



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Hitaveita Ólafsfjarðar

**Eftirlit með jarðhitavinnslu
árið 2001**

**Arnar Hjartarson
Vigdís Harðardóttir**

Unnið fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar

2002

OS-2002/029



**Arnar Hjartarson
Vigdís Harðardóttir**

Hitaveita Ólafsfjarðar Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 2001

Unnið fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar

OS-2002/029

Ágúst 2001

ORKUSTOFNUN — RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. — Sími: 569 6000 — Fax: 568 8896

Akureyri: Sólborg, 600 Akureyri. — Sími: 463 0957 — Fax: 463 0998

Netfang: os@os.is — Heimasíða: <http://www.os.is>



Skýrsla nr: OS-2002/029	Dags: Ágúst 2002	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: HITAVEITA ÓLAFSFJARÐAR Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 2001		Upplag: 25
		Fjöldi síðna: 23
Höfundar: Arnar Hjartarson Vigdís Harðardóttir		Verkefnisstjóri: Guðni Axelsson
Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit		Verknúmer: 8 610 621
Unnið fyrir: Hitaveitu Ólafsfjarðar		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Skýrslan fjallar um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu Ólafsfjarðar árið 2001 og fram á sumar 2002. Árleg meðalvinnsla hitaveitunnar árið 2001 er áætluð um 15,41/s á Laugarengi en um 23,61/s á Skeggjabrekkudal. Samanlögð ársmeðalvinnsla Hitaveitu Ólafsfjarðar árið 2001 er því um 39,01/s, sem jafngildir 43 GWh orkuvinnslu á ári miðað við nýtingu úr 61 °C í 30 °C. Vatnsborð hefur ekki staðið hærra á Laugarengi síðan reglulegar mælingar hófust, líklegast vegna minni vinnslu en einnig er hugsanlegt að einhver breyting hafi orðið á kerfinu. Með einföldum hermi-reikningum mætti ganga úr skugga um það hvort vatnsborðshækkunin sé eðlileg miðað við dælinguna úr kerfinu. Á undanförunum árum hafa ekki orðið marktækar breytingar á efnasamsetningu vatnsins á Laugarengi né á Skeggjabrekkudal. Uppleyst súrefni er enn verulegt í holu I (SK-12) á Skeggjabrekkudal.		
Lykilorð: Lághitasvæði, hitaveita, borholur, vinnsla, vatnsborð, eftirlit, hiti, efnastyrkur, súrefni, Ólafsfjörður, Laugarengi og Skeggjabrekkudalur.		ISBN-númer:
		Undirskrift verkefnisstjóra:
		Yfirfarið af: GAX, PI

Efnisyfirlit

1	Inngangur	5
2	Söfnun og meðferð gagna vegna vinnslueftirlits	5
3	Vinnsla og vatnsborð á Laugarengi	6
4	Vinnsla á Skeggjabrekkudal	9
5	Orkuvinnsla og veðurfar á Ólafsfirði	10
6	Efnasamsetning jarðhitavatns	12
7	Samantekt	19
8	Heimildir	21
	Viðauki A: Magntölur	23

Töfluskrá

1	Samanburður á magntölum frá sjálfvirka eftirlitsbúnaðinum og aflestrum af magnmælum	6
2	Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu á Laugarengi frá upphafi vinnslu 1975.	7
3	Veðurfar á Ólafsfirði árin 1999, 2000 og 2001	10
4	Orkuvinnsla Hitaveitu Ólafsfjarðar 1993 til 2001	11
5	Efnasamsetning vatns úr holum 3, 4 og I	13
A.1	Magntölur lesnar af mælum á heitavatnslögnum frá Laugarengi og til Ólafsfjarðar ásamt reiknuðu magni frá Skeggjabrekkudal	23

Myndaskrá

1	Vatnsborð og vikuleg meðalvinnsla á Laugarengi, 1989–2001	8
2	Vatnsborð og vikuleg meðalvinnsla á Laugarengi, 1998–2001 ásamt vikulegum vindleiðréttum meðalhita á Ólafsfirði	8

3	Mánaðarleg meðalvinnsla úr holu I á Skeggjabrekkudal, frá október 1999 til júní 2002	9
4	Mánaðarleg heildarvatnsvinnsla Hitaveitu Ólafsfjarðar og vindleiðréttur mánaðarlegur meðalhiti á Ólafsvík 1999-2001	11
5	Hiti vatns úr holum 3, 4 og I samkvæmt mælingum Orkustofnunar	14
6	Styrkur kísils í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985	14
7	Styrkur súlfíðs í vatni úr holu 3 og 4 og holu I frá 1985	15
8	Styrkur kalsíums í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985	15
9	Styrkur natríums í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985	16
10	Styrkur klóríðs í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985	16
11	Styrkur kalíums í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985	17
12	Styrkur flúoríðs í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985	17
13	Styrkur magnesíums í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985	18
14	Hlufall súrefnissamsæta í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985	18
15	Kalkmettu í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985	19

1 Inngangur

Þessi skýrsla fjallar um eftirlit með jarðhitavinnslu Hitaveitu Ólafsfjarðar árið 2001 og fram á sumar 2002. Slíkar eftirlitsskýrslur hafa verið unnar fyrir hitaveituna árlega frá 1991, samkvæmt samningi við Orkustofnun, og er þessi skýrsla sú tólfta í röðinni. Með nákvæmu vinnslueftirliti er byggð upp þekking á jarðhitakerfinu sem hægt er að nota til stjórnunar á nýtingu þess, auk þess sem þannig má sjá fyrir óæskilegar breytingar í því.

Hitaveita Ólafsfjarðar nýtir tvö jarðhitasvæði. Á Skeggjabrekkudal er hola I (Norðurlandshola, SK-12) virkjuð en hún var boruð 1962. Á Laugarengi eru holur 3 (OB-03) og 4 (OB-04) virkjaðar, en þær voru boraðar 1975 og 1982. Hola 4 er aðalvinnsluholan á Laugarengi en hola 3 er varahola hitaveitunnar. Frá 1985 hafa starfsmenn Orkustofnunar árlega tekið vatnssýni til efnagreininga úr vinnsluholunum, því með eftirliti á efnainnihaldi jarðhitavatns má m. a. sjá fyrirboða kólnunar og meta útfellinga- og tæringarhættu. Hitaveitan hefur frá 1989 safnað gögnum um heitavatnsvinnslu, vatnsborð og hitastig vatnsins á Laugarengi en starfsmenn Orkustofnunar hafa annast úrvinnslu gagnanna árlega. Með eftirlitinu er fylgst reglulega með viðbrögðum jarðhitakerfisins við vinnslu sem og ástandi þess og vinnslugetu. Gögnin má svo nota til að spá fyrir um vinnslugetu kerfisins til lengri tíma lítið og jafnframt koma með tillögur til úrbóta, ef þurfa þykir.

Hér að neðan verður fjallað um gangasöfnun Hitaveitu Ólafsfjarðar, vinnslu og vatnsborð á Laugarengi, vinnslu á Skeggjabrekkudal, orkuvinnslu hitaveitunnar og efnagreiningar á jarðhitavatninu sem hún nýtir.

2 Söfnun og meðferð gagna vegna vinnslueftirlits

Hitaveita Ólafsfjarðar hefur séð um að safna reglulega gögnum um vatnsborð og vinnslu á Laugarengi frá því í september 1989, en vinnsla hófst þar árið 1975. Í janúar 1998 leysti sjálfvirkur gagnasöfnunarbúnaður hefðbundið eftirlit af hólmi. Búnaðurinn hefur hingað til ekki virkað sem skyldi þrátt fyrir tilraunir til úrbóta (Arnar Hjartarson og Vigdís Harðardóttir, 2000; Arnar Hjartarson og Magnús Ólafsson, 1999; Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1998).

Síðan í byrjun október 2000 hefur verið lesið af magnmælum á heitavatnslögnunum frá Laugarengi og til Ólafsfjarðar mánaðarlega. Niðurstöður aflestrana má sjá í töflu A.1 í viðauka A. Þau gögn voru notuð til samanburðar við gögnin sem sjálfvirki gagnasöfnunarbúnaðurinn safnaði. Þennan samanburð er að finna í töflu 1. Í henni sést að munurinn á heildarmagninu frá sjálfvirka gagnasöfnunarbúnaðinu og því sem lesið er af magnmælunum er mikill á árinu 2000 en mun minni á árinu 2001, eða innan við 5%. Það er því ljóst að búið er að stilla söfnunarbúnaðinn þannig að hann mælir rétt magnið sem fer frá Laugarengi og það sem fer til Ólafsfjarðar. Búnaðurinn ætti því líka að sýna rétt magn frá Skeggjabrekkudal þar sem hann reiknar það sem mismun á því sem fer til Ólafsfjarðar og því sem fer frá Laugarengi.

Þrátt fyrir að sjálfvirki búnaðurinn virðist mæla rétt er öruggast að haldið verði áfram

Tafla 1: Samanburður á magntölum frá sjálfvirka eftirlitsbúnaðinum og aflestrum af magnmælum.

Ár	Frá Laugarengi			Til Ólafsfjarðar		
	Magnmælir (m ³)	Búnaður (m ³)	Munur %	Magnmælir (m ³)	Búnaður (m ³)	munur %
2000	504.600	536.400	6	1.282.650	938.400	27
2001	486.530	481.700	1	1.230.820	1.178.400	4

að lesa magntölurnar af magnmælunum mánaðarlega.

Vikulega meðalvinnslan á Laugarengi frá maí 2001 til júní 2002 er reiknuð útfrá gögnunum úr sjálfvirka gagnasöfnunarbúnaðinum. Starfsmaður hitaveitunnar skráir magn, rennsli og vatnsborð o.fl. frá búnaðinum fjórum til fimm sinnum í viku að jafnaði og er vinnslan metin samkvæmt þeim. Rennslið er reiknað útfrá magntölum, dagsetningu og tíma til að fá meðalrennsli og eru því yfirleitt fjögur til fimm gildi á bak við hvert gildi vikulegrar meðalvinnslu, eða jafn mörg og skráð gildi í hverri viku. Skráningar á gögnum úr búnaðinum féllu niður á tímabilinu frá 19. október til 8. nóvember 2001. Brúað var yfir tímabilið til að fá mat á vikulega meðalvinnslu. Ekki var unnið úr holu 3 á Laugarengi á árinu 2001.

3 Vinnsla og vatnsborð á Laugarengi

Mynd 1 sýnir vikulega meðalvinnslu og vatnsborð holu 4 á Laugarengi frá september 1989 og fram til mánaðarmóta maí/júní 2002. Mynd 2 sýnir nánar vikulega meðalvinnslu og vatnsborð holu 4 á árinu 2001 og fram í júní 2002, en gögn frá árunum 1999 og 2000 eru höfð til hliðsjónar. Einnig er á myndinni að finna vikulegan vindleiðréttan meðalhita á Ólafsfirði og hún sýnir því glöggt samspil veðurfars og vinnslu.

Veðurgögnin sem liggja til grundvallar á mynd 2 eru fengin hjá Veðurstofu Íslands frá sjálfvirkri veðurathugunarstöð í Ólafsfirði. Veðurstöðin geymir sólarhringsmeðaltöl á hitastigi og vindhraða. Þekkt er að vindkæling eykst með auknum vindhraða og mældan útihita er hægt að leiðrétta fyrir kælingaráhrifum vindsins samkvæmt jöfnunni (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1994):

$$T_c = T - 1,394(1,22 - 0,023T)\sqrt{v}$$

þar sem T_c er leiðréttur sólarhringsmeðalhiti í °C, T er mældur sólarhringsmeðalhiti í °C og v er vindhraði í m/s.

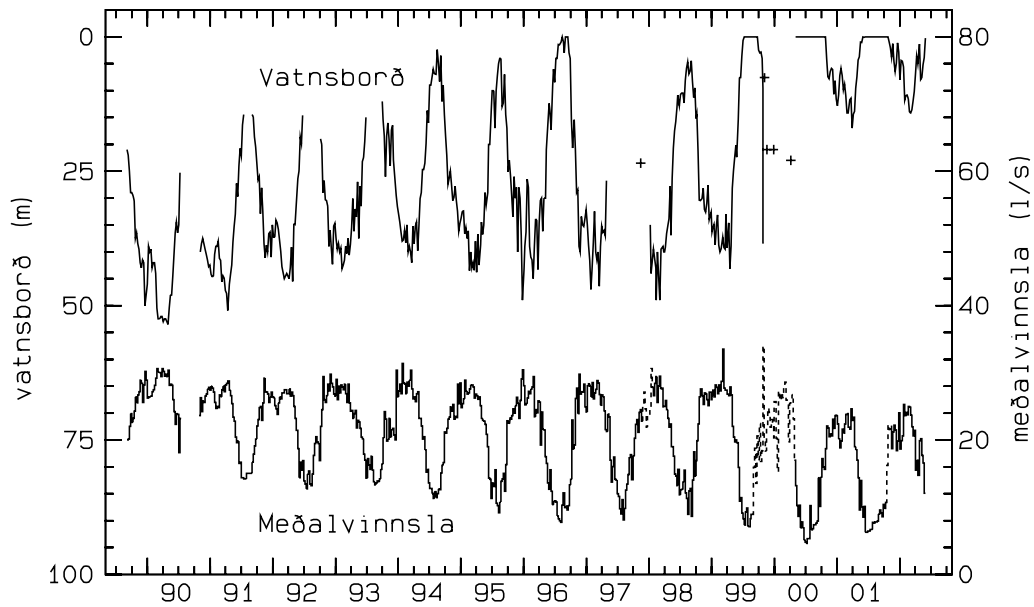
Pegar vinna stóð yfir á vinnslugögnum fyrir árið 2001 fannst villa í útreikningum á vinnslugögnunum samkvæmt aflestri fyrir árið 2000. Þeir útreikningar voru leiðréttir og kemur það fram í aðeins lægri ársmeðalvinnslu á Laugarengi og aukinni vinnslu á Skeggjabrekkudal. Leiðrétt ársmeðalvinnsla ársins 2000 á Laugarengi er 16,0 l/s.

Tafla 2: Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu á Laugarengi frá upphafi vinnslu 1975.

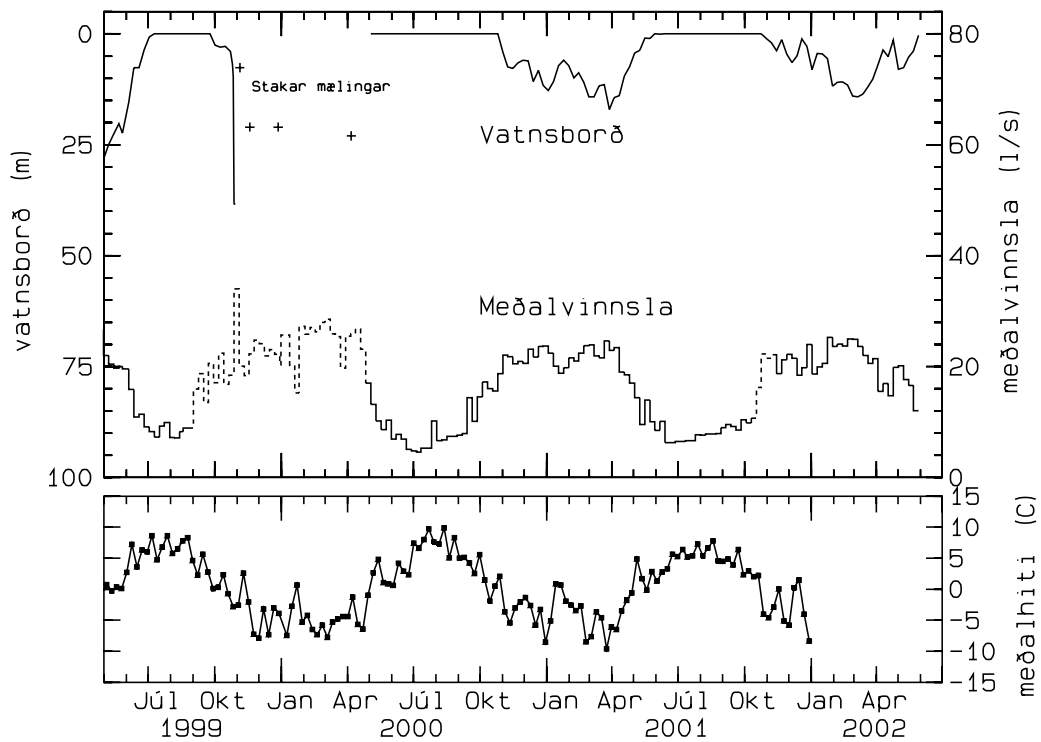
Ár	Meðalvinnsla (l/s)	Athugasemdir
1975 frá júlí	13,5	hola 3, áætlað
1976	13,5	hola 3, áætlað
1977	15,5	hola 3, áætlað
1978	17,5	hola 3, áætlað
1979-80	19,5	hola 3, áætlað
1981-82	22,0	hola 3, áætlað
1983-86	24,0	hola 4, áætlað
1987	24,2	hola 4, áætlað
1988	24,4	hola 4, áætlað
1989	24,7	hola 4, áætlað/mælt
1990	25,0	holur 3 og 4, mælt/áætlað
1991	22,9	hola 4, mælt
1992	22,6	holur 3 og 4, mælt
1993	21,5	holur 3 og 4, mælt
1994	21,9	hola 4, mælt
1995	21,7	hola 4, mælt
1996	19,4	hola 4, mælt
1997	20,6	hola 4, mælt/áætlað
1998	20,6	hola 4, mælt
1999	20,2	hola 4, mælt/áætlað
2000	16,0	hola 3 og 4, mælt/áætlað
2001	15,4	hola 4, mælt

Á árinu 2001 er meðalvinnslan á Laugarengi áætluð um 15,4l/s og lækkar um 0,6l/s frá árinu 2000 (sjá töflu 2). Þetta skilar enn hærri vatnsborðsstöðu í jarðhitakerfinu, en vatnsborð hefur farið hækkandi undanfarin ár líklegast vegna minni vinnslu. Vatnsborð á Laugarengi hefur ekki staðið herra að jafnaði síðan reglulegu eftirliti var komið á.

Á árinu 2001 var vikuleg meðalvinnsla mest 24,4l/s í lok mars en þá var hvað kaldast á árinu. Vatnsborðið fór þá einna lægt það árið eða í 17,0m. Hola 4 stóð full af vatni frá mánaðarmótum maí/júní og fram í lok október þegar dælingin var aukin en á því tímabili var vinnslan ávallt undir 10l/s.



Mynd 1: Vatnsborð og vikuleg meðalvinnsla á Laugarengi frá september 1989 til júní 2002.



Mynd 2: Vatnsborð og vikuleg meðalvinnsla á Laugarengi frá maí 1998 til júní 2002 ásamt vikulegum vindleiðrættum meðalhita á Ólafsfirði.

Leiðrétt samalögð ársmeðalvinnsla frá Sleggjabrekkudal og Laugarengi á árinu 2000 er um 40,41/s sem gerir 45 GWh á ári. Orkuvinnslan á Laugarengi var á árinu 2000 21,4 GWh á ári og 23,3 GWh á ári á Skeggjabrekkudal. Tafla 4 sýnir orkuvinnslu Hitaveitu Ólafsfjarðar frá árinu 1993 til ársins 2000. Þó að vindleiðrétti ársmeðalhitinn á árinu 1999 sé um $0,7^{\circ}\text{C}$ lægri en á árinu 2000 kemur það ekki fram í minni orkuvinnslu.

Eins og áður er orkunotkun á hvern íbúa á Ólafsfirði í kringum 40 MWh á ári sem er töluvert meira en gildir almennt um aðrar hitaveitur. Með því að breyta söluþyrir-komulaginu, og skipta úr hemlakerfi í mælakerfi, mætti draga töluvert úr orkunotkun bæjarbúa sem leiðir til hagkvæmari orkubúskapar í framtíðinni, eins og oft áður hefur verið bent á.

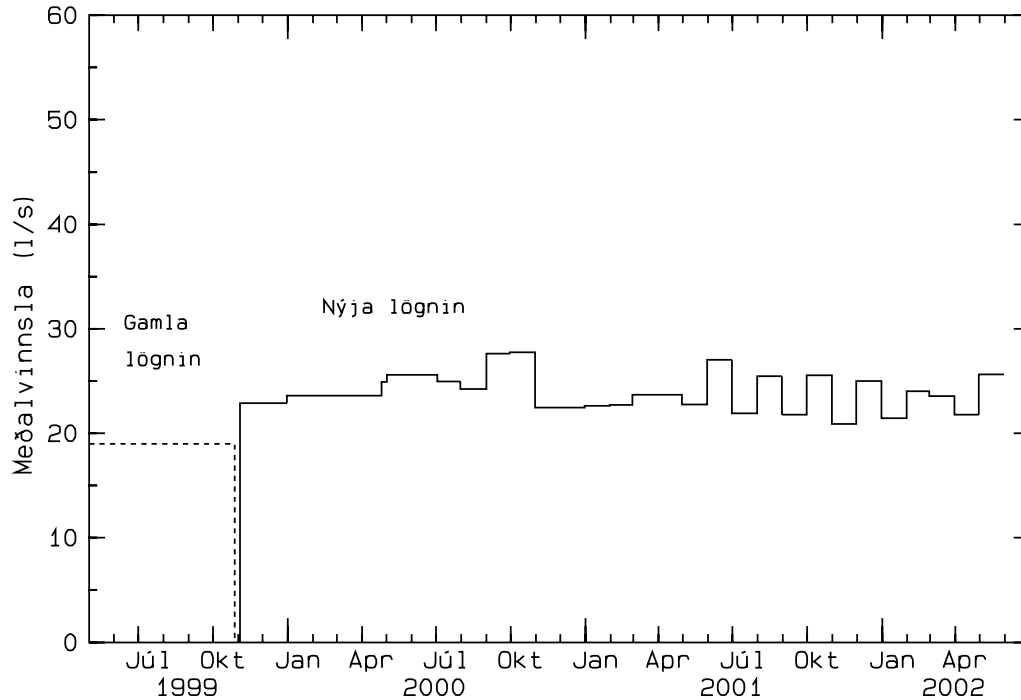
6 Efnasamsetning jarðhitavatns

Að venju var sýnataka til heilgreiningar framkvæmd að hausti, nánar tiltekið í nóvember 2001. Hiti, súrefni og brennisteinsvetni úr holu 4 á Laugarengi (OB-04) og holu I á Skeggjabrekkudal (SK-12) var mælt á staðnum. Auk þess er mældur hiti og uppleyst súrefni í tengiskúr austan við brúna á ósnum úr Ólafsfjarðarvatni. Í holu 4 mældist hitinn á vatninu $66,8^{\circ}\text{C}$ (mynd 5), uppleyst súrefni 0,02 ppm (20 ppb) en ekkert brennisteinsvetni mældist við holutopp (tafla 5). Í holu I, sem er sjálfrennandi, mældist hitinn $55,8^{\circ}\text{C}$ og uppleyst súrefni 0,5 ppm (500 ppb) sem er lægra en frá því í fyrra. Ekkert brennisteinsvetni mældist eins og við var að búast. Mælt uppleyst súrefni við tengiskúr við brúna á ósnum var 300 ppb og hefur lækkað um 100 ppb frá mælingunni árið 2000.

Sýrustig og karbónat var mælt næsta dag á efnafræðistofu Orkustofnunnar og ekki mældist marktækur munur þar á frá árinu á undan. Ísótópamælingar voru gerðar á Raunvísindastofnun Háskólans en önnur efni voru greind á efnarannsóknastofu Orkustofnunnar. Niðurstöðurnar eru sýndar í töflu 5 ásamt efnagreiningum frá árunum 1999 og 2000 fyrir holu I, efnagreiningu frá árinu 2000 úr holu 3 (OB-03) og frá árinu 1999 úr holu 4 (OB-04).

Styrkur aðalefna er teiknaður á móti tíma á myndum 5 til 15 til samanburðar. Varla er hægt að tala um nokkra breytingu á efnasamsetningu vatnsins í holu 4 milli áranna 1999 og 2001 nema þá helst í magnesíum (mynd 13). Aukning í styrks magnesíums getur sýnt innstreymi kalds vatns í jarðhitakerfið, en hvorki kísill (mynd 6), hiti (mynd 5), né súrefnis- og vetnissamsæturnar (mynd 14) sýna breytingu í styrk umfram skekkjumörk. Má sjá smáaukningu með tíma í styrk klóríðs á mynd 10, sem er þó innan skekkjumarka mælinganna. En þar sem breytingarnar eru óverulegar á styrk annarra efna þarf ekki að hafa áhyggjur af auknum styrk magnesíums en þetta verður betur athugað að ári. Efnasamsetnings vatns úr holum 3 og 4 virðist vera keimlík, hiti í holu 3 er þó $2,5^{\circ}\text{C}$ lægri. Efnasamsetning vatnsins er nokkuð stöðugt og þrátt fyrir melda hækkun á styrk magnesíums er að öðru leyti er ekki hægt að tala um neina breytingu á efnafræði vatnsins í jarðhitakerfinu, þar sem ekki er mælanlegur munur á styrk aðalefna í þessum tveimur holum.

Sama er hægt að segja um vatnið í holu I, að ekki hafa átt sér stað neinar breytingar



Mynd 3: Mánaðarleg meðalvinnsla úr holu I á Skeggjabrekkudal frá október 1999 til júní 2002, að frádregnu því sem fer framhjá magnmæli.

Heitavatsbúskapur Hitaveitu Ólafsfjarðar á Laugarengi stendur vel og fer batnandi. Líklegast er að hækkandi vatnsborðstaða sé afleiðing minni vinnslu úr jarðhitakerfinu og minna iðustreymistaps í vinnsluholunni vegna minni dælingar. Hugsanlegt er að rætur vatnsborðshækkunarinnar megi einnig rekja til breytinga á kerfinu þó að hér sé það talið ólíklegra. Með einföldum hermireikningum mætti ganga úr skugga um það hvort þessi mikla vatnsborðhækkun sé eðlileg miðað við minni dælingu úr kerfinu. Slíkir reikningar gefa einnig mat á hversu mikið má taka úr kerfinu án þess að ganga á forða þess, en mat á afkastagetu jarðhitakerfisins var síðast gert fyrir um 10 árum síðan. Slíkar upplýsingar væri gott að eiga aðgengilegar ef til þess kæmi að fyrirtæki með talsverða þörf á heitu vatni óskaði eftir að fá starfsaðstöðu á Ólafsfirði.

4 Vinnsla á Skeggjabrekkudal

Hitaveita Ólafsfjarðar hefur nýtt sjálfrennsli úr holu I (SK-12) á Skeggjabrekkudal frá því 1944 er hitaveitan til bæjarins var tekin í notkun (Sveinn Þórðarson, 1998). Í nóvember 1999 var heita vatninu frá dalnum veitt í nýja lögn og sú gamla tekin úr notkun. Fyrir þann tíma var áætlað að 241/s hafi verið unnir á dalnum en aðeins 191/s hafi verið nýttir af hitaveitunni. Munurinn stafar af því að fiskeldið í Ólafsfirði hefur nýtt í kringum 21/s að jafnaði á ári, bæirnir Garðsá og Skeggjabrekka hafa nýtt hluta sjálfrennslisins frá dalnum, hluti er notaður til upphitunar gatna auk þess sem eitthvað hefur lekið úr gömlu lögninni.

Á mynd 3 má sjá reiknað mánaðarlegt meðalrennsli frá Skeggjabrekkudal frá maí 1999 til júní 2002 en útreikningarnir eru byggðir á mismun þess sem unnið er á Laugarengi og því sem fer til Ólafsfjarðar (tafla A.1). Rennslinu frá dalnum í vatnstank hitaveitunnar er stjórnað með krana við tankinn og því eru breytingarnar í vinnslunni ekki breytingar á sjálfrennsli frá dalnum, heldur eru þær af mannavöldum. Eftir að nýja lögnin var tekin í notkun kemur vatnið um 3 °C heitara til Laugarengis en það gerði í gömlu lögninni. Það er því orðið hagkvæmar að auka hlut vatnsins frá Skeggjabrekkudal í heildarvinnslunni og spara með því dæluþáttinn í holu 4 á Laugarengi, en hafa ber í huga að vatnið frá Skeggjabrekkudal er meira tærandi, sökum uppleysts súrefnis í vatninu.

Meðalvinnsla Hitaveitu Ólafsfjarðar á árinu 2001 á Skeggjabrekkudal er áætluð um 23,6 l/s. Leiðrétt meðalvinnsla ársins 2000 er 24,7 l/s. Með tilkomu nýju lagnarinnar hefur rennsli hitaveitunnar frá Skeggjabrekkudal aukist um 4–5 l/s að jafnaði á ári.

5 Orkuvinnsla og veðurfar á Ólafsfirði

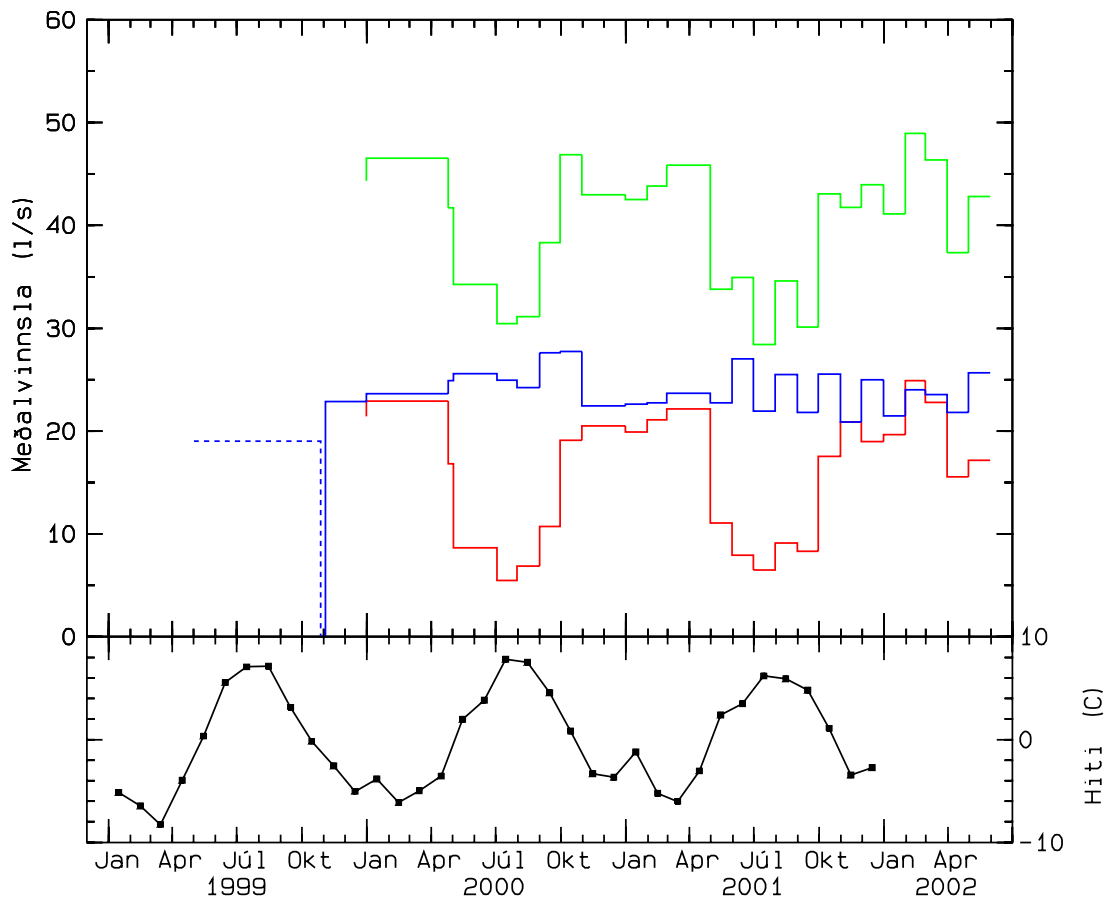
Vatnið úr holu 4 á Laugarengi er um 67 °C en um 56 °C úr holu I á Skeggjabrekkudal. Þegar vatnið fer til Ólafsfjarðar mælist hiti þess á bilinu 57 til 62 °C, allt eftir því í hvaða hlutföllum vatnið frá Laugarengi og Skeggjabrekkudal blandast og hver notkunin á Ólafsfirði er.

Mynd 4 sýnir mánaðarlega vatnsvinnslu Hitaveitu Ólafsfjarðar og framlag jarðhitakerfanna beggja til heildarvinnslunar. Einnig er að finna á myndinni vindleiðréttan mánaðarlegan meðalhita á Ólafsfirði á árunum 1999 til 2001 en nánari upplýsingar um veðurfar á Ólafsfirði á þessum árum má finna í töflu 3.

Tafla 3: *Veðurfar á Ólafsfirði árin 1999, 2000 og 2001.*

Ár	1999	2000	2001
Ársmeðalhiti (°C)	2,35	4,05	3,19
Ársmeðalvindhraði (m/s)	4,12	4,30	4,23
Vindleiðréttur ársmeðalhiti (°C)	−0,70	0,02	0,15

Samanlögð ársmeðalvinnsla frá Skeggjabrekkudal og Laugarengi á árinu 2001 er um 39,0 l/s. Ef miðað er við orkunýtingu úr 61 í 30 °C er orkuvinnsla Hitaveitu Ólafsfjarðar á árinu 2001 um 43 GWh. Á Laugarengi var orkuvinnslan um 20,6 GWh en 22,1 GWh á Skeggjabrekkudal, ef miðað er við að hitinn á vatninu sé 67 og 56 °C.



Mynd 4: Mánaðarleg heildarvatnsvinnsla Hitaveitu Ólafsfjarðar (grænn ferill) og framlag jarðhitakerfanna við Laugarengi (rauður ferill) og á Skeggjabrekkudal (blár ferill) til heildarvinnslunnar ásamt vindleiðréttum mánaðarlegum meðalhita á Ólafsfirði 1999-2001.

Tafla 4: Orkuvinnsla Hitaveitu Ólafsfjarðar frá 1993 til 2001.

Ár	Orkuvinnsla (GWh)
1993	45
1994	46
1995	46
1996	42
1997	44
1998	44
1999	45
2000	45
2001	43

Leiðrétt samalögð ársmeðalvinnsla frá Sleggjabrekkudal og Laugarengi á árinu 2000 er um 40,41/s sem gerir 45 GWh á ári. Orkuvinnslan á Laugarengi var á árinu 2000 21,4 GWh á ári og 23,3 GWh á ári á Skeggjabrekkudal. Tafla 4 sýnir orkuvinnslu Hitaveitu Ólafsfjarðar frá árinu 1993 til ársins 2000. Þó að vindleiðrétti ársmeðalhitinn á árinu 1999 sé um $0,7^{\circ}\text{C}$ lægri en á árinu 2000 kemur það ekki fram í minni orkuvinnslu.

Eins og áður er orkunotkun á hvern íbúa á Ólafsfirði í kringum 40 MWh á ári sem er töluvert meira en gildir almennt um aðrar hitaveitur. Með því að breyta söluþyrir-komulaginu, og skipta úr hemlakerfi í mælakerfi, mætti draga töluvert úr orkunotkun bæjarbúa sem leiðir til hagkvæmari orkubúskapar í framtíðinni, eins og oft áður hefur verið bent á.

6 Efnasamsetning jarðhitavatns

Að venju var sýnataka til heilgreiningar framkvæmd að hausti, nánar tiltekið í nóvember 2001. Hiti, súrefni og brennisteinsvetni úr holu 4 á Laugarengi (OB-04) og holu I á Skeggjabrekkudal (SK-12) var mælt á staðnum. Auk þess er mældur hiti og uppleyst súrefni í tengiskúr austan við brúna á ósnum úr Ólafsfjarðarvatni. Í holu 4 mældist hitinn á vatninu $66,8^{\circ}\text{C}$ (mynd 5), uppleyst súrefni 0,02 ppm (20 ppb) en ekkert brennisteinsvetni mældist við holutopp (tafla 5). Í holu I, sem er sjálfrennandi, mældist hitinn $55,8^{\circ}\text{C}$ og uppleyst súrefni 0,5 ppm (500 ppb) sem er lægra en frá því í fyrra. Ekkert brennisteinsvetni mældist eins og við var að búast. Mælt uppleyst súrefni við tengiskúr við brúna á ósnum var 300 ppb og hefur lækkað um 100 ppb frá mælingunni árið 2000.

Sýrustig og karbónat var mælt næsta dag á efnafræðistofu Orkustofnunnar og ekki mældist marktækur munur þar á frá árinu á undan. Ísótópamælingar voru gerðar á Raunvísindastofnun Háskólans en önnur efni voru greind á efnarannsóknastofu Orkustofnunnar. Niðurstöðurnar eru sýndar í töflu 5 ásamt efnagreiningum frá árunum 1999 og 2000 fyrir holu I, efnagreiningu frá árinu 2000 úr holu 3 (OB-03) og frá árinu 1999 úr holu 4 (OB-04).

Styrkur aðalefna er teiknaður á móti tíma á myndum 5 til 15 til samanburðar. Varla er hægt að tala um nokkra breytingu á efnasamsetningu vatnsins í holu 4 milli áranna 1999 og 2001 nema þá helst í magnesíum (mynd 13). Aukning í styrks magnesíums getur sýnt innstreymi kalds vatns í jarðhitakerfið, en hvorki kísill (mynd 6), hiti (mynd 5), né súrefnis- og vetnissamsæturnar (mynd 14) sýna breytingu í styrk umfram skekkjumörk. Má sjá smáaukningu með tíma í styrk klóríðs á mynd 10, sem er þó innan skekkjumarka mælinganna. En þar sem breytingarnar eru óverulegar á styrk annarra efna þarf ekki að hafa áhyggjur af auknum styrk magnesíums en þetta verður betur athugað að ári. Efnasamsetnings vatns úr holum 3 og 4 virðist vera keimlík, hiti í holu 3 er þó $2,5^{\circ}\text{C}$ lægri. Efnasamsetning vatnsins er nokkuð stöðugt og þrátt fyrir melda hækkun á styrk magnesíums er að öðru leyti er ekki hægt að tala um neina breytingu á efnafræði vatnsins í jarðhitakerfinu, þar sem ekki er mælanlegur munur á styrk aðalefna í þessum tveimur holum.

Sama er hægt að segja um vatnið í holu I, að ekki hafa átt sér stað neinar breytingar

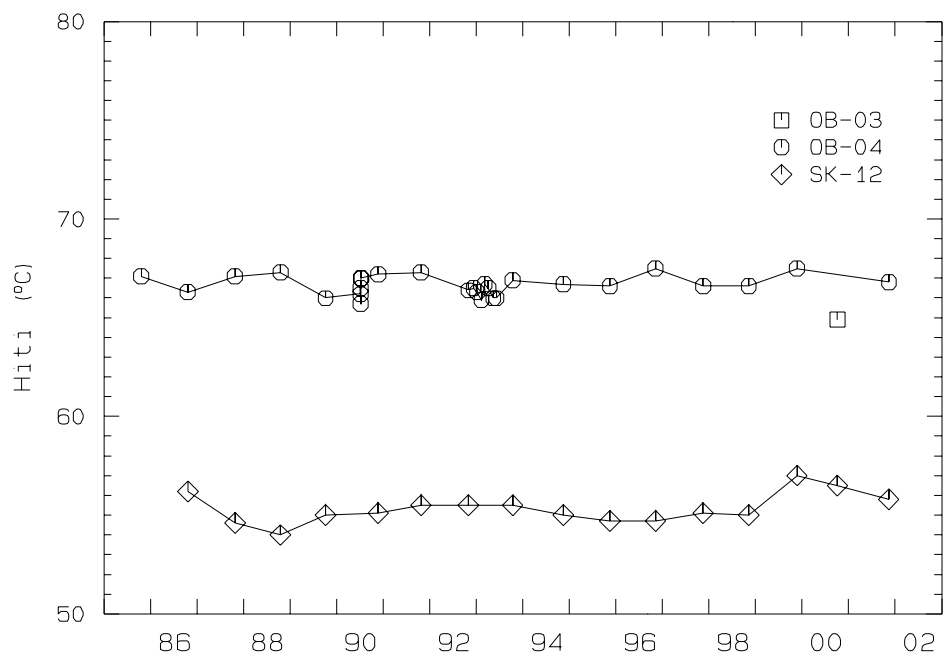
Tafla 5: Efnasamsetning vatns úr holum 3, 4 og I (mg/l).

Staður	OB-04	OB-03	OB-04	SK-12	SK-12	SK-12
Dagsetning	1999.11.22	2000.10.05	2001.11.12	1999.11.22	2000.10.05	2001.11.12
Númer	1999-0497	2000-0378	2001-0377	1999-0498	2000-0380	2001-0378
Hiti (°C)	67,5	64,9	66,8	57,0	56,5	55,8
Sýrustig (pH/°C)	10,2/19,7	10,23/19,4	10,25/19,1	10,2/20,8	10,17/22,3	10,2/22,6
Kísill (SiO ₂)	78,3	78,8	77,9	64,1	63,7	63,6
Natríum (Na)	38,3	39,9	38,3	34,5	35,7	34,9
Kalíum (K)	0,49	0,49	0,51	0,39	0,40	0,40
Kalsíum (Ca)	2,63	2,60	2,64	2,02	1,86	1,94
Magnesium (Mg)	0,004	0,002	0,007	0,005	0,003	0,008
Heildar karbónat (CO ₂)	13,7	14,6	13,7	15,3	16,5	14,5
Súlfat (SO ₄)	5,90	6,13	6,15	4,33	4,52	4,43
Brennist.vetni (H ₂ S)	0	0	0	0,04	0	0
Kóríð (Cl)	8,58	8,69	8,72	8,12	7,70	7,62
Flúoríð (F)	0,16	0,15	0,17	0,11	0,09	0,11
Járn (Fe)	0,0030	0,0031	0,0027	0,0058	0,0049	0,0026
Mangan (Mn)	0,0008	<0,0001	0	0,0002	0,0001	0
Bór (B)	0,04	0,06	0,04	0	0,04	0
Ál (Al)	0,103	0,088	0,90	0,116	0,104	0,102
Uppleyst efni	160	145	160	167	154	136
Uppleyst súrefni (O ₂)	0,03	0,01	0,02	0,5	1,0	0,5
Leiðni (μS/cm)	188	190,4	191	170	172	166
δ ¹⁸ _{(0/00) SMOW}	-11,92	-11,99	-11,92	-11,54	-11,56	-11,55
δD _{(0/00) SMOW}	-81,4	-81,5	-82,0	-78,1	-79,0	-77,7

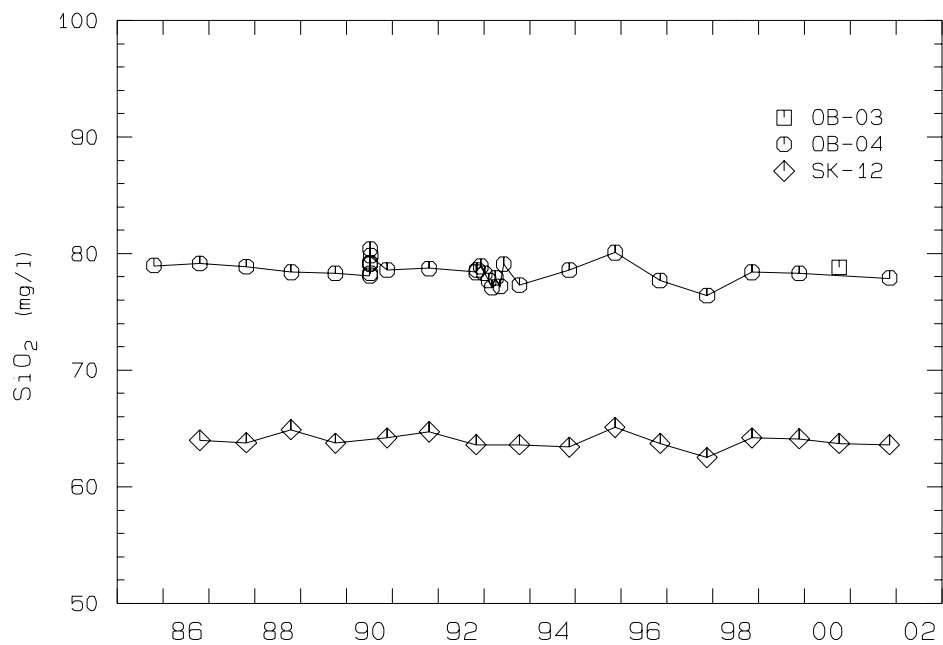
á styrk efna. Eins og í holu 4 er spurning um hvort aukning á styrk magnesíums, úr 0,003 ppm í 0,008 ppm, bendi til innstreymis kalds vatns. Líkt og fyrr ætti styrkur annarra efna eins og kísils og hitastig að breytast umfram skekkjumörk mælinga en það hefur ekki átt sér stað. Breytingin stafar því líklegast af ónákvæmri mælingu, en ólíklegt þykir að styrkur magnesíums hækki úr takti við önnur efni í tveimur aðskildum jarðhitakerfum.

Eins og bent hefur verið á í skýrslum undanfarinna ára, er magn uppleysts súrefnis all verulegt, sérstaklega í holu I en uppleyst súrefni veldur tæringu á lögnum bæjarins (Arnar Hjartarson og Magnús Ólafsson, 1999; Arnar Hjartarson og Vigdís Harðardóttir, 2000). Nýleg heitavatnslögn frá holu I á Skeggjabrekkudal hefur skilað 3 °C heitara vatni til Laugarengis þannig að vinnsla hefur verið aukin á Skeggjabrekkudal en minnkuð á Laugarengi. Við því má búast að súrefni í leiðslum bæjarins hafi aukist í hlutfalli við aukna nýtingu í Skeggjabrekkudal. Því er umhugsunarefni hvort bæta ætti í vatnið súlfíði til að eyða súrefninu líkt og gert er hjá Hitaveitu Siglufjarðar og fleiri stöðum.

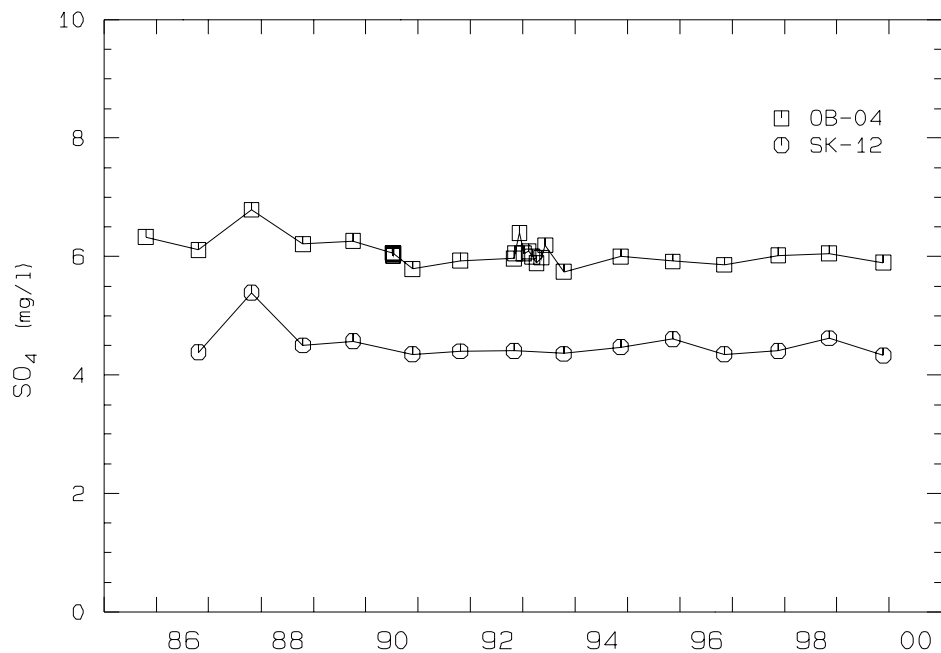
Kalkmettun vatnsins úr holunum tveim var reiknuð út og eru niðurstöðurnar sýndar á mynd 11. Mettunin er óbreytt og ekki er talin hætta á útfellingum.



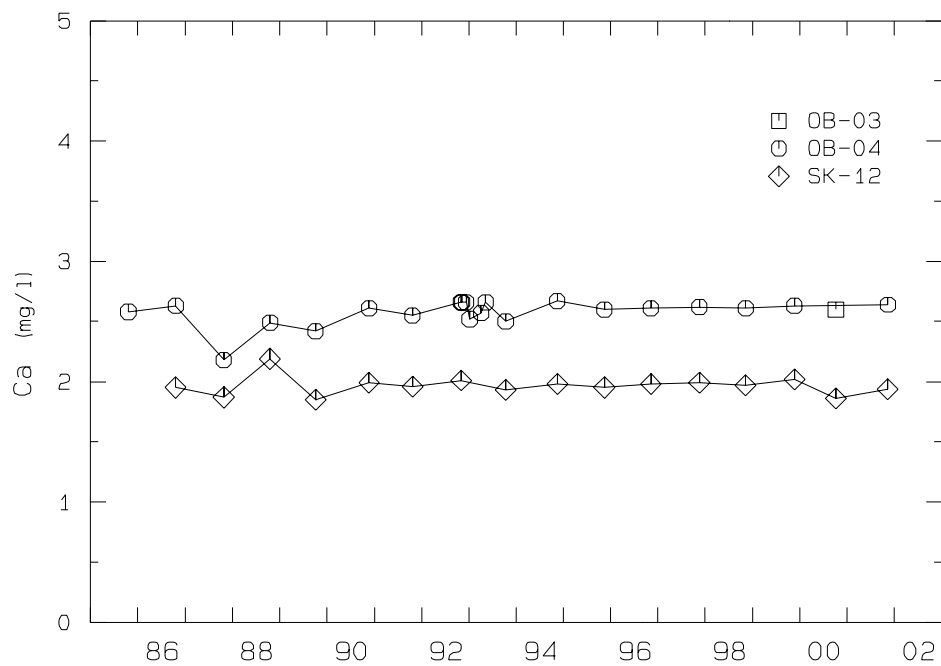
Mynd 5: Hiti vatns úr holum 3, 4 og I samkvæmt mælingum Orkustofnunar.



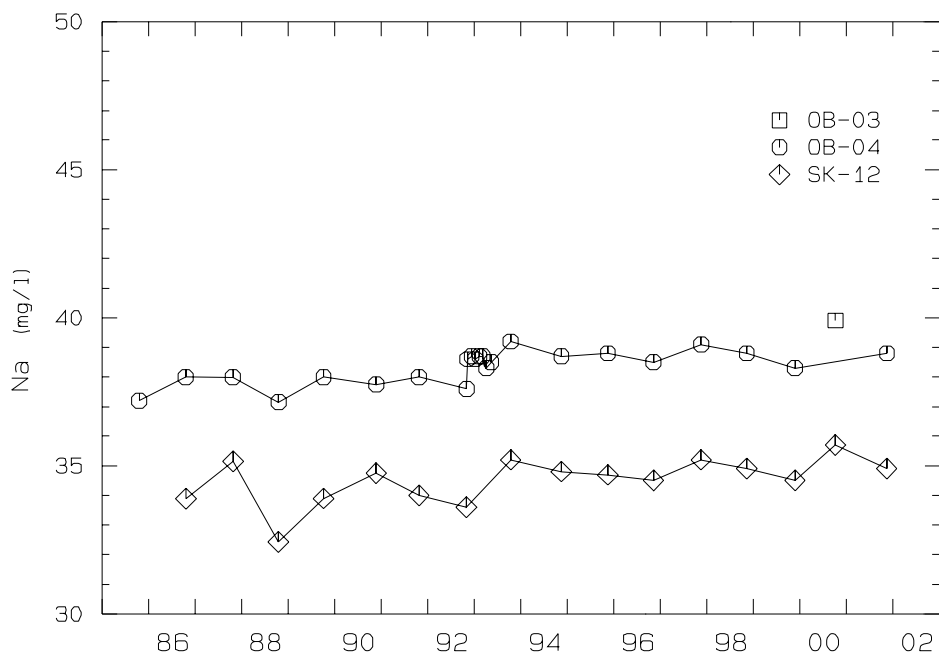
Mynd 6: Styrkur kísils í vatni úr holu 3 og 4 og holu I frá 1985.



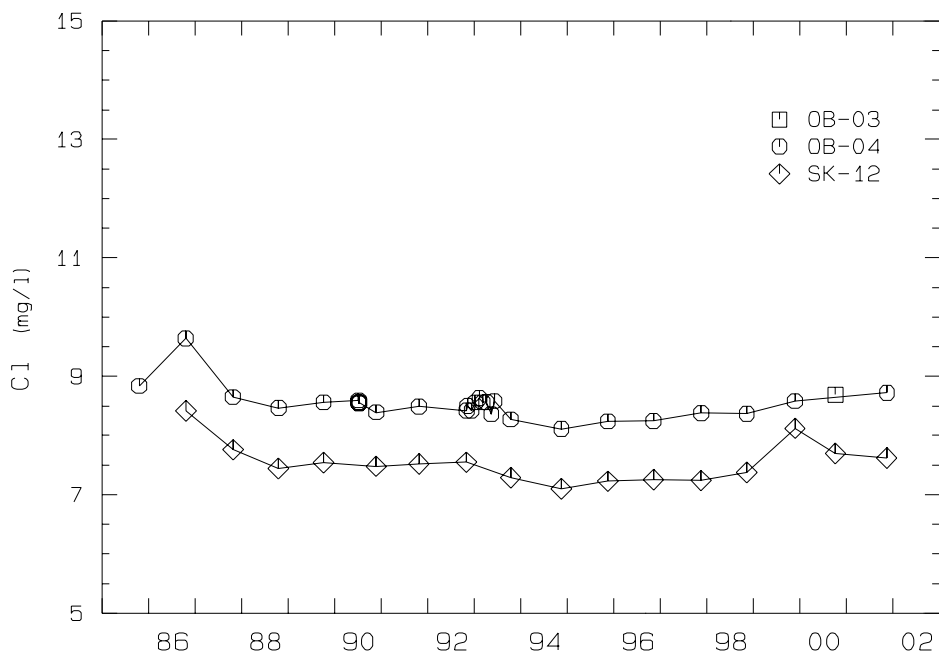
Mynd 7: Styrkur súlfíðs í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985.



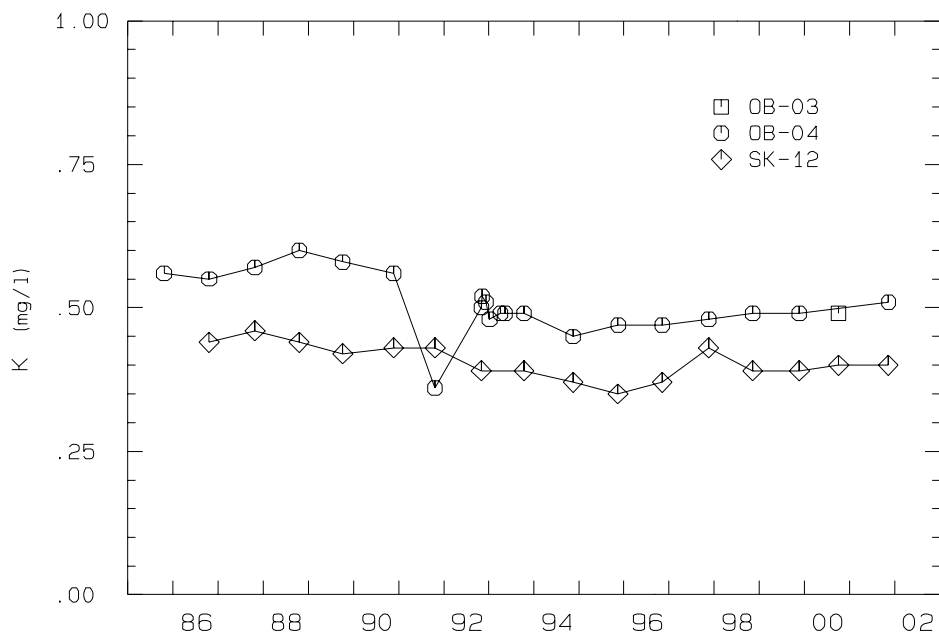
Mynd 8: Styrkur kalsíums í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985.



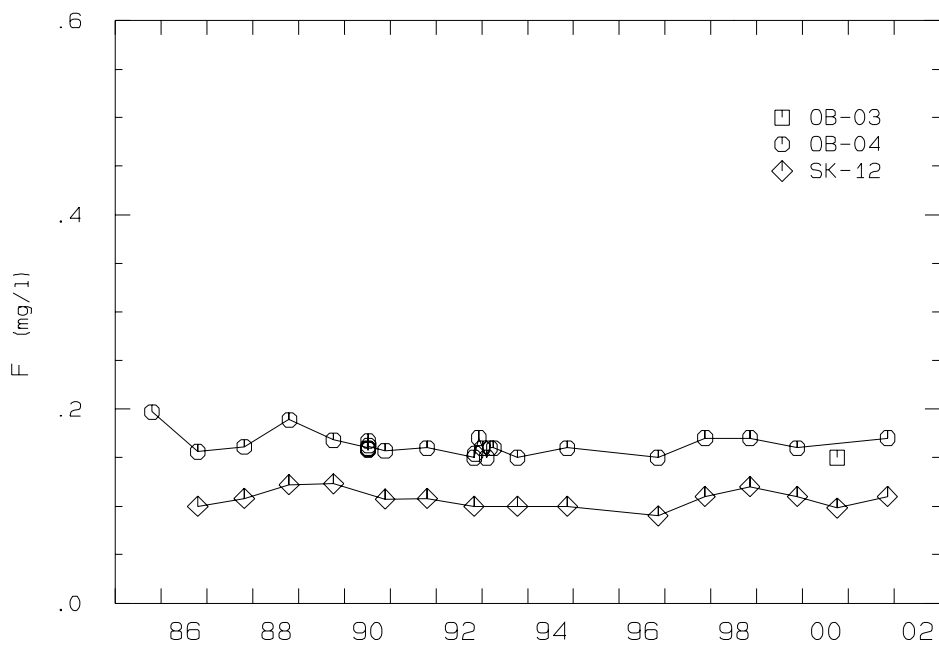
Mynd 9: Styrkur natríums í vatni úr holum 3, 4 og I I frá 1985.



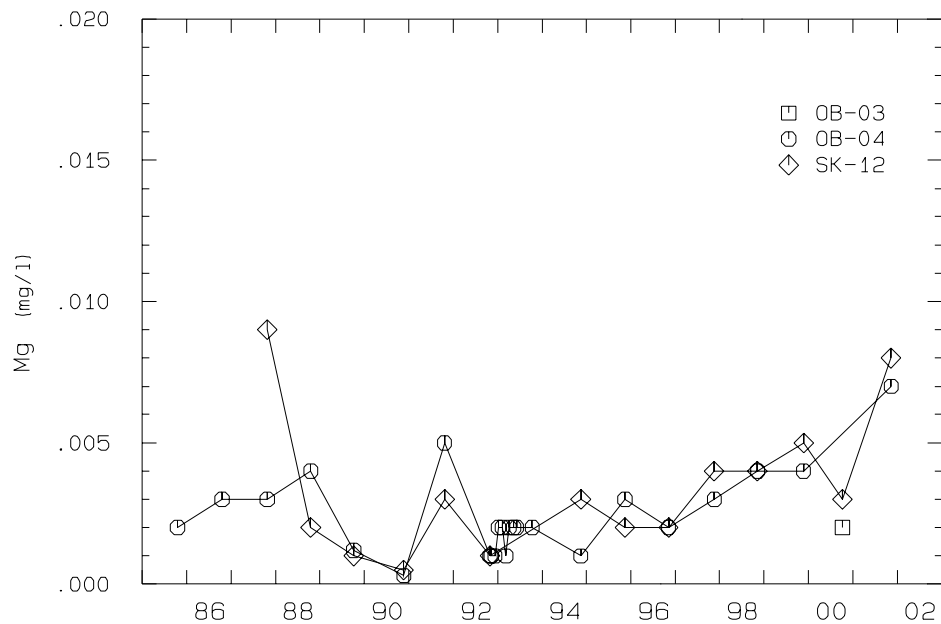
Mynd 10: Styrkur klóríðs í vatni úr holum 3, 4 og I I frá 1985.



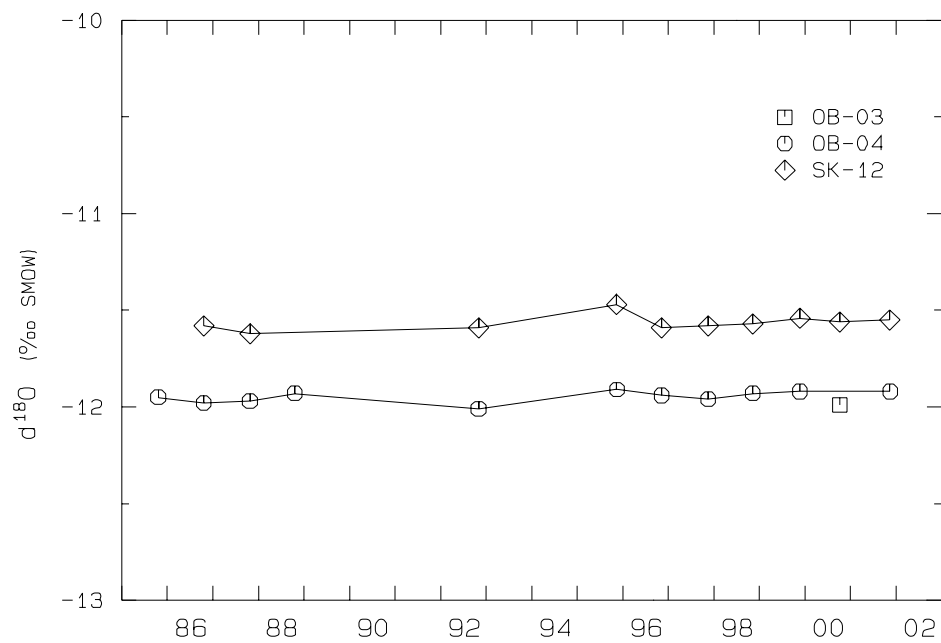
Mynd 11: Styrkur kalíums í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985.



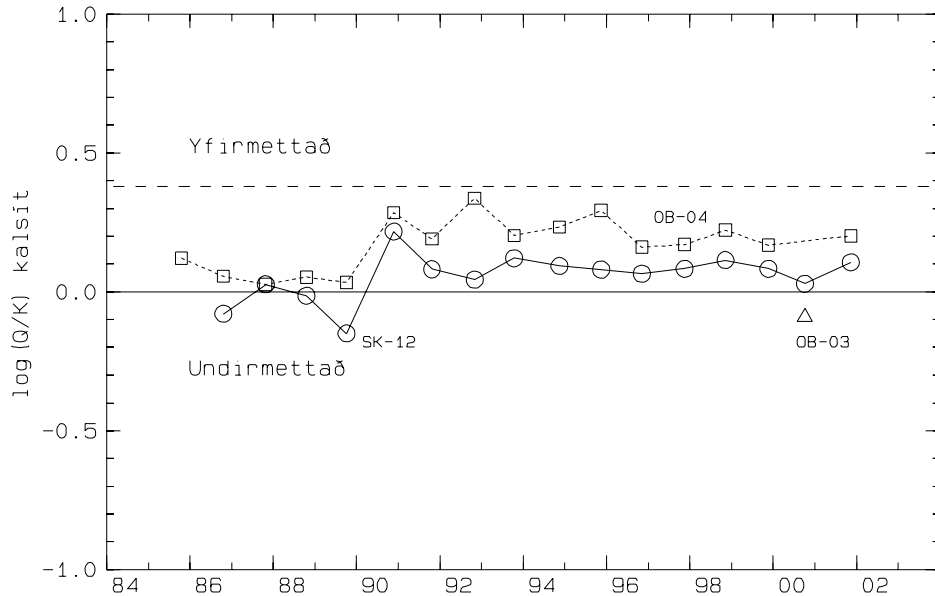
Mynd 12: Styrkur flúoríðs í vatni úr holum 3,4 og I frá 1985.



Mynd 13: Styrkur magnesíums í vatni úr holum 3,4 og I frá 1985.



Mynd 14: Hlutfall súrefnissamsæta í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985.



Mynd 15: Kalkmettun í vatni úr holum 3, 4 og I frá 1985.

7 Samantekt

- Svo virðist sem sjálfvirki gagnasöfnunarbúnaðurinn skrái nú rétt vinnsluna frá Laugarengi og til Ólafsfjarðar. Gögn frá búnaðinum voru notuð til útreikninga á vikulegri meðalvinnslu á Laugarengi en aflestrar af magnmælum notaðir til mats á ársmeðalvinnslunni á Skeggjabrekkudal og Laugarengi. Lagt er til að áfram verði lesið mánaðarlega af magnmælunum á heitavatnslögnunum frá Laugarengi og til Ólafsfjarðar.
- Árleg meðalvinnsla á Laugarengi fyrir árið 2001 er áætluð 15,41/s. Vatnsborð í jarðhitakerfinu hefur ekki staðið hærra síðan reglulegu vinnslueftirliti var komið á.
- Lagt er til að einfaldir líkanreikningar verði notaðir til að herma vinnsluna á Laugarengi. Með þeim hætti er hægt að segja til um hvort vatnsborðshækkunin undanfarin tvö ár sé eðlileg og endurmeta vinnslugetu kerfisins en það var gert síðast fyrir 10 árum síðan.
- Árleg meðalvinnsla á Skeggjabrekkudal fyrir árið 2001 er áætluð 23,61/s.
- Árleg meðalvinnsla Hitaveitu Ólafsfjarðar á árinu 2001 nam 39,01/s. Sé miðað við nýtingu vatnsins í 31 °C er orkuvinnsla hitaveitunnar áætluð um 43 GWh.
- Orkunýtinguna á Ólafsfirði má bæta með því að breyta sölufyrirkomulaginu, þ.e. úr hemlasölu- í mælasölukerfi.

- Ekki er marktækur munur á mældum styrk efna í vatninu á Laugarengi á milli ára, nema í magnesíum sem virðist hafa aukist. Getur það bent til innstreymis kalds vatns en líklegra er talið að um skekkju í mælingum sé að ræða.
- Kalkmettun vatnsins í holu 4 (OB-04) á Laugarengi og I (SK-12) á Skeggjabrekku-dal er óbreytt þannig að ekki er hætt á útfellingum.
- Uppleyst súrefni mælist lægra í holu SK-12, en er samt all verulegt. Spurning er hvort þörf sé á íblöndunarefni (súlfíði) sem eyða myndi súrefninu sem er verulegt.

8 Heimildir

Arnar Hjartarson og Magnús Ólafsson, 1999: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1998*. Orkustofnun, OS-99076, 17 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Arnar Hjartarson og Vigdís Harðardóttir, 2000: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 1999*. Orkustofnun, OS-2000/033, 17 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Arnar Hjartarson og Vigdís Harðardóttir, 2001: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu árið 2000*. Orkustofnun, OS-2001/039, 18 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1992*. Orkustofnun, OS-93023/JHD-13 B, 10 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1991: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1990*. Orkustofnun, OS-91029/JHD-15 B, 7 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1992: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1991*. Orkustofnun, OS-92022/JHD-10 B, 10 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1994: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1993*. Orkustofnun, OS-94019/JHD-09 B, 12 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1995: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1994*. Orkustofnun, OS-95021/JHD-14 B, 11 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1996: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1995*. Orkustofnun, OS-96033/JHD-19 B, 13 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1997: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1996*. Orkustofnun, OS-97050, 11 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1998: *Hitaveita Ólafsfjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1997*. Orkustofnun, OS-98042, 15 s. Unnin fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.

Ólafur G. Flóvenz, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1994: *Hitaveita Akureyrar. Vinnslueftirlit 1993*. Orkustofnun, OS-94011/JHD-03 B, 43 s. Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Sveinn Þórðarson, 1998: *Auður úr iðrum jarðar. Saga hitaveitna og jarðhitánýtingar á Íslandi*. Safn til Iðnsögu Íslendinga XII. bindi. Hið Íslenska bókmenntafélag, Reykjavík. 656 s.

Viðauki A: Magntölur

Tafla A.1: *Magntölur lesnar af mælum á heitavatnslögnum frá Laugarengi og til Ólafsfjarðar ásamt reiknuðu magni frá Skeggjabrekkudal.*

Dagsetning	Frá Laugarengi (m ³)	Til Ólafsfjarðar (m ³)	Frá Skeggjabrekkudal (m ³) [reiknað]
1999-10-11	8354510	4501260	0
1999-12-31	8504640	4811470	160080
2000-04-25	8734180	5277690	396760
2000-05-02	8744350	5302920	411820
2000-07-03	8790730	5486420	548940
2000-07-31	8803970	5560050	609330
2000-09-01	8823009	5646120	676361
2000-09-30	8849910	5742190	745530
2000-10-31	8901130	5867690	819810
2000-12-31	9009240	6094120	938130
2001-01-31	9062520	6207980	998710
2001-02-28	9113530	6313970	1053690
2001-04-30	9230339	6555660	1178570
2001-05-31	9259960	6646200	1239490
2001-06-30	9280540	6736800	1309510
2001-07-31	9297930	6812920	1368240
2001-08-31	9322380	6905610	1436480
2001-09-30	9343910	6983640	1492980
2001-10-31	9390850	7098970	1561370
2001-11-30	9444970	7207220	1615500
2001-12-31	9495770	7324940	1682420
2002-01-31	9548430	7435080	1739900
2002-02-28	9608660	7553450	1798040
2002-03-31	9669740	7677630	1861140
2002-04-30	9710050	7774450	1917650
2002-05-31	9756050	7889160	1986360