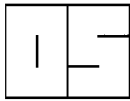


Jarðhiti í Laugaskeri við Berserkseyri.  
Efnasamsetning vatns og áætlaður hiti í  
jarðhitakerfi

**Magnús Ólafsson**

**Greinargerð MÓ-2001-06**



## Jarðhiti í Laugaskeri við Berserkseyri Efnasamsetning vatns og áætlaður hiti í jarðhitakerfi

### Inngangur

Í gagnasafni Orkustofnunar eru til efnagreiningar á tveimur vatnssýnum úr laug í Laugaskeri við Berserkseyri á Snæfellsnesi. Fyrra sýnið (1974-0088) var tekið 17. september 1974 og það síðara (1977-0082) var tekið 5. maí 1977. Við fyrra sýnið er skráð að það hafi verið tekið í skeri hjá Berserkseyri og hiti vatnsins hafi verið 50 til 60°C (líklega ágiskaður hiti). Seinna sýnið var tekið í skeri út af Akrastöpum á Berserkseyri. Vatnið er sagt koma upp í brotabergi, hiti mældist 41°C og rennsli var áætlað 0,1 – 0,2 l/s. Tilgangur þessarar greinargerðar er sá, að reyna að leggja mat á hita í því jarðhitakerfi sem vatnið er komið úr, út frá niðurstöðum efnagreininga á þessum tveimur sýnum. Jafnframt að bera efnasamsetningu vatnsins saman við vatn hjá nokkrum hitaveitum, m.t.t. vinnslueiginleika og efnahita. Jarðhita í Laugaskeri hefur áður verið lýst í greinargerðum Orkustofnunar, t.d. Helgi Torfason og Ásgrímur Guðmundsson 1988 og Jón Benjamínsson 1980. Þá mældist hæstur hiti annars vegar 51°C og rennsli um 0,2 l/s (HeTo-ÁsG-88/04) og 41°C og rennsli 0,1-0,2 l/s. (JBen-80/02). Baldur Gíslason rafvirki í Stykkishólmi hefur kafað á svæðinu við Laugasker og fann þar hæstan hita 53°C.

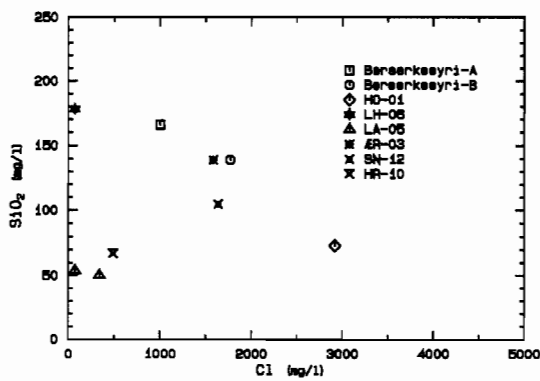
### Niðurstöður efnagreininga

Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 1. Þar eru einnig sýndar, til samanburðar, efnagreiningar á vatni úr vinnsluholum hjá Hitaveitu Stykkishólms (HO-01), Hitaveitu á Lýsuhóli, Hitaveitu Suðureyrar (Laugar, LA-05) og Hitaveitu Seltjarnarness (SN-12).

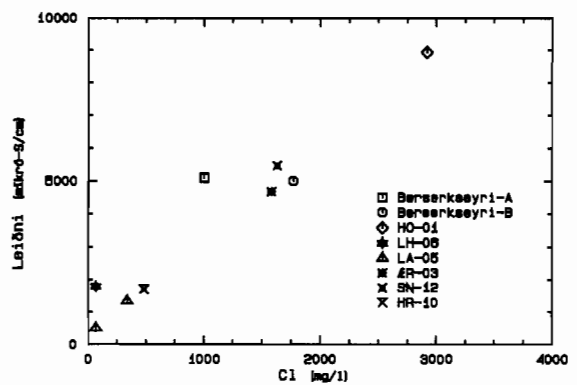
Tafla 1. Efnasamsetning jarðhitavats á Berserkseyri og nokkrum öðrum stöðum (mg/l).

Staður	Berserkseyri laug 1974-0088	Berserkseyri laug 1977-0082	Hofsstaðir HO-01 1997-0404	Lýsuhóll LH-06 1979-3063	Laugar LA-05 1987-0087	Seltjarnarnes SN-12 1999-0128	Ærlækjarsel ÆR-03 1994-0201	Hrísey HR-10 1999-0494
Hiti (°C)	50 - 60	41	87	60	58	108	98	78
Sýrustig (pH/°C)	6,6/20	6,7/18	8,5/23	6,9/11	9,2/23	8,4/22	7,7/23	9,4/16
Leiðni (µS/25°C)	5102	5000	8940	1786	1344	5470	4670	1711
Karbónat (CO <sub>2</sub> (t))	127	102	9,0	1358	10,1	5,3	21,7	3,3
Brennisteinsvetni (H <sub>2</sub> S)	<0,03	<0,03	0,07	<0,03	<0,03	0,15	<0,03	0,05
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	166	139	72,9	178	50,0	105	139	67,1
Natríum (Na)	743	735	731	486	187	607	897	250
Kalíum (K)	21,8	21,8	13,9	36,5	1,87	12,6	43,2	4,2
Magnesium (Mg)	15,1	16,3	0,51	20,8	6,37	0,27	0,33	0,024
Kalsíum (Ca)	370	425	1150	79,9	77,2	500	163	84,7
Flúoríð (F)	1,68	1,94	1,07	4,79	0,32	0,78	0,20	0,28
Klóríð (Cl)	1002	1770	2920	69,5	337	1630	1580	487
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	300	277	325	43,1	106	286	92,6	60,3
Járn (Fe)	-	1,1	0,01	0,83	-	0,003	-	0,007
Uppleyst efni	3824	3589	4260	1412	805	3240	2580	900

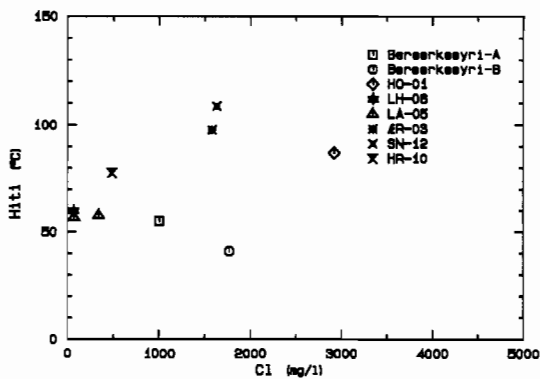
Í töflu 1 kemur fram að nokkur munur er á efnasamsetningu sýnanna tveggja úr jarðhitastaðnum við Berserkseyri þó margt sé líkt. Umtalsverður munur er á styrk t.d. kísils, kalsíums og klóríðs. Að einhverju leyti getur hér munað um mismunandi efnagreininga- aðferðir, þó líklegra sé að hér gæti áhrifa frá sýnatöku við breytilegar aðstæður, s.s. íblöndun sjávar, enda sýnataka í skerinu erfið. Til samanburðar eru í töflu 1 sýndar niðurstöður efnagreininga á vatni úr borholum hjá nokkrum hitaveitum sem nýta salt og/eða karbónatríkt vatn. Á myndum 1 til 10 er efnasamsetning þessara sýna, og nokkurra fleiri, sýnd á þann hátt að styrkur einstakra efna er teiknaður á móti styrk klóríðs, sem enduspeglar seltu vatnsins. Myndirnar sýna að vatnið á Berserkseyri líkist um margt vatni úr borholum hjá Hitaveitu Seltjarnarness (SN-12) og Hitaveitu Öxarfjarðarhéraðs (ÆR-03). Styrkur magnesíums og flúoríðs er þó talsvert hærri á Berserkseyri. Einnig er styrkur kísils mjög hár miðað við hita vatnsins (mynd 11), en hvoru tveggja er algengt í jarðhitavatni á Snæfellsnesi. Það sést t.d. á mynd 11 þar sem sýnið frá Lýsuhóli fellur nánast að sýnunum frá Berserkseyri.



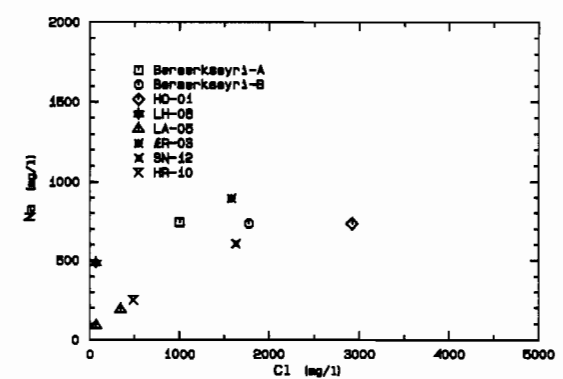
Mynd 1. Styrkur kísils og klóríðs



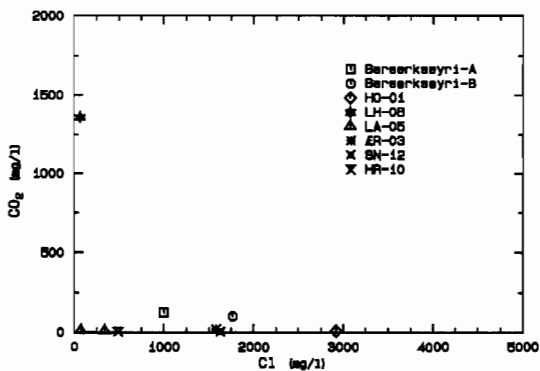
Mynd 2. Samband leiðni og klóríðs.



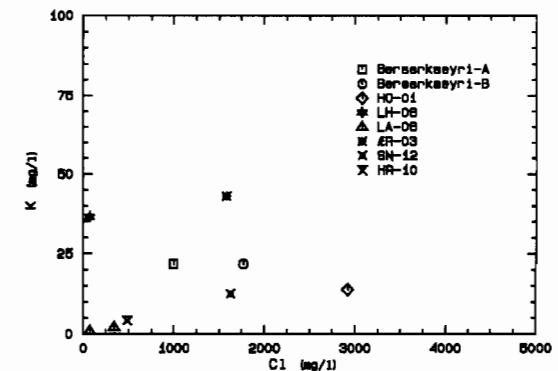
Mynd 3. Samband hita og klóríðs.



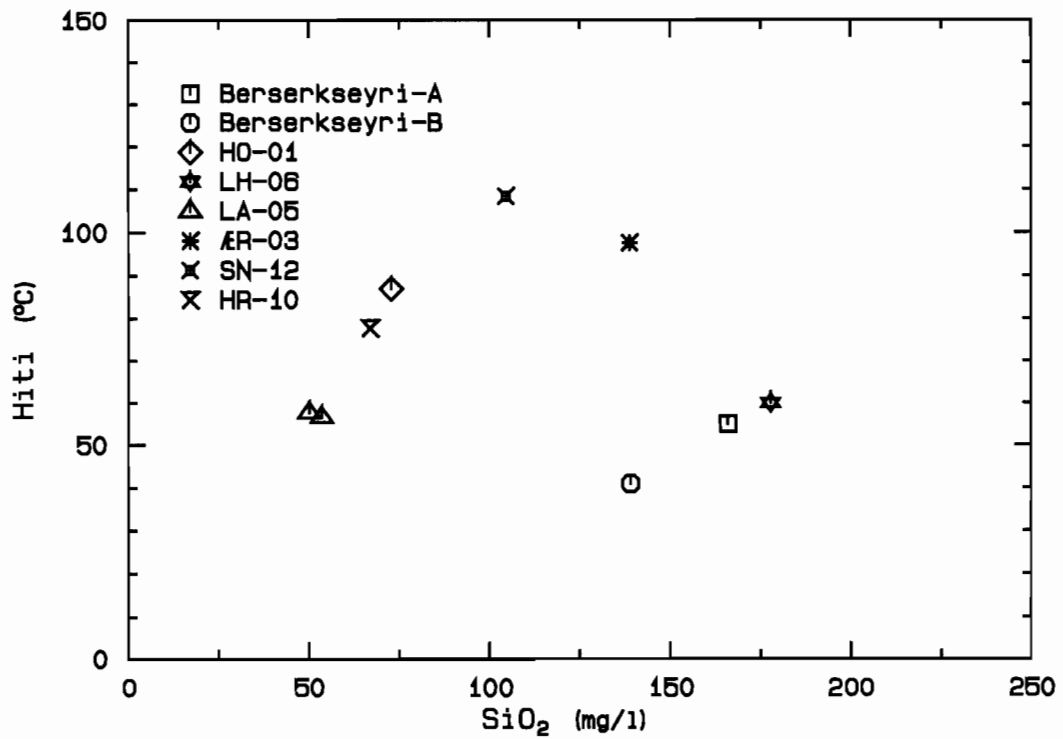
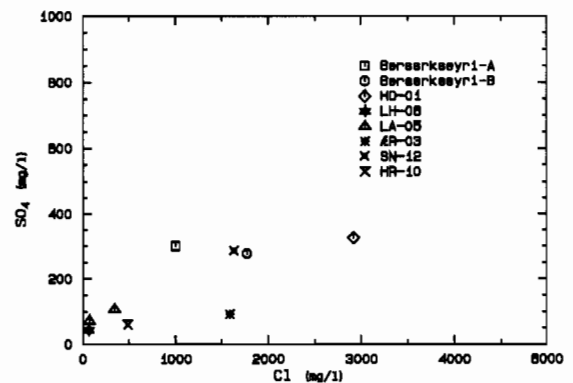
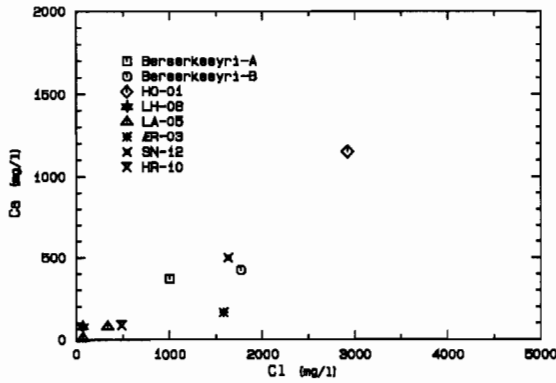
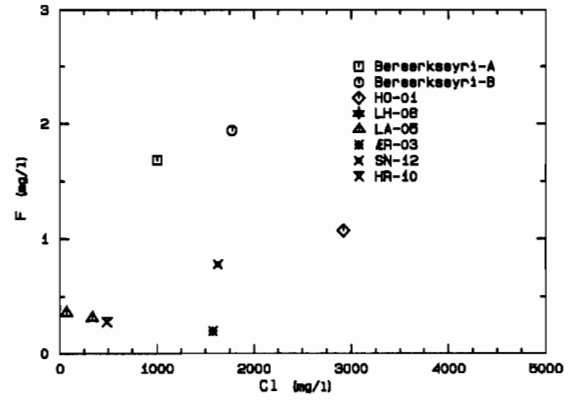
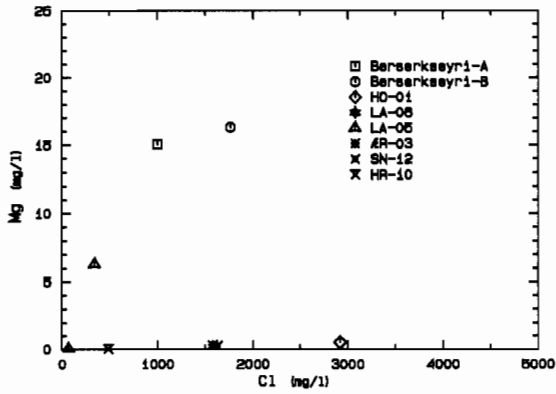
Mynd 4. Styrkur natríums og klóríðs.



Mynd 5. Styrkur kolsýru og klóríðs.



Mynd 6. Styrkur kalíums og klóríðs.



## Áætlaður hiti í jarðhitakerfinu

Efnainnihald jarðhitavatns getur gefið upplýsingar um hita vatnsins djúpt í jörðu, þar sem ríkir jafnvægi milli vatns og bergs. Slíkar upplýsingar eru áhugaverðar áður en borað er í jarðhitakerfi eða þar sem frekari borun í jarðhitasvæði er fyrirhuguð. Hér á landi hefur einkum verið stuðst við tvær gerðir svokallaðra efnahitamæla, annars vegar kísilhitamæla og hins vegar alkalíhitamæla. Kísilhitamælar eru tveir, kvarshitamælir fyrir háhitasvæði og kalsedónhitamælir fyrir lághitasvæði. Alkalíhitamælar þeir sem mest eru notaðir eru þrír, Na-K hitamælir, Na-K-Ca hitamælir og Na-K-Ca-Mg hitamælir.

Á Snæfellsnesi einkennist efnasamsetning jarðhitavatns á því að styrkur kísils, karbónats og magnesíums er hár og sýrustig er lágt miðað við það sem gerist á öðrum lághitasvæðum landsins. Af þessum sökum hefur verið erfitt að áætla hita í jarðhitakerfum á nesinu út frá efnainnihaldi vatnsins. Hér að neðan verður reynt, út frá þeim aðferðum sem tiltækar eru, að meta efnahita í jarðhitakerfi því sem vatnið úr laugum við Berserkseyri er komið úr og bera hann saman við efnahita í nokkrum jarðhitakerfum sem hefur nú þegar verið borað í.

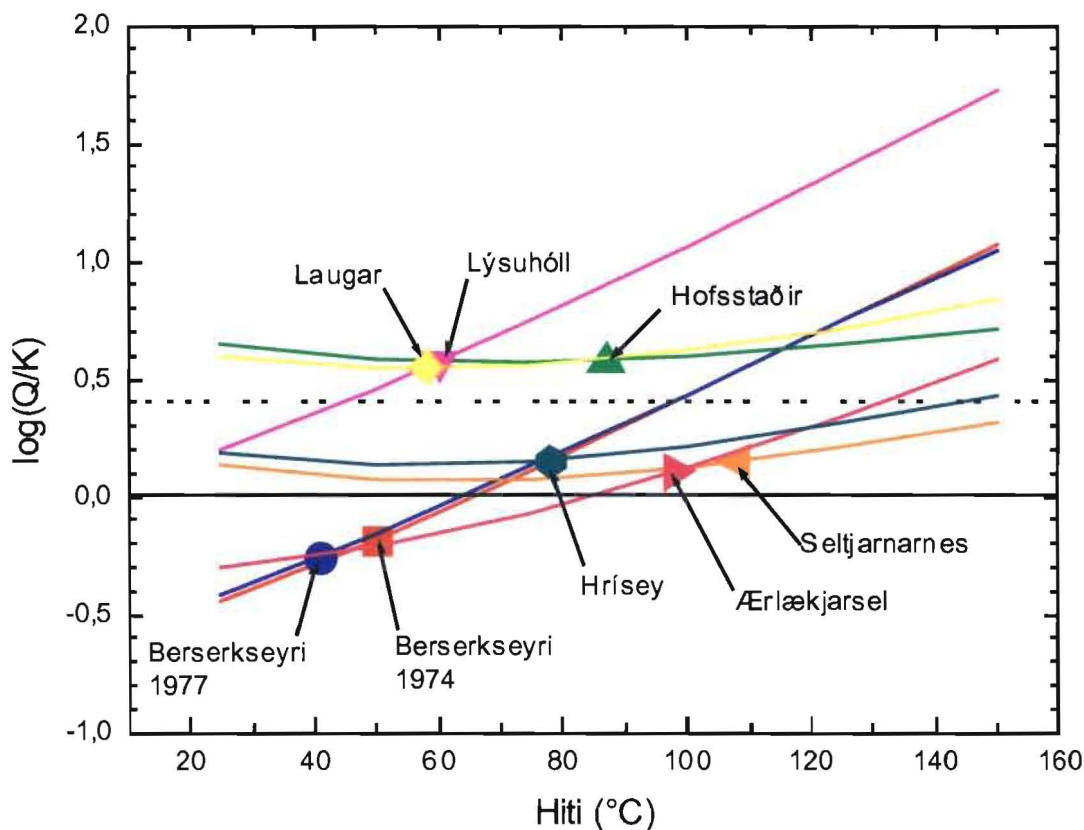
Tafla 2. Efnahiti í jarðhitavatni

Staður	Sýni	Mældur hiti	Hæstur hiti	T-kvars	T-kalsedón	T-Na/K	T-Na/K/Ca
Berserkseyri	1974-0088	50-60		165	145	110	82
Berserkseyri	1977-0052	41		155	130	110	79
Hofsstaðir	1997-0404	87	89	118	89	89	98
Lýsuhóll	1979-3063	60	60	170	150	165	136
Laugar	1987-0087	58	65	93	62	63	76
Seltjarnarnes	1999-0128	108	140	138	111	93	104
Ærlækjarsel	1994-0201	98	125	155	130	136	154
Hrísey	1999-0494	78	88	108	78	84	51

Í töflu 2 kemur fram að hiti vatnsins í skeri við Berserkseyri mældist 41°C vorið 1977. Þegar skerið var skoðað í september 1974, og sýni tekið, var hiti áætlaður 50 til 60°C. Seinna hefur mælst þar 51° og 53°C hiti (HeTo-ÁsG-88/04 og Baldur Gíslason 2001, munnl. upplýsingar). Tafla 2 sýnir að nokkuð gott samræmi er milli hita vatns í borholum annars vegar og kalsedónhita (T-kalsedón) og alkalíhita (T-Na/K) hins vegar, á þeim stöðum sem tilgreindir eru í töflu 2, að Lýsuhóli undanskildum. Efnahitamælar sýna miklu hærri hita en mælst hefur í þeim holum sem þar hafa verið boraðar. Ekki hefur fundist skýring á þessu misræmi. Ef mið er tekið af öðrum alkalíhitamælum, svo sem T-Na/K/Ca (tafla 2) og fleirum sem ekki eru sýndir hér, þá gefa þeir efnahita í jarðhitakerfinu við Berserkseyri u.þ.b. 70 til 80°C. Á grundvelli þessara vangaveltna má því álykta sem svo að það geti talist raunhæft að finna megi 80°C heitt vatn í jarðhitakerfinu við Berserkseyri, en óvíst hve djúpt þarf að bora eftir því.

## Kalkmettun vatnsins

Einn af þeim þáttum sem valdið geta vandræðum við nýtingu jarðhitavatns er útfelling kalks, öðru nafni kalsít. Á þetta einkum við þar sem vatn er kalsíum- og kolsýruríkt ríkt eins og algengt er um heitt vatn á Snæfellsnesi. Á mynd 12 er sýnd kalkmettun vatns frá Berserkseyri og nokkrum öðrum jarðhitasvæðum til samanburðar.



Mynd 12. Kalkmettun jarðhitavatns á nokrum stöðum.

Á mynd 12 er vatn yfirmettað og því hætt við myndun kalkútfellinga ofan línu þeirrar sem sýnir  $\log(Q/K) = 0$ . Á línunni ríkir jafnvægi, en neðan hennar er vatnið undirmettað og engin hætt á útfellingum. Reynslan hér á landi hefur kennt að vatn getur að jafnaði verið nokkuð yfirmettað án þess að myndum útfellinga verði til vandræða. Hefur þá oft verið miðað við  $\log(Q/K) = 0,4$  eins og sýnt er með strikalinu á mynd 12. Þó ber þess að gæta hér að myndun útfellinga er talvert háð efnastyrk og seltu vatnsins á þann hátt að meiri hætt er myndun útfellinga eftir því sem vatnið er saltara og efnaríkara. Mynd 12 sýnir mettnarstig vatns við hita allt frá  $150^\circ\text{C}$  og niður í  $25^\circ\text{C}$ . Er mettnarstigið reiknað á þann hátt í þessu tilviki að vatnið er annars vegar hitað frá upphafshita við holutopp eða í laug upp í  $150^\circ\text{C}$  og hins vegar kælt frá sama upphafshita niður í  $25^\circ\text{C}$ . Fram kemur að vatnið frá Berserkseyri er í jafnvægi með tilliti til kalks (kalsíts) við  $65^\circ\text{C}$  en nær mettnarstigi 0,4 við u.þ.b.  $100^\circ\text{C}$ . Vatn úr holu LA-05 á Laugum í Súgandafirði reiknast alltaf mjög yfirmettað, alltaf vel ofan við  $\log(Q/K) = 0,4$ . Þar hafa kalkútfellingar einmitt valdið vandræðum við rekstur dælu í borholu, þar til farið var að blanda í vatnið tafefnum til að hindra myndun þeirra. Vatnið á Hofsstöðum er einnig mikið yfirmettað, en þar er ekki vitað til að útfellingar hafi verið til vandræða. Á Lýsuhóli er vatnið einnig alltaf mjög yfirmettað og þar eru vel þekktar útfellingar úr jarðhitavatni. Það er þó mest kísill, enda er styrkur kísils í vatninu mjög hár. Á öðrum þeim stöðum sem sýndir eru á mynd 12, Hrísey, Ærlækjarsel og Seltjarnarnes, reiknast jarðhitavatnið lítið yfirmettað fyrr en við háan hita og þar eru kalkútfellingar ekki vandamál.

Út frá ofansögðu má draga þá ályktun, varðandi jarðhitavatn á Berserkseyri, að þar sé vart að búast við kalkútfellingum ef gengið er út frá þeim sýnum sem fyrir liggja. Um beina notkun þess til upphitunar er þó ekki að ræða vegna hás efnastyrks, einkum seltu. Því

verður að gera ráð fyrir því við hugsanlega nýtingu vatnsins að það verði notað með varmaskiptum.

## Niðurstöður

Niðurstöður þessarar lauslegu athugunar má draga saman í eftirfarandi punktum.

- Hæstur mældur hiti í Laugaskeri er 53°C.
- Erfitt er að meta efnahita í jarðhitakerfinu við Berserkseyri út frá þeim gögnum sem fyrir liggja. Þó má áætla að hiti í jarðhitakerfinu geti verið 80 til 90°C.
- Vatnið er salt og efnaríkt og því ekki hæft til beinnar nýtingar án varmaskipta.
- Vatnið er nokkuð ríkt af kolsýru og kalsíum, en tiltölulega lágt sýrustig þess virðist koma í veg fyrir að kalkútfellingar myndist, svo fremi sem það nær ekki að afloftast.

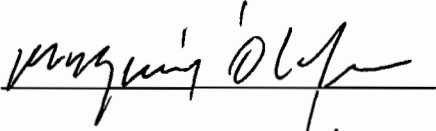
## Heimildir

Baldur Gíslason, munnlegar upplýsingar 2001.

Gagnasafn Orkustofnunar

Helgi Torfason og Ásgrímur Guðmundsson, 1988. *Athugun á jarðhita í Laugaskeri, Berserkseyri í Eyrarsveit*. Greinargerð Orkustofnunar, HeTo-ÁsG-88/04, 10s.

Jón Benjamínsson, 1980. *Greinargerð um Berserkseyri*. Greinargerð Orkustofnunar, JBen-80/02, 3s.



Magnús Ólafsson