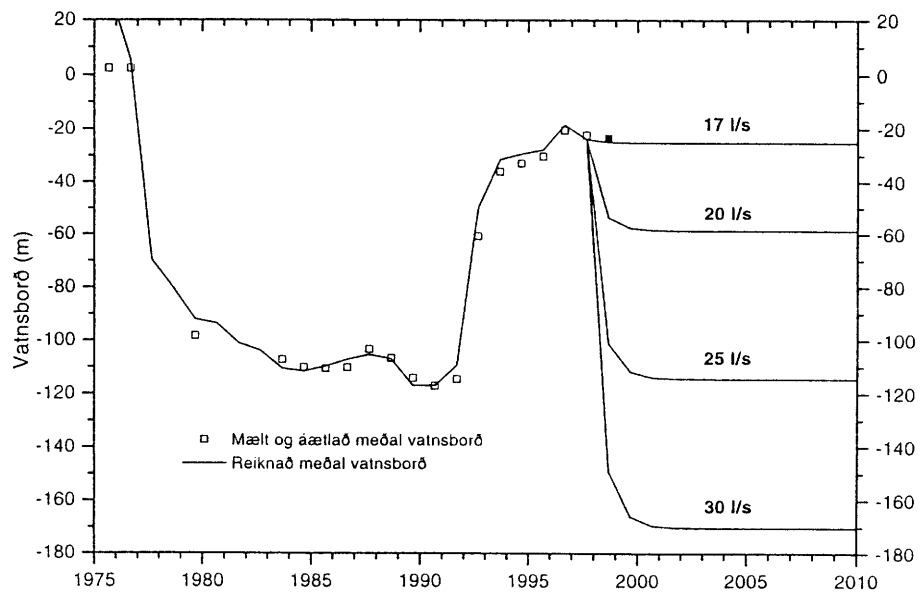
Ómar Sigurðsson, Ragna Karlsdóttir og Margrét Kjartansdóttir, 1987: Hitaveita Siglu-fjarðar. Mat á jarðhitasvæðinu í Skútudal. Orkustofnun, OS-87034/JHD-08, 71 s.



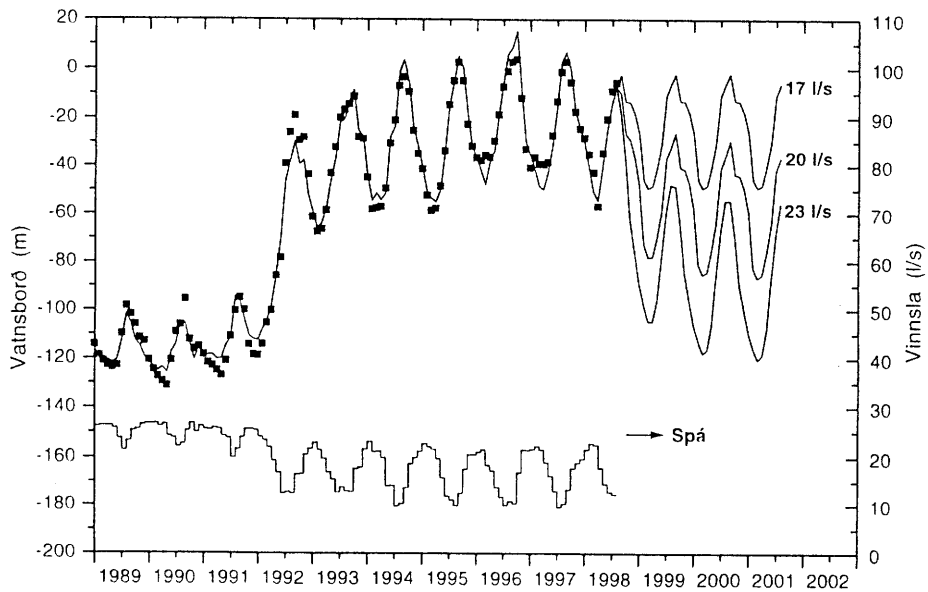
Mynd 1. Hiti og styrkur efnanna kísils (SiO_2), klóríðs (Cl) og natríums (Na) í vatni úr holum 7 og 11.



Mynd 2. Samsvörun reiknilfkans við vatnsborðsgögn frá upphafi vinnslu.



Mynd 3. Vinnsluspá á meðalvatnsborði við holu 7 til ársins 2010 fyrir fjögur vinnslutilfelli.



Mynd 4. Vinnslusaga og fjarlegri spá um vatnsborð við holu 7 til 3ja ára fyrir þrjú vinnslutilfelli.