



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**HITAVEITA SIGLUFJARÐAR
Vinnslueftirlit 1992**

Ómar Sigurðsson
Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Hitaveitu Siglufjarðar

OS-93047/JHD-25 B September 1993



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 501
/os/pi/jhd.os/eftirlit/siglo92.t

HITAVEITA SIGLUFJARÐAR

Vinnslueftirlit 1992

Ómar Sigurðsson
Guðrún Sverrisdóttir
Unnið fyrir Hitaveitu Siglufjarðar

OS-93047/JHD-25 B September 1993

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS	3
2.1 Efnasamsetning jarðhitavatns og eftirlit með sblöndun	3
2.2 Efnasamsetning vatns úr ónýttum holum	5
3. VINNSLA OG VATNSBORD	10
4. HOLA 8	14
5. NIÐURSTÖÐUR	16
6. HEIMILDIR	17

MYNDASKRÁ

1. Hiti vatns úr holum 7 og 11	7
2. Styrkur kísils í vatni frá holum 7 og 11	7
3. Styrkur klórfðs í vatni frá holum 7 og 11	8
4. Styrkur natríums í vatni frá holum 7 og 11	8
5. Samband kalsedónhita og hlutfalls súrefnisísótópa í borholuvatni og köldu vatni	9
6. Vinnslusaga jarðhitakerfisins á Skútdal frá 1975	12
7. Samsvörur reiknilíkans við vatnsborðsgögn	12
8. Vinnsluspá til 2005 fyrir fjögur vinnslutilfelli	13
9. Vinnslusaga og ítarlegri spá til 3ja ára fyrir þrjú vinnslutilfelli	13
10. Hitamælingar í holu 8	15

TÖFLUSKRÁ

1. Efnasamsetning vatns úr holu 11	4
2. Efnasamsetning vatns úr brunni við Hvanneyrarbraut 49	4
3. Efnasamsetning vatns úr brunni 2	5
4. Samanburður á efnasamsetningu vatns á Skútdal	6

1. INNGANGUR

Í skýrslunni er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu Siglufjarðar á Skútdal árið 1992. 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 1992. Þá voru einnig tekin vatnssýni úr dreifikerfi veitunnar til að kanna tæringu asbestos og lækkun súrefnisstyrks vegna efnasblöndunar. Auk venjubundinna sýna voru tekin vatnssýni úr gömlum holum á Skútdal, sem ekki eru í notkun og úr Skútuá sem rennur um dalinn. Tilgangurinn með þessum sýnum var að kanna hvort fleiri en eitt jarðhitakerfi væri til staðar á Skútdal og eins hver blöndunin við yfirborðsvatn væri. Vinnlusaga jarðhitakerfisins á Skútdal er uppfærð fram yfir áramótin 1992/93, en verulegar breytingar urðu á vinnslumynstri veitunnar á árinu 1992 samfara breytingum á sölukerfi hennar. Endurreiknuð er nálgun einfalds tank-lískans á stöðu vatnsborðs í jarðhitakerfinu. Þeir reikningar eru síðan framlengdir til þess að spá vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu fram yfir aldamótin. Að lokum er fjallað lítillega um holu 8, en sjálfrennsli hófst á ný úr henni, þegar verulega dró úr vinnslu á svæðinu.

2. EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS

Þann 4. nóvember 1992 tóku starfsmenn Orkustofnunar sýni til efnagreininga af vatni hjá Hitaveitu Siglufjarðar. Sýni til heildarefnagreininga voru tekin úr holu 11 á Skútdal, og úr brunni við Hvanneyrarbraut 49. Ennfremur voru tekin sýni til kalsíum og súlfítgreininga úr brunni 2 á Skútdal, og úr úttaki miðlunartanks fyrir bæinn. Þetta var hinn hefðbundi hluti eftirlitsins, en að auki voru tekin nokkur vatnssýni úr gömlum holum á Skútdal, sem ekki eru í notkun. Einnig var tekið sýni úr ánni á Skútdal til að fá upplýsingar um efnasamsetningu og súrfenísótópa til að kanna hvort fleiri en eitt jarðhitakerfi kæmi fram í holunum, svo og blöndunarlutfall yfirborðsvatns á svæðinu. Auk efnagreininga á aðalefnum var mælt í þeim hlutfall súrfenísótópa til að kanna hvort fleiri en eitt jarðhitakerfi kæmi fram í holunum, svo og blöndunarlutfall yfirborðsvatns í jarðhitavatninu.

Hitastig vatnsins og súrefnisstyrkur voru mæld við sýnatöku, en sýrustig, súlfít og rokgjörn efni samdægurs. Önnur efni voru greind síðar á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar. Niðurstöður eru birtar í töflum 1, 2 og 3, ásamt eldri greiningum til samanburðar.

2.1 Efnasamsetning jarðhitavatns og eftirlit með íblöndun

Tafla 1 sýnir efnasamsetningu vatns úr holu 11 og sést af töflunni að ekki hafa orðið marktækar breytingar á efnasamsetningu vatnsins síðan í fyrra og raunar ekki á undanförnum árum. Hola 11 er aðalvinnsluhola veitunnar, en hola 7 var á árinu 1992 eingöngu nýtt sem varahola. Myndir 1 til 4 sýna mælt hitastig og styrk kísils, klóríðs og natríums í báðum holunum í nokkur ár. Hola 11 er nokkru heitari en hola 7, en efnasamsetning vatns er eins úr báðum holunum og hefur ekki breyst með tímanum.

Tafla 2 sýnir heildarefnagreiningar á vatninu við enda dreifikerfisins, á Hvanneyrarbraut 49. Greiningarnar ná aftur til ársins 1986. Við samanburð á töflum 1 og 2 sést að munur er á efnasamsetningu vatnsins við holutopp og á enda kerfisins. Kalsíum eykst í vatninu vegna tæringerar á asbestoslögnum dreifikerfisins. Þessi hækkun á styrk kalsíums hefur verið svipuð undanfarin ár og tæringerhraðinn virðist því lítið breytast. Þá hækkar natríum og súlfat vegna íblöndunar sem nánar verður rætt um hér á eftir.

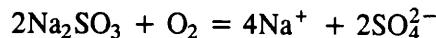
Tafla 1. Efna samsetning vatns úr holu 11 (mg/l).

Dagsetning Númer Hiti (°C)	86-02-26 86-0015 74,3	86-10-17 86-0162 74,0	87-10-16 87-0159 74,6	88-10-19 88-0184 74,4	89-10-08 89-0103 74,9	90-11-22 90-0276 74,0	91-10-26 91-0210 74,8	92-11-04 92-0279 73,7
Sýrustig (pH/°C)	10,0/22	10,0/18	10,0/17	9,9/21	9,9/20	10,0/18	10,10/23	10,04/18
Kísill (SiO ₂)	93,2	97,0	93,6	95,1	94,9	94,4	96,6	94,4
Natríum (Na)	43,0	43,4	43,4	40,2	43,8	44,3	44,0	44,5
Kalíum (K)	0,9	0,84	0,82	0,73	0,74	0,8	0,70	0,72
Kalsíum (Ca)	1,5	1,4	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5
Magnesíum (Mg)	0,013	0,006	0,001	0,007	0,001	<0,001	0,003	0,007
Karbónat (CO ₂)(t)	18,5	18,5	17,7	15,4	17,6	18,6	16,7	16,8
Súlfat (SO ₄)	9,3	9,4	9,5	9,3	9,4	8,6	9,1	9,3
Brennist. vetni (H ₂ S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,05	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	8,4	9,3	8,9	8,5	8,6	8,6	8,9	8,7
Flúoríð (F)	0,38	0,36	0,37	0,38	0,37	0,36	0,37	0,36
Uppleyst efni	204	210	210	225	200	202	213	206
Súrefni (O ₂)	0,08	0,09	0,07	0,08	0,06	0,06	0,05	0,06

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

Dagsetning Númer Hiti (°C)	86-10-17 86-0164 69,0	87-10-16 87-0158 69,6	88-10-19 88-0186 69,0	89-10-08 89-0106 69,8	90-11-22 90-0275 69,4	91-10-26 91-0212 68,8	92-11-04 92-0284 68,9
Sýrustig (pH/°C)	10,0/18	10,0/17	9,9/21	10,0/20	10,0/18	10,1/23	9,99/20
Kísill (SiO ₂)	97,0	94,1	94,6	95,2	95,2	96,4	95,2
Natríum (Na)	54,7	50,7	52,3	48,4	48,4	48,6	47,9
Kalíum (K)	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
Kalsíum (Ca)	2,2	2,2	2,3	2,0	2,1	2,0	2,1
Magnesíum (Mg)	0,012	<0,001	0,004	0,001	<0,001	0,003	0,001
Karbónat (CO ₂)(t)	39,6	20,7	22,0	18,5	19,0	16,8	18,0
Súlfat (SO ₄)	28,6	24,9	27,7	16,7	16,6	16,7	16,3
Brennist. vetni (H ₂ S)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,03	<0,05	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	9,6	9,0	8,6	8,6	8,6	8,8	8,7
Flúoríð (F)	0,36	0,36	0,38	0,38	0,36	0,37	0,36
Uppleyst efni	242	240	254	213	214	212	212
Súrefni (O ₂)	-	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Súlfít (SO ₃)	1,3	-	5,0	2,4	1,4	2,2	1,2

Styrkur súrefnis í vatni úr holu 11 er mjög hár, eins og fram kemur í töflu 1 og er vatnið því mjög tærandi fyrir stállagnir. Til að eyða súrefninu úr vatninu er því gripið til þess rāðs að blanda út í það natríumsúlfíti (Na₂SO₃), en það eyðir súrefninu nokkuð hratt samkvæmt eftarfandi efnahvarfi:



Súrefnið hverfur úr vatninu, en eitthvað verður eftir af natríum og súlfíti, sem er skaðlaust í svo litlu magni, en súlfít má þó ekki fara yfir 15 mg/l í neysluvatni (tafla 3). Einnig er ástæðulaust að nota meira fblöndunarefni en nauðsynlegt er. Talið hefur verið hæfilegt að um 2 mg/l af súlfíti sé eftir við enda dreifikerfis. Þá er tryggt að fblöndun er nægileg til að eyða öllu súrefni. Íblöndun fer fram í dæluhúsi við holu 7 og hæfilegt hefur reynst að leysa um 50 kg af efninu í 1000 l af vatni og bæta í kerfið á tveimur sólarhringum. Tafla 3 sýnir efnagreiningar á vatni úr brunni 2, sem er skammt frá holu 7, og sýna þær að súrefnið er horfið þar úr vatninu (1992). Súlfít mælist þar 2,3 mg/l, en er komið niður í 1,2 mg/l við enda dreifikerfisins að Hvanneyrar-

braut 49, eða niður fyrir þau mörk sem tryggt er talið að nægi til að eyða öllu súrefnii. Þetta sýnir að talsverð súrefnisupptaka er í kerfinu, en hættan er mest á slíku í miðlunartanki bæjarins. Þar sem veður var að kólna er sýnatakan fór fram hafði dæling verið óvenju mikil í um 2 sólarhringa á undan og vatnsborð í tankinum því að lækka, enda mælist súrefnii við úttak tanksins >0,1 mg/l og súlfít ekki nema 0,66 mg/l. Vatnsborðslækkunin í tankinum hefur greinilega dregið súrefnii inn í tankinn og súlfítin ekki náð að eyða því. Þessi mæling var gerð að morgni 4. nóvember, en mælingin við Hvanneyrarbraut ekki fyrr en um kvöldið. Dæling gæti hafa verið farin að minnka aftur þegar leið á daginn og það verið skýring á því að þá hafði súlfítin aukist aftur og náð að eyða súrefnинu. Þetta segir okkur tvennt; að hugsanlega megi minnka fblöndun enn meira þegar dæling er lítil, því jafnvel 1,5 mg/l af súlfítin sé nægilegur afgangur til að allt súrefnii hverfi. Og í öðru lagi að auka þarf fblöndun á álagstínum, til dæmis þegar veður kólnar á haustin, eða í snöggunum kuldaköstum.

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

Dagsetning Númer Hiti (°C)	86-10-17 86-0163 73,0	87-10-16 87-0160 -	88-10-19 88-0185 74,0	89-10-08 89-0104 74,0	90-11-22 90-0277 73,9	91-10-26 91-0211 73,7	92-11-04 92-0283 72,0
Kalsíum (Ca)	1,7	1,6	1,8	1,5	1,6	1,6	1,6
Súlfít (SO ₃)	4,0	9,5	8,8	3,9	3,2	2,9	2,3
Súrefnii (O ₂)	0,015	0,01	0,005	0,005	0,000	0,000	0,000

2.2 Efnasamsetning vatns úr ónýttum holum

Í töflu 4 eru niðurstöður efnagreininga vatns úr ónýttum holum á Skútudal (holur 3, 6 og 8) og úr vinnsluholunum til samanburðar (holur 7, 10 og 11). Í aftasta dálki töflunnar er efnasamsetning á köldu vatni sem var tekið úr Skútuá. Sýnin úr holum 6 og 3 voru tekin af 45 m dýpi, en vatnsborð í holu 6 var á 39 m dýpi og í holu 3 á 13 m dýpi. Sýnin úr vinnsluholunum 7 og 10 voru tekin við vinnslueftirlit 1985. Í töflunni sést að vatn úr holum 11, 7, 8 og 10 hefur mjög svipaða heildarefnasamsetningu, en þær eru misheitar. Styrkur uppleystra efna er þannig á móta í þessum holum og einnig er hlutfall súrefnisísótópa svipað í þeim. Í holum 3 og 6 má greina mun í styrk uppleystra efna samanborið við hinar holurnar og einnig er hlutfall súrefnisísótópa hærra í þeim. Kalda vatnið úr Skútuá hefur lægri styrk uppleystra efna en jarðhitavatnið og er mjög efnasnautt. Munur á hlutfalli súrefnisísótópa þess og heita vatnsins er um 1,6 %. Hlutfall tvívetnisísótópa hefur verið ákvæðið fyrir kalt og heitt vatn á Skútudal sem -64,5 % og -76,8 % (Bragi Arnason, 1975). Þá hefur verið sýnt fram að ákvæðið samband er milli tvívetnisísótópa og súrefnisísótópa fyrir regnvatn þannig að

$$\delta_D = 8\delta_{O_2} + 10$$

og fylgir íslenskt regnvatn því nokkurn veginn. Þegar regnvatn gengur inn yfir land og stíglar upp falla fyrst úr því þyngrí frumeindirnar þannig að ísótópahlutfall þess lækkar miðað við sjó. Þannig fylgja ísótópahlutföllin sem ákvörðuð eru fyrir vatn á Skútudal þessu sambandi og þau benda til að jarðhitavatnið á Skútudal sé upprunnið sem rigningarvatn sem fallið hefur nokkru sunnar á Tröllaskaga.

Hola 8 hefur nokkra sérstöðu meðal "heitu" holanna. Hiti á sjálfrennsli holunnar mælist lægstur en styrkur kfsils, sem er beint háður djúphita vatnsins, er hæstur þar. Djúphiti reiknaður með WATCH-forriti er því hærri en í hinum holunum, eða um 80 °C. Hlutfall súrefnisísótópa er lægst í þessari holu, en það bendir til að vatnið í henni sé minnst blandað eða komið lengst

að. Í holum 3 og 6 bendir efnasamsetning og ísótópahlutfall hins vegar til blöndunar við kalt vatn.

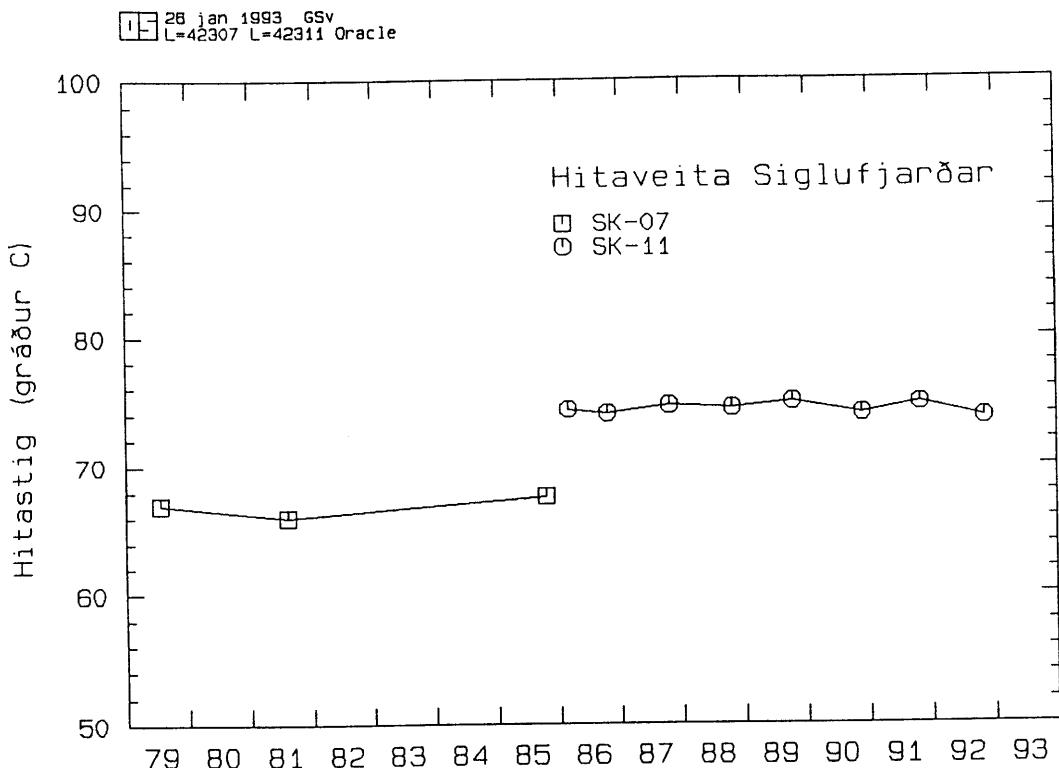
Tafla 4. Samanburður á efnasamsetningu vatns á Skútdal.

Staður Dagsetning Númer	SK-11 92-11-04 92-0279	SK-07 85-10-17 85-0265	SK-08 92-11-04 92-0282	SK-10 85-10-17 85-0266	SK-06 92-11-04 92-0280	SK-03 92-11-04 92-0281	Skútuá 92-11-04 92-9050
Hiti (°C)	73,7	67,6	62,8	68,9	-	-	-
Sýrustig (pH/°C)	10,04/18	10,05/20	9,96/19	10,05/20	9,92/18	10,00/19	7,08/19
Kíssill (SiO_2)	94,4	88,1	105,6	92,3	73,6	48,7	9,8
Natríum (Na)	44,5	40,0	45,0	40,7	43,7	30,3	5,4
Kalíum (K)	0,7	0,7	0,9	0,8	0,6	0,2	0,5
Kalsíum (Ca)	1,5	1,4	2,0	1,5	1,7	3,1	0,9
Magnesíum (Mg)	0,007	0,008	0,003	0,005	0,09	0,137	0,86
Karbónat (CO_2)	16,8	17,3	20,5	16,3	29,3	15,0	3,9
Súlfat (SO_4)	9,3	9,1	10,8	9,6	6,9	6,6	1,7
Brennist. vetni (H_2S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klórifð (Cl)	8,7	8,6	8,6	8,6	11,0	9,2	7,8
Flúorifð (F)	0,36	0,40	0,40	0,42	0,24	0,21	0,02
Brómifð (Br)	0,03	-	0,03	-	0,05	0,04	0,03
Uppleyst efni (TDS)	206	198	215	196	-	114	33
Súrefni (O_2)	0,06	0,20	0,10	0,10	-	-	-
$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	-11,38	-11,27	-11,51	-11,42	-10,83	-10,59	-9,82

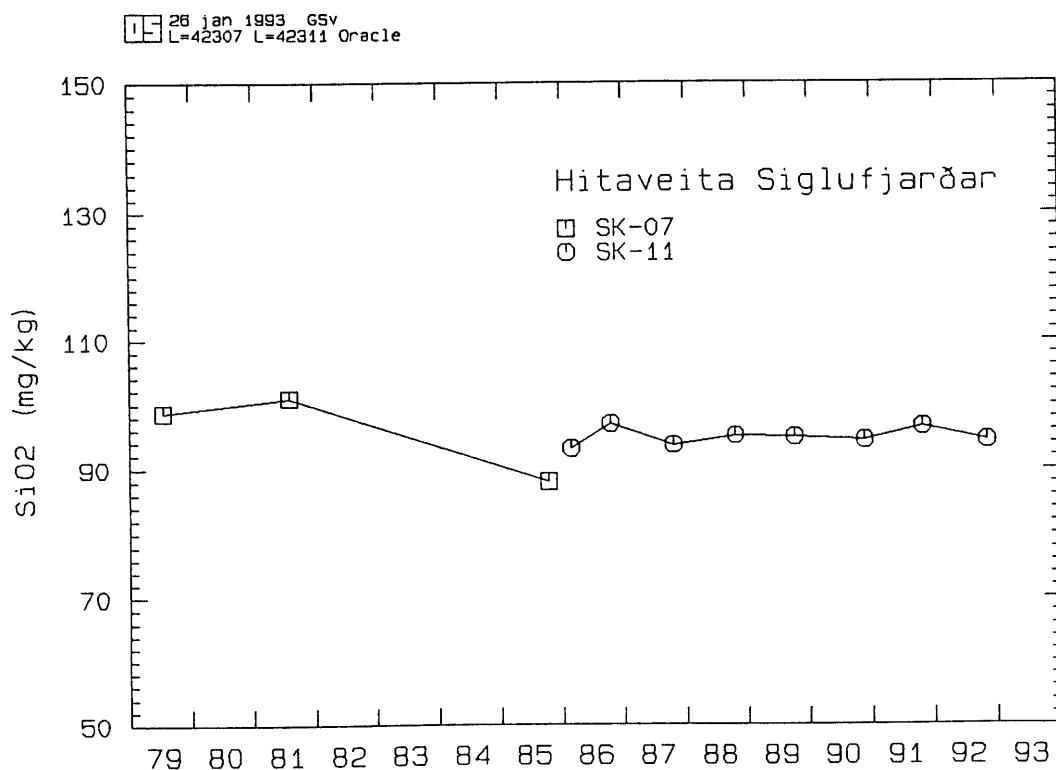
Á mynd 5 er sýnt samband kalsedónhita og hlutfalls súrefnisíslópa í vatni úr borholunum og í kalda vatninu úr Skútuá. Fyrir holurnar er notaður reiknaður djúphiti (kalsedónhiti) í stað mælds hita, þar sem það er talið gefa raunhæfari mynd af þeim hita sem vatnið getur hafa náð á leið sinni um jarðlögin. Sýni úr holu 8 og kalda árvatnið mynda ystu punkta og falla nær öll hin sýnin á beina línu þar á milli. Þetta bendir til að vatnið úr holu 8 sé komið dýpst úr jarðhitakerfinu eða minnst blandað, en vatnið í hinum holunum sé blanda af því og kalda vatninu í mismunandi hlutföllum.

Eins og sfðar verður getið skera vinnsluholurnar 7, 10 og 11 allar vatnsæðar sem tengja má ákveðnum berggangi eða bergspildu milli ákveðinna ganga. Hola 8 er hinsvegar boruð vestan við þessa ganga, sem hafa austlægan halla (Ómar Sigurðsson o.fl. 1987). Eins er með holu 3, en hún er aðeins boruð í 351 m dýpi, þar sem hola 8 er boruð í 1672 m dýpi (Jens Tómasson o.fl. 1979). Vatnsgæfni jarðlagra við holu 8 er lísklega lítil og holan hittir á jarðhitageyminn til hliðar við megin aðstreymisleiðir jarðhitavatnsins. Kæling á leið upp í gegnum þétt jarðlögin og upp holunna veldur því að hiti mældist svo lágor við holutopp þegar sýni var tekið, en þá var holan í sjálfrennsli.

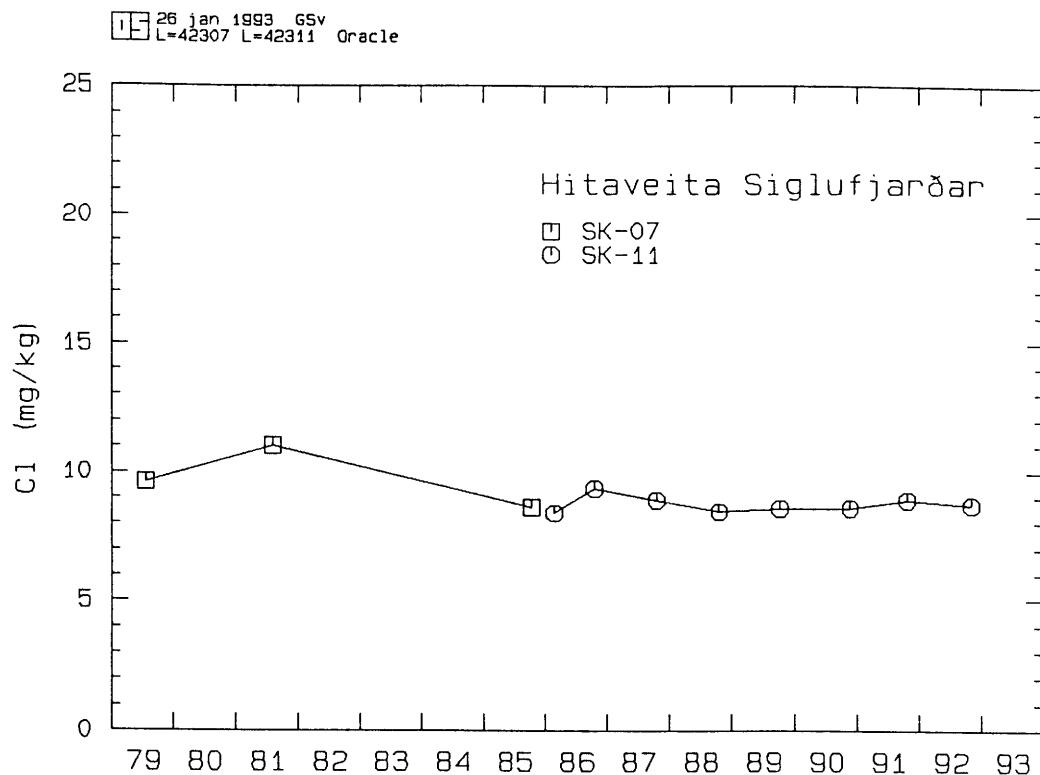
Niðurstaðan er því sú að hola 8 er boruð í sama jarðhitakerfi og hinar holurnar á Skútdal, nái dýpst niður í kerfið og taki þar vatn sem ekki hefur blandast kaldara vatni á leið upp í gegnum vatnsleiðandi berglög. Ekkert bendir til að blöndun verði vegna niðurrennslis í holunum, heldur er þetta náttúrulegt ástand við hleðslu jarðhitakerfisins. Það má meðal annars ráða af því að hvorki hafa orðið sveiflur né lengri tíma breytingar á efnasamsetningu vatns úr vinnsluholunum frá því þær voru teknar í notkun.



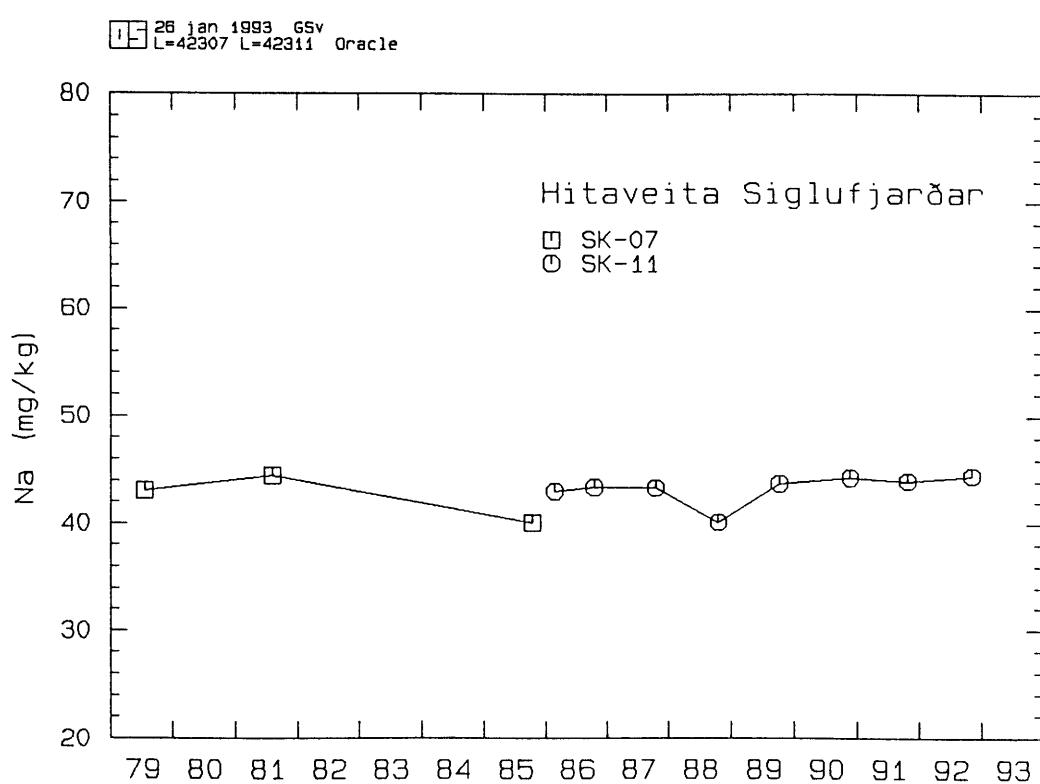
Mynd 1. Hiti vatns úr holum 7 og 11.



Mynd 2. Styrkur kísils í vatni frá holum 7 og 11.

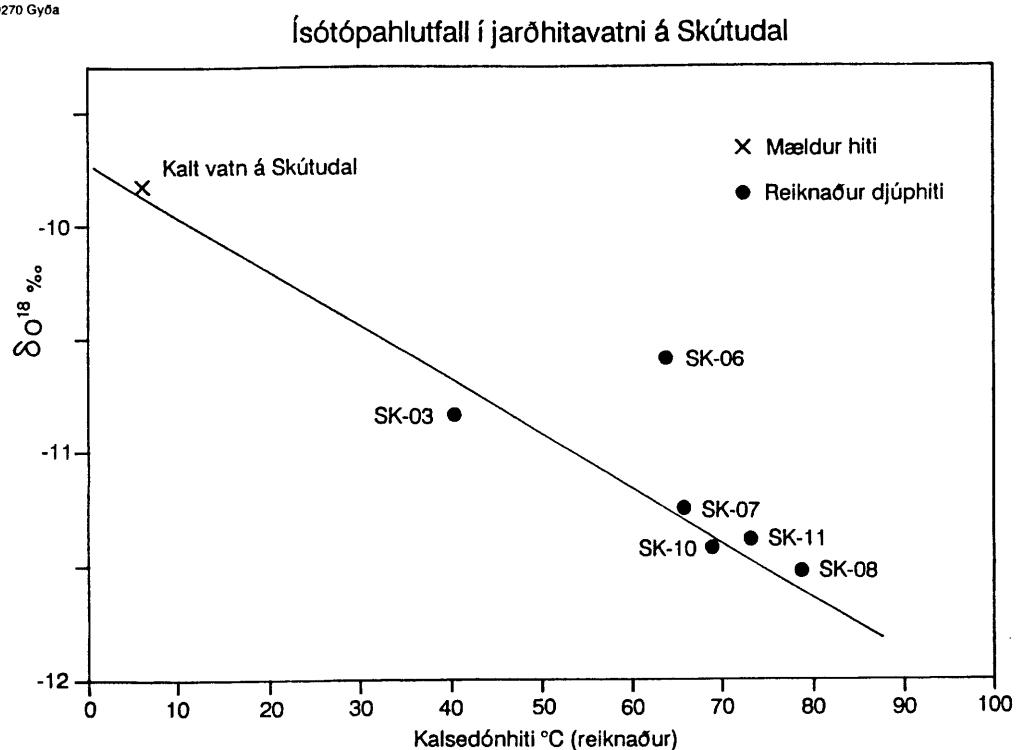


Mynd 3. Styrkur klórfðs í vatni frá holum 7 og 11.



Mynd 4. Styrkur natríums í vatni frá holum 7 og 11.

JHD JEF 5000 GSV
93.07.0270 Gyða



Mynd 5. Samband kaledónhita og hlutfalls súrefnisísoatópa í borholuvatni og köldu vatni.

3. VINNSLA OG VATNSBORD

Á safnæðinni skammt fyrir framan miðlunartank hitaveitunnar var rekinn snældu-rennslismærir á tímabilinu 23. maí 1984 til 14. september 1985. Hljóð-rennslismærir var sðóar settur á safnæðina 8. desember 1988 og hefur verið í nær samfelldum rekstri sðan. Fljótega eftir að hljóð-rennslismæririnn var settur upp vöknudu grunsemadir um að hann teldi of mikið. Ekki var hægt að sannreyna þetta þá. Í október 1992 var bætt inn rellu-rennslismæli á safnæðina og í júlí 1993 var nýr rennslismærir tekinn í notkun. Allir þrír rennslismælarnir hafa verið reknir samfimis undanfarið. Bæði rellumælirinn og nýi mælirinn staðfesta að vatnstakan er oftalin með gamla hljóð-rennslismælinum, sem nemur um og yfir 2 sekúndulstrum og er það svipað og talið var. Samanburður milli mæla liggur hins vegar enn ekki nægjanleg vel fyrir svo hægt sé að leiðréttu eldri vinnslugögn. Í líkanreikningum voru því gögnin notuð eins og þau lágu fyrir. Þetta hefur ekki áhrif á niðurstöður reikninga hvað varðar vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu, heldur aðeins á þá stuðla sem stjórna lekt og rýmd í reiknilskaninu.

Fyrir tímabil þar sem vatnstaka úr jarðhitakerfinu á Skútudal hefur ekki verið mæld var vatnstakan áætluð eins og greint er frá í skýrslu um vinnslueftirlit fyrir árið 1991 (Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson, 1992). Vatnsbord hefur lengst af verið mælt í holu 7 og er sú hola því notuð til að lýsa vatnsborðsstöðunni í jarðhitakerfinu á hverjum tíma. Mælingar á vatnsborði voru strjálar fyrir 1983, en nokkrar upplýsingar eru þó til um vatnsborðsstöðuna fyrir þann tíma. Í febrúar 1993 færast mælingar á vatnsborði yfir í holu 6, en hún er í tæplega 40 m fjarlægð frá holu 7 og stendur um 4,6 m lægra. Fjarlægð holu 6 til holu 11 er hins vegar svipuð og fjarlægð holu 7 til holu 11. Vatnsborðmælingum úr holu 6 hefur verið breytt um sem nemur hæðarmuninum milli hennar og holu 7 til að halda sömu viðmiðun og áður. Vatnsbord og dæling eru þær stærðir sem notaðar eru til að meta afköst jarðhitakerfisins og áætla framtíðarviðbrögð þess fyrir gefið vinnslumynstur. Því er mikilvægt að mælingar á þessum tveim stærðum séu sem samfelldastar.

Eins og áður sagði hafa vatnsborðsmælingar verið samfelldastar úr holu 7 gegnum árin og vatnsbord í jarðhitakerfinu því miðað við nágrenni hennar. Framan af var hola 7 aðalvinnsluhola veitunnar. Þá var dælt úr henni allt árið og holu 10 bætt inn þegar hola 7 annaði ekki þörfinni. Síðla árs 1983 var hola 11 tekin í notkun og tók hún við hlutverki holu 7. Þá var dælt úr holu 11 yfir vetrartímann, en holu 7 á sumrin og hola 11 þá hvíld. Um áramótin 1991-92 breytti hitaveitan sölukerfi sínu og í júní 1992 var tekin í notkun hraðastýring fyrir dælingu úr holu 11. Á árinu 1992 var dælt úr holu 11 allt árið fyrir utan stutt stopp í apríl sem varð vegna dælubilunar, en á meðan var dælt úr holu 7. Hiti vatns úr holu 11 er rúmar 74°C , en úr holu 7 um 67°C og ætti þessi hitamunur einnig að stuðla að minni vatnsnotkun.

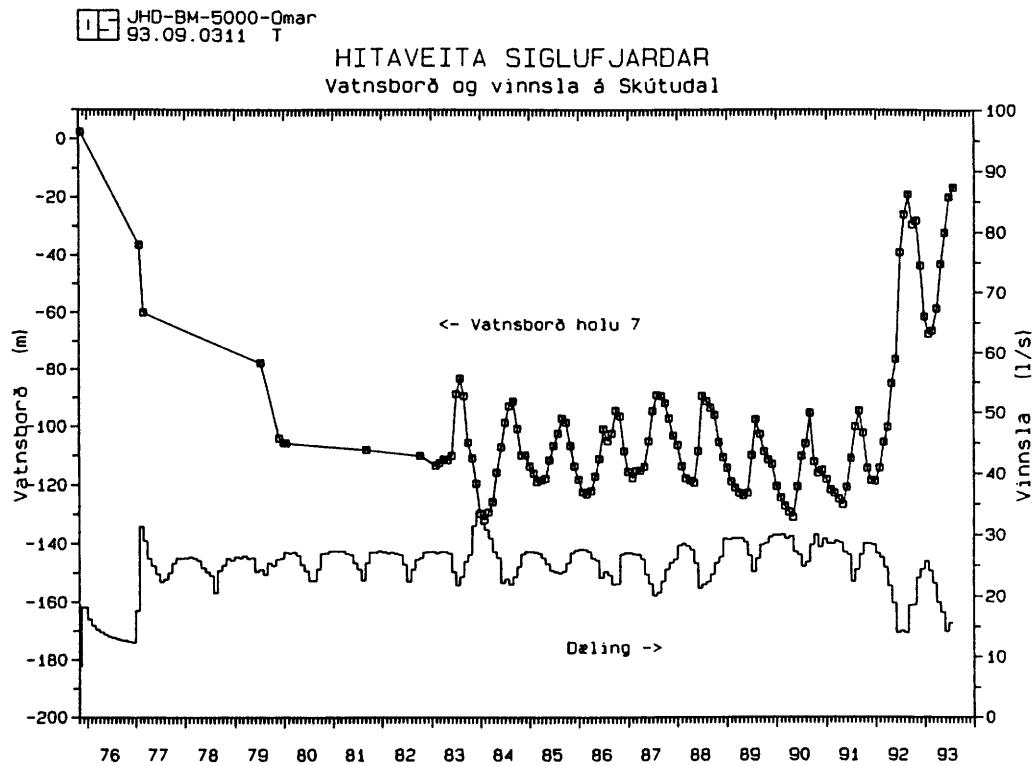
Á mynd 6 er sýnd vinnslusaga jarðhitakerfisins á Skútudal frá 1975 eins og hún er áætluð og mæld. Myndin sýnir meðalvinnslu hvers mánaðar og vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu, sem vinnslan orsakar, miðaða við holu 7. Eins og fyrr sagði hefur vinnslan ekki enn verið leiðrétt í samræmi við nýrri mælingar, en leiðréttin myndi koma á gögn frá 1988 og sðar eða á gögn yfir það tímabil sem hljóð-rennslismæririnn hefur verið í notkun. Hlutfallslega er myndin rétt þó meðalvinnslutölur geti verið eitthvað lægri en hér verða nefndar. Þannig sést á myndinni að vinnsla jókst veturinn 1988-89 og minna dró úr henni sumurin 1989 og 1990, en árin á undan. Meðalárvinnslan úr jarðhitakerfinu hefur á undanförnum árum verið 25 til 26 l/s, en jókst 1989 og 1990 í rúmalega 28 l/s aðallega vegna meiri sumardælingar og var á þetta var bent í skýrslu um vinnslueftirlit 1990 (Ómar Sigurðsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1991). Árið 1991 dró svo aðeins aftur úr dælingu, eða niður í rúma 27 l/s. Um áramótin 1991-92 breytti hitaveitan sölukerfi sínu frá hemlum í magnmæla og í júní 1992 var tekinn í notkun hraðabreytir fyrir dælingu úr holu 11, sem er stýrt af vatnshæð í miðlunartanki. Þessar breytingar ásamt mildum vetri minnkuðu meðalárvinnsluna fyrir árið 1992 niður í 20,5 l/s (gæti verið um 18,4 l/s skv. nýjum mæli). Vatnsvinnslan minnkaði þannig um 25 % frá árinu á undan og sparnaðurinn miðað við

meðaltal fyrri ára er um eða yfir 20 %. Vatnsvinnsla fyrri hluta árs 1993 er svipuð og fyrir sama tíma 1992, þannig að meðalárvinnslan 1993 stefnir í að verða svipuð eða aðeins minni en 1992. Sölukerfisbreytingin og uppsetning hraðabreytis fyrir dælingu hefur því skilað um eða yfir 20 % sparnaði í vatnsvinnslu. Það er sambærilegur sparnaður og fengist hefur hjá öðrum hitaveitum, þar sem sölukerfi hefur verið breytt á sama hátt.

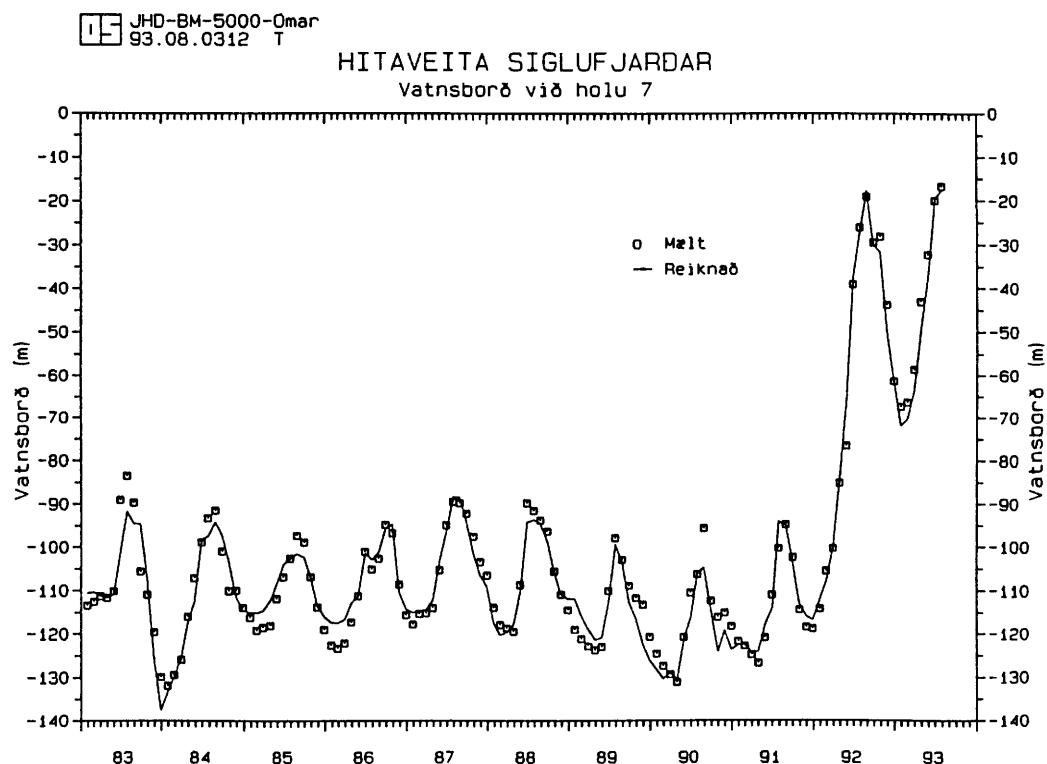
Ofangreindar breytingar drógu nokkuð úr dælingu yfir vetrartímann árið 1992, en mest minnk-aði dælingin yfir sumartímann. Sumarið 1992 fór mánaðarvinnsla niður í um 14 l/s, sem samsvarar því sem jarðhitakerfið gaf í sjálfreynsli við upphaf vinnslu. Þetta varð til þess að vatnsborð hækkaði mikil í jarðhitakerfinu (mynd 6) og þar með í holunum á svæðinu. Þannig byrjaði sjálfreynsli úr holu 8, en hola 8 stendur um 30 metrum lægra en hola 7. Reyndar hefur vatnsborð ekki verið hærra í jarðhitakerfinu á Skútudal allt frá því dæling hófst þar í lok árs 1976.

Við úrvinnslu og mat á jarðhitakerfinu á Skútudal 1987 var gert einfalt vatnafræðilegt tank-lískan af því og það notað til að herma viðbrögð kerfisins við vinnslu (Ómar Sigurðsson o.fl., 1987). Lískanið hefur síðan verið uppfært á undanförnum árum fyrir nýrri vinnslugögn og not-að til að spá fyrir um framtíðarviðbrögð jarðhitakerfisins fyrir gefna vinnslu. Eins og komið hefur fram í fyrri vinnsluseftirlitsskýrslum (Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson, 1992) þá virðast eiginleikar jarðhitakerfisins til vinnslu hafa batnað, lísklega á árunum 1987 eða 1988. Þetta veldur því að breyta þarf vatnsleiðni- og vatnsrýmdarstúlum í lískaninu um mitt ár 1988, þar sem upphafleg gerð lískansins nær aðeins að herma vinnslugögn með viðunandi hætti fram að þeim tíma. Þær miklu vatnsborðssveiflur sem koma fram eftir að vinnslumynstrið hefur breytst valda einnig því að lískanið verður viðkvæmt og lískanreikningarnir geta orðið óstöðugir, en þeir eru gerðir með forritinu LUMPFIT (Guðni Axelsson and Þórdur Arason, 1992). Með ofangreindum lagfæringum nær lískanið þó að lískja eftir mældum vatnsborðsbreytingum á viðunandi hátt eins og sjá má á mynd 7. Vegna þess hve lískanið er viðkvæmt gagnvart öllum stærri breytingum í stýringu og hegðun jarðhitakerfisins er óvist hversu lengi tekst að framlengja það til að herma vinnlusögu kerfisins. Því gæti verið tímabært nú að fara að huga að gerð flóknara lískans af jarðhitakerfinu sem lýsti betur innri gerð þess. Þannig lískön eru oft nefnd "smábúta-lískön" því jarðhitakerfinu er þá skipt niður í smáar einingar sem geta haft mismunandi eiginleika og þannig lískt eftir ástandi kerfisins. Að þannig svæðislískönum er nú verið að vinna fyrir Hitaveitu Akureyrar (Guðni Axelsson og Grímur Björnsson, 1992).

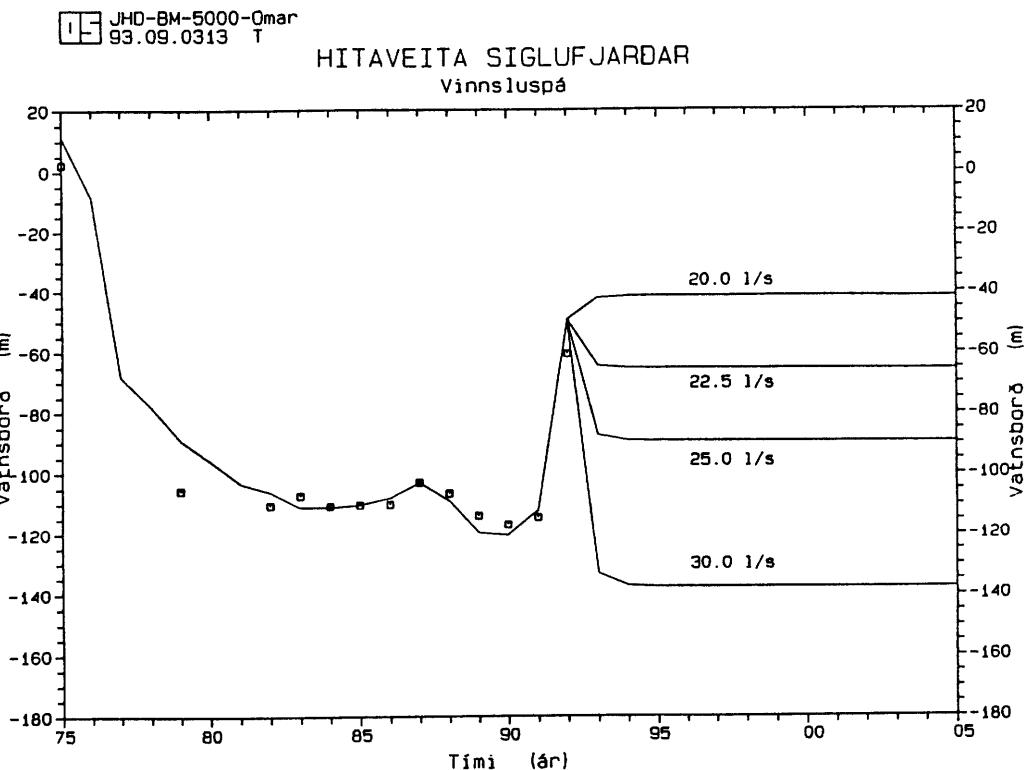
Lískt og áður var tank-lískanið notað til að gera spár fram í tímann fyrir nokkur vinnslutilfelli. Reiknað var fyrir sömu vinnslutilfelli og notuð hafa verið í fyrri spám (22,5 l/s, 25,0 l/s og 30,0 l/s) auð þess sem nú var einnig reiknað fyrir 20,0 l/s sem meðalárvinnslu í samræmi við þær breytingar sem urðu á árinu 1992. Spárnar eru reiknaðar frá áramótum 1992-93 og fram til ársins 2005. Niðurstöður spánpna eru sýndar á mynd 8, þar sem sýnt er meðalvatnsborð ársins í jarðhitakerfinu við holu 7. Á myndinni koma glögglega í ljós áhrif mikil miði vinnslu á árinu 1992 miðað við árin á undan. Spáin sýnir að miðað við svipaða vinnslu árið 1993 og var 1992 geti vatnsborð hækkað að meðaltali um rúma 10 m frá því sem það var 1992. Spárnar fyrir eldri tilfellin gefa svipaðar niðurstöður og eldri spár gerðu. Mynd 8 sýnir aðeins meðalvatnsborð ársins við holu 7, það getur hins vegar sveiflast mikil með vinnslunni yfir árið. Til að gera sér betur grein fyrir þessu eru á mynd 9 sýndar spár fyrir þrjú tilfelli, þar sem meðalárvinnslan er 17 l/s, 20 l/s og 23 l/s. Spárnar ná þrjú ár fram í tímann frá mánaðarmótum júlí-ágúst 1993 og breytist vinnslan milli mánaða í lískingu við það sem hún gerir í raunveruleikanum. Mynd 9 sýnir að vatnsborð getur auðveldlega farið niður á 80 til 100 m dýpi við holu 7 við venjulega vetrardælingu. Í holu 11 er vatnsborð á sama tíma allt að 30 m lægra vegna hæðarmunar milli holanna og vegna þrýstítaps við holuna samfara dælingu.



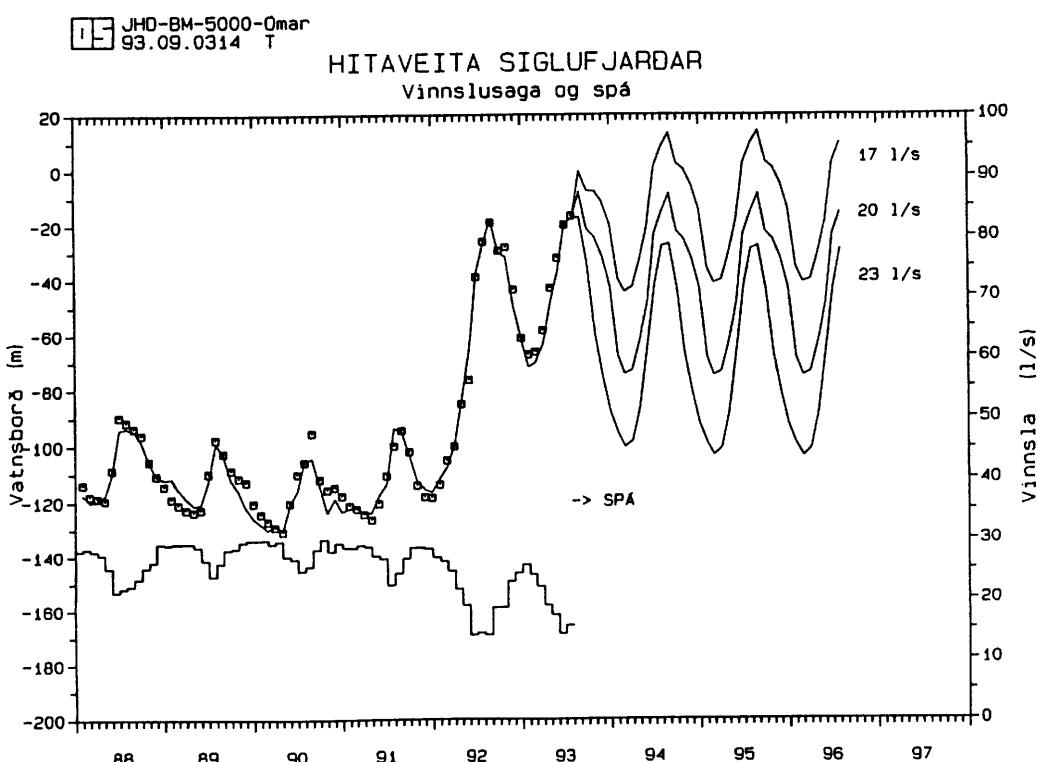
Mynd 6. Vinnslusaga jarðhitakerfisins á Skútdal frá 1975.



Mynd 7. Samsvörun reiknilíkans við vatnsborðsgögn frá 1983.



Mynd 8. Vinnsluspá til 2005 fyrir fjögur vinnslutilfelli.



Mynd 9. Vinnslusaga og fstarlegri spá til 3ja ára fyrir þrjú vinnslutilfelli.

4. HOLA 8

Eftir að sjálfrennsli hófst úr holu 8 fyrri hluta árs 1992, vegna minnkandi dælingar, varð nokkur umræða um hvort hitaveitan gæti nýtt holuna á einhvern hátt. Í tengslum við þá umræðu voru eldri gögn um holuna könnuð, holan hitamæld í september 1992 og tekin úr henni vatns-sýni til efnagreininga í nóvember sama ár. Hér verður getið þess helsta sem kom út úr þessum athugunum.

Hola 8 var boruð síðsumars 1976 í 1672 m dýpi og er hún dýpst holan á Skútdal (Jens Tómasson o.fl., 1979). Holan er aðeins fóðruð niður á 7 m dýpi með 14" fóðringu, en þaðan er hún boruð með 7 7/8" krónu í botn. Nokkrar vatnsæðar komu fram í mælingum við borun og eru þær helstu taldar vera á 125 m, 450 m, 530 m, 650-660 m, 1100 m og hugmyndir eru um vatnsæð á um 1460 m dýpi. Engin þessara æða þótti stórv, þó var um 1-2 l/s sjálfrennsli úr holunni í borhléum og varð þess fyrst vart er holan var um 200 m djúp. Við borlok var holan því pökkuð með pakkara sem var líklega staðsettur á 859 m dýpi og svo á 391 m dýpi. Að lokum var holan loftdæld með borstangir á 67 m dýpi, en ekki er vitað hve dæling var mikil.

Hitamælingar voru gerðar í borhléum og við borlok með handrúllum. Dýpst nær hitamæling við borlok 23. ágúst 1976 í 1380 m dýpi. Ekki er ljóst hvort mælingin var gerð eftir pökkun á 859 m dýpi, né hvað takmarkar það að ekki er mælt dýpra. Degi síðar eftir pökkun á 391 m dýpi er holan hitamæld aftur og þá í 1260 m dýpi. Um tveim mánuðum síðar er holan næst mæld, en þá stoppa mælar á um 1000 m dýpi og hefur ekki verið hægt að mæla holuna dýpra eftir það. Hvað kom fyrir holuna á þessu tímabili er ekki vitað, skápur eða hrún valda því að mælar komast nú ekki dýpra.

Á mynd 10 eru sýndar nokkrar af þeim hitamælingum sem gerðar hafa verið í holunni. Á mælingunum sjást helstu vatnsæðar holunnar. Þá fellur mælingin sem gerð var 1992 nær ofan í mælingu sem gerð var 1981, þannig að ljóst er að hiti í jarðhitakerfinu við holu 8 hefur ekki breytst á þeim tíma. Einnig má ráða af hitamælingunum frá 1981 og 1992 að uppstreymi er í holunni og kemur það neðan frá 1000 m, trúlega frá vatnsæðinni á 1100 m dýpi. Ef hrún er í holunni á 1000 m er það því ekki þétt. Hiti vatnsins þar er 84,3 °C og gæti hiti þess við æðina á 1100 m því verið rúmar 85 °C.

Pegar hola 8 var boruð 1976 var sjálfrennsli úr henni og er líklegt að vatnsstaðan í jarðhitakerfinu hafi verið svipuð þá og hún var á árinu 1992 (sjá mynd 6). Á öðrum tímum er ekki vitað til að runnið hafi úr holunni. Fjarlægð holu 8 frá holu 7 er rúmir 210 m og hún er um 30 m lægra í hlífðinni en hola 7. Hola 8 er boruð vestan þeirra ganga sem taldir eru beina aðstreymi jarðhitavatnsins að vinnsluholunum, en halli ganga á Skútdal er víðast austlægur. Niðurdráttarkeilan sem myndast á vinnslusvæðinu á Skútdal vegna dælingar úr holum 7 og 11 er því farin að minnka verulega við holu 8 og hefur vatnsborð oftast mælst á 13-20 m dýpi í holunni í þau skipti sem það hefur verið mælt. Á sama tíma hefur vatnsborð við vinnsluholurnar verið á um 100 m dýpi, þannig að miðað við sömu landhæð hefur vatnsborð í holu 8 staðið meir en 50 m hærra.

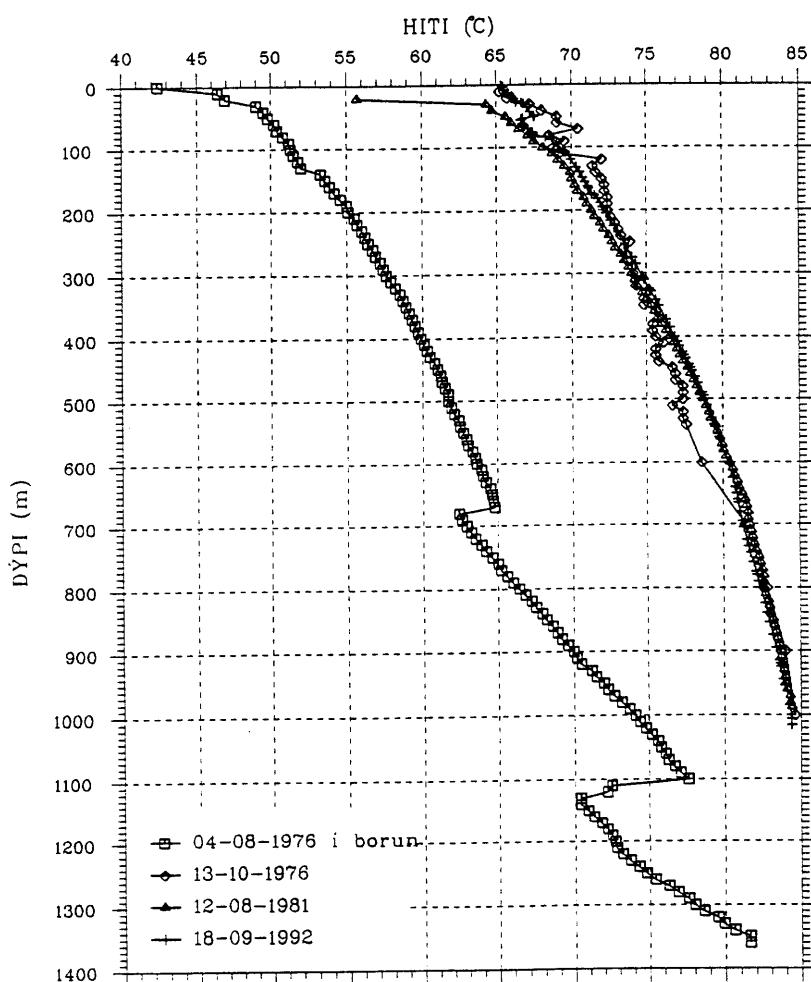
Litlar upplýsingar eru til um afköst holunnar, en minnst er á þau í bréfi Gísla Karels Halldórssonar til hitaveitunnar, sem dagsett er 2. september 1981. Þá hefur einhver prufudæling farið fram, þar sem dæla var höfð á um 135 m dýpi í holunni. Dælt var aðeins um 2 l/s og er líklegt að niðurdráttur í holunni hafi verið mikill. Hiti á vatninu varð aðeins um 68 °C, þar sem við dælingu kom kalt vatn inn í holuna ofarlega. Einnig bar vatnið með sér talsvert af leir. Í sjálfrennsli er hiti vatnsins úr holunni hins vegar um 63 °C.

Niðurstöður efnagreininga á vatni úr holu 8 benda til að sama vatn fæði holu 8 og aðrar holur tengdar jarðhitakerfinu á Skútdal. Hærri þrýstingur í jarðhitakerfinu þar á sér eðlilegar skýringar vegna fjarlægðar holunnar frá vinnsluholunum. Ljóst er að hægt er að fá heitara vatn úr

holu 8 en öðrum holum sem nú eru til staðar á Skútdal. Til þess þyrfti að fóðra af efstu æðar holunnar og koma þannig í veg fyrir innstreymi af köldu vatni. Helsta vatnsæð holunnar er á 1100 m dýpi, en nú er líklega hruntappi í holunni á um 1000 m dýpi. Flestar prófanir á holunni eru gerðar eftir myndun hruntappans, þó benda hitamælingar til að eitthvert rennsli sé upp í gegnum hann og aðgerðir við borlok að vatnsgæfni holunnar sé lítil. Því er ekki líklegt að holan komi til með að gefa meira en 5-6 l/s í vinnslu eftir að hruntappinn hefur verið hreinsaður og er þá miðað við að dæla sé á 150-200 m dýpi.

29 Oct 1992 omar
L= 42308 Oracle

HITAVEITA SIGLUFJARDAR
Hola 8 á Skútdal
Hitamælingar



Mynd 10. Hitamælingar í holu 8.

5. NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður vinnslueftirlits fyrir árið 1992 hjá Hitaveitu Siglufjarðar eru eftirfarandi:

1. Íblöndun natríumsúlfíts virðist hafa farið niður fyrir hæfileg mörk á sðastliðnu hausti. Þar sem heitavatnið er selt eftir magnmælum, eins og nú er gert hjá Hitaveitu Siglufjarðar, eru notendur meðvitaðri um vatnsnotkun sína, en þar sem vatnið er selt samkvæmt hemli. Sveiflur í vatnsnotkun verða því örari og meira í takt við ríkjandi útihita en var í eldra kerfinu. Íblöndun natríumsúlfíts getur því orðið of knöpp á álagstímum meðan vatnsborð er að falla í miðlunartanki og dæling að aukast, en óþarflega mikil er dregur úr vatnsnotkuninni.
2. Svo virðist sem 1,5 mg/l af súlfíti sé nægilegur afgangur við enda dreifikerfis til að tryggja að súrefni hafi verið eytt úr vatninu.
3. Ekki hefur orðið vart við marktækjar breytingar í efnastyrk vatnsins frá jarðhitakerfinu á Skútdal sðastliðin fjórtán ár. Hiti vatnsins úr holu 11 er 74-75 °C, en vatnsins úr holu 7 um það bil 67 °C.
4. Hlutfall súrefnissótópa í vatni úr borholum á Skútdal og úr Skútuá bendir til að holurnar taki vatn úr einu og sama jarðhitakerfinu, en það sé blandað köldu grunnvatni. Mest er blöndunin í holu 3, en minnst í holu 8. Blöndunin er lítil í vinnsluholunum. Ekkert er talið benda til að blöndunin verði vegna niðurrennslis í holunum, heldur er þetta lísklega náttúrulegt ástand jarðhitakerfisins, þar sem blöndunin verður vegna hleðslu til þess.
5. Hitaveitan breytti sölukerfi sínu um áramótin 1991-92 og setti hraðastýringu á dæluna í aðalvinnsluholunni. Segja má að þessar aðgerðir hafi skilað sér í verulegum vatnssparnáði, þar sem vatnsvinnslan á árinu 1992 varð að meðaltali um 20,5 l/s, en hefur á undanförnum árum verið á bilinu 25-28 l/s.
6. Samfara minni vatnstöku úr jarðhitakerfinu hefur vatnsborð hækkað og er nú hærra en það hefur verið frá því 1976. Einnig hófst á ný sjálffrennsli úr holu 8.
7. Hitamæling sem gerð var í holu 8 haustið 1992 ásamt könnun á eldri gögnum um holuna benda til að fá megi allt að 85 °C heitt vatn úr henni. Hins vegar virðist vatnsgæfni jarð-laga við holuna lítil, þannig að afköst holunnar yrðu væntanlega lítil (5-6 l/s) þrátt fyrir að lagt væri út í kostnaðarsamar aðgerðir við fóðrun og hreinsun hennar.
8. Nú gæti verið tímabært að fara að huga að gerð flóknara reiknilíkans af jarðhitakerfinu, sem lýsti betur innri gerð þess. Gerð þannig líkans er tímafrek og kostnaðarsöm, svo eðlilegt getur verið að skipta þannig verki á 2-3 ár. Ástæða þess að rétt er að huga að þessu nú er að sú að það einfalda líkan sem notað hefur verið við gerð vinnsluspáa er að nálgast takmörk sín og óvist hvað hægt er að framlengja það mikið.

6. HEIMILDIR

- Bragi Árnason, 1975: Groundwater Systems in Iceland Traced by Deuterium. Science Institute, University of Iceland, 255 s.
- Guðni Axelsson og Grímur Björnsson, 1992: Botn í Eyjafjarðarsveit. Lískanreikningar fyrir jarðhitakerfið. Orkustofnun, OS-92012/JHD-01, 71 s.
- Guðni Axelsson and Þórður Arason, 1992: LUMPFIT User's Guide, Orkustofnun, 32 s.
- Jens Tómasson, Margrét Kjartansdóttir, Gísli K. Halldórsson, Guðmundur I. Haraldsson, Ragna Karlsdóttir og Ásgrímur Guðmundsson, 1979: Heitavatnsöflun fyrir Hitaveitu Siglufjarðar. Rannsóknir og boranir í Skútdal 1976-1978. Orkustofnun, OS-79034/JHD-16, 75 s.
- Ómar Sigurðsson, Ragna Karlsdóttir og Margrét Kjartansdóttir, 1987: Hitaveita Siglufjarðar. Mat á jarðhitasvæðinu í Skútdal. Orkustofnun, OS-87034/JHD-08, 71 s.
- Ómar Sigurðsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1991: Hitaveita Siglufjarðar. Vinnslueftirlit 1990. Orkustofnun, OS-91038/JHD-22 B, 9 s.
- Ómar Sigurðsson og Magnús Ólafsson, 1992: Hitaveita Siglufjarðar. Vinnslueftirlit 1991. Orkustofnun, OS-92017/JHD-06 B, 12 s.

