



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Hitaveita Skagafjarðar

**Eftirlit með jarðhitavinnslu
árið 2000**

**Guðni Axelsson
Magnús Ólafsson**

Unnið fyrir Hitaveitu Skagafjarðar

2001

OS-2001/079

Guðni Axelsson
Magnús Ólafsson

HITAVEITA SKAGAFJARÐAR

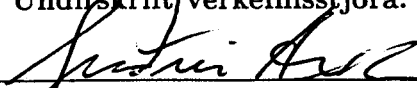
Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 2000

Unnið fyrir Hitaveitu Skagafjarðar

OS-2001/079

Nóvember 2001



Skýrsla nr: OS-2001/079	Dags: Nóvember 2001	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: HITAVEITA SKAGAFJARÐAR Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 2000		Upplag: 30
		Fjöldi síðna: 24
Höfundar: Guðni Axelsson Magnús Ólafsson		Verkefnisstjóri: Guðni Axelsson
Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit		Verknúmer: 8-610511
Unnið fyrir: Hitaveitu Skagafjarðar		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Fjallað er um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu Skagafjarðar á þremur jarðhitasvæðum árið 2000. Orkustofnun sér um töku vatnssýna einu sinni á ári og samantekt gagna um vinnslu og viðbrögð jarðhitakerfanna. Við Áshildarholtsvatn nýtir hitaveitan sjálfrennandi vatn úr fjórum holum og er gerð grein fyrir vinnslu, vatnshita, holuþrýstingi og efnainnihaldi vatns þar. Í Varmahlíð eru nýttar tvær holur og á Steinsstöðum er tekið vatn úr Steinsstaðalaug, en á þessum stöðum er einungis fylgst með efnainnihaldi vatnsins. Meðalvinnsla ársins við Áshildarholtsvatn var tæplega 69 l/s, sem er 2% aukning frá fyrra ári, en heildarorkuvinnslan nam um 99 GWh. Þrýstingur í jarðhitakerfinu hefur farið hækkandi síðustu ár og sumarið 2000 varð óvenju mikil þrýstingshækkun sem rakin er til Þjóðhátíðarskjálftans 17. júní. Þetta er eina jarðhitasvæðið á Norðurlandi þar sem áhrif skjálftans hafa sést. Hvorki hefur orðið marktæk breyting á hita né efnasamsetningu vatns úr vinnsluholum við Áshildarholtsvatn. Engin merki eru um breytingar á efnainnihaldi vatns úr holum 2 og 3 í Varmahlíð né úr lauginni á Steinsstöðum.		
Lykilorð: Jarðhitasvæði, jarðhitavinnsla, eftirlit, þrýstingur, hiti, efnastyrkur, Hitaveita Skagafjarðar	ISBN-númer:	
	Undirskrift/verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: GAx, PI	

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ ÁSHILDARHOLTSVATN	3
2.1 Vinnsla og viðbrögð	3
2.2 Efnasamsetning jarðhitavatnsins	11
3. JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ VARMAHLÍÐ	16
3.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins	16
4. JARÐHITASVÆÐIÐ Á STEINSSTÖÐUM	19
4.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins	19
5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR OG LOKAORÐ	22
6. HEIMILDIR	23

TÖFLUSKRÁ

1. Ársmeðalvinnsla á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn	5
2. Þrýstingur í jarðhitakerfinu í lok árs til og með 1990	8
3. Efnasamsetning vatns á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn	12
4. Efnasamsetning vatns í Varmahlíð	16
5. Efnasamsetning vatns á Steinsstöðum	19

MYNDASKRÁ

1. Dagleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árið 2000	4
2. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1992 - 2000	4
3. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árið 2000	6
4. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árin 1996 - 2000	7
5. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1993 - 2000 ásamt mælingum á þrýstingi holu 9	8
6. Mælingar á þrýstingi holu 9 við Áshildarholtsvatn frá byrjun maí og út ágúst 2000	9
7. Mælingar á þrýstingi holu 9 við Áshildarholtsvatn frá 10. maí til 10. júlí 2000	9
8. Hiti vatns úr holum 10 og 11 árin 1996 - 2000	10
9. Hiti vatns og rennsli úr holu 13 árin 1996 - 2000	11
10. Efnasamsetning vatns úr borholum við Áshildarholtsvatn	13-14
11. Kalkmettun vatns í dælustöð og úr holum 12 og 13	15
12. Efnasamsetning vatns úr borholum í Varmahlíð	17-18
13. Efnasamsetning vatns á Steinsstöðum	20-21

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu á jarðhitasvæðunum þremur sem Hitaveita Skagafjarðar nýtti árið 2000, en það eru svæðin við Áshildarholtsvatn, Varmahlíð og Steinsstaði. Fjallað er um vinnslu, vatnshita, holuþrýsting og efnainnihald vatns við Áshildarholtsvatn og um efnainnihald jarðhitavatnsins í Varmahlíð og á Steinsstöðum. Þetta hefur verið gert árlega síðan 1990 fyrir Áshildarholtsvatn og nokkuð reglulega fyrir Varmahlíð. Reglulegt eftirlit með jarðhitavinnslunni á Steinsstöðum hófst á árinu 1999.

Hitaveita Skagafjarðar sér um mælingar á vinnslu, vatnshita og holuþrýstingi við Áshildarholtsvatn, að miklu leyti með tölvustýrðum gagnasöfnunarbúnaði, en Orkustofnun sér um töku vatnssýna til efnagreininga einu sinni á ári. Auk þess sér Orkustofnun um þá samantekt gagna um vinnslu og viðbrögð jarðhitakerfanna, sem hér birtist, varar við óæskilegum breytingum og gerir tillögur til úrbóta, sé þeirra þörf.

2. JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ ÁSHILDARHOLTSVATN

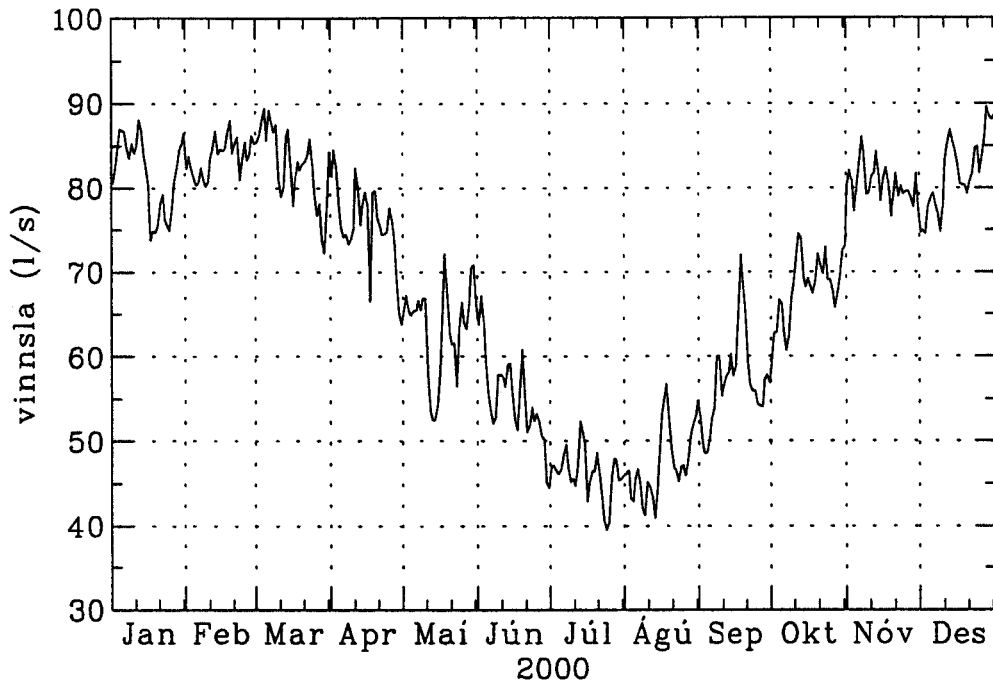
Jarðhitasvæðið við Áshildarholtsvatn hefur verið nýtt frá því í lok fimmta áratugarins. Þar nýtir Hitaveita Skagafjarðar sjálfrennandi vatn úr holum 10, 11, 12 og 13. Tölvustýrður gagnasöfnunarbúnaður var fyrst settur upp við vinnsluholum árið 1988, en síðan endurnýjaður frá grunni árið 1994. Nú eru til ítarleg gögn úr gagnasöfnunarbúnaðinum allt frá árinu 1995.

Ef vinnslan við Áshildarholtsvatn eykst vegna vaxandi orkunotkunar í framtíðinni mun verða þrýstingslækkun í jarðhitakerfinu, sem aftur getur valdið því að sjálfrennsli úr núverandi vinnsluholum muni hætta að anna þörfum hitaveitunnar (Guðni Axelsson, 1992). Með nákvæmu vinnslueftirliti má sjá slíkt fyrir í tíma. Sérstaklega er mikilvægt að fylgst sé samfelld með þrýstingi í jarðhitakerfinu, eins og nú er gert. Jafnframt má með efnaeftirliti sjá fyrir í tíma ýmsar óæskilegar breytingar, t.d. af völdum innstreymis kaldara vatns eða sjávar í jarðhitakerfið, og sjá fyrir vandræði við nýtingu vatnsins eins og hættu á útfellingum (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1994).

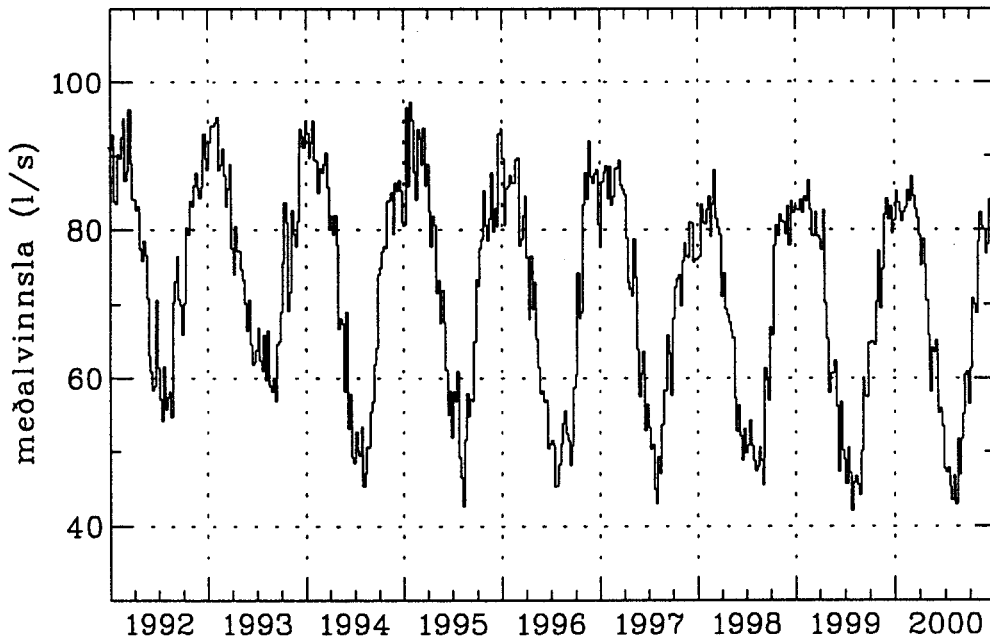
Ástand jarðhitakerfisins við Áshildarholtsvatn er gott um þessar mundir (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 2000). Vinnsla úr kerfinu hefur minnkað verulega síðasta áratuginn og í kjölfarið hefur þrýstingur í jarðhitakerfinu farið hækkandi. Engar breytingar hafa orðið í efnainnihaldi, sem bent gætu til innstreymis kaldara vatns eða sjávar. Með sölukerfisbreytingu má tryggja það að sjálfrennsli úr núverandi vinnsluholum haldi áfram að anna þörfum Sauðárkróks og nágrennis fyrir heitt vatn, þó vatnsnotkun aukist töluvert.

2.1 Vinnsla og viðbrögð

Mynd 1 sýnir daglega meðalvinnslu úr vinnsluholum Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn árið 2000 en mynd 2 sýnir vikulega meðalvinnslu síðustu níu árin til samanburðar, þ.e. árin 1992 - 2000. Vikumeðalvinnslan frá og með 1996 er byggð á mælingum gagnasöfnunarbúnaðarins á rennsli í dælustöð að viðbættu rennsli til Sjávarborgar, en fram að því er hún byggð á aflestrum hitaveitunnar af m^3 -mæli í dælustöðinni, sem bilaði



Mynd 1. Dagleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árið 2000.



Mynd 2. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1992 - 2000.

hins vegar árið 1996. Ekki þykir lengur ástæða til að leiðrétta smávægilegt misræmi milli þessara mælinga. Vegna eyða í rennslisgögnum á árunum 1996 - 1998 eru vinnslutölur fyrir þau ár nokkru ónákvæmari en vinnslutölur árána þar á undan og eftir.

Árið 2000 gekk gagnasöfnunin mjög vel og eru svo til engar eyður í gögnum ársins. Gagnasöfnunarbúnaðurinn er nú farinn að safna gögnum um þann fjölda m³ sem rennur um dælustöðina, annars vegar, og til Sjávarborgar, hins vegar. Þær tölur gefa enn nákvæmari upplýsingar um jarðhitavinnsluna en hingað til hafa verið tiltækar.

Árið 1999 var vikuleg meðalvinnsla mest um 87 l/s þriðju viku febrúar, en minnst var hún aftur á móti 43 l/s síðustu viku júlí. Eru þetta sambærilegar tölur og fyrir árið 1999. Dagleg meðalvinnsla var hins vegar mest tæplega 90 l/s 28. desember. Minnst var dagleg meðalvinnsla rúmlega 39 l/s þann 24. júlí. Ársmeðalvinnsla árána 1972 - 2000 er birt í töflu 1 hér á eftir og telst meðalvinnsla ársins 2000 68,6 l/s (2.170.000 m³). Er sú tala um 2% hærri en meðalvinnsla ársins 1999, en þó nálægt lágmarki miðað við meðalvinnslu síðustu þriggja áratuga. Mynd 2 sýnir að minnkandi ársmeðalvinnsla skýrist af almennt minnkandi notkun, jafnt sumar sem vetur. Vætanlega stafar þessi minnkun aðallega af bættri orkunýtingu, eins og sjá má hjá mörgum hitaveitum landsins. Í töflu 1 eru einnig birtar tölur um áætlaða heildarorkuvinnslu miðað við nýtingu niður í 30°C, sem einnig er nálægt lágmarki.

Tafla 1. Ársmeðalvinnsla á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn.

Ár	Meðalvinnsla (l/s)	Heildarorkuvinnsla ¹⁾ (GWh)
1972-84	80 - 90	115 - 130
1985	87,0	126
1986	78,5	113
1987	77,0	111
1988	79,5	115
1989	78,5	113
1990	76,0	110
1991	80,5 ²⁾	116 ²⁾
1992	77,0	111
1993	76,0	109
1994	73,0	105
1995	74,4	107
1996	69,9 ³⁾	100
1997	70,5 ³⁾	101
1998	69,8 ³⁾	100
1999	67,3	97
2000	68,6	99

¹⁾ Miðað við nýtingu í 30°C.

²⁾ Umframvinnsla í prófun í júní 1991 jafngildir 4 l/s ársmeðalvinnslu og 6 GWh orkuvinnslu.

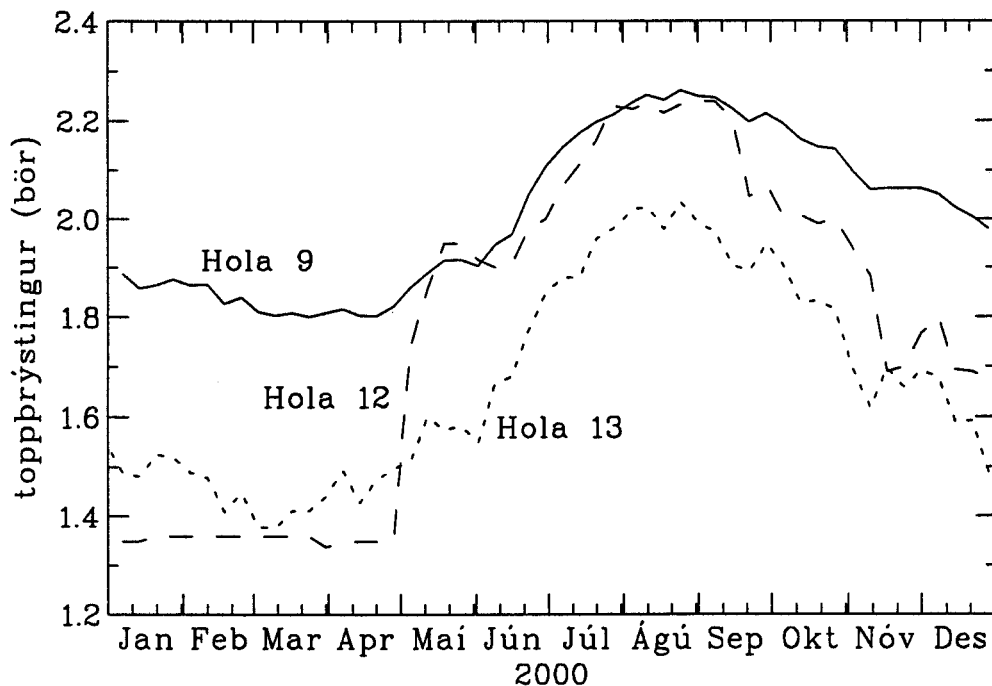
³⁾ Eitthvað ónákvæmar tölur.

Árið 2000 nam orkuvinnsla Hitaveitu Skagafjarðar úr jarðhitakerfinu við Áshildarholtsvatn um 39 MWh/íbúa. Eins og áður hefur verið bent á þá hefur orkuvinnslan á hvern

Íbúa minnkað verulega frá því hún var mest um 50 MWh/íbúa fyrir um tveimur áratugum. Með sölukerfisbreytingu mætti minnka orkuvinnsluna enn frekar, eða niður í 15 - 25 MWh/íbúa, eins og fjallað hefur verið um í fyrri skýrslum. Þá mun sjálfrennsli úr núverandi vinnsluholum halda áfram að nægja Sauðárkróki og nágrenni næstu tvo til þrjá áratugi, jafnvel þó gert sé ráð fyrir vaxandi notkun eftir breytinguna (Guðni Axelsson, 1992).

Gagnasöfnunarbúnaðurinn mælir rennsli úr holum 10, 11, 12 og 13, rennsli frá dælustöð til Sauðárkróks og rennsli til Sjávarborgar. Mælingar á rennsli einstakra holna hafa þó ekki verið áreiðanlegar. Holur 10 og 11 eru opnar allt árið og hefur rennsli úr þeim verið metið út frá þrýstingi í jarðhitakerfinu (hola 9) og iðustreymisstuðlum þeirra (Guðni Axelsson og Steinunn Hauksdóttir, 1999; sjá einnig Guðna Axelsson, 1992). Þannig fást þær niðurstöðurnar að meðalrennsli holu 10 árið 2000 hafi verið um 13,8 l/s og meðalrennsli holu 11 um 25,2 l/s.

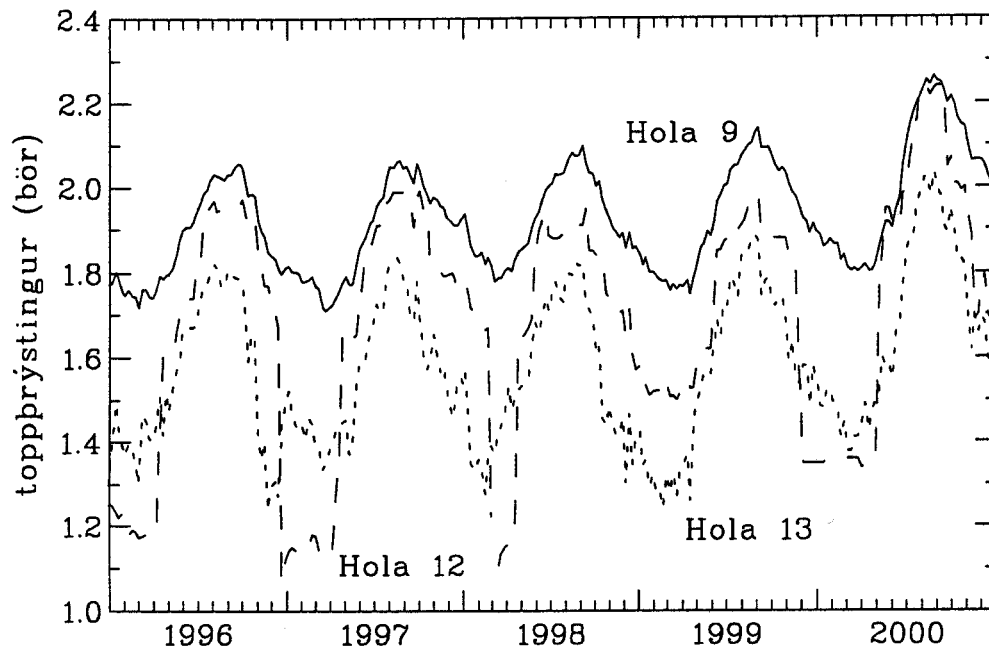
Hola 12 er höfð mismikið opin, allt eftir vatnsþörfinni hverju sinni. Skv. þrýstimælingum var hún fullopin í u.þ.b. fjóra mánuði og hálf opin í 1 1/2 mánuð. Gróflega áætlað þýðir þetta að ársmeðalrennsli holu 12 hafi verið um 16 l/s árið 2000, ef gengið út frá því að fullopin gefi hún um 40 l/s. Ef rennslið er metið á sama hátt og fyrir holur 10 og 11 fæst hins vegar að það hafi verið rúmlega 14 l/s.



Mynd 3. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árið 2000.

Ársmeðalrennsli holu 13 árið 2000 var aðeins um 6 l/s skv. gagnasöfnunarbúnaðinum, en rennsli úr henni er hraðastýrt. Þetta er greinilega of lágt gildi. Ef miðað er við heildarvinnsluna, 68,6 l/s, og áætlað rennsli holna 10, 11 og 12 má áætla að meðalrennsli holu 13 árið 2000 hafi verið um 14,5 l/s.

Hingað til hafa viðbrögð jarðhitakerfisins við Áshildarholtsvatn fyrst og fremst einkennt af þrýstingsbreytingum, og er svo enn. Mynd 3 sýnir þrýsting á holum 9, 12 og 13 árið 2000. Holur 12 og 13 sýna lægri þrýsting, einkum þegar rennur úr þeim. Sumarið 2000, þegar hola 12 var lokuð, sýndi hún mjög svipaðan þrýsting og hola 9. Mynd 4 sýnir síðan þrýsting á sömu holum árin 1995 - 2000. Þar sést að þrýstingur í jarðhitakerfinu hefur farið hægt hækkandi þessi ár og hækkar hann enn. Ástæðan er að sjálfsögðu minnkandi vinnsla. Þó vekur athygli áberandi meiri hækkun sumarið 2000, sem fjallað verður nánar um hér að neðan.



Mynd 4. Þrýstingur á holum 9, 12 og 13 árin 1996 - 2000.

Mynd 5 sýnir tiltækar mælingar á þrýstingi á holu 9 ásamt vinnslu allt frá árinu 1993, en hola 9 er notuð til þess að hafa eftirlit með þrýstingi í jarðhitakerfinu. Samfelldar þrýstingsmælingar eru þó aðeins til frá byrjun hausts 1994. Fram að þeim tíma eru til mælingar fyrir allt árið 1990 og hluta árs 1991, auk nokkurra styttri tímabila og stakra mælinga (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1997). Tafla 2 sýnir tiltækar upplýsingar um þrýsting í lok árs frá 1972 til 1990 (Guðni Axelsson, 1992). Taflan, ásamt mynd 6, sýna því tiltækar upplýsingar tæpa þrjá áratugi aftur í tímann. Mynd 5 sýnir, eins og mynd 4, að þrýstingur hefur farið hækkandi frá 1995, og er það í samræmi við minnkandi vinnslu. Jafnframt sýnir tafla 2 að þrýstingur í jarðhitakerfinu hefur hækkað mikið frá því hann mældist lægstur árið 1984, en þá var vinnslan meira en 30% meiri en nú.

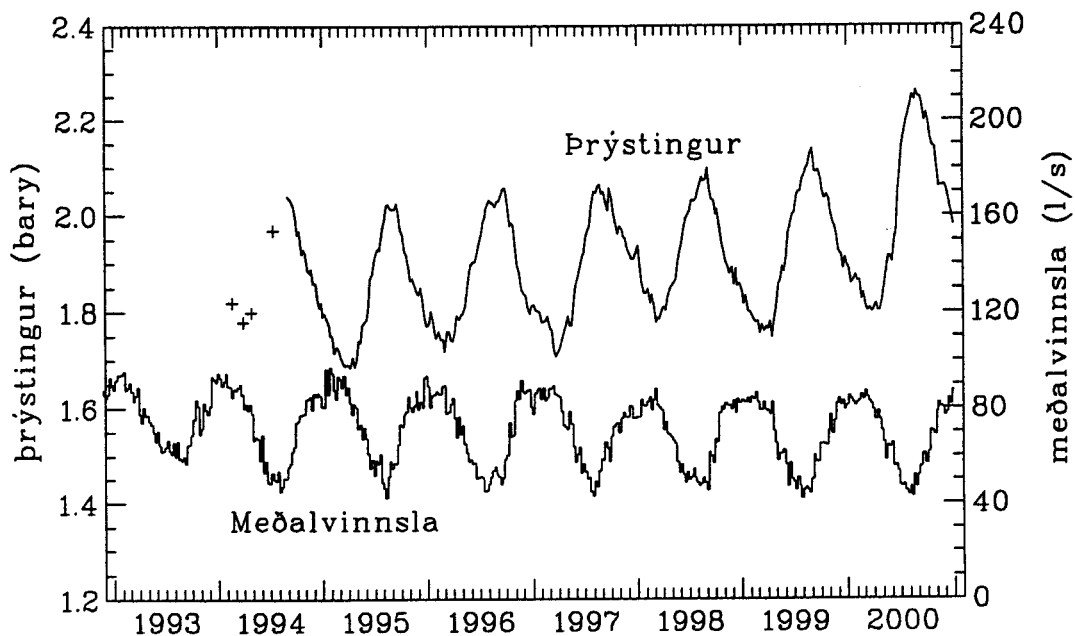
Líkt og mynd 4 sýnir mynd 5 óvenjumikla hækkun þrýstings í jarðhitakerfinu sumarið 2000. Til þess að skoða þetta nánar voru þrýstibreytingarnar teiknaðar fyrir styttri tímabil, annars vegar fjóra mánuði og hins vegar tvo (myndir 6 og 7). Þar sést að hækkunin verður fyrst og fremst í kjölfar Þjóðhátíðarskjálftans 17. júní 2000. Ekki virðist hægt að skýra hana með minnkun í vinnslu, eða mæliskekkju. Áætla má að hækkunin nemi um 0,2 bar, sem svarar til 2 m vatnsborðshækkunar. Þetta er afar athyglisvert því ekki hafði

verið talið líklegt að svo mikilla áhrifa yrði vart í svo mikilli fjarlægð frá upptökum skjálftans. Hins vegar urðu miklar þrýstibreytingar í jarðhitakerfum á Suðurlandi í kjölfar skjálftans, eins og frægt er orðið (Grímur Björnsson o.fl., 2001).

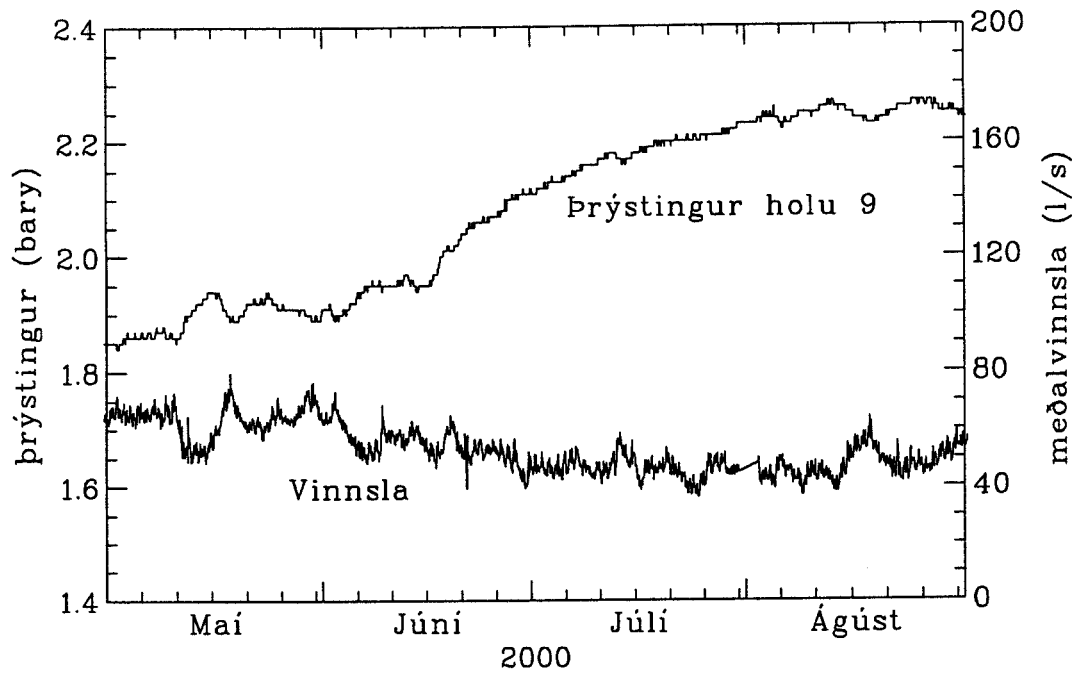
Ef Áshildarholtsvatn er undanskilið höfðu áhrif skjálftans sést lengst í 80 km fjarlægð frá upptökum hans, og ekki hafa áhrif sést annars staðar á Norðurlandi svo vitað sé. Þrýstigögnin úr holunum við Áshildarholtsvatn eru afar mikilvægt til eflingar skilnings á jarðskorpu Íslands og jarðhitakerfunum sem í henni finnast. Einnig sýnir þessi uppgötvun mikilvægi nákvæmrar sískráningar eins og hér um ræðir. Ekki er ljóst hvort þessi þrýstingsaukning er varanleg, eða hvort hún hefur að einhverju leyti gengið til baka. Það mun koma í ljós er farið verður yfir gögn ársins 2001.

Tafla 2. Þrýstingur í jarðhitakerfinu í lok árs til og með 1990.

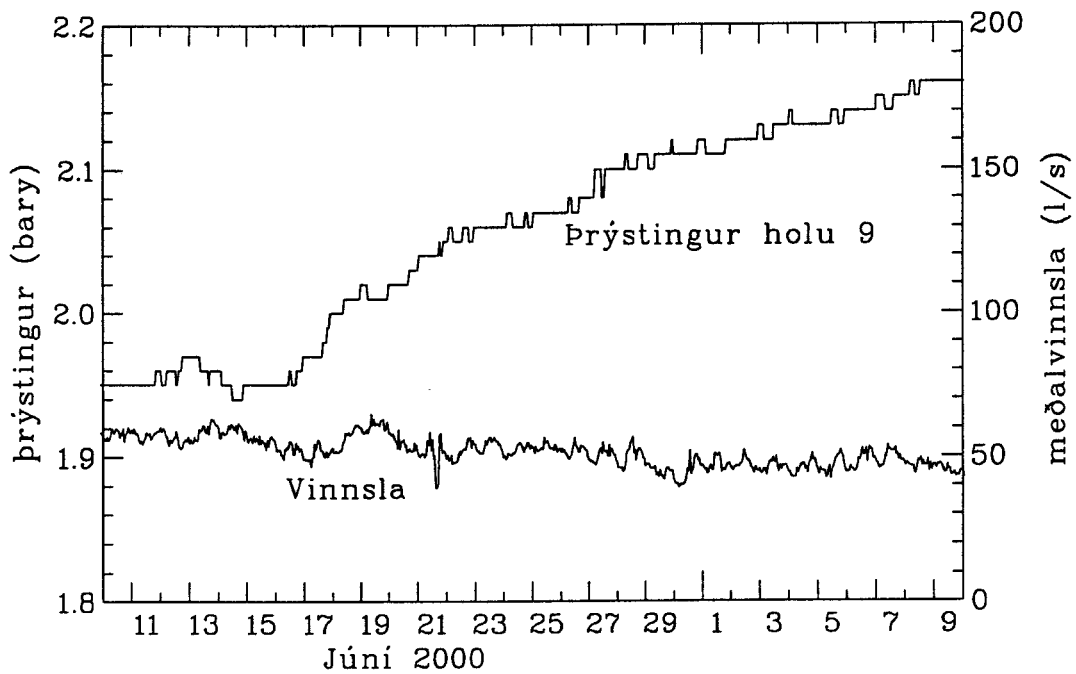
Ár	Þrýstingur í lok árs (bar-g)
1972	(5,0)
1976	3,3
1980	1,7
1981	1,5
1984	1,3
1989	1,7
1990	1,7



Mynd 5. Vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn árin 1993 - 2000 ásamt mælingum á þrýstingi holu 9.



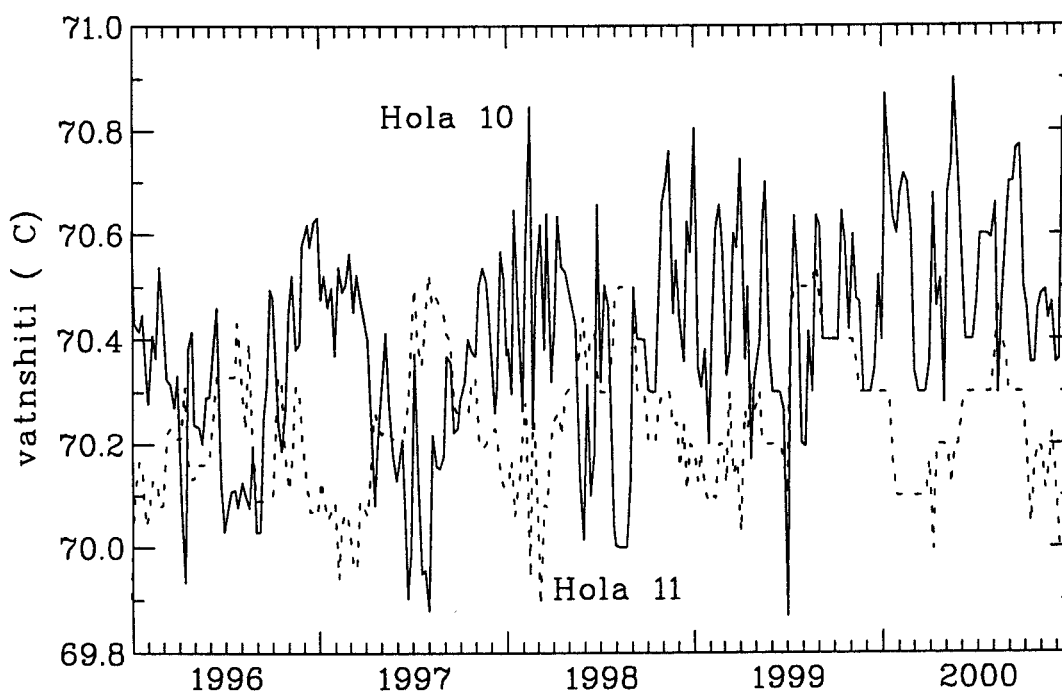
Mynd 6. Mælingar á prýstingi holu 9 við Áshildarholtsvatn frá byrjun maí og út ágúst 2000.



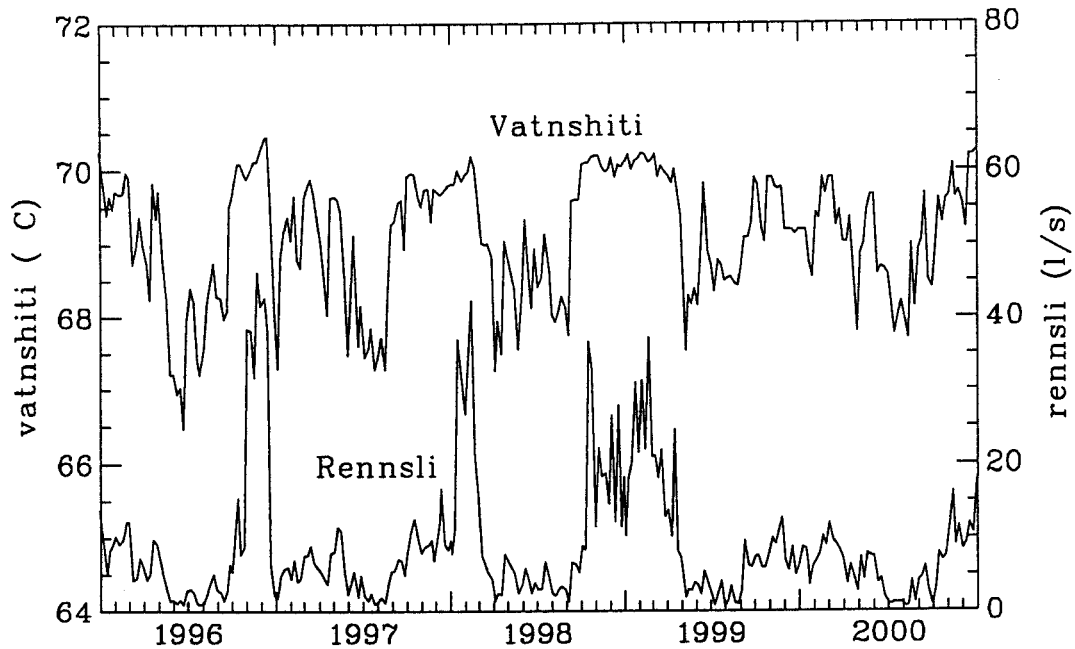
Mynd 7. Mælingar á prýstingi holu 9 við Áshildarholtsvatn frá 10. maí til 10. júlí 2000.

Mynd 8 sýnir hita vatns úr holum 10 og 11 árin 1995 - 200. Hann sveiflast um ca. 0,5 - 1 °C í hvorri holu og er að einhverju leyti öfug fylgni milli vatnshita í holunum. Þetta er talið stafa af smávægilegum breytingum á rennsli, og þar með vatnshita, þessara tveggja holna. Aðallega er um árssveiflu að ræða (Guðni Axelsson og Steinunn Hauksdóttir, 1999). Skv. mynd 8 virðist hiti vatns úr holu 10 fara hægt hækkandi, en óvíst er að um marktæka breytingu sé að ræða. Meðalhiti vatns úr þessum holum er rétt rúmlega 70 °C. Þá var meðalhiti vatns úr holu 12 69,5 °C árið 2000. Hiti vatns úr holu 13 breytist hins vegar nokkuð, sveiflast milli 66,5 og 70,5 °C, eins og sést á mynd 9. Meðalhiti vatns úr holu 13 reiknast 69,1 °C árið 1998. Meðalhiti vatns frá dælustöðinni var 70,3 °C árið 1999, sem er nokkurn veginn sami meðalvatnshiti og árin 1995 - 1999. Hiti vatns úr fjór- um vinnsluholum Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn hefur ekki breyst marktækt síðustu árin, og virðist í raun hafa breyst óverulega í gegnum tíðina.

Mynd 9 sýnir að samband er milli vatnshita og rennslis úr holu 13, eins og fjallað hefur verið um áður. Sambandið er þannig að líklegast er að sveiflurnar stafi aðallega af því að við lítið rennsli kólnar vatnið meira á leið upp holuna, en við meira rennsli. Ef rennslið er hins vegar meira en 10 l/s helst vatnshitinn stöðugur, eða rúmlega 70 °C, líkt og úr hin- um holunum á svæðinu.



Mynd 8. Hiti vatns úr holum 10 og 11 árin 1996 - 2000.



Mynd 9. Hiti vatns og rennsli úr holu 13 árin 1996 - 2000.

2.2 Efnasamsetning jarðhitavatnsins

Einn þáttur vinnslueftirlitsins hjá Hitaveitu Sauðárkróks er að fylgjast með efnasamsetningu heita vatnsins og kanna hvort einhverjar breytingar komi þar fram t.d. vegna langvarandi vinnslu úr jarðhitageyminum. Síðastliðin ár hefur efnaeftirlit verið fólgið í því að starfsmenn Orkustofnunar hafa tekið heilsýni úr holum 12 og 13 (BM-12 og BM-13) og úr dæluhúsi á Borgarmýrum einu sinni á ári.

Sýni til efnagreininga á vatni hjá Hitaveitu Sauðárkróks voru tekin þann 4. október 2000. Sýni úr holunum voru tekin við holutopp líkt og undanfarin ár, og sýni úr dælustöð var tekið úr aðveitulögn rétt áður en hún fer úr dælustöðinni í átt til bæjarins. Að venju voru hiti, uppleyst súrefni og brennisteinsvetni mæld á staðnum. Sýrustig og karbónat voru mæld næsta dag. Önnur efni voru mæld á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar í vetur sem leið, að því frátöldu að samsætur súrefnis ($\delta^{18}\text{O}$) og vetnis (δD) voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 3, ásamt greiningum frá árinu 1999.

Uppleyst súrefni var mælt við holutopp og í dælustöð samhliða sýnatöku og mældist styrkur þess 0 á öllum stöðum líkt og undanfarin ár. Við sýnatöku mældist hiti vatnsins 70,5°C í holu 12, 68,2°C í holu 13 og 70,1°C í dælustöð veitunnar. Í fyrri skýrslum um vinnslueftirlit hjá hitaveitunni hefur komið fram að hiti vatns úr holunum, allavega úr holu 13, sveiflast talsvert innan ársins, nokkuð í takt við vinnslu úr holunni.

Í töflu 3 kemur fram að efnasamsetning vatns úr holum 12 og 13 og dælustöð hefur lítið breyst á milli árana 1999 og 2000. Mynd 10 a - 1 sýnir hita vatns við sýnatöku og styrk allra aðalefna í vatni úr holum 12 og 13 og í dælustöð á árunum 1984 til 2000, auk hlut-

Tafla 3. Efnasamsetning vatns á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn (mg/l).

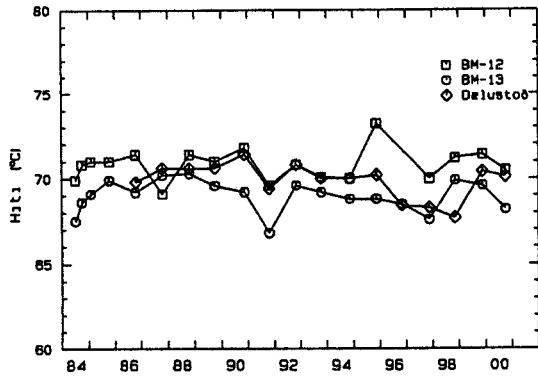
Staður	Dælustöð		Hóla BM-12		Hóla BM-13	
	2000.10.04	1999.11.24	2000.10.04	1999.11.24	2000.10.04	1999.11.24
Dagsetning						
Númer	2000-0372	1999-0515	2000-0370	1999-0513	2000-0371	1999-0514
Hiti (°C)	70,1	70,4	70,5	71,4	68,2	69,6
Sýrustig (pH/°C)	9,83/22,5	9,95/22,6	9,94/22,0	9,88/22,7	9,98/22,6	9,89/22,9
Leiðni ((μ S/cm)/25°C)	290	289	308	307	276	284
Uppleyst súrefni (O ₂)	0	0	0	0	0	0
Karbonsat (CO ₂ (t))	14,6	13,7	14,1	12,9	15,2	14,6
Brennist.vetni (H ₂ S)	0,41	0,42	0,28	0,34	0,43	0,44
Bór (B)	0,16	0,15	0,20	0,18	0,14	0,14
Kífsill (SiO ₂)	70,8	71,1	70,0	69,8	68,9	71,0
Natríum (Na)	57,3	56,8	59,9	59,7	55,1	55,2
Kalíum (K)	0,78	0,78	0,82	0,83	0,71	0,76
Magnesium (Mg)	0,002	0,005	0,003	0,004	0,002	0,006
Kalsíum (Ca)	3,50	3,51	3,76	3,68	3,25	3,45
Flúoríð (F)	1,46	1,53	1,44	1,51	1,50	1,55
Klóríð (Cl)	20,9	21,0	24,0	24,0	18,0	19,2
Súlfat (SO ₄)	41,6	41,5	45,7	46,1	36,8	39,0
Ál (Al)	0,064	0,073	0,065	0,072	0,064	0,069
Mangan (Mn)	<0,0001	0,001	0,0002	0,0009	0,001	0,0009
Járn (Fe)	0,0019	0,0004	0,0052	0,0015	0,0037	0,0014
Uppleyst efni	140	183	218	244	195	214
δ D (‰ SMOW)	-	-	-100,1	-98,9	-97,0	-95,1
δ^{18} O (‰ SMOW)	-	-	-13,48	-13,48	-13,22	-13,25

falls vetnis- og súrefnissamsætna í vatni úr holum 12 og 13. Að þessu sinni hefur niðurstöðum efnagreininga á vatni úr dælustöðinni verið bætt inn á myndirnar og þær að því leyti frábrugðnar sambærilegum myndum í fyrri vinnslueftirlitsskýrslum.

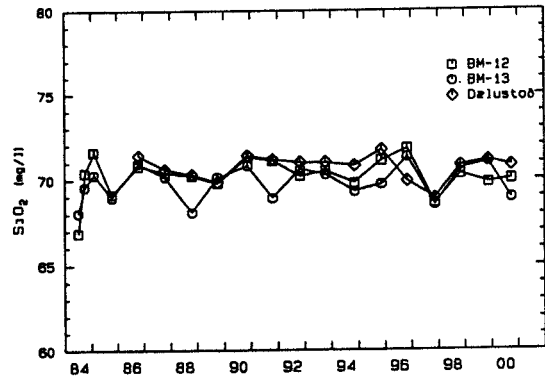
Langtímabreytingar á efnasamsetningu vatns úr holunum eru ekki umtalsverðar og vart marktækar að teknu tilliti til t.d. breyttra efnagreiningaaðferða og breytilegrar vinnslu úr holunum. Hiti mældist lítið eitt lægri í holu 13 haustið 2000 en haustin tvö á undan. Einnig mældist styrkur margra efna heldur lægri og er talið að þetta endurspegli mismunandi vinnslu úr holunni á þeim tíma sem sýnataka fór fram. Það er vel þekkt að styrkur margra efna er háður hita þess á þann hátt að hann er hærri eftir því sem hitinn er hærri.

Að venju hefur kalkmettun verið reiknuð fyrir sýni tekin í dælustöð veitunnar og eru niðurstöður sýndar á mynd 11. Niðurstöður eru svipaðar og undanfarin ár. Vatnið er lítillega yfirmettað m.t.t. kalsíts (kalks) en vel innan þeirra marka þar sem útfellingar verða ekki til vandræða, sem sýnt er með strikálínu á mynd 11.

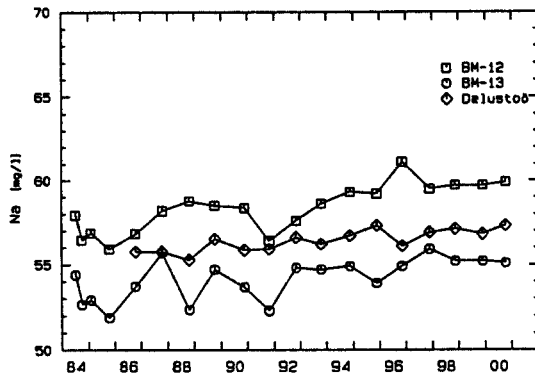
Heita vatnið hjá Hitaveitu Sauðárkróks er vel fallið til allrar almennrar hitaveitunýtingar og styrkur allra efna, nema flúoríðs (F), er innan þeirra marka sem gerðar eru til neysluvatns. Sýrustig vatnsins er reyndar herra en neysluvatnsstaðlar kveða á um, en það er ekki hættulegt.



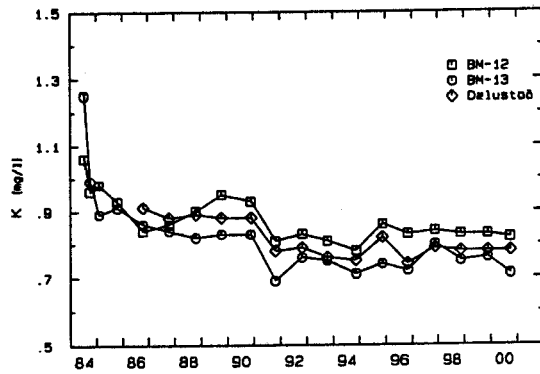
a. Hiti mældur við sýnatöku.



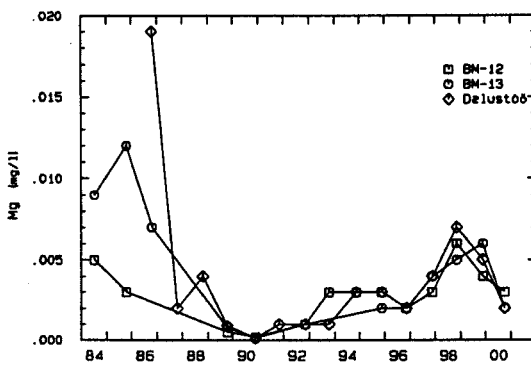
b. Styrkur kísils.



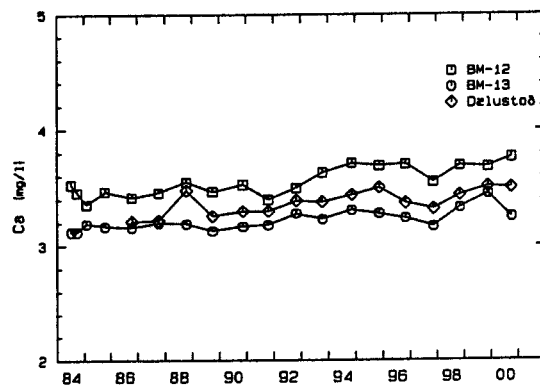
c. Styrkur natríums.



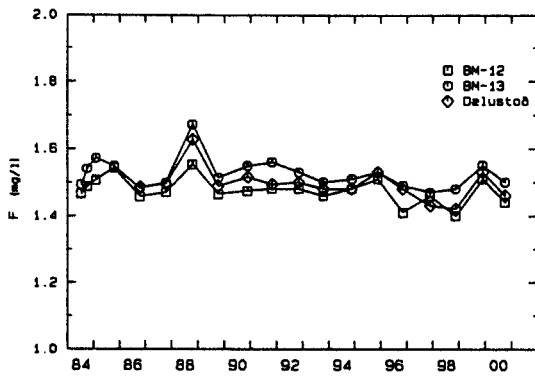
d. Styrkur kalíums.



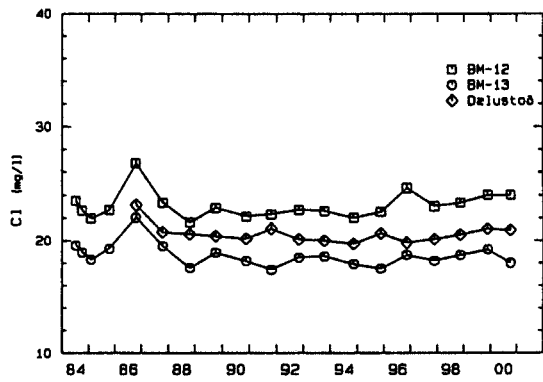
e. Styrkur magnesíums.



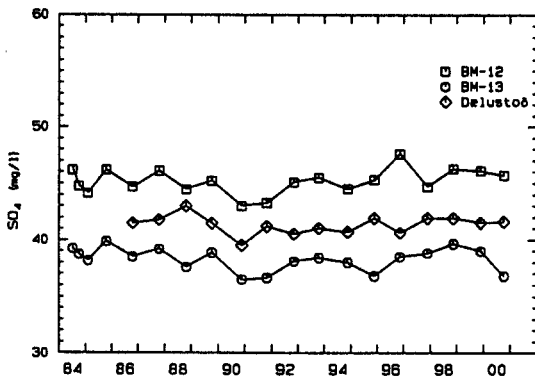
f. Styrkur kalsíums.



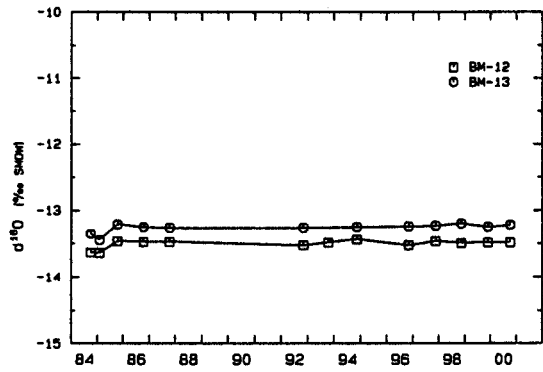
g. Styrkur flúoríðs.



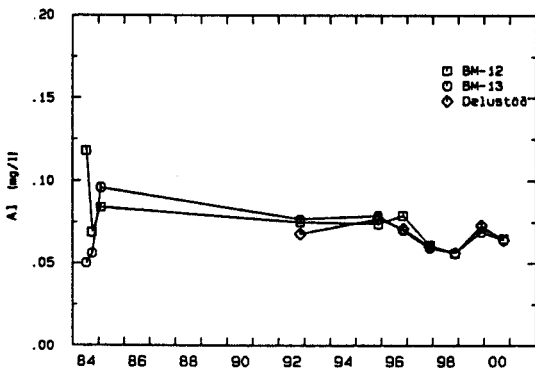
h. Styrkur klóríðs.



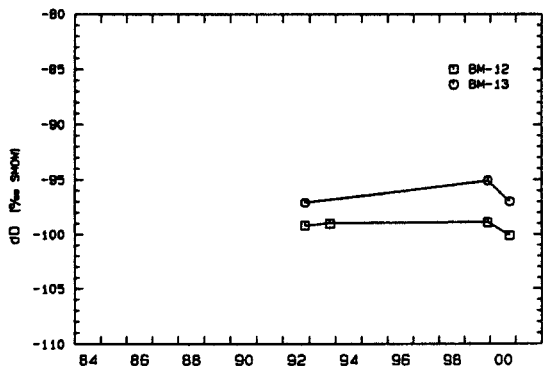
i. Styrkur súlfats.



j. Hlutfall súrefnissamsætna.



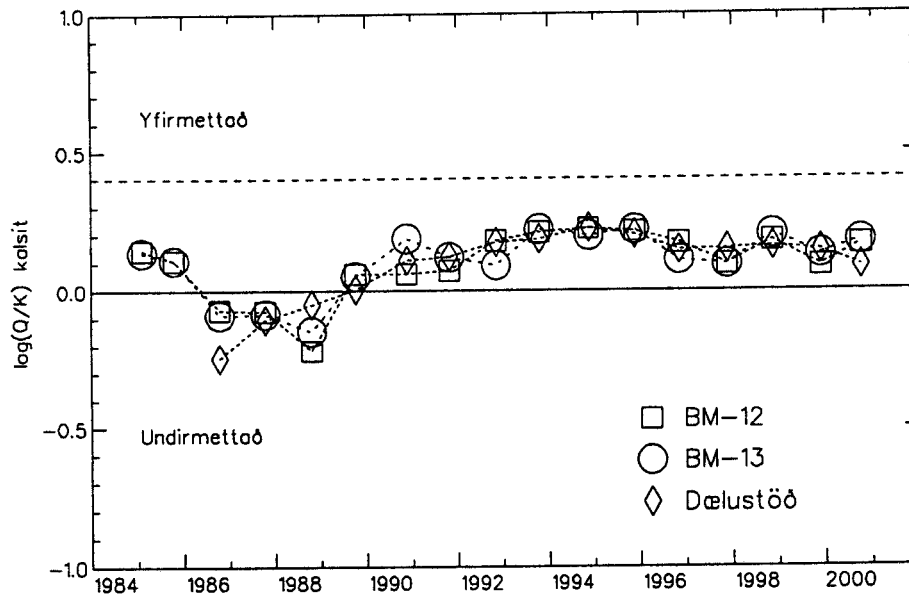
k. Styrkur áls.



l. Hlutfall vetnissamsætna.

Mynd 10 a - I. Mældur hiti, styrkur einstakra efna og hlutfall súrefnis- og vetnissamsætna í vatni úr borholum við Áshildarholtsvatn.

arholtsvatn.



Mynd 11. Kalkmettun vatns í dælustöð og úr holum 12 og 13 við Áshildarholtsvatn.

3. JARÐHITASVÆÐIÐ Í VARMAHLÍÐ

3.1 Efnasamsetning jarðhitavatnsins

Hitaveitan frá Varmahlíð hefur um langa hríð nýtt vatn úr borholum 2 og 3 (VH-02 og VH-03) í Varmahlíð. Nýlega var holi 3 endurvirkjuð með dælu og einnig var byggt hús yfir holutopp. Frá dæluhúsi er vatni dreift til notenda í Varmahlíð og í sveitina þar um kring. Fylgst hefur verið með efnasamsetningu með vatni hjá hitaveitunni af og til frá árinu 1986 (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 2000; sjá einnig aðrar heimildir).

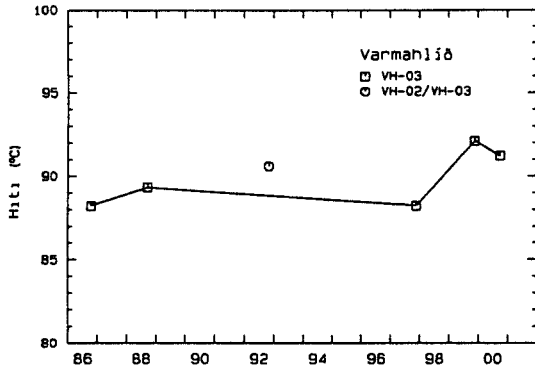
Starfsmenn Orkustofnunar tóku sýni af vatni hjá veitunni þann 3. október 2000. Sýnið var tekið í dæluhúsi við holi 3. Hiti, uppleyst súrefni og brennisteinsvetni voru mæld við sýnatöku. Önnur efni hafa verið mæld á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar að því frátöldu að samsætur súrefni og vetnis voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður eru sýndar í töflu 4. Einnig eru sýndar niðurstöður efnagreininga á sýni frá haustinu 1999.

Tafla 4. Efnasamsetning vatns í Varmahlíð (mg/l).

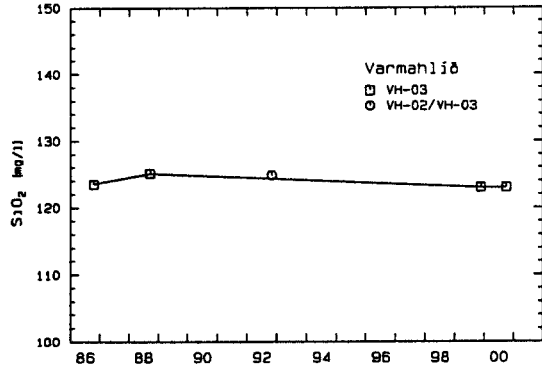
Staður	VH-03	VH-03
Dagsetning	2000.10.03	1999.11.24
Númer	2000-0368	1999-0517
Hiti (°C)	91,2	92,1
Sýrustig (pH/°C)	9,60/20,3	9,54/22,7
Leiðni ((µS)/25°C)	375	374
Uppleyst súrefni (O ₂)	0	0
Karbónat (CO ₂ (t))	35,7	35,6
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	1,96	2,0
Bór (B)	0,43	0,40
Kísill (SiO ₂)	123,0	123,0
Natríum (Na)	78,4	77,9
Kalíum (K)	1,98	1,95
Magnesíum (Mg)	0,003	0,004
Kalsíum (Ca)	1,74	1,68
Flúoríð (F)	2,23	2,35
Klóríð (Cl)	28,0	28,4
Súlfat (SO ₄)	46,7	48,6
Ál (Al)	0,070	0,078
Mangan (Mn)	0,0006	0,0018
Járn (Fe)	0,0028	0,0025
Uppleyst efni	242	344
δD (‰ SMOW)	-108,2	-107,5
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-13,84	-13,82

Mynd 12 a - 1 sýnir að styrkur einstakra efna í vatni úr holum 2 og 3 hefur ekki breyst á marktækan hátt á þeim tíma sem gögnin ná yfir, 1986 til 2000. Útreiknaður efnahiti í jarðhitakerfinu, sem holi 2 og 3 vinna vatn sitt úr er um 100 til 110°C. Vatnið úr holum 2 og 3 er ágætt í alla almenna jarðhitanoftkun. Styrkur súlfíðs (brennisteinsvetnis) er nokkuð hár og hjálpar til við að eyða súrefni úr vatninu, sem í það kemst t.d. í gegnum

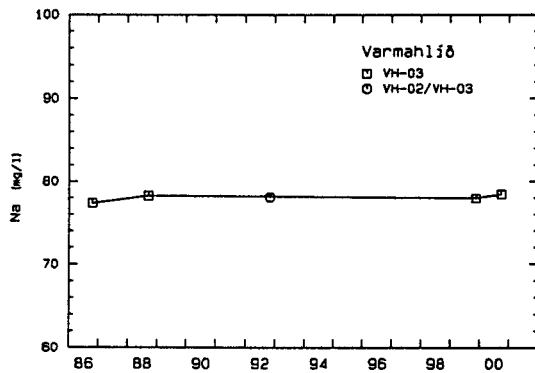
veggi plaströra í dreifikerfi. Rétt er að benda á, að styrkur flúoríðs í vatninu er nokkuð hærri en hámark staðla fyrir drykkjarvatn segir til um. Vatnið úr holum 2 og 3 í Varmahlíð er nánast í jafnvægi með tilliti til kalsíts, sem í daglegu tali kallast kalk (mynd 12 k). Af þeim sökum er ekki líklegt að kalkútfellingar verði til vandræða við nýtingu vatnsins.



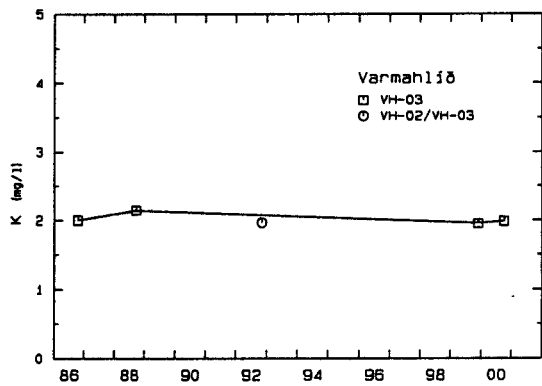
a. Hiti mældur við sýnatöku.



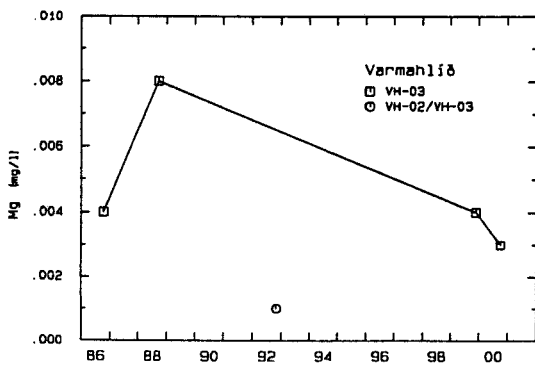
b. Styrkur kísils.



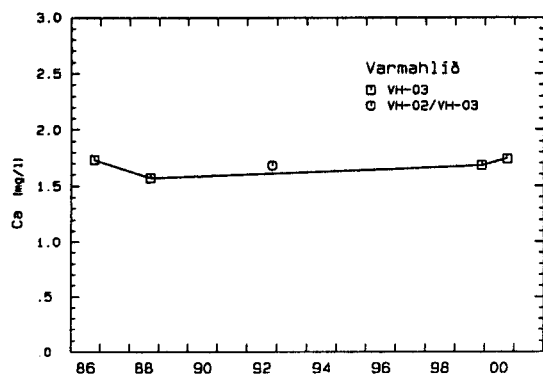
c. Styrkur natríúms.



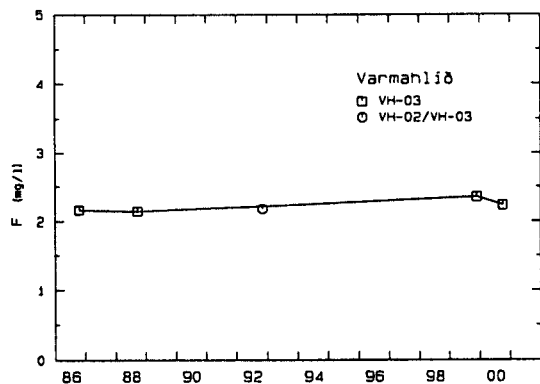
d. Styrkur kalíúms.



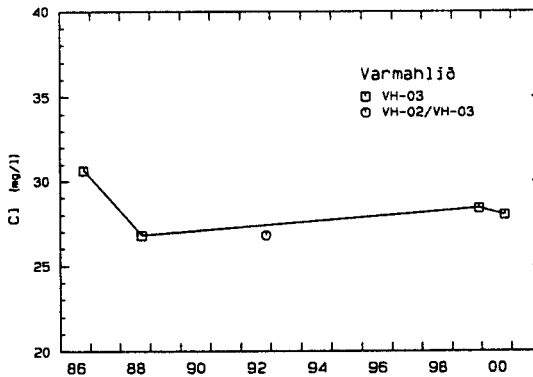
e. Styrkur magnesíúms.



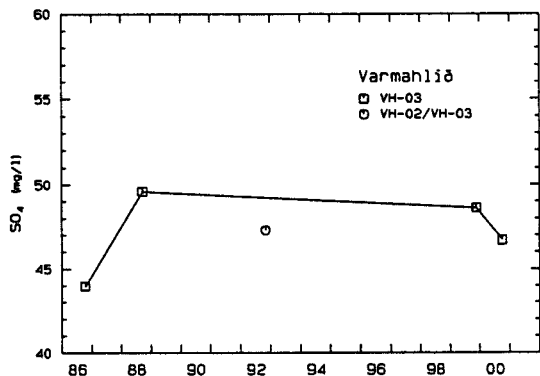
f. Styrkur kalsíúms.



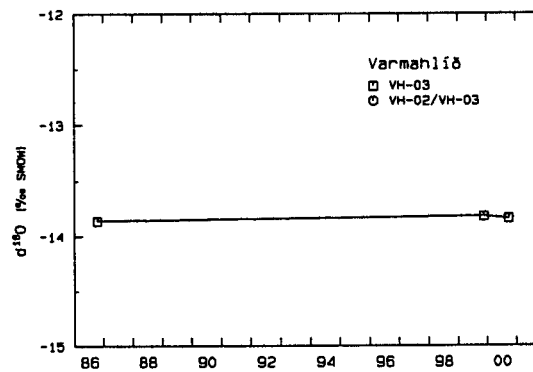
g. Styrkur flúoríðs.



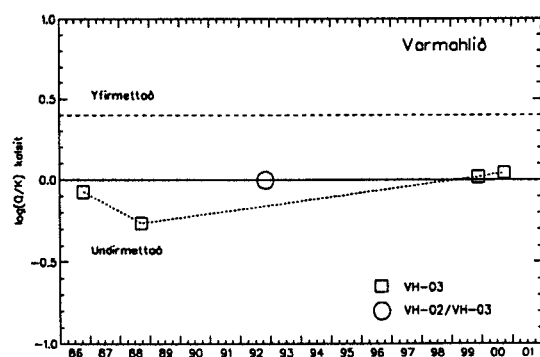
h. Styrkur klóríðs.



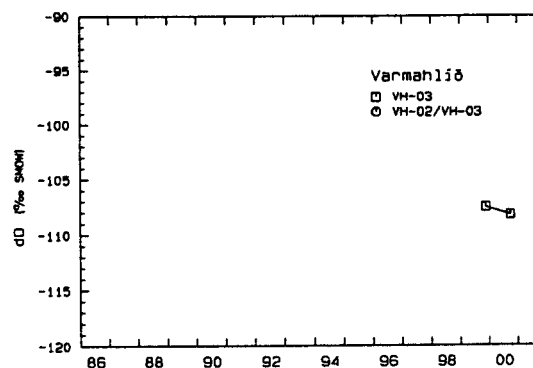
i. Styrkur súlfats.



j. Hlutfall súrefnissamsætna.



k. Kalkmettun vatnsins.



l. Hlutfall vetnissamsætna.

Mynd 12 a - l. Mældur hiti, styrkur einstakra efna og hlutfall súrefnis- og vetnissamsætna í vatni úr borholum í Varmahlíð.

4. JARÐHITASVÆÐIÐ Á STEINSSTÖÐUM

4.1 Efnasamsetning jarðhitavatsins

Hitaveitan frá Steinsstöðum í Skagafirði tekur vatn úr Steinsstaðalaug. Vatnið rennur frá lauginni að dælu í dæluhúsi við bókasafnið. Frá dæluhúsinu er vatninu dreift til notenda.

Starfsmenn Orkustofnunar tóku sýni af vatni hjá veitunni þann 3. október 2000. Sýnið var tekið í dæluhúsinu, á sama stað og undanfarin tvö ár (t.d Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1999). Hiti, uppleyst súrefni og brennisteinsvetni voru mæld við sýnatöku. Önnur efni hafa verið mæld á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar að því frátöldu að samsætur súrefni og vetnis voru mældar á Raunvísindastofnun Háskólans. Niðurstöður eru sýndar í töflu 5. Þar eru einnig sýndar, til samanburðar, niðurstöður efnagreininga á sýnum frá 1998 og 1999.

Tafla 5. Efnasamsetning vatns á Steinsstöðum (mg/l).

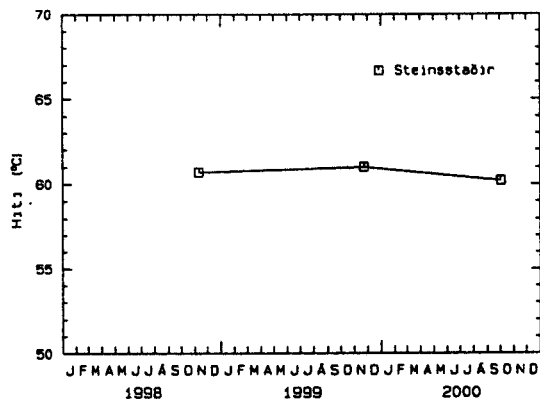
Staður	Dæluhús		
	2000.10.03 2000-0369	1999.11.24 1999-0516	1998.11.11 1998-0574
Hiti (°C)	60,7	61,0	
Sýrustig (pH/°C)	10,19/21,1	10,15/22,8	10,15/22,2
Leiðni ((µS/cm)/25°C)	257	261	271
Uppleyst súrefni (O ₂)	0,5	0,5	0,35
Karbonsat (CO ₂ (t))	20,9	20,4	21,6
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	0,04	0,03	0,03
Bór (B)	0,25	0,24	0,28
Kísil (SiO ₂)	81,2	83,0	82,5
Natríum (Na)	54,8	54,7	54,7
Kálfum (K)	0,47	0,47	0,47
Magnesíum (Mg)	0,006	0,009	0,015
Kalsíum (Ca)	1,45	1,40	1,58
Flúoríð (F)	0,95	1,07	0,97
Klóríð (Cl)	12,5	13,2	12,9
Súlfat (SO ₄)	15,4	16,3	17,0
Ál (Al)	0,114	0,120	0,100
Mangan (Mn)	0,0002	0,0005	0,0001
Járn (Fe)	0,0095	0,0056	0,0064
Uppleyst efni	180	215	217
δD (‰ SMOW)	-97,8	-97,4	-99,1
δ ¹⁸ O (‰ SMOW)	-13,30	-13,28	-13,34

Í töflu 5 kemur fram að efnasamsetning vatnsins úr Steinsstaðalaug hefur ekki breyst að neinu marki á árabílinu 1998 til 2000. Lægri styrkur uppleystra efna í sýni frá síðastliðnu hausti en verið hefur undanfarin ár er talinn stafa af ónákvæmni í mælingu. Hiti við sýnatöku, styrkur einstakra efna og hlutföll samsætna eru sýnd nánar á mynd 13 a - 1, sem fylgja hér á eftir.

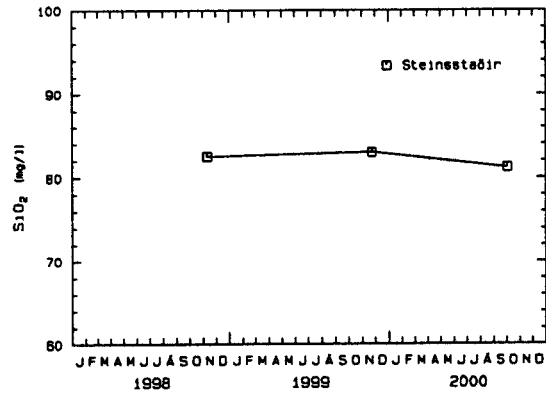
Vatnið úr Steinsstaðalaug er um flest ágætt í alla almenna jarðhitanoftun. Styrkur uppleysts súrefnis er þó mjög hár og vatnið er því tærandi fyrir járn- og stállagnir. Hár súrefnisstyrkur stafar vafalítið af því, að vatnið er nánast tekið við yfirborð og því eiga sér

stað ör efnaskipti milli vatnsins og andrúmslofts. Yfirleitt má koma í veg fyrir súrefni í jarðhitavatni með því að ná vatninu á meira dýpi, t.d. um borholu. Styrkur magnesíums (mynd 13 e) hefur lækkað lítillega á síðastliðnum þremur árum og má vera að það stafi af bættum frágangi við hverinn sem vatnið er tekið úr.

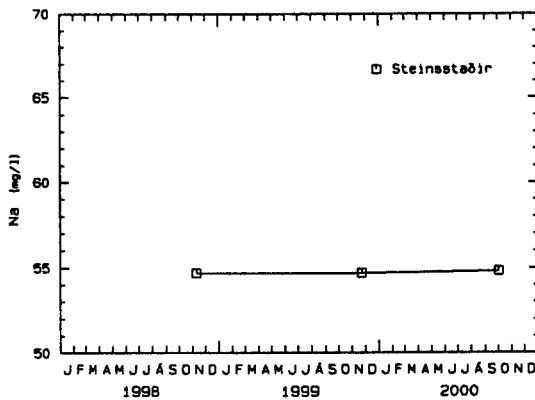
Vatnið úr Steinsstaðalaug er lítillega yfirmettað með tilliti til kalsíts, sem í daglegu tali kallast kalk (mynd 13 k), líkt og algengt er um jarðhitavatn hér á landi. Yfirmettunin er þó lítil og ekki líklegt að kalkútfellingar verði til vandræða við nýtingu vatnsins.



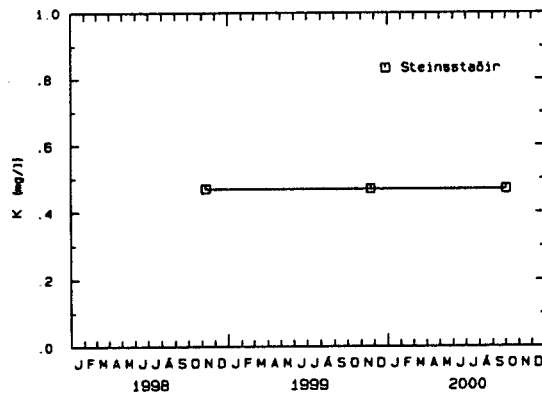
a. Mældur hiti við sýnatöku



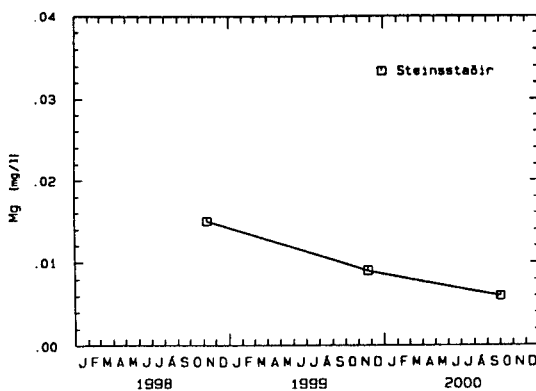
b. Styrkur kísils



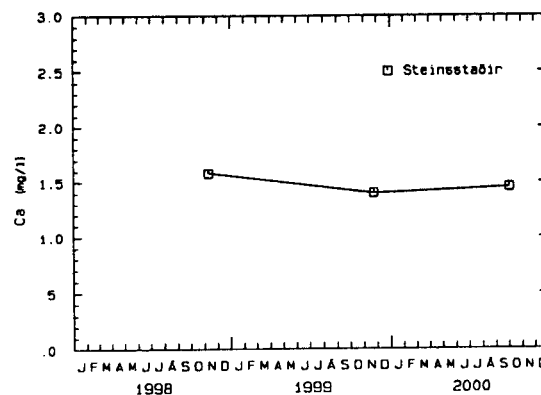
c. Styrkur natríums



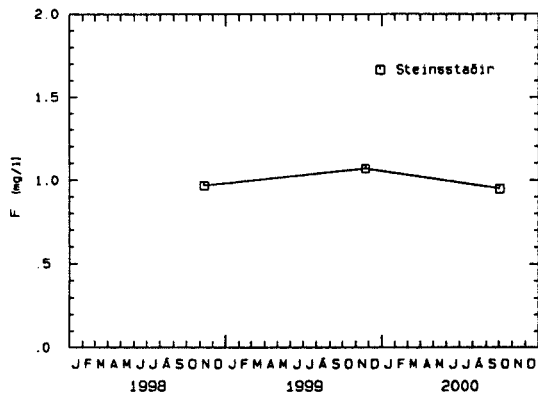
d. Styrkur kalíums



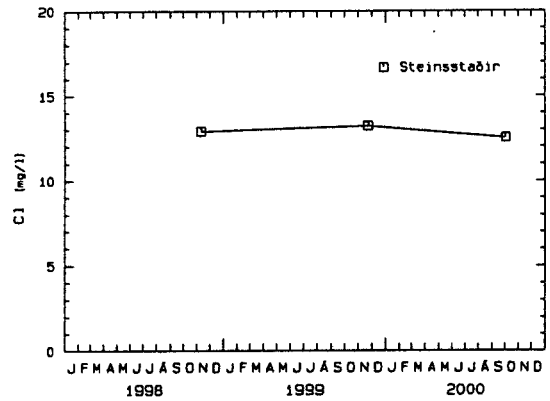
e. Styrkur magnesíums



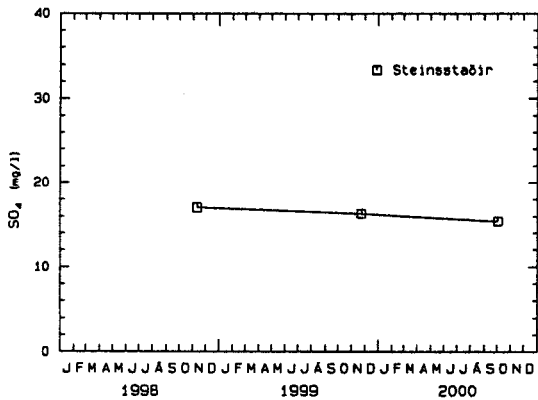
f. Styrkur kalsíums



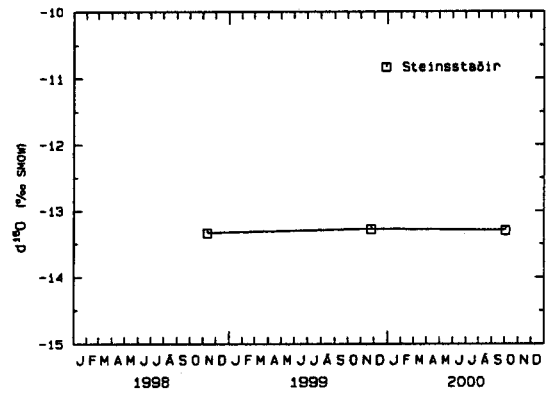
g. Styrkur flúoríðs



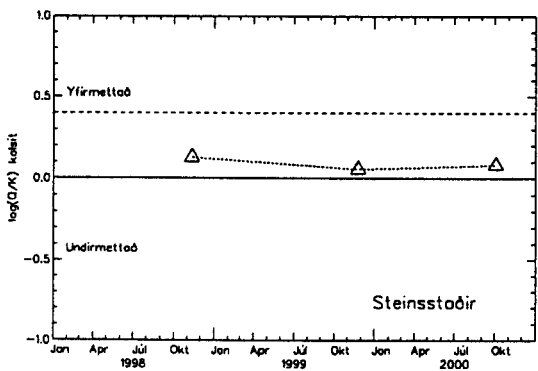
h. Styrkur klóríðs



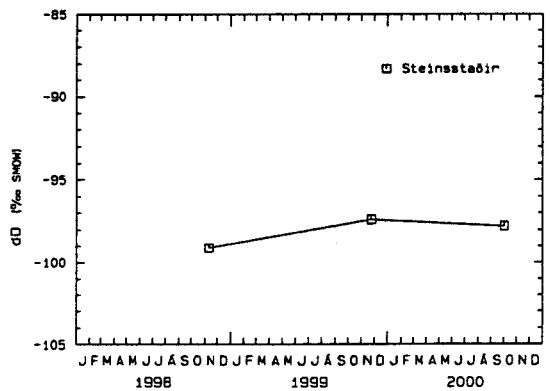
i. Styrkur súlfats



j. Hlutfall súrefnissamsætna



k. Kalkmettun vatnsins



l. Hlutfall vetnissamsætna

Mynd 13 a - l. Mældur hiti, styrkur einstakra efna og hlutfall súrefnis- og vetnissamsætna í vatni á Steinsstöðum.

5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR OG LOKAORÐ

Helstu niðurstöður vinnslueftirlits ársins 2000 á jarðhitasvæðunum við Áshildarholtsvatn, í Varmahlíð og á Steinsstöðum eru eftirfarandi:

1. Á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn var meðalvinnsla ársins tæplega 69 l/s, sem svarar til 2% aukningar frá árinu áður. Vinnslan er þó nálægt lágmarki miðað við meðalvinnslu síðustu þriggja áratuga og hefur minnkað verulega síðasta áratuginn. Ástæðan er talin bætt orkunýting á Sauðárkróki. Heildarorkuvinnslan árið 2000 var um 99 GWh, eða um 39 MWh/íbúa.
2. Meðalrennsli einstakra holna við Áshildarholtsvatn árið 2000 er áætlað sem hér segir: 14 l/s fyrir holu 10, 25 l/s fyrir holu 11, 15 l/s fyrir holu 12 og 14,5 l/s fyrir holu 13.
3. Þrýstingur í jarðhitakerfinu við Áshildarholtsvatn hefur farið hækkandi síðustu árin vegna minnkandi vinnslu. Hann hefur í raun hækkað allt frá árinu 1984 er hann var í lágmarki.
4. Óvenjumikil hækkun þrýstings (0,2 bar) varð í jarðhitakerfinu sumarið 2000 og er talið að um afleiðingu Þjóðhátíðarskjálftans 17. júní 2000 sé að ræða. Þetta er mjög athyglisvert því áhrif skjálftans höfðu ekki sést lengra en í 80 km fjarlægð frá upptökum hans. Gögnin tengd þessari breytingu eru afar mikilvæg til eflingar skilnings á jarðskorpu Íslands og jarðhitakerfunum sem í henni finnast.
5. Hiti vatns úr fjórum vinnsluholum Hitaveitu Skagafjarðar við Áshildarholtsvatn hefur ekki breyst marktækt síðustu árin, og virðist hann hafa breyst óverulega í gegnum tíðina.
6. Sjálfvirk gagnasöfnun við Áshildarholtsvatn gekk mjög vel á síðasta ári og eru nú til ítarleg gögn frá lokum árs 1994. Gögnin sem til eru um áhrif Þjóðhátíðarskjálftans sýna mikilvægi nákvæmrar sískráningar eins og hér um ræðir. Mælingar búnaðarins á rennsli einstakra holna eru þó ekki áreiðanlegar.
7. Vinnslueiginleikar vatns úr borholum við Áshildarholtsvatn eru ákjósanlegir hvað varðar alla almenna heitavatnsnotkun. Ekki eru sjáanlegar neinar þær breytingar í efnasamsetningu vatnsins sem benda til breytinga í jarðhitakerfinu, svo sem innstreymis kalds vatns í það.
8. Vatnið úr borholum í Varmahlíð er ágætt í alla almenna heitavatnsnotkun. Niðurstöður efnagreininga benda ekki til breytinga í jarðhitakerfinu.
9. Heitt vatn á Steinsstöðum er ágætt í alla almenna heitavatnsnotkun að því frátöldu að það inniheldur talvert magn af uppleystu súrefni. Vatnið er því tærandi fyrir járn- og stálagnir.

6. HEIMILDIR

Grímur Björnsson, Ólafur G. Flóvenz, Kristján Sæmundsson og Einar M. Einarsson, 2001: Áhrif jarðskjálfta í júní 2000 á jarðhitakerfi á Suðurlandi. Erindi flutt á Orkuþingi 2001, 252-258.

Guðni Axelsson, 1992: *Jarðhitasvæðið við Áshildarholtsvatn í Skagafirði. Rennslisprófun og mat á afkastagetu.* Orkustofnun, OS-92019/JHD-08 B, 32 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1995: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1994.* Orkustofnun, OS-95022/JHD-15 B, 10 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1992.* Orkustofnun, OS-93030/JHD-15 B, 10 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1991: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1990.* Orkustofnun, OS-91021/JHD-08 B, 10 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1990: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1989.* Orkustofnun, OS-90022/JHD-10 B, 11 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Guðrún Sverrisdóttir, 1996: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1995.* Orkustofnun, OS-96037/JHD-22 B, 17 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 2000: *Hitaveita Skagafjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1999.* Orkustofnun, OS-2000/052, 28 s., unnið fyrir Hitaveitu Skagafjarðar.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1998: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1997.* Orkustofnun, OS-98053, 18 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1997: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1996.* Orkustofnun, OS-97051, 17 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1994: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1993.* Orkustofnun, OS-94017/JHD-08 B, 13 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1992: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1991.* Orkustofnun, OS-92033/JHD-16 B, 12 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.

Guðni Axelsson og Steinunn Hauksdóttir, 1999: *Hitaveita Sauðárkróks. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Áshildarholtsvatn árið 1998.* Orkustofnun, OS-99050, 19 s., unnið fyrir Hitaveitu Sauðárkróks.