



**ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið**

**HITAVEITA RARIK  
Á SIGLUFIRÐI**

**Vinnslueftirlit  
1996 - 1997**

**Ómar Sigurðsson  
Guðrún Sverrisdóttir**

**Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins**

**1997**

**OS-97035**



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 501

**Ómar Sigurðsson**  
**Guðrún Sverrisdóttir**

**HITAVEITA RARIK Á SIGLUFIRÐI**  
**Vinnslueftirlit 1996-1997**

**Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins**

**OS-97035**

**Ágúst 1997**

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

<b>Skýrsla nr.:</b> OS-97035	<b>Dags.:</b> Ágúst 1997	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opín <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> HITAVEITA RARIK Á SIGLUFIRÐI Vinnslueftirlit 1996-1997	<b>Upplag:</b> 25	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 11	
<b>Höfundar:</b> Ómar Sigurðsson og Guðrún Sverrisdóttir	<b>Verkefnisstjóri:</b> Ómar Sigurðsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Árlegt vinnslueftirlit	<b>Verknúmer:</b> 610 501	
<b>Unnið fyrir:</b> Rafmagnsveitur ríkisins		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu RARIK á Siglufirði árið 1996 og fram á árið 1997. 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 1997 og endurmetin nálgun einfalds tank-líkans á stöðu vatnsborðs og þeir reikningar síðan framlengdir til að spá um vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu fram yfir aldamótin. Niðurstöður vinnslueftirlitsins sýna að ekki hefur orðið marktæk breyting á efnastyrk vinnsluvatns frá Skútudal á undanförmum árum. Vatnshiti í holu 11 hefur lækkað en engar vísbendingar eru um kólnun í jarðhitakerfinu. Ekkert súrefni mælist í dreifikerfinu. Meðalársvinnsla hitaveitunnar var 16,25 l/s á árinu 1996, einum sekúndulíttra minna en að meðaltali undanfarin þrjú ár.		
<b>Lykilorð:</b> Jarðhitasvæði, hitaveita, jarðhitavinnsla, vinnslusvæði, vinnsluhola, dreifikerfi, vatnssýni, efnagreiningar	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> <i>Ómar Sigurðsson</i>	
	<b>Yfirarið af:</b> PI	

## **EFNISYFIRLIT**

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

## **TÖFLUR**

1. Efnasamsetning vatns úr holu 11 (mg/l)	4
2. Efnasamsetning vatns úr brunni við Hvanneyrarbraut 49 (mg/l)	4
3. Efnasamsetning vatns úr brunni 2 (mg/l)	5

## **MYNDIR**

1. Hiti og styrkur efnanna kísils, klóríðs og natrífums í vatni úr holum 7 og 11	8
2. Samsvörun reiknilíkans við vatnsborðsgögn frá 1983	9
3. Vinnsluspá til ársins 2005 fyrir fimm vinnslutilfelli	9
4. Vinnslusaga og ítarlegri spá til 3ja ára fyrir þrjú vinnslutilfelli	10

## 1. INNGANGUR

Í skýrslunni er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu RARIK á Siglufirði árið 1996 og fram á árið 1997, en vinnsluvæði 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 vatnssýnum sem tekin voru í nóvember 1996, bæði úr vinnsluholu og dreifikerfi veitunnar. Með þeim er tæring asbestlagna könnuð og virkni íblöndunarefnis til eyðingar súrefnis í jarðhitavatninu. Vinnslusaga jarðhitakerfisins á Skútudal er uppfærð fram á mitt ár 1997. Endurmetin er nálgun einfalds tank-líkans á stöðu vatnsborðs í jarðhitakerfinu og þeir reikningar síðan framlengdir til þess að spá vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu fram yfir aldamótin.

## 2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS

Í nóvember 1996 voru tekin sýni af jarðhitavatni sem Hitaveita RARIK á Siglufirði nýtir, en það er árviss hluti af því eftirliti með ástandi jarðhitakerfisins sem Orkustofnun hefur haft með höndum í allmörg ár. Í þessum þætti eftirlitsins felst að fylgst er með efnasamsetningu vatns úr vinnsluholum, auk þess að kanna hvort íblöndun natrúmsúlfríts sé nægileg til að eyða því súrefni sem er í jarðhitavatninu og hvort upptaka súrefnis fari fram í veitukerfinu. Ennfremur er fylgst með hugsanlegum efnabreytingum öðrum sem kunna að verða á vatninu við það að fara um kerfið, svo sem vegna tæringar asbeströra.

Sýni til heildarefnagreiningar var tekið úr holu 11 á Skútudal, sem er aðalvinnsluhola veitunnar. Þá var einnig tekið heilsýni úr brunni á Hvanneyrarbraut 49, sem er nálægt enda veitukerfisins. Styrkur súrefnis og súlfríts var mældur í brunni 2 á Skútudal og við miðlunartank í bænum. Hiti og styrkur súrefnis, brennisteinsvetnis og súlfríts voru mæld við sýnatöku en sýrustig og kolsýra samdægurs. Öðrum efnagreiningum var svo lokið á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar. Niðurstöður efnagreininga eru birtar í töflum 1, 2, og 3.

Tafla 1 sýnir styrk allra helstu efna í vatninu úr holu 11 á Skútudal síðustu 5 árin, en sú hola hefur verið aðalvinnsluhola veitunnar frá árinu 1983. Mynd 1 er í fjórum hlutum og sýnir mældan vatnshita við sýnatöku og styrk þriggja aðalefna, kísils, klóríðs og natrúms, í vatni úr vinnsluholum 7 og 11. Hola 7 var vinnsluhola, áður en hola 11 var virkjuð, en er nú varahola. Fram til 1985 var ekki fylgst reglulega með efnasamsetningu vatnsins, en frá 1986 hafa verið tekin reglulega sýni úr holu 11. Af mynd 1 sést að efnasamsetning vatnsins hefur verið mjög stöðug á vinnslutímanum. Þó virðist sem hiti vatnsins hafi lækkað örlítið síðustu árin, en ekki er víst að það sé marktækt. Lægra gildi kísils haustið 1996 gæti bent til kólnunar, en eru þó innan skekkjumarka mælinganna.

Tafla 2 sýnir niðurstöður heildarefnagreininga úr brunni við Hvanneyrarbraut 49 síðustu 5 ár. Þarna voru mæld sömu efni og í vinnsluholunni og súlfrít að auki. Þessi brunnur er nærri enda dreifikerfisins og því ættu breytingar sem verða á vatninu á leið um lagnakerfið að sjást þar. Munurinn sem kemur fram er að vatnið á Hvanneyrarbraut hefur hærri styrk kalsíums og súlfríts en vatnið úr holunni. Þetta á sér eðlilegar skýringar sem raktar verða hér á eftir.

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

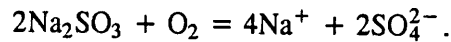
Dagsetning Númer Hiti (°C)	92-11-04 92-0279 73,7	93-10-15 93-0202 73,4	94-11-17 94-0352 72,9	95-11-19 95-0337 72,1	96-11-15 96-0375 71,8
Sýrustig (pH/°C)	10,04/18	10,08/17	10,07/22	9,98/22	10,11/22
Kífsill (SiO <sub>2</sub> )	94,4	94,8	96,5	94,8	93,9
Natríum (Na)	44,5	43,8	44,7	43,6	43,9
Kalíum (K)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kalsíum (Ca)	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5
Magnesíum (Mg)	0,007	0,004	0,001	0,004	0,004
Karbonsat (CO <sub>2</sub> )	16,8	19,9	19,4	19,4	20,3
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	9,3	9,1	9,4	9,5	9,4
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	8,7	8,7	8,4	8,6	8,7
Flúoríð (F)	0,36	0,36	0,38	0,35	0,37
Uppleyst efni (TDS)	206	185	190	190	199
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0,06	0,06	0,03	0,06	0,05
δ <sup>18</sup> O (‰ SMOW)	-11,38	-	-11,34	-	-11,34

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

Dagsetning Númer Hiti (°C)	92-11-04 92-0284 68,9	93-10-15 93-0201 -	94-11-17 94-0354 66,3	95-11-19 95-0341 61,8	96-11-15 96-0378 -
Sýrustig (pH/°C)	9,99/20	10,13/16	10,07/22	10,00/22	10,12/22
Kífsill (SiO <sub>2</sub> )	95,2	94,3	94,7	94,2	93,7
Natríum (Na)	47,9	45,4	47,3	45,7	45,6
Kalíum (K)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kalsíum (Ca)	2,1	2,0	1,9	1,9	2,0
Magnesíum (Mg)	0,003	0,001	0,001	0,004	0,004
Karbonsat (CO <sub>2</sub> )(t)	18,0	21,8	19,4	21,2	17,7
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	16,3	11,8	13,8	13,7	12,6
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	8,7	8,6	8,4	8,7	8,6
Flúoríð (F)	0,36	0,35	0,37	0,34	0,37
Uppleyst efni	212	166	215	185	202
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0,00	0,04	0,00	0,25	0,00
Súlfít (SO <sub>3</sub> )	1,2	0,2	0,3	0,0	0,6

Styrkur kalsíums hækkar vegna tæringar á asbestörum í aðveituæð hitaveitunnar. Það gerist þannig að jarðhitavatnið leysir kalsíum jafnt og þétt upp úr sementsmillimassa asbestsins. Þessi tæring virðist hafa verið nokkuð jöfn a.m.k. frá 1992. Nú hefur talsvert af gömlu aðveituæðinni verið endurnýjað með stálrörum. Áhrif tæringarinnar á styrk kalsíums ættu því að fara minnkandi.

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



Þetta er ástæðan fyrir því að styrkur sulfats hækkar í vatninu. Styrkur sulfíts 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 að 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 natríumsulfít er talið skaðlaust í þessum styrk, jafnvel þótt um neysluvatn sé að ræða. Leyfilegt hámark í neysluvatni er 15 mg/l og hefur styrkurinn í jarðhitavatninu alltaf mælst langt undir þeim mörkum. Natríumsulfíti er blandað í vatnið með sjálfvirkum skömmtunarbúnaði við varaholuna SK-07. Styrkur sulfíts og súrefnis er síðan mældur í brunni 2, sem er á aðveituæðinni nokkur hundruð metrum neðar. Niðurstöður þeirra mælinga eru í töflu 3.

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

Dagsetning	92-11-04	93-10-15	94-11-17	95-11-19	96-11-15
Númer	92-0283	93-0203	94-0353	95-0338	96-0376
Hiti (°C)	72,0	72,0	72,5	71,0	
Kalsíum (Ca)	1,6	1,5	1,5	1,4	-
Súlfít (SO <sub>3</sub> )	2,3	1,0	2,0	0	2,16
Súrefni (O <sub>2</sub> )	0,00	0,00	0,00	0,06	0

Úr töflum 1, 2 og 3 má lesa að súlfítið hefur strax í brunni 2 náð að eyða öllu súrefni úr jarðhitavatninu og er styrkur sulfíts þar kominn niður í rúmlega 2 mg/l. Á Hvanneyrarbraut er súlfítið komið niður í 0,6 mg/l og ekkert súrefni mælist. Það sýnir að eithvert súrefni hefur komist inn í kerfið og súlfítið náð að eyða því, en afgangurinn er tæpast nægur til að eyða meiri súrefnisleka. Ef við lítum á niðurstöður fyrri ára eru þær svipaðar, nema árin 1993 og 1995. Þegar sýnataka fór fram haustið 1993 var verið að vinna við uppsetningu sjálfvirks skömmtunarbúnaðar fyrir natríumsulfít, og því varð röskun á íblönduninni (Ómar Sigurðsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1994). Haustið 1995 urðu þau mistök að natríumsulfati var bætt í vatnið í stað natríumsulfíts, sem varð til þess að ekkert súrefni eyddist (Ómar Sigurðsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1996). Þó sulfít mælist < 1 mg/l á Hvanneyrarbrautinni virðist íblöndunin nægileg til að eyða súrefni úr kerfinu verði ekki nein meiri háttar röskun á vinnslunni. Það er hins vegar mikilvægt að fylgjast vel með að íblöndunin gangi rétt fyrir sig. Einnig er ljóst að séu einhverjar líkur á súrefnisleka inn í kerfið t.d. um bilaðar lagnir, er ekki nægilegt sulfít afgangi í vatninu til að eyða því.

### 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 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 árinu 1992. Hola 11 hefur hins vegar verið í vinnslu á þessum tímum og því erfiðara að miða vatnsborð jarðhitakerfisins við hana.

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 þennan mæli.

Eftir sölukerfisbreytingu um áramótin 1991-92, og frekari hagræðingu í vinnslustýringu jarðhitakerfisins í kjölfarið, dró verulega úr vinnslunni og vatnsborð í jarðhitakerfinu hækkaði. Síðustu fjögur sumur hefur vatnsborð hækkað upp fyrir holutopp holu 6 og sumurin 1995 og 1996 einnig upp fyrir holutopp holu 7. Vatnsvinnslan á árinu 1996 var að meðaltali 16,25 l/s, sem er um sekúndulítra minna en undanfarin þrjú ár, en þá var vinnslan að meðaltali rúmír 17 l/s. Fyrir breytingu sölukerfis og samhliða umbætur var ársvinnslan að jafnaði 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 fyrir fyrri hluta árs 1997 bendir til að hún aukist aftur í rúma 17 l/s að jafnaði. Þar sem vinnslan hefur verið nær stöðug eftir breytingarnar er um raunsparnað að ræða. Hitaveitan hefur því meira svigrúm til að fjölga notendum eitthvað á næstunni.

Síðustu ár hefur vinnslan verið mest í janúar mánuði, rúmír 23 l/s, en minnst í júlí mánuði 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 síðustu ár og er enn að hækka, en árið 1996 var það að meðaltali á rúmlega 20 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 framtíðarviðbrögð þess fyrir gefið vinnslumynstur. Á undanförunum árum hefur verið notað einfalt vatnafræðilegt tank-líkan 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 því samfelldar mælingar hófust á því 1983. Líkt og áður var tank-líkanið notað til að gera spár fram í tímann 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 1996-97 og fram til ársins 2005. 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 á árinu 1997.

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 1997 og



breytist vinnslan milli mánaða í líkingu við það sem hún gerir í raunveruleikanum. Enn miðast vatnsborð við holu 7 þannig að í holu 11 er vatnsborð á sama tíma allt að 30 m lægra vegna hæðarmunar holanna og vegna þrýstítaps við holuna samfara dælingu. Eins og er fylgir vatnsborð nokkurn veginn spáferlinum fyrir 17 l/s.

#### 4. NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður vinnslueftirlits fyrir árið 1996 hjá Hitaveitu RARIK á Siglufirði eru eftirfarandi:

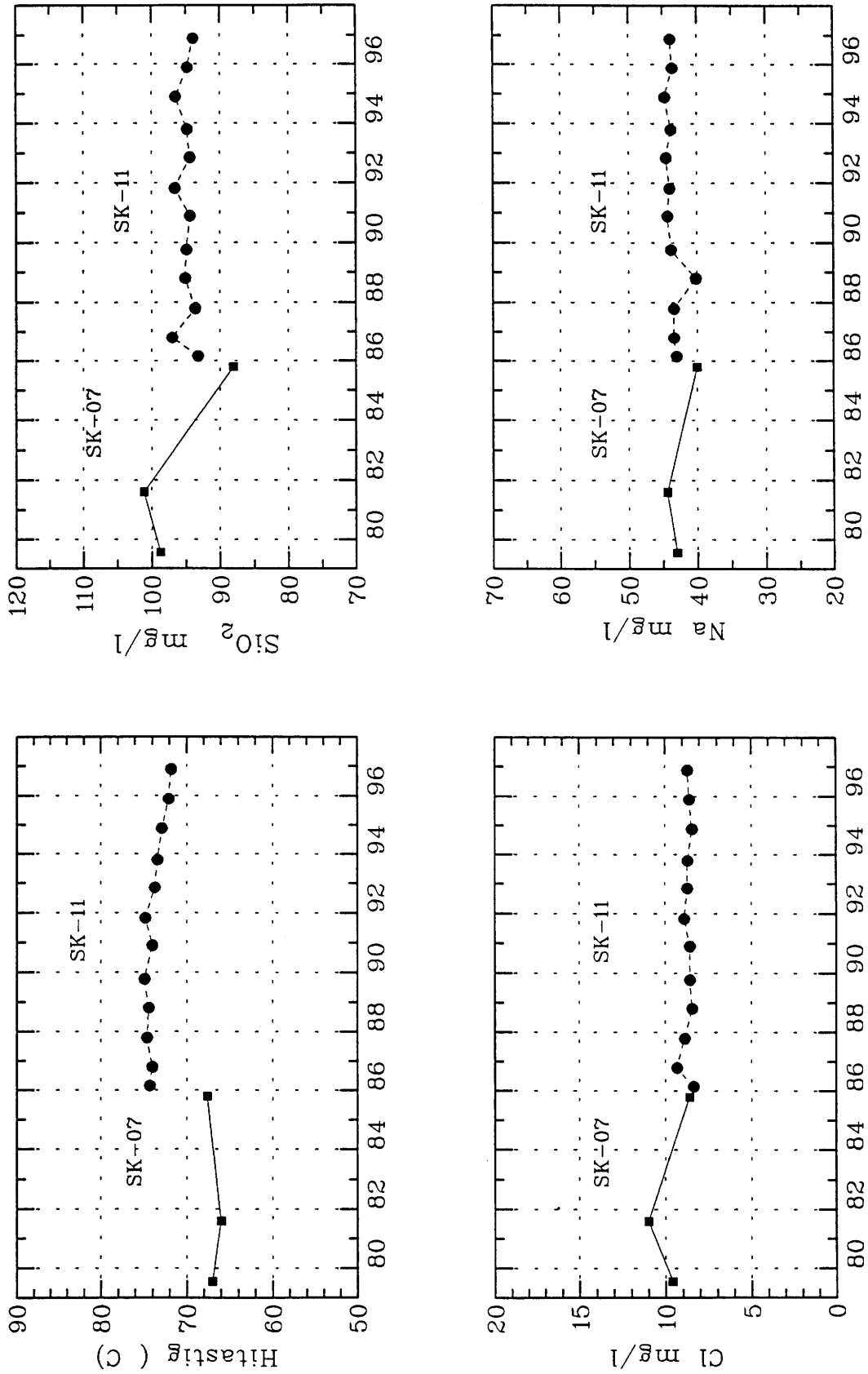
1. Ekki hefur orðið marktæk breyting á efnastyrk vinnsluvatns úr jarðhitakerfinu á Skútudal á undanförunum árum. Hins vegar hefur mældur vatnshiti úr holu 11 við sýnatöku farið lækkandi síðustu ár. Enn sjást þó engar breytingar í efnastyrk sem bent gætu til kólnunar í jarðhitakerfinu. Hitabreytingin gæti því stafað af breyttri vinnslu.
2. Ekkert súrefni mældist í dreifikerfinu þannig að flöndun natrífumsúlffits virðist næg. Hins vegar er styrkur þess við enda dreifikerfisins lítil sva það dugar ekki til að eyða súrefni sem kæmist inn í dreifikerfið vegna bilanna.
3. Aukning á styrk kalsíums í vatninu, eftir að hafa farið í gegnum dreifikerfið, er svipuð og á undanförunum árum. Þúast mætti við minni styrkukningu kalsíums vegna þess að asbestlöggn í aðveituæð hefur í auknum mæli verið endurnýjuð með stálörum á síðustu árum.
4. Meðalársvinnsla hitaveitunnar var 16,25 l/s á árinu 1996 sem er um sekúndulíttra minna en meðaltal þriggja ára þar á undan. Fyrir 1992 var meðalvinnslan hins vegar að jafnaði 25 l/s. Sölukerfisbreyting veitunnar um áramótin 1991-92 ásamt öðrum aðgerðum til að bæta vinnslustýringu hennar hafa minnkað vatnshörf veitunnar um allt að 30%.
5. Samfara minni vatnstöku úr jarðhitakerfinu hefur vatnsborð hækkað í því og virðist meðalvatnsborð enn hækka lítillega. Góður árangur af vatnssparnaði veitunnar og góð staða vatnsborðs í jarðhitakerfinu veita hitaveitunni svigrúm til að fjölga notendum eitthvað á næstunni.

#### 5. HEIMILDIR

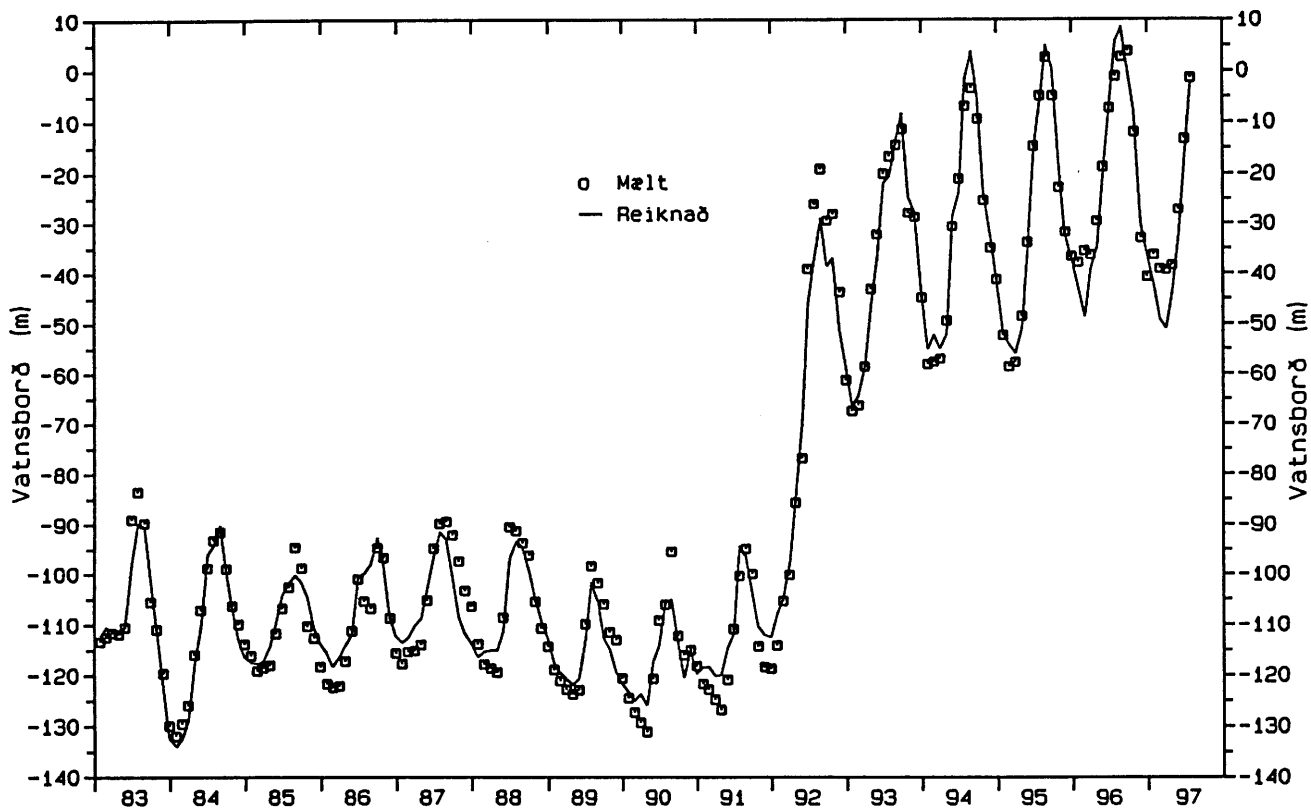
Ómar Sigurðsson, Ragna Karlsdóttir og Margrét Kjartansdóttir, 1987: Hitaveita Siglufjarðar. Mat á jarðhitasvæðinu í Skútudal. Orkustofnun, OS-87034/JHD-08, 71 s.

Ómar Sigurðsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1994: Hitaveita Siglufjarðar. Vinnslueftirlit 1993-1994. Orkustofnun, OS-94038/JHD-21 B, 16 s.

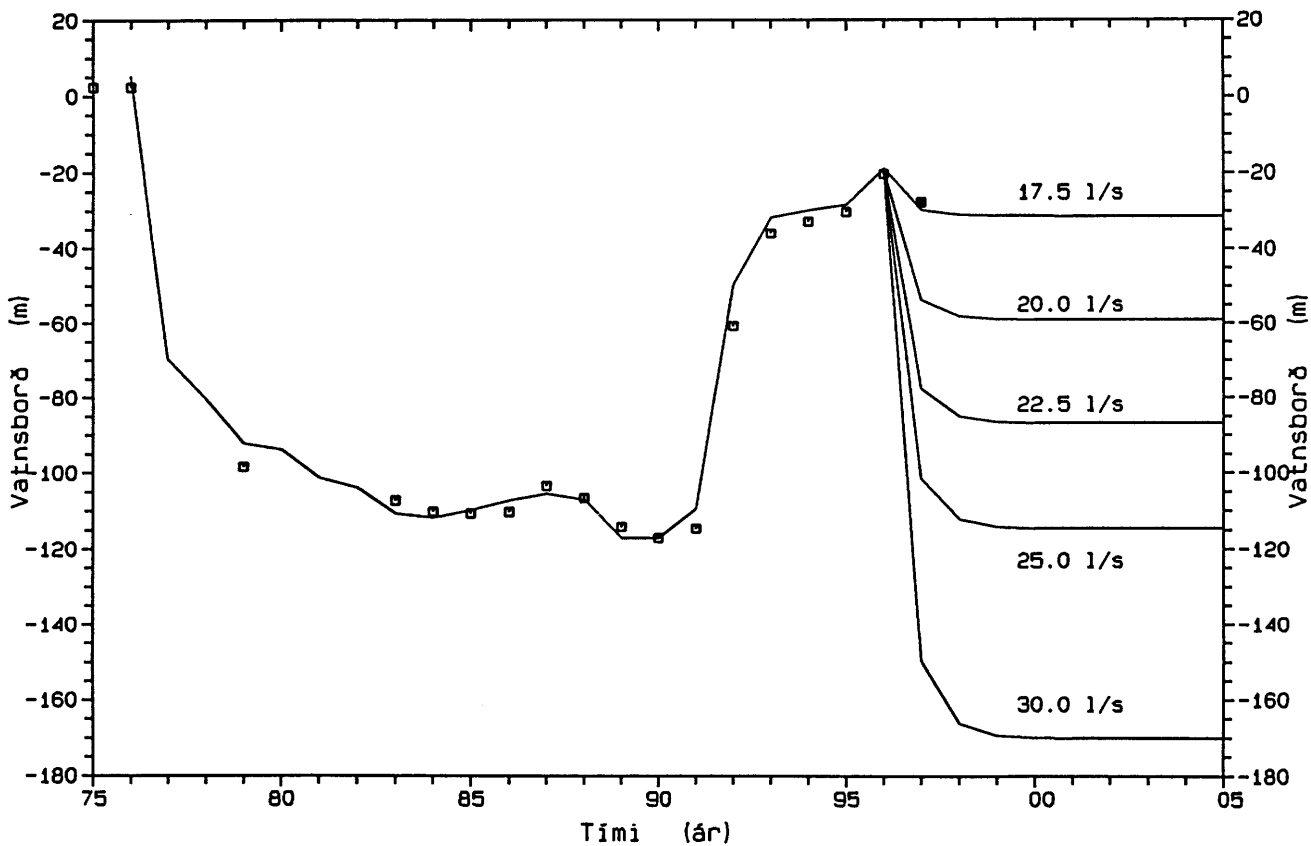
Ómar Sigurðsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1996: Hitaveita Siglufjarðar. Vinnslueftirlit 1995-1996. Orkustofnun, OS-96048/JHD-30 B, 10 s.



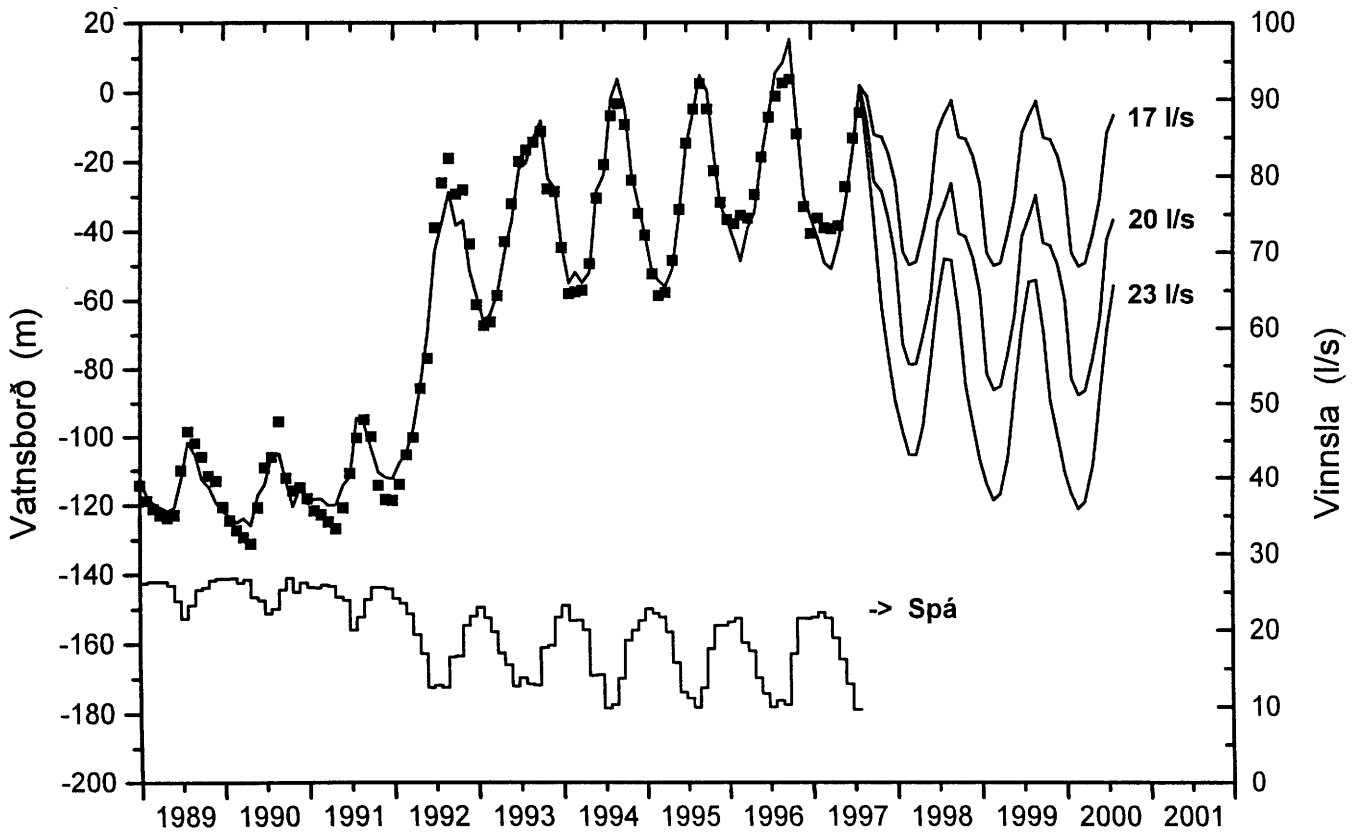
Mynd 1. Hiti og styrkur efnanna kísils ( $\text{SiO}_2$ ), klóríðs (Cl) og natrfúms (Na) í vatni úr holum 7 og 11.



Mynd 2. Samsvörun reiknilfkans við vatnsborðsgögn frá 1983.



Mynd 3. Vinnsluspá til ársins 2005 fyrir fimm vinnslutilfelli.



Mynd 4. Vinnslusaga og ítarlegri spá til 3ja ára fyrir þrjú vinnslutilfelli.