



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Jón Benjamínsson

VESTFIRÐIR

Efnafræði jarðhitavatns

OS81010/JHD06
Reykjavík, júní 1981



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Jón Benjamínsson

VESTFIRÐIR

Efnafræði jarðhitavatns

OS81010/JHD06

Reykjavík, júní 1981

ÁGRIP

Greint er frá söfnun vatnssýna á jarðhitastöðum á Vestfjörðum, einkum í nágrenni þéttbýlisstaða, og niðurstöðum efnagreininga á þessum sýnum með tilliti til hugsanlegrar nýtingar heita vatnsins. Sýnum var safnað á tímabilinu 1944-1977. Samanburður á þessum efnagreiningum bendir til þess að greiningum sem gerðar hafa verið fyrir árið 1967-68 sé ekki að treysta, nema hvað varðar klór.

Erfiðleika gætir í túlkun efnahita þar sem katjónahiti reiknast víða neðan við 0°C og kalsedónhiti reiknast sumsstaðar miklu lægri mældum hita. Sæmileg samkvæmni er milli kalsedónhita og feldspathita í jarðhitavatni niður undir 20°C í Strandasýslu og við Djúp. Annarsstaðar virðist samkvæmnin viðunandi sé kalsedónhiti um eða yfir 50°C. Kalsedónhiti reiknast lægri mældum hita í Barðastrandarhreppi og við Fossfjörð og Reykja-fjörð í Barðastrandarsýslu. Er það talið stafa af stuttri hvörfunarvegalengd og/eða hvörfunartíma. NaK-hiti reiknast yfirleitt lægri kalsedónhita og feldspathita. NaKCa-hiti hentar ekki fyrir jarðhitavatn af Vestfjörðum. Einkennandi fyrir heitt vatn á Vestfjörðum er hátt sýrustig (pH ≈ 10) samfara lágum styrk uppleystra efna (≈ 100 ppm).

Breytingar í hitastigi, rennsli og efnainnihaldi borholuvatns benda til viðkvæmra jarðhitakerfa á Vestfjörðum, þ.e. stuttra hvörfunarvegalengda og stutts hvörfunartíma. Mælt er með langtíma eftirliti þessara þátta borholuvatnsins. Tegund útfellinga við laugar er í samræmi við hitastigsbil eins og það hefur verið áætlað frá greindum útfellingum í borholusniðum annarsstaðar á landinu.

Varmaaflnýting á Vestfjörðum án Reykhóla er um 3,3 MW. Jarðhiti er nýttur til húshitunar á þremur verzlunarstöðum, þ.e. Reykhólum, Krossnesi og Suðureyri. Allgóða möguleika hafa Drangnes, Borðeyri, Norðurfjörður og svo Bíldudalur með leiðslu frá Dufansdal. Heimavistarskólinn að Reykjanesi við Djúp ásamt sundlaug og kennarabústöðum er hitaður upp með jarðhitavatni en að auki er þar fólgið allmikið ónotað varmaafli.

Á fjórum stöðum er jarðhiti virkjaður fyrir húsnæði sem er aðeins notað hluta úr árinu. 9 sveitabýli eru hituð upp með jarðhita og sennilegur möguleiki er fyrir 10 býli að auki, án þess að hagkvæmni þess sé metin.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	3
EFNISYFIRLIT	5
TÖFLUSKRÁ	6
MYNDASKRÁ	6
1 INNGANGUR	9
2 ELDRI GREININGAR	11
3 EFNAGREININGARADFERÐIR	25
4 TÚLKUN EFNAFRÆÐILEGRA GAGNA	28
4.1 Ytri aðstæður	28
4.2 Efnafraeðilegir þættir	28
4.3 Efnahiti	29
4.4 Hlutfallið F^-/OH^-	36
4.5 Hlutfallið Na/Cl	39
5 SKIPTING Í SVÆÐI	42
6 BORHOLUR	44
6.1 Inngangur	44
6.2 Svæði 1	47
6.3 Svæði 2	48
6.4 Svæði 3	52
6.5 Svæði 4	56
6.6 Ályktanir	57
7 YFIRBORÐSJARÐHITI	60
7.1 Inngangur	60
7.2 Svæði 1 og 2	60
7.3 Svæði 3	71
7.4 Svæði 4	72
7.5 Svæði 5	78
8 ÚTFELLINGAR	89
9 NÝTING JARÐHITAVATNS Á VESTFJÖRÐUM	95
10 NIÐURSTÖÐUR	104
RITASKRÁ	106

EFTIRMÁLI	Bls. 115
VIÐAUKI: Efnahiti	117

TÖFLUSKRÁ

1 Efnainnihald jarðhitavatns á Vestfjörðum. Efnagreint af öðrum en Orkustofnun	16
2 Samanburður á niðurstöðum kísilhitareikninga fyrir sama sýnatökustað. Safnað og greint á þremur mismunandi tímum 1944, 1959-60 og eftir 1970	19
3 Efnainnihald laugavatns af Vestfjörðum. Efnagreint af Orkustofnun	21
4 Efnainnihald borholuvatns á Vestfjörðum. Efnagreint af Orkustofnun	45
5 Blöndunarreikningar	65
6 Blöndunarhlutfall	65
7 Gasinnihald í hveravatni á Reykjanesi við Djúp, mælt 1930	74
8 Klórstyrkur og hitastig Þambárvallalaugar	86
9 Niðurstöður XRD-greininga á útfellingasýnum	94
10 Nýting varmafls á Vestfjörðum	98
11 Staðir þar sem kalsedónhiti er um eða yfir 60°C	99
12 Mældur hiti yfir 60°C í Breiðafjarðareyjum og Reykhólum	102

MYNDASKRÁ

1 Yfirlitskort (í vasa innan á bakkápu)	
2 Frávik kalsedónhita í sömu laug. Sýnum safnað og þau efnagreind á mismunandi tíma	12
3 Samanburður á kalsedónhita og mældum hita í sýnum frá sama tókustað. Safnað og greint á þremur mismunandi tímum	13
4 Jónavægi sýna af Vestfjörðum efnagreindra af OS	14
5 A) Na^+/H^+ jónaskiptajafnvægi í jarðhitavatni	30
5 B) K^+/H^+ jónaskiptajafnvægi í jarðhitavatni	30

	Bls.
5 C) $\text{Ca}^{+2}/\text{H}^{+}$ jónaskiptajafnvægi í jarðhitavatni	30
5 D) Wollastonít-jafnvægi í jarðhitavatni	30
6 A) Log Na/K á móti kalsedónhita	33
6 B) Jafnvægi við K-glimmer	33
7 Kalsedónhiti og feldspathiti í laugum og borholum á Vestfjörðum	35
8 Hlutfallið $\text{F}^{-}/\text{OH}^{-}$ á móti kalsedónhita	37
9 Landfræðileg dreifing $\text{F}^{-}/\text{OH}^{-}$ hlutfalls	38
10 Na/Cl hlutfall (ppm) á móti kísilhita eða mældum hita fyrir Vestfirði og nokkra aðra valda staði á landinu.....	41
11 Vestfirðir. Jarðhitastaðir, svæðaskipting	43
12 Borholur á Vestfjörðum vegna jarðhitarannsókna	44
13 Breytingar á hitastigi, rennsli, efnahita og Na/Cl hlutfalli í borholu 1 Litla-Laugardal við Tálknafjörð	51
14 Efnabreytingar vatns í borholu 2 að Laugum við Súgandafjörð ...	54
15 Efnabreytingar vatns í borholu 2 Tungudal við Skutulsfjörð	55
16 Kalsedónhiti og mældur hiti ($^{\circ}\text{C}$) í laugum og borholum á Vest- fjörðum	61
17 Na/Cl-hlutfall í úrkomu á Keldnaholti 1976	74
18 Sjávarblöndun í jarðhitavatni við Ísafjörð, dregið upp á móti fjarlægð frá Reykjanesi	75
19 Hitastig og rennsli Baðlaugar við Nauteyri eftir árstíma	77
20 Fylgni rennslis og hitastigs Baðlaugar	77
21 Samband klórstyrks og hita í Þambárvallalaug	87
22 Samband klórstyrks og hita í Laugamýri og borholu 1 við Borðeyri	88
23 Tíðni útfellinga á móti sýrustigi	89
24 Útfellingar á móti mældum hita, kalsedónhita og feldspathita ..	90
25 Greindar steindir og seteindir í útfellingum við laugar og hveru á Vestfjörðum	91
26 Jarðhiti á Vestfjörðum, nýting	96
27 Jarðhitastaðir á Vestfjörðum, þar sem mældur hiti eða kalsedón- hiti er um eða yfir 60°C	97

1 INNGANGUR

Vestfirðir eru jarðfræðilega einn elsti hluti landsins, 5-10 milljón ára gamall, og hallar blágrýtislögunum víðast hvar til austurs og suð-austurs. Brotalínur á Vestfjörðum hafa lítt verið kannaðar í mörkinni. Brotarós Haraldar Sigurðssonar (1967) á yfir rúmlega tvöþúsund brotalínum gefur til kynna að norður til norð-austlæg brotastefna sé algengust á svæðinu.

Undanfarin ár hefur farið fram nokkuð umfangsmikil jarðhitaleit á Vestfjörðum í því skyni að segja til um möguleika á öflun heits vatns til húshitunar. Sérstök áhersla hefur verið lögð á nágrenni þéttbýlisstaða og er söfnun og efnagreining vatns einn liður í þessari rannsókn. Efnainnihald vatnsins getur sagt fyrir um hugsanlegan hámarkshita þess og getur einnig komið að gagni varðandi nýtingarhæfni þess.

Í skýrslu þessari er aðallega fjallað um niðurstöður útreikninga á efnainnihaldi jarðhitavatns, sem safnað var í þrem leiðangrum sumurin 1976 og 1977. Jón Benjamínsson og Svanur Pálsson söfnuðu heitu vatni af 52 stöðum frá Kjálkafirði í Barðastrandarsýslu að Dynjandisvogi í Ísafjarðarsýslu og einnig á Reykjanesi og í vestanverðum Ísafirði á tímabilinu 20/7 - 5/8 1976. Jón Benjamínsson safnaði á 32 stöðum í Kaldrananes- og Árneshreppi á Ströndum og að auki við Inn-Djúp sem og á nokkrum stöðum í Suðurfjarðahreppi og nágrenni Ísafjarðarkaupstaðar dagana 28/8 til 5/9 1976. Jón Benjamínsson og Þóroddur F. Þóroddsson söfnuðu 32 sýnum í Fellshreppi og á ýmsum lítt þekktum eða áður ókunnum jarðhitastöðum norðarlega á Ströndum og eins hér og þar frá Bolungarvík suður um Vestfirði til Reykhóla frá 12/8 til 27/8 1977.

Markmið með þessum sýnatökum var að fá yfirlit yfir efnafræði jarðhitavatns á Vestfjörðum samhliða nánari athugunum á jarðhita í nágrenni þéttbýlisstaða með tilliti til nýtingar. Hiti á viðkomandi laug var mældur, vatni safnað á gastúpu og tvo eins lítra plastbrúsa og jafnframt gerð rennslismæling, ef aðstæður leyfðu. Til að fá sem marktækastar niðurstöður var pH, ásamt styrk CO_2 og H_2S mælt að kvöldi sama dags, þar eð við geymslu breytast þessar stærðir (Stefán Arnórsson 1968 og Stefán Arnórsson & Einar Gunnlaugsson 1975). Árin 1944 og 1959-60 fór fram rannsókn á jarðhita Vestfjarða og var þá einnig safnað vatni til efna-

greininga (Rannsóknaráð ríkisins 1944; Jón Sólmundsson 1959 og 1960). Þar sem pH, CO₂ og H₂S voru annað hvort alls ekki mæld eða eigi fyrr en á rannsóknastofu að loknum leiðangri er jarðefnafræðilegt gildi þessara fyrri safnana mjög takmarkað, en þeim eru gerð betri skil í kafla 2.

Þéttbýliskjarnar á Vestfjörðum sem nýta jarðhitann eru Reykhólar, Krossholt og Suðureyri, en aðrir staðir sem hafa á einhvern hátt möguleika á jarðhitanytingu til húshitunar eru Sveinseyri, Bíldudalur, Norðurfjörður og Borðeyri. Jarðhitavatn á Vestfjörðum er á nokkrum stöðum notað til þvotta og böðunar og 10 sundlaugar nota jarðhita. Á þremur stöðum, Sveinseyri, Asparvíkurdal og Ásmundarnesi, hafa verið gerðar tilraunir með fiskeldi í tengslum við jarðhita. Gróðurhús eru í Reykhólasveit og Laugalandi í Nauteyrarhreppi, en þar er einnig nýttur jarðvarmi við heypurrkun og nokkur ylrækt er stunduð í Bjarnarfirði syðri. Á Reykhólum er starfrækt þörungaverksmiðja sem notar jarðhitavatn. 11 sveitabýli eru hituð með jarðhitavatni og möguleikar eru einnig í Laugardal í Ögurhreppi. Sumarhús í Reykjafirði í Snæfjallahreppi og í Goðdal eru hituð með jarðhita.

Yfirlitskort (mynd 1) af jarðhitastöðum á Vestfjörðum fylgir skýrslunni og er þar jafnframt sýnd staðsetning þéttbýliskjarna.

2 ELDRI GREININGAR

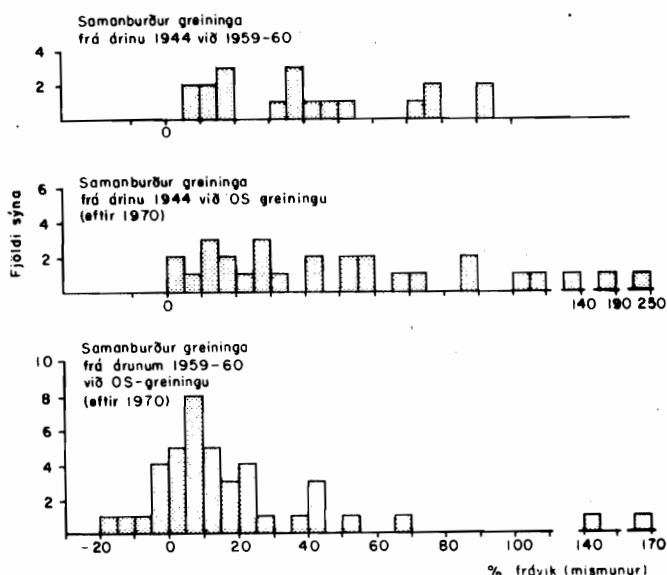
Til eru 330 efnagreiningar á jarðhitavatni af Vestfjörðum. Ýmist er þar um að ræða heildarefnagreiningu eða hlutagreiningu. Frá því fyrir daga Orkustofnunar eru til 164 greiningar og eru niðurstöður þeirra sýndar í töflu 1. Sumarið 1944 söfnuðu tveir verkfræðinemar vatni fyrir Rannsóknaráð ríkisins af 49 stöðum á Vestfjörðum. Ólafur Jensson nú deildarverkfræðingur hjá RARIK safnaði frá Reykhólum um Barðastrandar- og Ísafjarðarsýslur að Reykjanesi við Djúp en Sveinn Sveinsson forstjóri í Völundi fór frá Reykhólum norður um Strandasýslu í Reykjafjörð og Inn-Djúp að Reykjanesi (Trausti Ólafsson 1950 og Ólafur Jensson munnl.uppl. 1979). Samhliða mælingu á hitastigi og rennsli laugavatnsins greindu þeir sýrustig á staðnum, kólorímetriskt. Niðurstöðurnar voru gefnar út í fjölrituðu handriti af Rannsóknaráði ríkisins (sjá Rannsóknaráð ríkisins 1944). Vatni var safnað á glerflöskur og sýnin send til Reykjavíkur við fyrstu hentugleika og þar var sýrustig þess mælt með glerelektróðu eins fljótt og auðið varð af Trausta Ólafssyni efnafræðingi, sem svo sá um framhald efnagreininganna á Iðnaðardeild Atvinnudeildar Háskólans, en niðurstöður úr þeim er að finna í skýrslu Iðnaðardeildar fyrir árin 1945 og 1946 og eins í handriti í vörslu Orkustofnunar útgefnu af Atvinnudeild Háskólans (sjá Trausti Ólafsson 1950 og Atvinnudeild Háskólans).

Sumurin 1959 og 1960 fór Jón Sólmundsson vítt um Vestfirði, mældi hita og rennsli jarðhitavatns samhliða söfnun 88 vatnssýna á glerflöskur. Sýrustig o.fl. var svo greint syðra hjá Atvinnudeild Háskólans. Hélt Jón dagbækur í þessum söfnunarferðum og eru þær varðveittar á Orkustofnun og ganga undir nafninu Laugabók Jóns Sólmundssonar. (Sjá Jón Sólmundsson 1959 og 1960).

Vitað er að sýrustig vatns og rokgjörnu efnin CO_2 og H_2S breytast við geymslu (Stefán Arnórsson & Einar Gunnlaugsson 1975), en sýrustig er m.a. mikilvæg breytistærð við útreikning á kísilhita (Stefán Arnórsson 1973). Eftir 1970 (OS-sýni) hefur því vatni verið safnað á þar til gerðar gas-túpur og sýrustig og rokgjörn efni mæld af þeim samdægurs eða daginn eftir. Lauslegur samanburður á efnagreiningum úr sömu laugum frá mismunandi tímum sýnir oft á tíðum mikinn mun á styrk nokkurra efna. Hins vegar er meðaltalsgildi allra hitamælinga fyrir þessar laugar það sama og frávik lítið. Í öllum tilvikum hefur klór verið ákvarðaður með Mohr-

títrun og samanburður á sýnum frá mismunandi tímum gefur ekki ástæðu til að ætla, að breytingar hafi orðið á laugunum sé litið til stöðugleika hitastigs og klórstyrks. Mismunur á styrk annarra efna stafar líkast til af mismunandi efnagreiningaaðferðum sem og ófullkomnum mælitækjum áður fyrri.

Á mynd 2 er sýnt með stöplarití hve mikið reiknaður kalsedónhiti eldri greininga víkur í prósentum frá reiknuðum kalsedónhita yngri greininga úr sömu laugum (tafla 2). Meðaltal mælds kísils í þessum laugum er um 51,5 ppm.



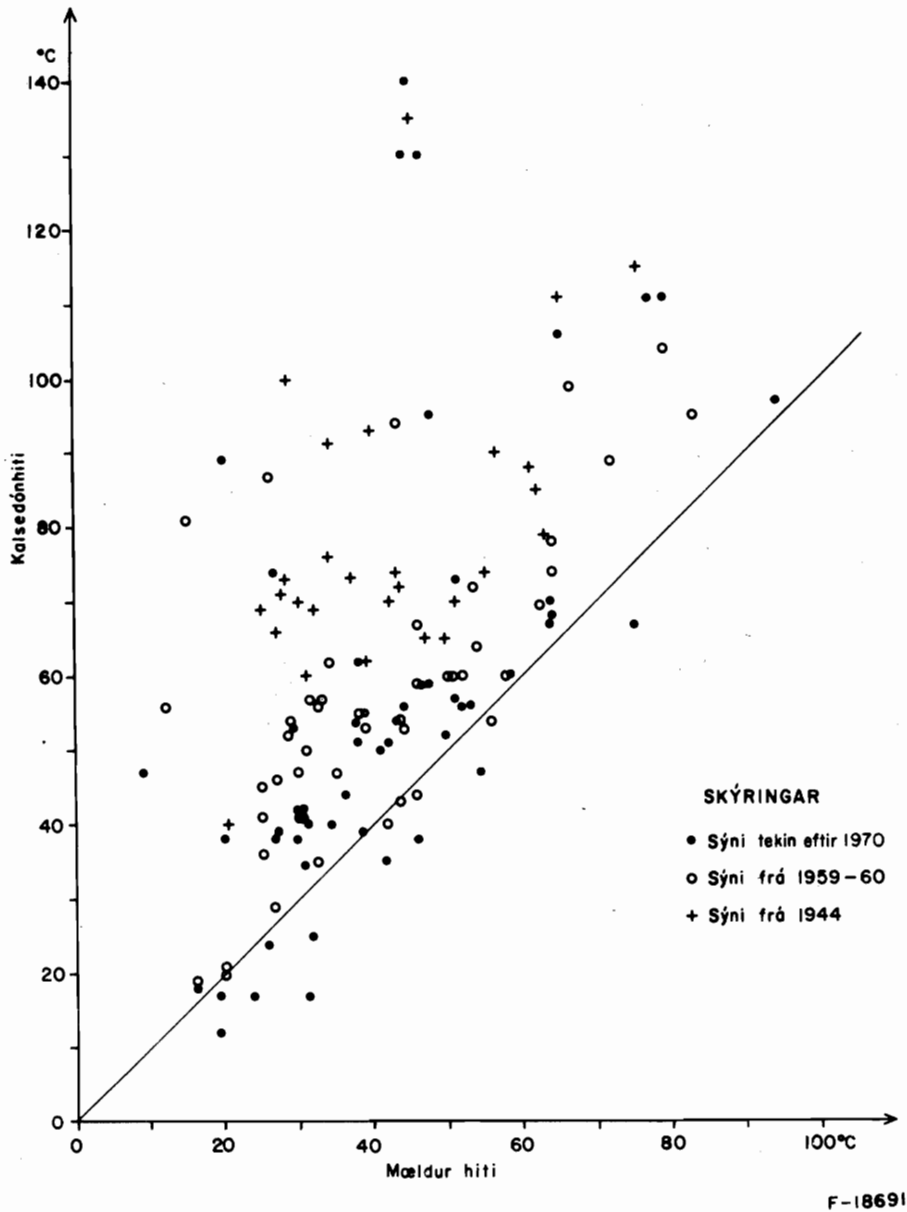
79 10 03 / Jarðeinaf / J-Ym / JB / ÓD F. 18688

MYND 2

Frávik kalsedónhita í sömu laug. Sýnum safnað og þau efnagreind á mismunandi tíma

Sé reiknað með $\pm 3\%$ frávik í kísilmælingu og skekkju á sýrustigsmælingu upp á $\text{pH} \pm 0,05$, en meðaltals pH er 9,94, má álykta að mesti mismunur frá meðaltals kalsedónhita verði ekki yfir 5%, þ.e.a.s. sökum mismunandi mælingarnákvæmni en ekki breytinga í efnasamsetningu. Af mynd 2 má sjá, að kalsedónhiti ríflega 4/5 hluta sýna frá 1959-60 víkur lengra en 5% frá kalsedónhita OS-sýna síðan eftir 1970. Kalsedónhiti 26 sýna af 28 frá árinu 1944 er meira en 5% hærri en kalsedónhiti OS-sýna. Fyrirgreindi hópurinn, þ.e. 1959-60, borinn saman við kalsedónhita sýna frá 1944, sýnir enn fremur leitni í sömu átt. Ljóst má því vera, að sýni frá 1944 eru ó-

marktæk sökum of hás kalsedónhita, en meðaltals pH (mælt með elektróðu) er um einu sýrustigi (pH) lægra en OS-sýna og SiO₂ styrkur að meðaltali um 30% hærri. Munurinn á pH-mælingunni liggur líklegast í því, hversu löngu eftir söfnun það var mælt, en sýrustig getur lækkað með tíma vegna hvörfunar við koldíoxíð í andrúmsloftinu. Mun á SiO₂ styrk má rekja til ólíkra efnagreiningaaðferða sem og ófullkomnari mælitækja áður, en það á reyndar einnig við um pH-mælinguna.

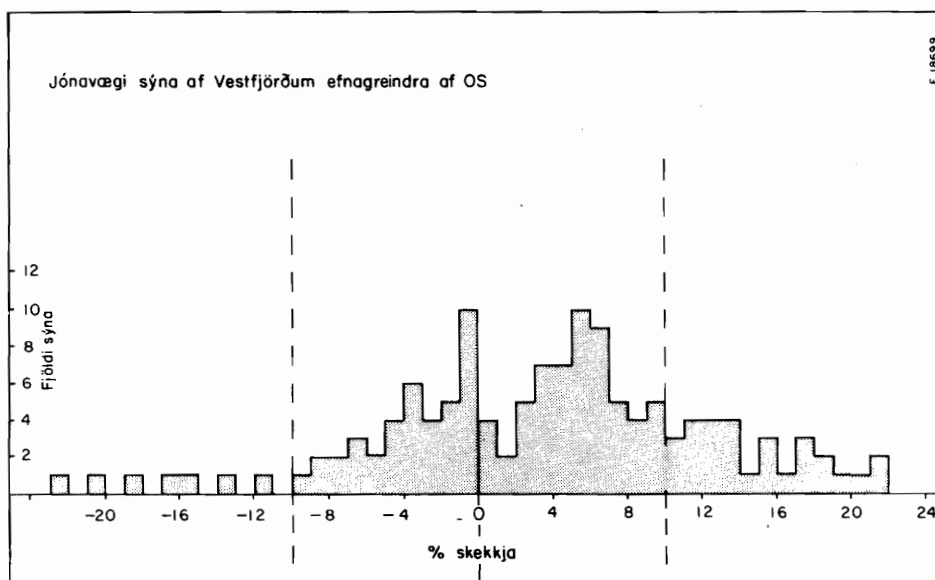


MYND 3

Samanburður á kalsedónhita og mældum hita í sýnum frá sama töku- stað. Safnað og greint á þremur mismunandi tímum.

Kísilstyrkur sýna frá 1959-1960 er að meðaltali tæplega 5% hærri og sýrustig um 0,2 pH lægra heldur en OS-sýna. Leiðir þetta til hækkunar á reiknuðum kalsedónhita og af mynd 2 má ráða, að lítið er byggjandi á kalsedónhita frá þessum tíma. Eldri greiningar eru því einungis hafðar til hliðsjónar, þar sem fjallað er um mælt hitastig lauga og/eða klóríðstyrk. Mynd 3 sýnir kalsedónhita frá mismunandi tíma á móti mældum hita.

Eins og áður hefur verið greint frá eru til (í árslok 1979) gögn á Orkustofnun um 330 hluta- eða heildarefnagreiningar á vatni úr 172 laugum eða borholum á Vestfjörðum að Reykhólum undanskildum, en vegna sérstöðu Reykhóla verður fjallað um þá í sér skýrslu. Eftir 1970 hafa 165 vatns-efnagreiningar verið gerðar á jarðefnastofu OS (tafla 3 og 4). Þar af eru 152 heildargreiningar, 116 þeirra eru á sýnum úr sérstökum söfnunarleiðöngrum en 36 tekin við ýms tækifæri. Á jarðefnastofu OS hafa því verið efnagreind sýni úr 133 laugum eða borholum á Vestfjörðum. Eins og gengur eru efnagreiningarnar misjafnar að gæðum. Við gæðamat eru bornar saman hleðslur efnagreindra anjóna annars vegar og katjóna hinsvegar. Ef frávik jónavægisins er innan við 10% er efnagreiningin talin viðunandi, en þær greiningar taldar matsatriði sem víkja örlítið lengra frá jónavæginu.



MYND 4

Jónavægi sýna af Vestfjörðum efnagreindra af OS

Á mynd 4 er hlutfallslegur mismunur Vestfjarðasýna færður á stöplarit. Að meðaltali eru um 3,5% fleiri katjónir en anjónir í sýnunum. Myndin sýnir tvo toppa, annan á bilinu 0-1% anjónir fram yfir katjónir, en hinn á bilinu 5-6% umframhleðslu katjóna.

Þeim sýnum, sem hafa flestar anjónir fram yfir katjónir (>10%), var safnað fyrir 1975 og er líklegt, að þau hafi verið orðin nokkuð gömul er sýrustig og rokgjörn efni voru mæld. Eins og kemur í ljós á stöplaritinu er ofgnótt katjóna í 2/3 hluta greininganna og er munurinn meiri en 10% í þriðja hluta þeirra sýna.

Erfitt er að finna út hvernig á því stendur, að ofgnótt katjóna er í sýnunum. Þó má benda á, að styrkur uppleystra efna er mjög lítill (≤ 100 ppm) í 2/3 hluta þeirra sýna, sem í er meira en 10% ofgnótt, þannig að mælinákvæmnin ein gefur ekki tilefni til nákvæmari niðurstöðu. Þriðjungur þessara sýna er úr sama efnagreiningahópi og er hæst katjóna-ofgnótt í sýnum úr honum, en sökum lítils magns uppleystra efna hefur ekki tekist að finna út hvað veldur. Varúðar er því gætt við túlkun þessara sýna. Hugsanleg skýring á því hvers vegna ofgnótt er í flestum katjónasýnunum er sú, að annar af tveimur dúum (buffer með pH 9,22) sem notaðir voru við stöðlun pH-mælis hefur reynst óstöðugur og sýnt of lágt gildi eftir langa geymslu en þessi leiðrétting hefur til skamms tíma verið viðhöfð á Orkustofnun. Sýrustigsleiðrétting samkvæmt staðli sem sýnir of lágt pH leiðir til hærri pH-gildis, en það getur haft mikil áhrif á jónavægið og leiðir auk þess til of stuttrar títrunar fyrir CO₂ ákvörðun (sjá kafla 3). Sé skýringin á breytileika dúa (buffers) rétt, lagfærist ekki einungis jónavægið heldur og kalsedónhiti að miklu leyti. Þannig útreiknaður er kalsedónhiti skráður aftast í töflum 3 og 4.

TAFLA 1

Efnainnihald jarðhitavatns af Vestfjörðum, efnagreint af öðrum en Orkustofnun. Styrkur efna í millj. hlutum (ppm)

FLATEYJARHREPPUR	Dagsetn.	Heimild	Hiti °C	pH	SiO ₂	SO ₄	Cl	F	Upp.efni
2-301 Oddbjarnarsker	1952	2	73	7,8	152	162	849		
3-301 Drápssker - uppi á eyju	1952	2	91	8,8	147	54	210		
3-302 Drápssker - vestast	1952	2	95	8,4	147	50	204		
3-302 Drápssker - vestast	590709	1	96	8,71	133,2	52,3	213,7	0,30	626,4
5-301 Sandey	590710	1	64	9,06	122,8	28,6	121,9	0,25	404,0
6-301 Reykey - Urðarhólmar	590710	1	88,0	8,70	108,8	154	948,0	0,30	1954,4
6-302 Reykey - Reykjarlaug	590709	1	41,0	8,79	109,2	60,1	404,0	0,25	962,8
6-302 Reykey - Reykjarlaug	1952	2	40	8,8	140	104	642		
7-301 Skáleyjar	1959	1	61,0	8,70	88,0	76,0	461,0	0,25	1059,2
REYKHÓLAHREPPUR 4502									
9-302 Laugaland við íbúðarhús	590708	1	66,5	9,61	112,8	20,0	31,5	0,35	216,0
9-302 Laugaland við íbúðarhús	1944	7	65	8,8	108		32		281
GUFUDALSHREPPUR 4503									
2-301 Djúpidalur	590711	1	30,0	9,53	90,0	15,8	16,9	0,30	214,4
3-302 Kollafjörður - Laugasker	590711	1	48,0	9,83	63,0	11,8	20,9	0,25	178,0
BARBASTRANDARHREPPUR 4601									
4-306 Hella - laug	590711	1	30,0	9,62	29,6	7,9	13,3	0,1	102,8
4-306 Hella - laug	1944	7	31	9,2	42	13	18		129
4-310a Þverá (A)	550928	1	19,0		15,6	3,8	13,2		66,4
4-310b Þverá (B)	590712	1	21,2	9,43	4,4	6,0	12,7	0,05	62,8
5-301 Rauðsdalur	590715	1	25,0	9,57	32,4	6,0	11,1	0,15	102,0
6-301 Vaðall - Stekkur	590715	1	33,0	9,78	45,6	8,0	16,4	0,1	141,2
6-307 Vaðall - Laugamýrarhr.laug	590712	1	35,0	9,80	46,0	15,2	17,0	0,15	135,2
7-301 Kross - Krosslaug	590712	1	31,0	9,99	43,2	7,9	17,4	0,1	144,0
7-301 Kross - Krosslaug	1944	7	32	9,4	52	9	21		156
7-302 Kross - Laugatungur	590715	1	43,6	9,78	33,2	6,4	15,9	0,0	101,6
7-302 Kross - Laugatungur	1944	7	43	9,0	55	11	18		144
TÁLKNAFJARÐARHREPPUR 4604									
3-301 Sveinseyri - laug	590713	1	27,0	9,63	33,6	6,0	14,3	0,15	100,8
3-301 Sveinseyri - laug	1944	7	27	7,9	45	8	19		143
4-301 Litli-Laugardalur, Gvendarl.	590713	1	46,0	9,60	53,6	12,1	15,4	0,4	152,4
5-301 Stóri-Laugard.-Laugardalsá	590713	1	53,5	9,60	58,5	15,2	16,0	0,45	198,8
5-301 Stóri-Laugard.-Laugardalsá	1944	7	35	7,5	70	20	18		195
5-303 Laugardalsá - Laugaráll	590713	1	42,0	10,09	38,4	10,0	28,0	0,35	156,0
6-301 Kviðindisfell - Þagradalsá	590713	1	31,6	9,90	48,8	11,2	17,4	0,3	148,0
SUBURFJARÐARHREPPUR 4606									
3-305 Dufansdalur-Laugarh.neðri	590914	1	44,8	9,50	176,0	15,4	25,1	1,1	352,0
3-304 Dufansdalur-Laugarh.efri	1944	7	45	9,0	160	20	31		384
5-302 Reykjafjörður v/íbúðarhús	590714	1	55,8	9,82	43,2	7,8	15,9	0,15	120,0
5-302 Reykjafjörður v/íbúðarhús	1944	7	55	9,1	55	10	21		142
5-306 Reykjafjörður - Skeleyri	1944	7	39	9,4	46	16	18		150
AUÐKÓLUHREPPUR 4701									
1-301 Laugaból - Efri laug	600616	1	43,0	9,86	43,6	22,6	30,9	0,3	178,0
1-302 Laugaból - Neðri laug	1944	7	43,5	8,9	52		35		202
3-301 Dynjandi	600617	1	25,0	10,28	44,0	5,3	14,7	0,3	136,4
3-301 Dynjandi	1944	7	28	7,3	52		18		164
SUBUREYRARHREPPUR 4706									
2-301 Laugar	630720	8	38	9,50	51,5		54,2	0,25	
2-301 Laugar	600618	1	39,2	9,57	50,4	60,7	54,9	0,35	280,4
2-301 Laugar	500920	4	39	9,10	38	52	59		
2-301 Laugar	1944	7	39,5	8,7	77		64		324
3-301 Lásvík	630720	8	26	9,58	68,5		56,2	0,30	
3-301 Lásvík	600619	1	26,0	8,57	68,0	64,4	56,8	0,35	306,8

TAFLA 1 frh.

HÓLSHREPPUR 4801

1-301	Gil	600619	1	26,8	10,03	26,8	17,4	45,7	0,3	177,6
1-301	Gil	1944	7	27	9,0	52		52		218

ÖGURHREPPUR 4804

2-304	Hvítanes í fjöru	1944	7	22	7,7	46		45		160
2-306b	Hvítanes - Innri-laug	660620	1	28,8	9,40	38,0	6,6	25,9	0,10	127,2
3-301	Kleifar	600620	1	12,0	9,07	37,6	3,9	10,7	0,15	82,0
6-301	Vigur	600621	1	19,2	8,03	36,4	65,2	449,0	0,35	966,0
6-301	Vigur	1944	7	21,0	7,0	44,0		3080,0		5660,0
7-301	Ögurnes	600621	1	28,5	9,46	36,4	8,6	28,7	0,05	144,4
7-301	Ögurnes	1944	7	30	7,8	49		75		186
8-303	Laugaból	1944	7	44	9,1	55		26		153
8-303	Laugaból	600621	1	43,3	9,85	50,0	6,6	20,1	0,1	139,6
9-301	Reykjasel - nyrsta laugin	1944	7	53	8,9	60		24		152
9-301	Reykjasel - syðsta laugin	600621	1	54	9,86	54,0	7,2	19,9	0,1	150,0

REYKJAFJARÐARHREPPUR 4805

1-302	Látur	1944	7	32,5	9,0	56		26		175
1-301b	Heydalur	600629	1	35,4	9,84	36,8	5,1	15,4	0,15	107,2
1-301b	Heydalur	1944	7	37	9,2	55		23		128
4-301b	Galtahryggur	600629	1	46,6	10,1	54,0	6,9	18,3	0,15	148,0
4-301b	Galtahryggur	1944	7	47	9,2	60		24		157
7-303	Botn - við íbúðarhús	600629	1	51,0	10,2	64,0	5,6	19,3	0,2	178,4
7-303	Botn - við íbúðarhús	1944	7	51	9,2	52		24		167
7-311	Botn (Kleifakot) - Merarholt	600629	1	30	10,29	61,6	6,3	18,8	0,25	182,4
7-311	Botn (Kleifakot) - Merarholt	590830	7	15	10,2	62,5	6,4	20,4	0,3	190,0
8-301	Hörgshlíð - Laugahlíð	600629	1	47,0	9,92	26,8	4,4	17,8	0,15	124,8
8-302	Hörgshlíð - Litlalaug	600629	1	33,3	9,86	29,6	4,8	18,0	0,1	114,0
8-303	Hörgshlíð - Hörgshlíðarlaugar	600629	1	46,0	10,0	38,0	5,4	19,5	0,1	127,6
8-303	Hörgshlíð - Hörgshlíðarlaugar	1953	5		9,62			20		131
9-302	Kelda	600628	1	45,6	9,91	53,6	7,0	21,1	0,1	147,2
10-301	Skálavík	600627	1	32	10,12	50,8	9,7	27,1	0,25	164
10-301	Skálavík	1944	7	32	9,1	60		47		205
11-302	Reykjanes - Hver 1	1930	6	93,4				397		
11-302	Reykjanes - Hver 1	1937	6			60		410		900
11-302	Reykjanes - Hver 1	Sept. 1949	4		8,71	85	43	383		
11-302	Reykjanes - Hver 1	600627	4	83	8,95	80,8	41,0	381,0	0,20	848,0
11-303	Reykjanes - Hver 1	Sept. 1949	4		8,67	84	42,5	383		
11-304	Reykjanes - Hver 1	1937	6			75		394		895
11-304	Reykjanes - Hver 1	1944	93		8,5	405				
11-304	Reykjanes - Hver 1	Sept. 1949	4		8,7	78		655		
11-304	Reykjanes - Hver 1	670906	3				44	383		
11-305	Reykjanes - Hver 1	460504	4	82	9,2	73	45	400		
11-305	Reykjanes - Hver 1	1946	4	82	9,2	73	45			840
11-305	Reykjanes - Hver 1	Sept. 1949	4		8,88	84	42,5	383		
12-301a	Bjarnarstaðalaug - efri	600626	1	46,0	9,42	42,4	8,7	25,3	0,05	145,6
12-301a	Bjarnarstaðalaug - efri	1944	7	47	8,9	46		31		132
13-305	Eyri - Lauganes	600626	1	53,0	9,7	52,0	8,7	10,4	0,05	145,6
13-308	Eyri - Laugalækur	600626	1	31,0	9,57	39,2	6,6	18,5	0,15	136,0

NAUTEYRARHREPPUR 4806

1-301	Gervidalur - v/túngarð	600626	1	38,8	9,94	45,6	4,9	12,4	0,1	136,0
1-301	Gervidalur - v/túngarð	1944	7	41	9,2	45		17		141
1-303	Gervidalur - Sauðhúsnes	600626	1	33,0	9,54	38,4	10,7	957,0	0,2	1931,2
2-301	Múli	600626	1	30,0	9,73	24,0	6,9	16,6	0,15	102,4
2-301	Múli	1944	7	30	9,0	28		21		98
3-303	Laugaból - Þvottalaug	600625	1	38,0	9,56	40,4	9,2	48,5	0,3	185,2
3-303	Laugaból - Þvottalaug	500929	4	43	9,31	45	8,1	54		
3-303	Laugaból - Þvottalaug	4907	4			42	10	46		
3-303	Laugaból - Þvottalaug	1944	7	37	8,9	54		54		192
4-301	Arngerðareyri	600625	1	30,0	9,95	33,2	5,3	18,6	0,25	117,6
4-301	Arngerðareyri	1944	7		9,0	41		23		119
5-301(b+c)	Neðri Bakki	600625	1	32,5	9,64	31,6	6,9	25,4	0,3	126,4
7-301	Rauðamýri, Heimalaug	600625	1	30,0	9,8	36,8	8,2	17,8	0,1	120,4
7-301	Rauðamýri, Heimalaug	4907	4		8,0	33		20		
7-302	Rauðamýri, Hvannadalur	600625	1	64,0	9,76	63,4	5,6	16,5	0,15	156,0
7-302	Rauðamýri, Hvannadalur	4907	4			57		4		26
7-302	Rauðamýri, Hvannadalur	1944	7	63	9,2	62		21		160
8-301	Nauteyri	600624	1	30,0	9,85	28,8	5,9	17,3	0,25	112,0
8-302	Nauteyri, Baðlaug	600624	1	44,0	9,81	42,8	8,4	20,4	0,3	143,6
8-302	Nauteyri, Baðlaug	4907	4			42	10	46		
8-302	Nauteyri, Baðlaug	1944	7	42	8,6	50		24		165

TAFLA 1 frh.

NAUTEYRARHREPPUR 4806 - frh.		Dagsetn.	Heimild	Hiti °C	pH	SiO ₂	SO ₄	Cl	F	Upp.efni
9-301	Laugaland	600623	1	50,1	9,87	50,8	6,6	22,9	0,25	150,0
9-301	Laugaland	1944	7	49,5	9,4	49		28		150

SNEFJALLAHREPPUR 4807		Dagsetn.	Heimild	Hiti °C	pH	SiO ₂	SO ₄	Cl	F	Upp.efni
1-301	Unaósdalur	600726	1	20,0	9,17	16,8	6,7	15,5	0,05	69,6
1-301	Unaósdalur	1944	7	20,5	7,5	25		20		80
3-301	Reykjarfjörður - Laugatún	600907	1	52,0	10,04	56,0	8,6	21,5	0,55	166,4
3-304	Reykjarfjörður - Kirkjuból	600907	1	62,5	9,90	70,8	12,2	31,6	2,25	208,0
3-304	Reykjarfjörður - Kirkjuból	1944	7	61	9,5	77		35		175

ÁRNESHREPPUR 4901		Dagsetn.	Heimild	Hiti °C	pH	SiO ₂	SO ₄	Cl	F	Upp.efni
2-301	Fornasel	600908	1	16	10,05	21,2	5,8	16,0	0,05	89,6
2-302	Fornasel	600908	1	14	10,07	14,4	4,9	15,9	0,05	72,8
4-302	Drangar - Laugalækur									
4-302	Drangar - Laugalækur	1944	7	33	9,4	60		28		226
4-304	Drangar - Húsárlaug	600908	1	39	9,91	31,6	7,7	21,9	0,05	120,0
5-303	Ófeigsfjörður - Heitalaug	600908	1	25,0	10,20	36,8	9,9	27,2	0,45	148
5-303	Ófeigsfjörður - Heitalaug	1944	7	25	8,2	48		34		161
7-301	Krossnes	600905	1	64,0	9,87	73,6	30,3	30,3	3,0	2324
7-301	Krossnes	1944	7	62	9,5	73		34		245
8-301	Reykjarnes - Laugavík	600905	1	72,8	7,84	60,8	295,6	2440	0,7	4676
8-301	Reykjarnes - Laugavík	1949	4		6,78	61,5	290,0	2580		
8-302	Reykjarnes - Akurvík	1949	4	73	7,02	64	280	2250		
8-302	Reykjarnes - Akurvík	1944	7	72	7,8	70		2550		4780
8-304	Reykjarnes - Hákarlavogssog	600905	1	68,2	8,06	62,0	287,4	2378	0,7	4593
8-304	Reykjarnes - Hákarlavogssog	1949	4		7,41	64	300	2580		
9-301	Kambur - Laugavík	600904	1	32,6	10,0	50,4	7,6	15,0	0,25	1448

KALDRANANESHREPPUR 4902		Dagsetn.	Heimild	Hiti °C	pH	SiO ₂	SO ₄	Cl	F	Upp.efni
1-301	Kaldbakur-Laugarengi	600614	1	33,0	9,90	32,0	6,4	12,5	0,05	102,0
1-304	Kaldbakur-Hveratungur	600614	1	74,0	9,84	78,4	6,1	13,5	0,1	162,0
2-302	Asparvík - Sveinanes	600910	1	20	9,80	18,8	6,3	16,0	0,1	89,2
4-301	Ásmundarnes	600613	1	32,5	10,02	30,8	5,1	15,3	0,15	104
5-306	Klúka - Þvottalaug	1944	7	39,5	9,3	52		24		155
5-315	Klúka - í Kálgarói	590925	1	43,5	9,80	43,2	5,4	17,2	0,05	129,6
7-305	Svanshóll - Þvottalaug	590925	1	42,2	9,85	43,6	6,7	17,4	0,05	130,8
7-302	Svanshóll	1944	7	40,5	9,4	65		28		160
8-305	Goðdalur	600612	1	58	10,00	57,6	6,3	16,5	0,15	156,8
8-306	Goðdalur	1944	7	56,5	9,4	77		24		195
8-328	Goðdalur - kartöflugarður	600612	1	58	10,08	56,0	6,6	16,6	0,25	152,8
9-301	Sunnadalur	600612	1	30,0	10,22	42,0	5,4	19,7	0,3	139,2
11-307	Bakki	1944	7	34	9,4	60		24		159
13-301	Kaldrananas - Hestalaug	600614	1	25,0	9,96	30,4	7,8	17,3	0,05	117,6
13-302	Kaldrananas - v/Höfðann	600613	1	34,0	9,76	52,0	8,6	23,5	0,2	158,4
13-302	Kaldrananas - v/Höfðann	1944	7	34	9,3	79		33		173
14-301	Hveravík - Girðishver	600613	1	79,2	9,24	97,6	15,6	90,1	0,35	337,6
14-301	Hveravík - Girðishver	491007	4	80,5		63	15,5	92		
14-302	Hveravík - við sundlaug	1944	7	75,5	9,1	114		106		359

FELLSHREPPUR 4906		Dagsetn.	Heimild	Hiti °C	pH	SiO ₂	SO ₄	Cl	F	Upp.efni
1-301	Litla-Fjarðarhorn	600611	1	39,2	9,69	107,2	49,1	18,6	0,9	276
1-301	Litla-Fjarðarhorn austast	1944	7	38	9,0	94		23		292
1-304	Litla-Fjarðarhorn vestast	600611	1	32	9,70	100,0	47,4	17,3	0,9	264
2-302	Ljúfustaðir	600611	1	43	9,63	88,4	40,0	16,1	0,85	232

ÓSPAKSEYRARHREPPUR 4907		Dagsetn.	Heimild	Hiti °C	pH	SiO ₂	SO ₄	Cl	F	Upp.efni
1-301	Þambárvellir	600611	1	15,0	8,96	64,0	103,5	111,0	0,35	443,2
1-301	Þambárvellir	1944	7	28	8,2	85		146,0		567

BÆJARHREPPUR 4908		Dagsetn.	Heimild	Hiti °C	pH	SiO ₂	SO ₄	Cl	F	Upp.efni
1-301	Borðeyri - Laugamýri	600610	1	32,5	8,82	116,4	224,0	288,0	1,25	978,4
1-301	Borðeyri - Laugamýri	500809	4	29	8,4	83	200	327		
1-301	Borðeyri - Laugamýri	1944	7	31	7,1	110		304		982

Heimildir: 1 Atvinnudeild Háskólans 5 Jóhann Jakobsson o.fl. 1960
 2 Gunnar Böðvarsson 1953 6 Þorkelsson 1940
 3 Iðntæknistofnun Íslands (gögn úr skjalasafni) 7 Trausti Ólafsson 1950
 4 Jarðboranir ríkisins 1951 8 Valgarður Stefánsson o.fl. 1975

TAFLA 2

Vestfirðir. Samanburður á niðurstöðum kísilhitareikninga fyrir sama sýna-
tökustað. Safnað og greint á þremur mismunandi tímum, 1944, 1950-60, eftir
1970.

Staður	Ártal	Mældur hiti °C		pH/°C		SiO ₂ ppm	Kalsedón- hiti °C	
		1	2	1	2		1	2
10-302 Laugaland-íþúðarhús	1976	64,8	9,64/20			110	106	
"	1959	66,6	9,61/			112,8	99	
"	1944	65	8,8/	9,2/65	108	112	110	
4-306 Hella-laug	1976	31,0	10,19/23			23	17	
"	1959	30,0	9,62			29,6	41	
"	1944	31	9,2	10,0/65	42	60	47	
5-301 Rauðsdalur	1976	23,4	9,86/23			18	17	
"	1959	25,0	9,57			32,4	45	
"	1976	36,0	10,04/24			42	44	
6-301 Vaðall-Steekkur	1959	33,0	9,78			45,6	57	
6-307 Laugarmýrarhryggur	1976	34,2	10,08/24			39	40	
"	1959	35,0	9,80			46	57	
7-301 Krosslaug	1976	30,7	10,14/21			36	37	
"	1959	31,0	9,99			43,2	50	
"	1944	32	9,4	9,9/32	52	69	59	
7-302 Laugatungur	1976	41,5	9,97/21			30	35	
"	1959	43,6	9,78			33,2	43	
"	1944	43	9,0	9,8/43	55	74	64	
3-301 Sveinseyri-laug	1974	26,5	9,90/20			31	38	
"	1959	27,0	9,63			33,6	46	
"	1944	27	7,9	9,3/27	45	66	61	
4-301 Gvendarlaugar	1976	46,1	9,82/23			49	59	
"	1959	46,0	9,60			53,6	67	
"	1974	51	9,81/20			64	73	
5-301 Laugardalsá	1959	53,5	9,60			58,5	72	
"	1974	42	10,38/20			58	51	
5-303 Laugaráll	1959	42,0	10,09			38,4	40	
"	1974	31	10,16/20			39	40	
6-301 Fagradalsá	1959	31,6	9,90			48,8	57	
3-304 Dufansdalur neðri	1976	46	9,74/23			173	130	
"	1959	44,8	9,50			176,0	140	
3-305 " efri	1976	39,2	9,75/23			172	130	
"	1944	45	9,0	9,1/45	150	139	138	
5-302 Reykjafjörður	1976	54,5	9,96/23			40	47	
"	1959	55,8	9,82			43,2	54	
"	1944	55	9,1	9,3/55	55	74	71	
5-306 Skeleyri	1976	38,3	10,10/23			37	39	
"	1944	39	9,4	9,3/39	46	62	63	
1-301 Laugaból efri	1976	42,8	10,03/17			47	54	
"	1960	43,0	9,86			43,6	53	
1-302 " neðri	1976	43,4	10,01/17			48	56	
"	1944	43,5	8,9	9,5/43,5	52	72	66	
3-301 Dymjandi	1976	27,0	10,47/18			48	39	
"	1960	25,0	10,28			44,0	41	
"	1944	28	7,3	9,5/28	52	73	66	

Staður	Ártal	Mældur hiti °C		pH/°C		SiO ₂ ppm	Kalsedón- hiti °C	
		1	2	1	2		1	2
2-301 Laugar	1974	38,0	9,58/20			48	62	
"	1960	39,2	9,57			50,4	53	
"	1944	39,5	8,7	9,0/39,5	77	93	91	
3-301 Lásvík	1976	26,4	9,89/20			69	74	
"	1960	26,0	8,57			68,0	87	
1-301 Gil	1960	26,8	10,03			26,8	29	
"	1944	27	9,0	9,3/27	52	71	68	
2-307 Hvítanes	1976	29,2	9,68/17			39	53	
"	1960	28,8	9,40			38,0	54	
"	1976	9,0	9,48			32	47	
3-301 Kleifar	1960	12,0	9,07			37,6	56	
"	1976	30,2	9,91/22			36	42	
7-301 Ögurnes	1960	28,5	9,46			36,4	52	
"	1944	30	7,8	9,0		49	70	
9-301 Reykjásel	1976	53,0	10,00/22			51	56	
"	1960	54	9,86			54,0	62	
7-303 Botn	1976	50,7	10,28/22			65	57	
"	1960	51,0	10,2			64,0	60	
"	1944	51	9,2	9,2		52,0	70	
8-303 Hörgshlíð	1976	45,7	10,14/22			37	38	
"	1960	46,0	10,0			38,0	44	
11-302 Reykjanes	1976	94,0	9,05/19			82	97	
"	1960	83,0	8,95			80,8	95	
"	1976	47,4	9,61/20			45	59	
12-301 Þjarnastaðalaug	1960	46,0	9,42			42,4	59	
"	1944	47	8,9	9,1		46	65	
3-303 Laugaból	1976	37,7	9,86/17			41	51	
"	1960	38,0	9,56			40,4	55	
"	1944	37	8,9	9,1		54	73	
7-301 Rauðamýri	1978	30,0	9,95/24			38	42	
"	1960	30,0	9,8			36,8	47	
7-302 Hvannadalur	1976	63,7	9,97/19			60	67	
"	1960	64,0	9,76			63,4	73	
"	1944	63	9,2	9,1		62	79	
8-302 Nauteyri	1976	41,0	10,06/20			45	50	
"	1960	44,0	9,81			42,8	53	
"	1944	42	8,6	9,2		50	70	
9-301 Laugaland	1976	49,8	10,05/21			48	52	
"	1960	50,1	9,87			50,8	60	
"	1944	49,5	9,4	9,3		49	65	
1-301 Unaðsdalur	1976	19,2	9,38/22			15	17	
"	1960	20,0	9,17			16,8	21	
"	1944	20,5	7,5	8,8		25	40	
3-301 Reykjafjörður	1977	51,8	10,14/22			56	56	
"	1960	52,0	10,04			56,0	60	

TAFLA 2 f.rh.

Staður	Meldur		*pH/°C		SiO ₂ ppm	**kalsedón- hiti °C	
	Ártal	hitj °C	1	2		1	2
3-304 Kirkjuból	1977	63,5	10,03/22		76	74	
	1960	62,5	9,90		70,8	75	
	1944	61	9,5	9,2		77	88
2-301 Fornasel	1977	16,3	10,10/22		22	18	
	1960	16	10,05		21,2	19	
	1976	25,5	10,46/17		31	24	
5-303 ^b Heitalaug	1960	25,0	10,20		36,8	36	
	1944	25	8,2		48	69	
	1976	63,8	10,03/18		62	68	
7-302 Krossnes	1960	64,0	9,87		73,6	78	
	1944	62	9,5	9,2	73	87	
	1976	75,6	7,52/20		46	67	
8-302 Akurvík	1944	72	7,8		70	89	
	1977	37,4	10,14/21		53	54	
	1960	32,6	10,0		50,4	56	
9-303 Kambur	1976	19,0	10,00/18		16	12	
	1960	20	9,80		18,8	20	
	1976	31,8	10,07/24		27	25	
2-302 Asparvík	1960	32,5	10,02		30,8	35	
	1976	58,2	10,21/16		57	60	
	1960	58	10,00		57,6	60	
4-301 Ásmundarnes	1944	56,5	9,4	9,3/56,5	77	90	89
	1976	20,1	10,44/13		41	38	
	1960	30,0	10,22		42	41	
Goðdalur	1976	29,8	10,17/21		38	38	
	1944	34	9,4	9,3/34	60	76	75
	1976	38,8	10,10/20		52	55	
9-301 Sunndalur	1960	34,0	9,76		52,0	62	
	1944	34	9,3	9,3/34	79	91	91
	1976	79,0	9,31/19		109	111	
13-302 Kaldrananes	1960	79,2	9,24		97,6	104	
	1976	77,0	9,32/19		109	111	
	1944	75,5	9,1	8,9/75,5	114	115	116
14-301 Hveravík	1977	47,4	9,70/20		93	95	
	1960	43	9,63		88,4	94	
	1977	19,8	9,26/20		75	89	
14-302 Hveravík-sundlaug	1960	15,0	8,96		64,0	81	
	1944	28	8,2	8,9/28	85	100	97
	1976	79,0	9,31/19		109	111	
2-302 Ljufustaðir	1960	43	9,63		88,4	94	
	1977	19,8	9,26/20		75	89	
	1960	15,0	8,96		64,0	81	
1-302 Þambárvellir	1944	28	8,2	8,9/28	85	100	97

* pH/°C í fyrri dálki 1 er fengið með elektroðumalingu, en í seinni dálki 2 með kólórímétrískri ákvörðun.

** Kalsedónhiti í fyrri dálki 1 er fenginn með því að nota sýrustig mælt með elektroðu, en í seinni dálki 2 með því að nota sýrustig sem ákvarðað hefur verið kólórímétrískt.

TAFLA 3

Efnainnhald laugavatns af Vestfjörðum
Efnagreint af OS. Styrkur efna í milljónustu hlutum (ppm)

REYKHÓLAHREPPUR 4502	Dags - Nr.	Hitil°C	pH/°C	Ωm/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	CO ₂	SO ₄	H ₂ S	Cl	F	Uppl. 3) efni	E F N A H I T I °C				
																logNa/K	NaK	NaKCa	Kalsedóhniti 2)	
8-301	Varmavík	760607-0204	41,5	9,61/20	71,4/15	94	42,85	0,76	3,7	0,20	17,7	24,1	<0,1	29,1	0,34	254	45	80	97	97
9-301	Laugaland - fjáran	760607-0201	68,2	9,74/21	52,6/15	108	43,9	1,38	2,9	0,05	17,5	29,6	<0,1	25,9	0,32	260	69	108	102	102
9-302	Laugaland - v/íðóðarhús	760607-0202	64,8	9,64/20	52,5/15	110	45,7	1,30	2,7	0,01	20,2	23,8	<0,1	25,5	0,34	263	83	103	106	106
9-303	Laugaland - v/sundlaug	760607-0203	64,6	9,73/20	52,7/15	113	44,1	1,3	2,9	0,03	16,8	22,8	<0,1	25,5	0,33	264	85	104	106	106
GUFDAISHREPPUR 4503																				
2-301	Djúpidalur - Laugahjalli	760608-0205	29	9,65/20	67,1/15	88	41,2	0,83	3,0	0,15	14,6	18,1	<0,1	17,6	0,30	208	73	41	94	93
3-302	Laugasker í Kollafirði	760608-0206	48	9,97/20	74,1/15	57	32,0	0,75	2,7	0,05	13,6	13,9	<0,1	16,3	0,29	170	71	50	93	63
BARBASTRANDARHREPPUR 4601																				
2-301	Kjálkfj.árglj. 180/190 mys	760730-0235	24,6	10,00/23	142,8/15	19	17,3	0,14	5,0	0,09	7,1	4,3	<0,1	11,2	0,06	73	17	-4	49	15
2-302	Kjálkfj.árglj. 110 m y.s.	760730-0236	15	10,03/23	168,0/15	17	16,6	0,10	5,0	0,03	10,9	4,3	<0,1	11,0	0,05	67	5	-10	39	9
2-303	Kjálkafjarðarbotn	760727-0217	12,4	9,71/22	111,1/15	19	18,8	0,24	2,43	0,19	15,2	6,0	<0,1	9,6	0,08	60	38	18	66	23
3-302	Auðnar - Malarhjalli	770826-0227	18,0	10,07/17	111,1/15	18	23,1	0,12	3,28	0,09	11,3	3,8	<0,1	9,7	0,07	75	-1	34	34	15
3-303	Auðnar - Mýri	760727-0218	16,5	10,05/23	153,8/15	16	19,7	0,10	2,1	0,02	12,0	5,9	<0,1	9,9	0,06	72	-2	33	33	8
4-301	Vatnsfjörður-Smiðjukleif.	760728-0216	19	10,07/23	126,6/15	24	23,1	0,17	2,86	0,11	8,1	6,2	<0,1	12,6	0,11	94	16	9	48	21
4-306	Hellulaug	760727-0219	31,0	10,19/23	113,6/15	23	22,7	0,50	2,44	0,02	9,0	7,7	<0,1	13,5	0,08	89	67	38	90	17
4-307	Hella - Sumarbúst.	741109-0114	18	9,36/20		22	14,8	0,20	2,2	0,21	7,9	10,2	<0,1	13,5	0,06	82	41	13	68	32
4-309	Penna	741109-0113	24	10,12/20		21	16,0	0,30	3,5	0,03	2,2	4,5	<0,1	15,9	0,06	86	58	16	82	18
4-311	Pverá	760801-0242	18,7	10,06/22	174,0/15	14	15,3	0,16	5,3	0,01	5,2	6,2	<0,1	12,4	0,05	62	28	-3	58	4
5-301	Rauðsdalur	760518-0063	23,0	9,83/21		14	18,4	0,20	1,35	0,15	9,6	5,0	<0,1	11,2	0,08	66	30	23	60	10
5-301	Rauðsdalur	760730-0237	23,4	9,86/23	181,8/15	18	17,1	0,13	2,9	0,07	10,6	4,8	<0,1	10,3	0,08	69	14	2	47	17
6-301	Vaðall - Stekkur	760728-0226	36,0	10,04/24	100,0/15	42	26,6	0,50	2,55	0,01	8,2	7,0	<0,1	16,2	0,07	127	58	38	83	44
6-304	Vaðall - Stórabrekka	760728-0224	21,2	9,84/24	166,7/15	20	16,5	0,20	3,05	0,07	9,5	6,2	<0,1	12,1	0,04	85	35	10	64	25
6-307	Vaðall - Laugamýrarhr.laug	760728-0225	34,2	10,08/24	84,7/15	39	27,4	0,46	2,60	0,01	7,1	7,1	<0,1	17,0	0,08	126	52	36	78	40
7-301	Krossholt - Krosslaug	741109-0112	31	10,18/20		39	31,6	0,30	2,50	0,03	9,2	6,2	<0,1	19,4	0,09	129	24	27	55	40
7-301	Krossholt - Krosslaug	760726-0211	30,7	10,14/21	96,2/15	36	31,9	0,40	2,40	0,01	7,6	7,4	<0,1	18,3	0,10	130	37	35	65	37
7-301	Krossholt - Krosslaug	790825-0109	37,5	10,08/23	66,7/23	41	31,3	0,51	2,26	0,00	13,3	5,8	<0,1	17,5	0,10	117	50	41	76	43
7-302	Kross - Laugatungur	741109-0111	38	9,95/20		32	21,4	0,20	2,70	0,08	1,0	3,2	<0,1	15,4	0,05	95	23	13	54	40
7-302	Kross - Laugatungur I	760726-0212	41,0	9,82/21	128,2/15	30	21,4	0,45	2,56	0,03	6,8	5,8	<0,1	14,9	0,06	98	64	33	88	38
7-302	Kross - Laugatungur II	760726-0213	41,5	9,97/21	128,0/15	30	21,2	0,46	2,40	0,10	7,0	5,8	<0,1	14,8	0,06	98	66	35	89	35
7-303	Kross - Hagagarður/Ármót	760726-0215	22,4	9,89/21	181,8/15	13	15,5	0,17	2,90	0,12	3,2	5,7	<0,1	13,0	0,05	66	31	6	60	7
7-304	Kross - Hagagarður/Árgljúf.	760726-0214	17,2	9,99/21	153,8/15	14	15,1	0,22	2,90	0,11	3,0	5,7	<0,1	13,2	0,05	69	45	12	72	7
8-301	Tungumáli undir Jaðri I	760728-0222	18,8	9,85/24	166,7/15	17	16,3	0,20	3,00	0,01	10,4	5,6	<0,1	12,2	0,04	73	36	10	64	15
8-302	Tungumáli undir Jaðri II	760728-0223	16,2	8,53/24	112,4/15	20	17,7	0,35	6,53	0,70	31,9	5,8	<0,1	12,3	0,04	89	61	13	85	32
9-303	Hagi - Hagadalur	760801-0241	21,8	10,11/22	112,4/15	22	21,2	0,15	4,70	0,01	12,1	6,5	<0,1	14,4	0,09	85	11	0	44	17
PATREKSHREPPUR 4603																				
1-301	Patrefsfjörður v/Ásbúð	780217-0007	9,5	9,25/21	108,7/	25	19,5	1,44	0,14	0,17	7,3	4,9	<0,1	21,6	0,14	79	157	170	161	38
1-303	Patrefsfjörður-Miklidalur	770826-0225	12,5	8,84/20	160,0/15	20	13,6	0,7	3,00	1,35	9,9	3,6	<0,1	15,15	0,06	67	126	37	137	31
1-303	Patrefsfjörður-Miklidalur	780217-0006	12,5	9,31/21	137,0/	20	12,7	0,6	2,06	0,54	5,3	3,9	<0,1	15,6	0,05	60	119	39	131	28

TAFLA 3 frh.

TÁLKNAFJABARHEPPUR 4604	Dags - Nr.	Hiti °C	pH/°C	Ωm/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	CO ₂	1)		2)		F	Uppl. efni	EFNAHITI °C			
											SO ₄	H ₂ S	Cl	NaK			NaCa	LogNa/K	Kalsedónhiti	
1-301	770825-0224	14,8	10,08/14	166,7/15	24	25,6	0,30	1,00	0,01	8,6	4,2	<0,1	13,3	0,13	82	34	40	63	27	18
1-303	760729-0232	28,9	10,20/23	105,3/15	32	25,1	0,24	3,10	0,01	6,7	6,5	<0,1	15,2	0,12	86	24	17	55	28	36
1-304	760729-0233	21,6	9,61/23	142,8/15	28	19,3	0,30	3,50	0,06	12,8	4,6	<0,1	13,6	0,12	77	48	18	74	37	39
2-301	760729-0227	17,2	9,43/23	142,9/15	28	18,2	1,06	0,05	0,07	7,9	6,1	<0,1	14,6	0,11	155	136	166	145	40	42
3-301	741108-0107	26,5	9,90/20		31	17,2	0,10	2,30	0,05	3,5	5,9	<0,1	16,6	0,13	58	4	0	38	38	38
4-301	741107-0106	45,5	9,91/20		50	24,1	0,4	2,30	0,04	7,4	12,6	<0,1	16,6	0,42	116	51	31	77	59	59
4-301	760729-0231	46	9,82/20	98,0/15	49	28,0	0,66	3,80	0,10	10,3	14,3	<0,1	15,8	0,38	128	71	39	93	59	67
4-301	780214-0005	42	9,55/21	101,0/	35	21,7	0,44	2,51	3,14	12,9	8,0	<0,1	14,1	0,24	93	5-6				
4-302	760729-0230	24,3	9,85/23	94,3/15	41	27,5	0,88	2,76	0,46	15,7	12,0	<0,1	17,0	0,51	123	91	52	109	49	54
5-301	741107-0089	51	9,81/20		64	29,0	0,4	2,90	0,05	10,5	15,6	<0,1	17,3	0,50	165	42	31	69	73	73
5-302	760729-0228	32,0	9,89/23	95,2/15	39	28,7	0,5	2,50	0,05	13,7	13,2	<0,1	16,5	0,33	131	54	39	79	45	51
5-303	741107-0105	42	10,38/20		58	32,2	0,4	2,60	0,05	5,7	12,0	<0,1	15,1	0,34	125	37	34	65	51	40
6-301	741107-0090	31	10,16/20		39	26,2	0,3	2,85	0,09	9,6	6,6	<0,1	19,1	0,32	116	33	24	62	40	40
SUBURFJABARHEPPUR 4606																				
3-301	770825-0220	15,2	10,12/14	101,1/15	34	30,5	0,40	0,50	0,03	8,1	4,4	<0,1	14,1	0,26	132	39	63	65	40	29
3-303	741108-0109	14	9,82/20		164	55,5	1,20	2,90	0,03	22,4	18,0	0,5	27,2	1,17	318	66	67	89	128	128
3-303	760904-0288	13,8	9,98/21	47,6/15	166	59,5	1,58	2,90	<0,01	27,1	18,7	0,4	25,4	1,19	329	79	78	99	122	129
3-304	760731-0240	46,0	9,74/23	47,8/15	173	56,6	1,78	4,10	<0,01	27,8	16,8	0,5	25,0	1,14	343	90	73	108	130	137
3-305	741108-0108	40	9,78/20		175	50,0	1,20	2,50	0,03	25,0	16,2	0,7	26,7	1,13	277	72	70	94	132	132
3-305	760731-0239	39,2	9,75/23	47,8/15	172	56,4	1,72	4,20	<0,01	28,1	16,7	0,6	25,0	1,14	338	88	72	107	130	137
4-301	760802-0243	22,6	9,75/23	32,2/15	115	71,6	1,00	6,60	<0,01	16,6	27,7	<0,1	65,3	0,99	334	42	48	70	105	110
4-303	Foss Tungur	27,7	10,20/23	108,7/15	23	23,7	0,16	3,50	0,01	5,5	8,0	<0,1	18,0	0,07	94	10	6	43	16	23
5-301	760904-0290	31,9	9,97/19	142,8/15	52	20,2	0,42	1,25	0,02	5,0	6,0	<0,1	12,2	0,07	109	64	43	87	60	63
5-302	760802-0245	54,5	9,96/23	102,0/15	40	23,8	0,38	3,20	0,10	8,9	6,6	<0,1	15,4	0,09	113	49	26	76	47	51
5-303	741108-0110	41	9,85/20		35	23,0	0,20	2,10	0,16	6,6	6,0	<0,1	15,9	0,07	88	20	18	51	45	45
5-305	760904-0291	41,8	10,21/19	102,0/15	39	26,6	0,33	1,20	0,01	6,7	6,5	<0,1	16,8	0,08	112	37	40	65	41	44
5-306	760802-0246	38,3	10,10/23	109,9/15	37	23,8	0,22	2,80	0,03	6,3	7,1	<0,1	14,3	0,09	107	23	16	54	39	44
AÐKÓLUHREPPUR 4701																				
1-301	760803-0247	42,8	10,03/17	58,1/15	47	41,5	0,53	5,10	0,07	11,4	23,2	<0,1	31,5	0,29	175	38	32	66	54	53
1-302	760803-0248	43,4	10,01/17	53,4/15	48	42,7	0,55	5,70	0,10	10,8	25,3	<0,1	31,0	0,33	180	38	31	66	56	54
2-301	760803-0249	8,8	8,4/20	133,3/15	17	15,3	1,05	1,00	1,61	15,0	6,1	<0,1	18,8	0,08	71	150	70	156	24	24
3-301	760803-0250	27	10,47/18	81,3/15	48	30,9	0,23	1,40	0,03	7,3	8,2	<0,1	14,8	0,28	128	14	30	46	39	38
SUBUREYRARHREPPUR 4706																				
2-301	741007-0087	38	9,58/20		48	68,5	0,8	5,6	0,32	19,8	73,0	<0,1	63,6	0,27	278	34	45	62	62	62
3-301	741007-0086	25	9,59/20		67	71,1	1,2	6,5	0,05	22,4	75,0	<0,1	67,4	0,28	301	51	54	77	74	74
3-301	760905-0292	26,4	9,89/20	32,8/15	69	71,8	1,19	6,64	0,06	10,6	62,9	<0,1	58,3	0,28	300	52	53	78	79	79
ÍSAFJABARKAUPSTAÐUR 4000																				
1-301	760804-0251	8,8	9,43/19	99,0/15	21	22,3	0,66	4,61	0,33	5,5	6,6	<0,1	26,8	0,11	97	87	33	105	30	30

TAFLA 3 frh.

Dags - Nr.	Hití °C	pH/°C	Ωm/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	CO ₂	SO ₄	2)		Cl	F	Uppl. 3) efní	EFNAHITI °C				
											H ₂ S	SO ₄				NaK	NaKCa	logNa/K	Kalæsdóhiti	
ÖGURHREPPUR 4804																				
2-307	Hvítaness - Innri laug	29,2	9,68/17	88,5/15	39	30,2	1,43	3,06	0,38	13,7	7,1	<0,1	29,1	0,13	134	119	64	132	53	52
3-301	Kleifar - Laugareyri	9,0	9,48/16	128,2/15	32	11,3	1,50	2,01	0,35	1,5	3,0	<0,1	12,1	0,10	220	220	64	211	47	46
5-301	Kleifar - Laugareyri	17,6	9,86/18	140,8/15	30	18,5	0,42	2,40	0,07	4,1	4,6	<0,1	15,4	0,09	88	69	31	91	38	38
7-301	Ögurnes	30,2	9,91/22	72,5/15	36	35,1	0,93	0,59	0,13	17,7	9,4	<0,1	29,5	0,08	136	79	82	99	42	48
9-301	Laugaból - Reykjasei	53,0	10,00/22	93,9/15	51	31,6	0,45	1,60	0,01	9,9	6,8	<0,1	20,5	0,12	139	43	45	71	56	62
REYKJAFJARÐARHREPPUR 4805																				
7-303	Botn - upptök hitaveitu	50,7	10,28/22	67,3/15	65	42,6	0,42	1,10	0,02	12,0	7,3	<0,1	20,5	0,20	175	26	53	56	57	66
8-303	Hörsuhlíð-upptök hitaveitu	45,7	10,14/22	96,2/15	37	30,4	0,34	2,53	0,03	12,0	7,1	<0,1	19,9	0,11	122	32	30	61	38	45
11-301	Reykjanes - Hveravík	78,8	8,09/19	6,8/15	75	290,0	8,45	164,0	29,51	8,4	64,6	<0,1	569,3	0,22	1177	85	60/115	104	92	93
11-302	Reykjanes - þró f. sundlaug	94,0	9,05/19	10,0/15	82	192,5	3,76	69,9	0,02	1,7	42,4	0,2	405,3	0,21	908	60	50/100	84	97	96
11-306	Reykjanes - kaldavatns þró	84,0	9,01/19	10,0/15	77	185,0	3,67	70,3	0,04	3,2	41,8	0,1	395,3	0,20	880	61	48/100	85	93	93
12-301b	Þjarnastaðalaug	47,4	9,61/20	80,0/15	45	29,7	0,64	4,67	0,07	15,8	8,0	<0,1	26,6	0,10	140	66	35	89	59	61
13-302	Eyri 1,3 km f. norðan Eyri	31,2	9,76/20	93,5/15	43	29,2	0,31	3,26	0,04	14,8	6,0	<0,1	19,9	0,11	132	29	28	59	54	57
13-303	Eyri 1,1 km f. norðan Eyri	22,2	9,72/19	95,2/15	39	29,4	0,37	2,30	0,34	14,5	6,7	<0,1	19,2	0,11	127	37	33	65	52	53
13-304	Eyri 0,8 km f. norðan Eyri	25,8	9,83/19	95,2/15	42	29,9	0,36	3,14	0,05	15,8	6,2	0,1	18,7	0,12	129	35	27	64	52	54
13-307	Eyri 2,2 km f. sunnan Eyri	19,2	9,91/20	133,3/15	20	20,6	0,10	2,63	0,12	10,9	5,2	0,1	12,6	0,07	83	-3	-1	32	21	23
NAUTEYRARHREPPUR 4806																				
3-303	Laugaból - Þvottalaug	37,7	9,86/17	50,2/15	41	47,5	0,54	4,52	0,23	14,8	11,9	<0,1	47,6	0,17	181	32	35	62	51	52
7-301	Rauðamýri - laug	30,0	9,95/24	67,0/15	38	28,0	0,24	2,08	0,05	12,9	6,6	<0,1	17,35	0,14	20	24	24	51	42	42
7-302	Rauðamýri - Hvannadalur	63,7	9,97/19	85,5/15	60	33,6	0,64	2,36	0,01	9,2	5,8	<0,1	18,5	0,14	155	59	48	83	67	70
8-302	Nauteyri - baðlaug	41,0	10,06/20	85,4/15	45	32,9	0,44	1,85	0,04	12,8	6,0	<0,1	21,0	0,13	135	40	42	68	50	54
9-301	Laugaland - þró hitaveitu	49,8	10,05/21	72,2/15	48	36,0	0,33	2,42	0,03	13,9	7,4	<0,1	28,5	0,19	147	23	31	53	52	57
10-301	Hraundalur	23,4	10,26/22	100,0/15	28	24,4	0,16	2,50	0,01	4,6	6,7	<0,1	17,0	0,09	108	8	11	41	22	30
SNÆFJALLAHREPPUR 4807																				
1-301	Unaðdalur - laug	19,2	9,38/22	163,9/15	15	15,8	0,15	2,70	0,13	2,3	6,4	<0,1	16,4	0,04	61	24	5	55	17	18
3-301	Reykjafj. - Laugatún	51,8	10,14/22	67,6/15	56	34,3	0,47	2,40	0,01	12,7	12,4	<0,1	21,7	0,57	168	42	40	69	56	63
3-303	Reykjafj. - Hestvallalaug	56,7	9,92/22	65,4/15	60	37,6	0,50	2,80	0,13	17,9	11,6	<0,1	24,8	1,09	180	40	40	68	65	72
3-304	Reykjafj. - Kirkjuból	63,5	10,03/22	52,9/15	76	44,8	0,66	3,00	0,01	13,4	15,8	<0,1	31,1	2,06	169	45	47	72	74	81
3-305	Reykjafj. - v/Fossadal	79	-01/37	208,3/22									6,8							
ÁRNESHREPPUR 4901																				
1-301	Þjarnarfj. - Þróskuldur	14,9	10,21/22	102,1/15	22	20,7	0,07	4,00	0,02	6,2	7,4	<0,1	16,3	0,09	77	-16	-13	21	14	22
1-303	Þjarnarfj. - Fjarðarbotn	14,7	10,15/22	102,1/15	22	22,3	0,11	3,40	0,15	5,0	5,9	<0,1	16,3	0,08	78	-3	-2	32	16	24
2-301	Fornasel	16,3	10,10/22	108,0/15	29	19,8	0,08	3,70	0,06	3,5	6,7	<0,1	16,6	0,08	70	-10	-10	26	18	25
3-302	Meyjardalur	21,7	10,21/26	101,0/15	29	22,5	0,13	3,40	0,02	4,4	8,2	<0,1	17,7	0,07	86	3	2	38	27	37
4-302	Drangar - Laugalekkur	34,7	10,26/30	75,8/15	45	31,1	0,28	2,70	0,01	4,9	11,6	<0,1	22,7	0,09	120	22	24	53	39	57
4-303	Drangar - við tjörnina	44,7	10,00/16	76,9/15	42	30,0	0,44	5,20	0,30	6,2	19,1	<0,1	21,9	0,08	185	45	24	72	52	48
4-304	Drangar - Húsárlaug	41,0	10,09/16	92,6/15	35	27,1	0,33	3,70	0,05	7,2	9,6	<0,1	21,8	0,08	147	36	22	64	42	38
5-301	Ófeigsfj. - Hvalárhólmur	25,0	10,20/24	64,9/15	30	38,1	0,19	5,25	0,02	5,3	15,5	<0,1	30,9	0,25	156	-2	7	33	24	32
5-303b	Ófeigsfj. - Heitalaug	25,5	10,46/17	67,1/15	31	37,0	0,22	4,17	0,01	5,0	12,2	<0,1	28,1	0,45	159	4	13	38	24	22
7-302	Krossnes - þró hitaveitu	63,8	10,03/18	49,5/15	62	52,1	0,78	5,18	0,01	9,7	34,5	0,1	29,2	3,11	232	46	43	73	68	66
8-302	Reykjarnes - Akurvík	75,6	7,52/20	1,7/15	46	77,4	13,82	808,0	1,88	7,3	290,0	<0,1	2480	0,70	5488	56	53	80	67	68
8-303	Reykjarnes - kartóflugarður	72,0	7,27/21	1,7/15	51	74,6	13,90	783,0	1,93	4,0	292,0	<0,1	2476	0,75	4953	58	54	82	73	73
9-303	Kambur - Laugavík	37,4	10,14/21	71,2/15	53	34,9	0,33	1,70	0,02	9,2	9,9	<0,1	15,4	0,33	153	24	37	54	54	58

TAFLA 3 frh.

KALDRANANESHRÉPPUR 4902	Dags - Nr.	Hiti °C	pH/°C	Ωm/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	CO ₂	1)		2)		F	Uppl. efni	E F N A H I T I °C			
											SO ₄	H ₂ S	Cl	NaK			NaKCa	logNa/K	Kalsedónhiti	
1-302	Kaldbakur - Laugaengjar	33,0	10,12/19	128,2/15	25	21,1	0,17	2,26	0,11	10,3	5,9	<0,1	12,4	0,06	93	17	13	49	25	26
1-304	Kaldbakur - Hveratunga	76,0	9,85/24	101,0/15	64	28,8	0,68	1,10	0,01	6,7	6,1	<0,1	12,4	0,09	156	71	62	93	72	75
2-301	Asparvík-Asparvíkurdalur	11	9,00/24	102,0/24	17	16,3	0,16	3,3	0,49	10,8	4,3	-	13,1	0,05	61	26	4	56	25	25
2-302	Asparvík-Sveinanes	19,0	10,00/18	107,5/15	16	22,8	0,08	3,10	0,02	10,4	7,3	<0,1	15,3	0,06	92	-15	-6	22	12	11
4-301	Asmundarnes	31,8	10,07/21	101,0/15	27	25,1	0,16	2,24	0,01	13,0	6,4	<0,1	16,6	0,06	106	7	13	41	25	33
5-104	Laugarhóll - Borholulaug	-42	10,22/21	94,3/15	43	31,5	0,23	2,14	0,02	10,6	7,6	<0,1	16,9	0,10	132	13	24	45	42	48
8-305	Goðdalur - Haughús	58,2	10,21/16	74,0/15	57	36,7	0,39	1,80	<0,01	13,3	7,1	<0,1	18,0	0,16	163	29	41	59	60	58
8-318	Goðdalur - Árgill	54,8	10,16/21	71,4/15	55	38,2	0,33	1,70	0,01	13,4	7,9	<0,1	17,8	0,21	138	20	38	57	55	59
9-301	Sunddalur	20,1	10,44/13	68,9/15	41	35,6	0,19	2,34	0,02	11,5	8,5	<0,1	21,6	0,23	147	0	19	35	38	32
11-307	Bakki	29,8	10,17/21	81,3/15	38	34,5	0,17	1,71	0,02	13,7	8,2	<0,1	18,5	0,13	134	-3	21	32	38	44
13-302	Kaldrananes	38,8	10,10/20	67,1/15	52	37,5	0,53	2,38	0,02	12,7	10,0	<0,1	25,0	0,11	161	43	44	70	55	59
14-301	Hveravík - Girðishver	79,0	9,31/19	31,5/15	109	76,1	2,55	4,63	0,02	22,9	19,1	0,46	89,5	0,27	337	94	84/127	111	111	112
14-302	Hveravík - sundlaug	77,0	9,32/19	31,5/15	109	77,1	2,52	4,50	0,03	20,3	18,7	0,41	90,5	0,27	337	92	84/127	110	111	112
FELLSHREPPUR 4906																				
1-301	Litla Fjarðarhorn	39,2	9,69/		107,2						49,1		18,6	0,9	276					(104)
1-304	Litla Fjarðarhorn	32	9,7 /		100						47,4		17,3	0,9	264					(99)
2-302	Ljufustaðir	47,4	9,70/20	51,3/15	93	45,3	0,98	4,0	0,14	15,0	41,6	<0,1	16,7	0,82	247	66	53	89	95	97
2-302	Ljufustaðir	43	9,63/		88,4						40,0		16,1	0,85	232					(82)
ÓSPAKSEYRARHREPPUR 4907																				
1-301	Pembárvellir	19,8	9,26/20	17,8/15	75	105,1	1,68	27,6	0,59	13,4	114,0	<0,1	123,3	0,35	495	49	40	75	89	90
1-301	Pembárvellir	15	8,96/		64						103,5		111,0	0,35	443					(82)

1) (H₂CO₃ + HCO₃⁻ + CO₃⁻²)
 2) (H₂S + HS⁻ + S⁻²)

3) NaK-hiti samkvæmt White & Ellis 1970
 4) Feldspathiiti samkvæmt Helgeson 1969

Kalsedón hiti 1: Reiknaður með sýrustigi sem hefur verið leiðrétt út frá dúa pH 9,22

Kalsedón hiti 2: Reiknaður með sýrustigi þar sem sýrustigsmálir hefur einungis verið stilltur eftir dúa pH 6,88

* Fengið úr Kristján Samundsson o.fl. 1972

3 EFNAGREININGARAÐFERÐIR

Eftir því, sem næst verður komist, munu aðferðir við efnagreiningu vatnsins í gegnum árin hafa verið sem hér greinir:

Sýrustig

Á árunum 1944-46 var pH greint á staðnum með litgreiningaraðferð (kolorimetrískt), þ.e. hvarfefni sett út í vatnið og blandan síðan borin saman við viðmiðunarlausnir. Á rannsóknastofu voru sum sýnin svo mæld með elektróðu. Eftir 1946 er pH mælt með elektróðum. Um og eftir 1970 er farið að safna vatninu á gastúpur til að hindra uppgufun rokgjarnra efna úr því. Látið kólna niður undir herbergishita og pH mælt eigi síðar en á öðrum degi eftir söfnun.

Koldíoxíð

Fyrir 1969 var lítið gert af því að mæla uppleysta kolsýru í vatni. Þó er í einstaka heimildum lítilllega getið um karbónat- eða bíkARBÓNATSAMBÖND. Var yfirleitt greint með títrun en óljóst um aðferðir að öðru leyti. Eftir 1969 hefur heildarkarbónat ($H_2CO_3 + HCO_3^- + CO_3^{--}$) verið greint með títrun með 0,1N saltsýru, frá pH 8,2 niður í pH 3,8 og í þessari skýrslu er allt karbónat reiknað sem $CO_2(tot)$.

Kísill

Árin 1944-46 var SiO_2 ákvarðað með litgreiningaraðferð, s.n. "Pulfrich-fotometer". Eftir því, sem næst verður komist, var kísill ýmist greindur með "Pulfrich-fotometer" eða með fellingum (gravimetrískt) 1947-1955. Eftir það var farið að nota molybdat við litgreiningaraðferðina ásamt fellingum sumra háhitasýna. Nú síðustu árin er þessi litgreiningaraðferð eingöngu notuð á Orkustofnun og er hvert sýni mælt í tví- eða þrítaki með nýjum og nákvæmum litrófsmæli frá Perkin-Elmer.

Natríum

1944-46 var Na ekki mælt sérstaklega, en reiknað sem ákveðin hlutfallstala miðað við mælt Cl-gildi. Síðan var farið að ákvarða Na með fellingum,

a.m.k. eitthvað fram yfir 1950, en eftir 1955 er Na mælt á logaljósmæli allar götur fram undir 1977. Síðan hefur Na verið mælt með atómisogsmæli (atomicabsorption) í lithium-jónunar dúa.

Kalíum

Fyrir 1950 var K greint þannig, að 50 ml af vatninu voru þurreimaðir, þurrefnið vætt með HCl og platínupræði brugðið í og sett í gasloga. Litur logans var síðan skoðaður í gegnum kobolt gler. Síðar var farið að mæla K á logaljósmæli eða fram undir 1977, að farið er að mæla kalíum beint með atómisogi.

Kalsíum og magníum

Þessi efni voru ákvörðuð með fellingunni fyrir 1950. Eftir 1955 og fram að 1969 voru þau mæld með EDTA-títrun nema að í einstaka tilvikum var kalsíum greint á röntgentæki. Síðan 1969 hafa þessi efni verið greind með atómisogi í lanthan-dúa.

Súlfat

Árin 1947-48 var súlfat greint með fellingunni en 1949-50 með litrófsgreiningu. Síðan var súlfat aftur greint með fellingunni og er það gert enn þann dag í dag við þau sýni, sem eru mjög sölt. Árin 1974 til 1976 var á Orkustofnun notuð óbein ákvörðun á súlfati, sem fól í sér títrun með $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ þar sem endapunktur var ákveðinn með blý-selectróðu. Síðustu árin hefur SO_4 hinsvegar verið greint með $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ títrun og thorin indicator.

Brennisteinsvetni

Sennilegast er fyrst farið að mæla brennisteinsvetni (H_2S) leyst í jarðhitavatni sem þátt í heildarefnagreiningu hérlendis 1969 með $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ títrun og dithizon indicator. Er sú aðferð ennþá notuð við greiningu á brennisteinsvetni í lághitavatni.

Klór

Klór (Cl) hefur alla tíð verið ákvarðaður með Mohr-títrun. Í súlfíðríku vatni getur verið erfitt að greina útslagið. Hefur Cl þá verið mælt óbeint með silfurfellingu og greiningu silfurs með atómísogi og er þá oftast um háhitasýni að ræða.

Flúor

Fram til ársins 1974 var litgreiningaraðferð notuð til F mælingar. Í fyrstu mun hafa verið notað alizarin, en einhverntíma stuttu eftir 1965 var farið að nota Scott-reagent. Með tilkomu selektróðu-mælis á Orkustofnun 1974 hefur flúor verið greindur með selektróðu í tilheyrandi dúa.

Uppleyst efni

Uppleyst efni hafa ávallt verið ákvörðuð á sama hátt, þ.e. ákveðið vatnsmagn þurreimað og þurrefnið síðan vigtað. Ekki er víst, að þess hafi alltaf verið gætt að þurrka sýni nógu vel (t.d. með því að ljúka þurrkun í hitaskáp) og eru því sum eldri gildi e.t.v. of há. Einnig skiptir máli, hvort óhreinindi (grugg) eru í vatninu. Heildarstyrkur uppleystra efna segir lítið varðandi efnafræðilega túlkun ef um heildarefnagreiningu er að ræða en er aðallega hafður til hliðsjónar ef jónavægi er úr skorðum.

4 TÚLKUN EFNAFRÆÐILEGRA GAGNA

Hér á eftir verður gerð stuttlega grein fyrir þeim aðferðum, sem notaðar eru við túlkun.

4.1 Ytri aðstæður

Við söfnun er reynt að átta sig á, hvort íblöndun geti átt sér stað, í hvers konar umhverfi jarðhitinn er og haldið uppi spurnum af rennslis- og hitastigsbreytingum. Upplýsingar þessu lútandi geta oft verið villandi og mjög einstaklingsbundnar. Á þetta einkum við um rennsliságiskanir sem og hitastigsmælingar. Til að mynda er oft mikill hitastigsmunur á yfirborði lauga og botni. Tæmandi upplýsingar um hita í innstreymisaugum laugar ásamt hitastigi frárennslis getur veitt innsýn í áhrifavalda, sem annars væru óljósir, lægju þessar upplýsingar ekki fyrir. Því miður hefur nokkuð skort á fullnægjandi upplýsingar þessu lútandi. Vatn til efnagreiningar er jafnan tekið úr heitasta uppkomuauganu. Safnari skráir einnig sjáanlegar höggunarstefnur og getur jafnframt um eðli og tegund bergs. Notast er við jarðfræðikort af svæðinu, sé það til og stuðst við viðnámsmælingar. Gögn um hitastig, rennslis, númer á efnagreiningu og staðháttalýsingu þeirra jarðhitastaða á Vestfjörðum sem eru í tengslum við þessa skýrslu hafa verið gerð aðgengileg í skýrslum Jarðhitadeildar Orkustofnunar með því að gefa þeim einkennandi númer, þannig að hægt verði að kalla fram þessar upplýsingar með tölvuútskrift í næstu framtíð (sjá Jón Benjamínsson & Sigmundur Einarsson 1981; Jón Benjamínsson 1979 & 1981).

4.2 Efnافرæðilegir þættir

Eins og áður hefur komið fram er jónavægi látið segja til um marktækni heildarefnagreiningar. Með túlkun á efnagreiningum af jarðhitavatni er leitast við að segja fyrir um ástand jarðhitakerfisins og þá fyrst og fremst hitastig. Er þá gert ráð fyrir að það jafnvægi sem ríkti milli bergs og vatns hafi lítið raskast á leið vatnsins til yfirborðs. Jafnvægi lausnar við hinar ýmsu steindir næst við ákveðið hitastig og þrýsting. Með tilraunum hefur t.d. verið fundinn jafnvægisstuðull fyrir kísil (krístobalít, opal, kvars, o.s.frv.), en á honum grundvallast svo nefndur kísilhiti. Tilraunir hafa verið gerðar með Na-K-ríkar steindir og er Na/K-hiti byggður á þeim niðurstöðum. Einnig er notast við jafnvægisfasta fyrir kalk

(CaCO₃) og er þessara fasta getið þar sem við á. Sé jarðhitavatn yfir-
mettað með tilliti til framangreindra steinda má búast við útfellingu
þeirrar steindar, sem ofgnótt er af. (Er þá gert ráð fyrir, að öll jafn-
vægin séu hitastigsháð og að gildi fyrir fasta hafi fengist með tilraunum).
Safnað var útfellingum af nokkrum jarðhitastöðum á Vestfjörðum og þau
greind á XRD-tæki (röntgen diffraction). Á þær niðurstöður er dregið í
kafla 8.

Hlutföllin Na^+/H^+ , K^+/H^+ eru athuguð, en þau eru talin falla að jafnvægi
við alkalífeldspata og gefa vísbendingu um marktækni katjónahita. Jafn-
vægi við wollastonite, kalsedón eða kvars er álitíð falla að hlutfallinu
 $\sqrt{\text{Ca}^{++}/\text{H}^+}$.

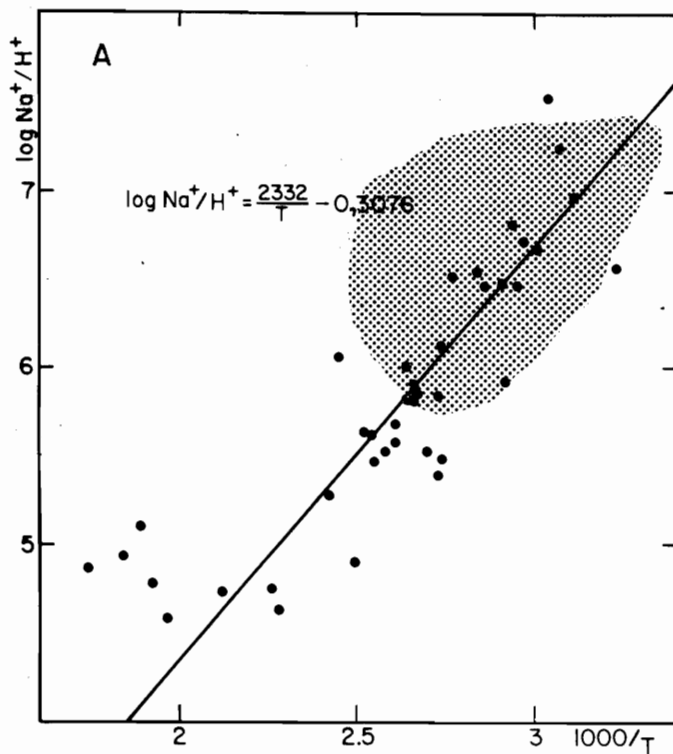
Framangreindum hlutföllum er lýst í grein eftir Guðmund Pálmason o.fl.
(1978), en þar eru þau notuð við túlkun efnagreininga á borholuvatni frá
Íslandi. Myndir 5 A, B, C og D eru fengnar úr þeirri grein, en innan
skyggða svæðisins, sem bætt hefur verið á myndirnar falla útreiknuð jóna-
skiptajafnvægi fyrir jarðhitavatn af Vestfjörðum. Hlutfallið Na/Cl er
notað til að segja til um íblöndun sjávar eða grunnvatns í jarðhitavatnið
með tilliti til efnahita viðkomandi vatns (sjá kafla 4.5). Viðhafðir eru
blöndunarreikningar skv. Fournier og Truesdell (1974) en þeir byggja á
hlutfalli kísils í grunnvatni og jarðhitavatni.

Boraðar hafa verið nokkrar holur á Vestfjörðum í laugasvæði. Hiti og
efnasamsetning borholuvatnsins er borið saman við hita og efnasamsetningu
laugavatnsins og reynt að meta ástand jarðhitakerfisins og hittni borunar.

Við alla þessa útreikninga var stuðst við tölvuútskrift á efnagreiningum
eftir forritinu WATCH 2 í eigu Orkustofnunar, en það skrifar út virkni
og styrk efna í vatni af sama hita og mælist við söfnun og eins við kalse-
dónhita. (Stefán Arnórsson o.fl. 1978). Þessi tölvuútskrift gerir kleift
að reikna út þau hlutföll og jafnvægisfasta, sem að framan hefur verið
getið.

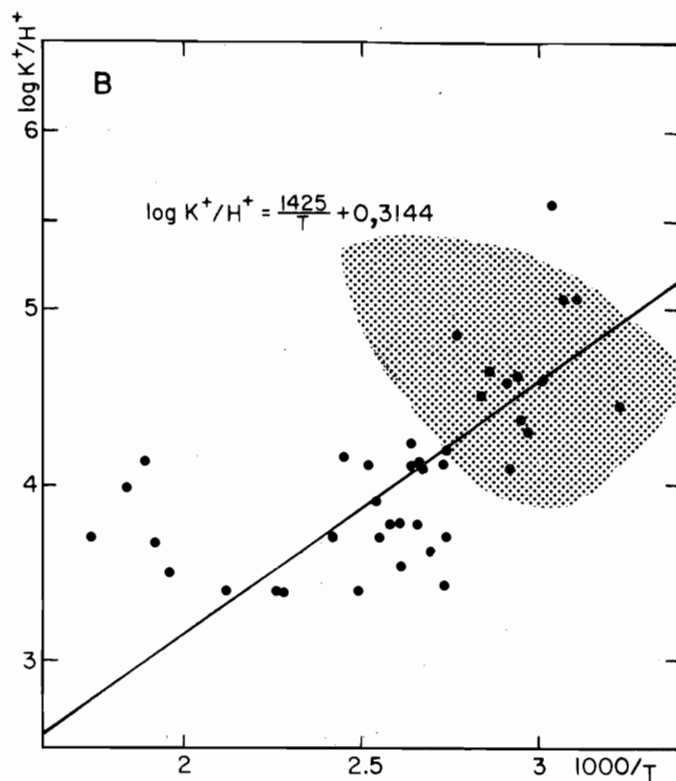
4.3 Efnahiti

Einn veigamesti þátturinn í efnafræðilegri túlkun jarðhitavatns er að sjá
fyrir um líkur á öflun heitara vatns en þess, sem fyrir hendi er. Gengið
er þá út frá, að styrkur leysta efna í vatninu stjórnist af hitastigi.



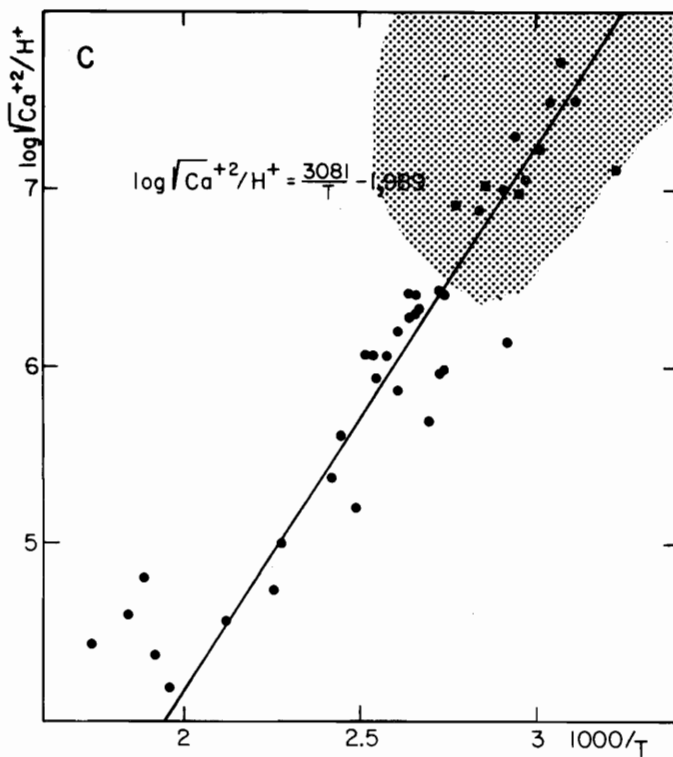
MYND 5 A

Na^+/H^+ jónaskiptajafnvægi í jarðhitasvæði



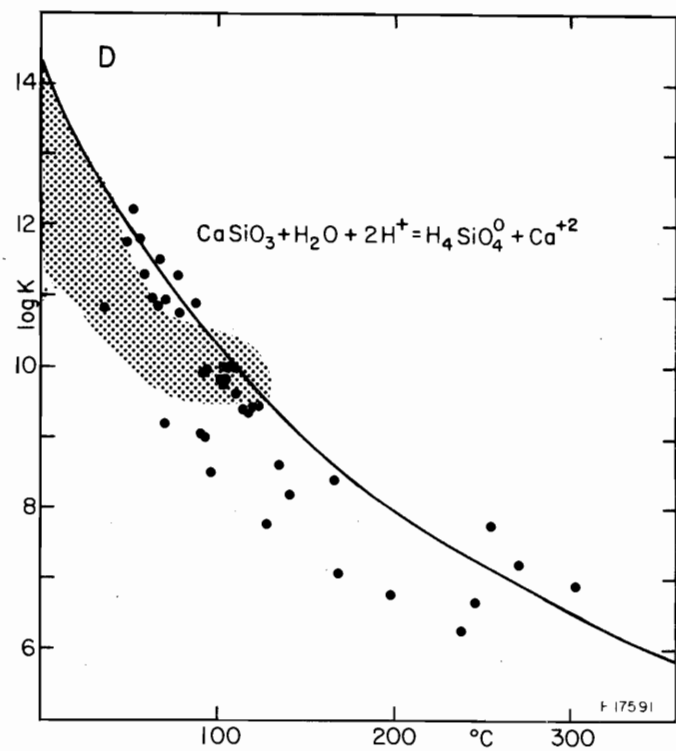
MYND 5 B

K^+/H^+ jónaskiptajafnvægi í jarðhitavatni



MYND 5 C

$\text{Ca}^{+2}/\text{H}^+$ jónaskiptajafnvægi í jarðhitavatni



MYND 5 D

Wollastonít-jafnvægi í jarðhitavatni

Mest eru notaðir kísilhiti og katjónahiti (sjá Viðauka). Kísilhiti byggir á styrk uppleysts kísils í vatninu, en hann stjórnast af efnajafnvægi við kísilsteindir svo sem kvars, kalsedón og ópal. Á flestum lághitasvæðum er kalsedónjafnvægi ríkjandi (Stefán Arnórsson 1975), en leysni þess við mismunandi hitastig hefur verið fundið með tilraunum (Fournier 1973). Miklum vandkvæðum í útreikningi á kalsedónhita fyrir jarðhitavatn af Vestfjörðum veldur hversu basískt það er, en sýrustig þess mælist yfirleitt $\text{pH} > 9,8$ við 20°C og í þó nokkrum tilvikum $\text{pH} > 10$. Þetta veldur því að stór hluti kísilsýrunnar er klofinn og leiðir til kalsedónhita lægri mældum hita sé notaður kleyfnistuðull kísilsýru samkvæmt Pitzer (1937) og hefur gildið

$$K_{(\text{H}_4\text{SiO}_4)} = 10^{-9,98}$$

við 20°C . Við athuganir á hegðan kísilsýru í lausn við $130\text{--}350^\circ\text{C}$ hita komst Seward (1974) að dálítið annari niðurstöðu. Það hagnýtti Stefán Arnórsson (Axel Björnsson o.fl. 1979) við rannsókn á jarðhitavatni úr Eyjafirði með því að framlengja mæliniðurstöður Swards niður undir 0°C . Þannig fékkst gildið

$$K_{(\text{H}_4\text{SiO}_4)} = 10^{-10,42}$$

við 20°C en með notkun þessa kleyfnistuðuls fæst hærri kalsedónhiti fyrir vatn með hátt sýrustig eins og algengast er á Vestfjörðum. Að fenginni þessari reynslu var þessi kleyfnistuðull notaður við útreikning á kalsedónhita fyrir jarðhitavatn af Vestfjörðum. Hinsvegar kemur í ljós að fyrir sýni úr Barðastrandarhreppi og Suðurfjörðum hentar ekki þessi kleyfnistuðull því kalsedónhiti reiknast þar víða lægri mældum hita. Leiðir þetta hugann að því hvort ekki sé þörf á nánari endurskoðun kleyfnistuðulsins fyrir lághitavatn eða hvort jafnvægi við kalsedón sé raunhæft til viðmiðunar, sökum þess að sú steind er ókristölluð og með mismunandi vatnsinnihald.

Katjónahiti (NaK- og NaKCa-hiti) byggir hinsvegar á jónaskiptajafnvægjum milli alkalíjóna í vatni og þeirra, sem eru í sílikatsteindum umlykjandi bergs (Truesdell 1975). Katjónahiti byggður á reynslutölum (kvarðaður empirískt) hefur ekki verið notaður með jafngóðum árangri og kísilhiti héraendis enda háðari bergfræðilegum aðstæðum. NaK-hiti er auk þess talinn óáreiðanlegur fyrir lághita. NaKCa-hiti fyrir neðan 100°C er að miklu kvarðaður eftir gögnum Stefáns Arnórssonar frá Íslandi og hefur verið notaður með nokkrum árangri héraendis. Ýmislegt bendir þó til, að hann sé ekki marktækur við mjög lágt hitastig. Við rannsókn á djúpu borholunum í Eyja-

firði komst Stefán Arnórsson (í Axel Björnsson o.fl. 1979 og Stefán Arnórsson 1979) að þeirri niðurstöðu að Na/KCa-hiti sýndi að meðaltali 16°C lægra en mældur hiti og telur hann þennan empiríska efnahita ekki rétt kvarðaðan. Hinsvegar kom í ljós, að mældu hitastigi í vatni frá þessum borholum bar mjög vel saman við Helgeson (1969) um jafnvægishita milli natríum- og kalíumfeldspata í lausn (lágalbít og míkroklín). Þetta hitastig er nefnt feldspathiti í þessari skýrslu og haft til hliðsjónar með annarskonar efnahita. Efnafræðileg úttekt á borholuvatni á Íslandi (Guðmundur Pálmason o.fl. 1978) og jarðhitavatni frá Borgarfirði (Einar Gunnlaugsson 1980) gefur einnig gott samræmi milli mælds hita og feldspathita.

Mynd 6 A sýnir hlutfallið Na/K í moles/kg fyrir sýni af Vestfjörðum á móti kalsedónhita fyrir sömu sýni. Ennfremur eru sýndir 5 ferlar. Ferill 1 er fenginn samkvæmt líkingunni

$$\log \text{Na/K} = -10,96 + 1709/T^{\circ}\text{K} + 3,18 \log T^{\circ}\text{K}$$

frá Stefáni Arnórssyni (1979) en í henni eru leiddar út niðurstöður frá jafnvægistilraunum Helgeson (1969) milli lágalbíts og míkroklíns. Ferill 2 er samkvæmt líkingu birtri af Truesdell (1975). Líkingin er kennd við White & Ellis þar sem hún byggir á þeirra athugunum, kynntum af White (1970). Ferill 3 túlkar niðurstöður Fournier & Truesdell (1973). Empírísku ferlarnir tveir eru ekki taldir áreiðanlegir neðan við 100°C, en hafa samt verið framreiknaðir hér til samanburðar. Ferill 4 sýnir bestu línu dregna fyrir sýni úr N-Ísafjarðarsýslu og Strandasýslu. Líkingin fyrir línuna er

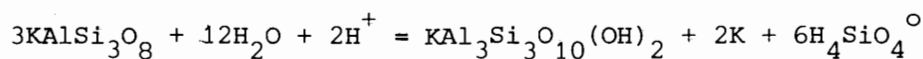
$$\log \text{Na/K} = 835/T^{\circ}\text{K} - 0,0011 \cdot T^{\circ}\text{K}.$$

Í ljós kemur að þessi ferill víkur ekki langt frá ferli 1, en eins og vikið verður að síðar og sést á mynd 7 C er allþokkalegt samræmi milli feldspathita og kalsedónhita þessara sýna. Ferill 5 sýnir bestu línu fyrir sýni úr V-Ísafjarðarsýslu og Barðastrandarsýslum. Líking fyrir þá línu er

$$\log \text{Na/K} = 602/T^{\circ}\text{K} + 0,007 T^{\circ}\text{K}.$$

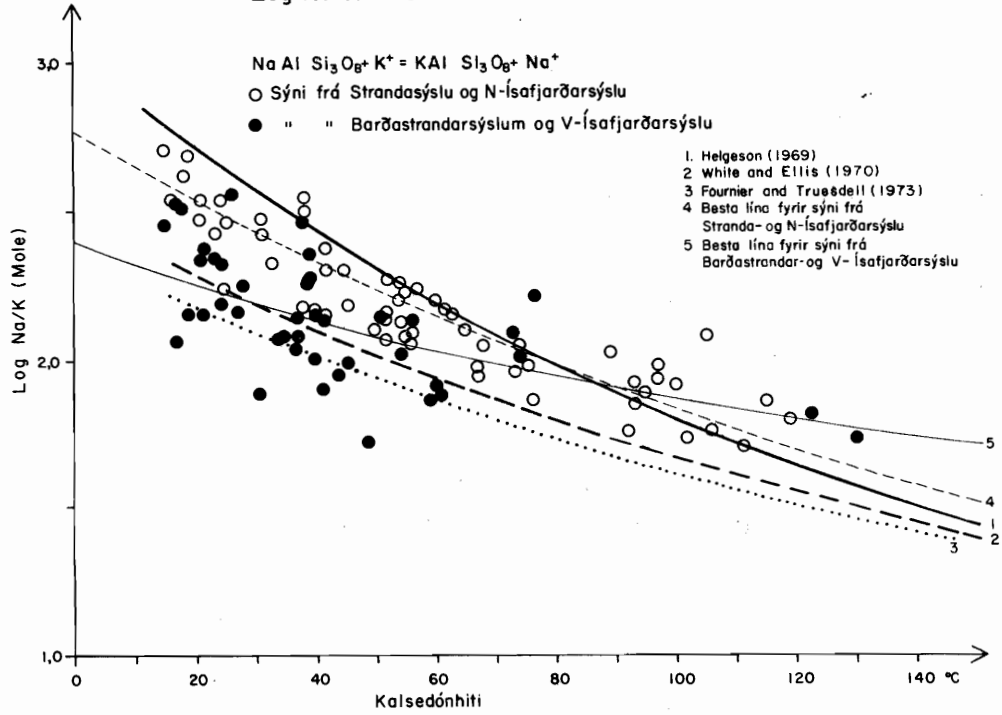
Línan gengur nokkuð þvert á hina ferlana og punktar eru mjög dreifðir. Samræmi milli feldspathita og kalsedónhita er lítið með þessum sýnum þó helst fyrir sýni með kalsedónhita fyrir ofan 50-60°C. Á myndinni kemur fram að ferlar 4 og 5 skera feril 1 á hitabilinu 70-100°C.

Mynd 6 B sýnir log K fyrir efnajafnvægið



JEF-360-4000-J.BEN.
81.03.0312.EK/00

Log Na/K á móti kalsedónhita

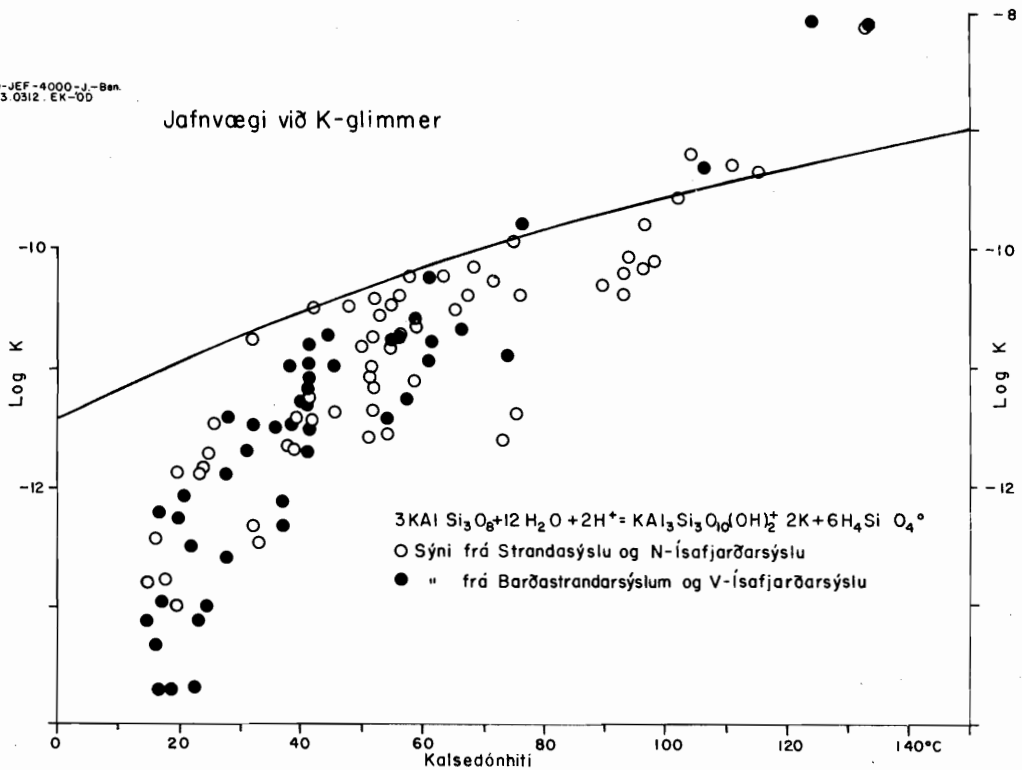


MYND 6 A

Log Na/K á móti kalsedónhita

JHD-JEF-4000-J.-Ben.
81.03.0312.EK-00

Jafnvægi við K-glimmer



MYND 6 B

Jafnvægi við K-glimmer

við kalsedónhita sömu sýna. Jafnframt er dregin jafnvægislína skv. Helgeson (1969) fyrir K-glimmer. Ekki kemur fram dreifing í punktum eftir svæðum, en hinsvegar skera þeir jafnvægisferilinn á svipuðu hitabili (60-100°C) og línur 4 og 5 fyrir Na/K-hlutfallið. Hugsanlega má rekja þetta til breytts jafnvægis við aðrar steindir á þessu hitabili.

Þar sem kísilhiti er í velflestum tilvikum álitinn endurspeglar hið hitastigsháða jafnvægisástand, sem talið er ríkja í hérlendum djúpvatnskerfum er mjög stuðst við þá reynslu við túlkun annars konar efnahita hér á eftir. Mynd 7 A sýnir kalsedónhita reiknaðan samkvæmt sýrustigi sem fengið var með því að nota tvo dúa (buffer) pH 6,88 og pH 9,22 við mælingu. Var þetta gert á þann hátt að pH-mælir var stilltur á pH 6,88 með dúa pH = 6,88. Síðan var dúi pH 9,22 mældur og ef pH-mælir sýndi ekki sama sýrustig var eftirfarandi jafna notuð til leiðréttingar á mældu sýrustigi:

$$pH(\text{leiðrétt}) = \frac{9,22 - 6,88}{(\text{mælt gildi á dúa } 9,22) - 6,88} \times (\text{pH mælt} - 6,88)$$

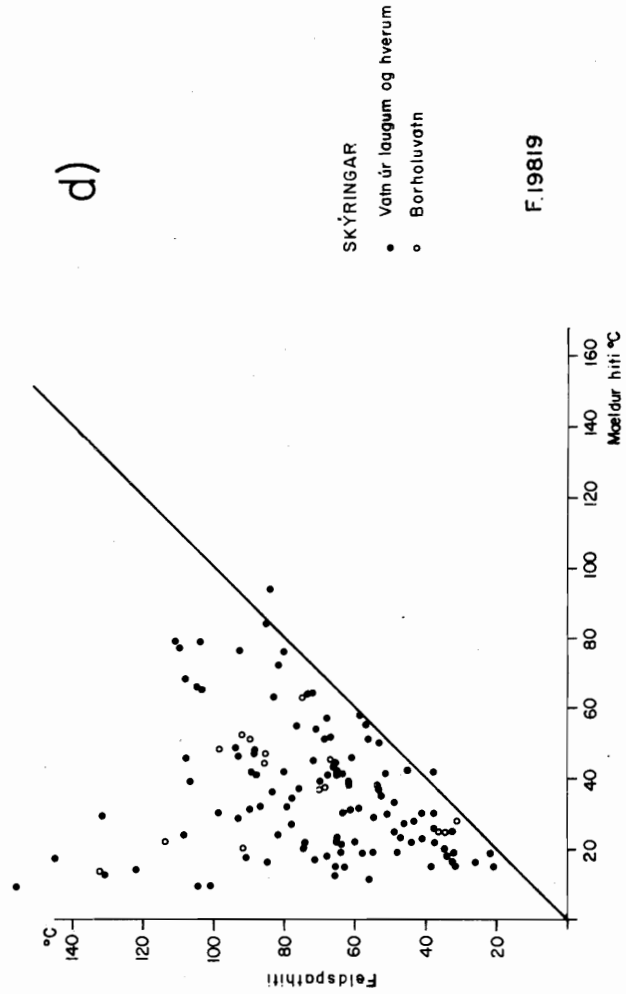
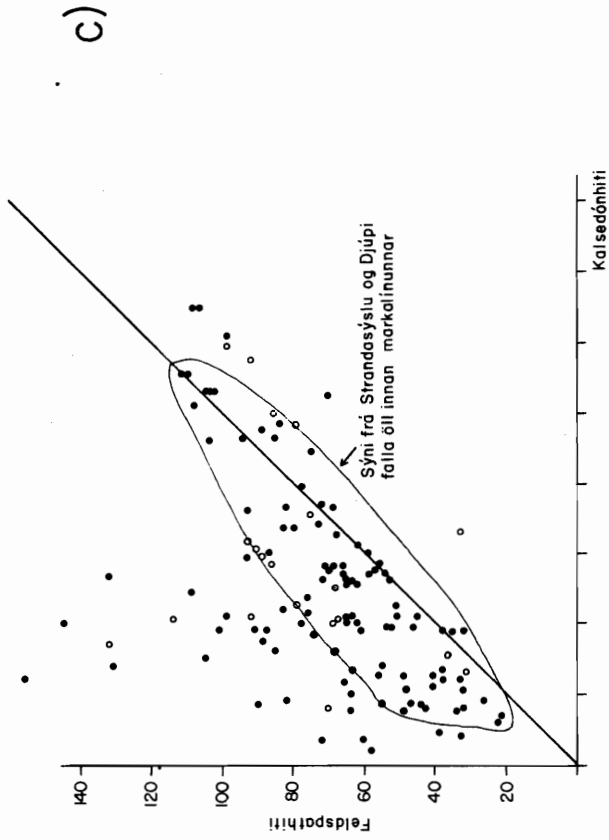
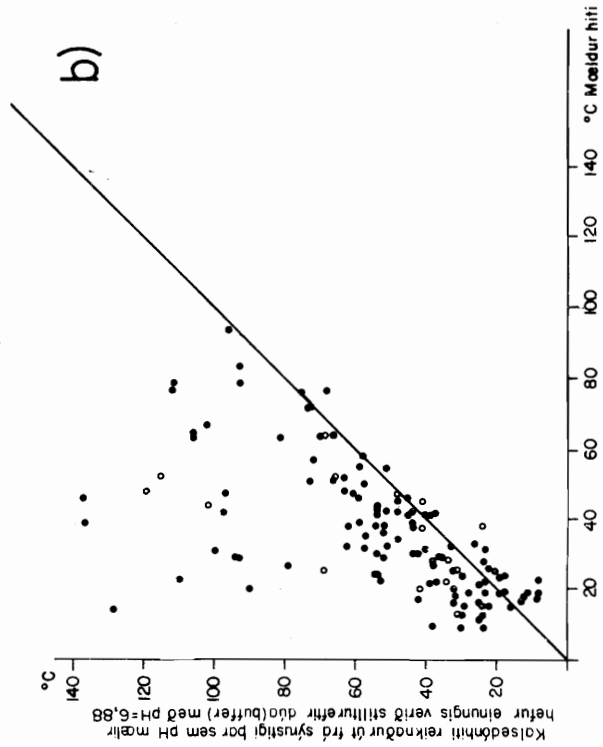
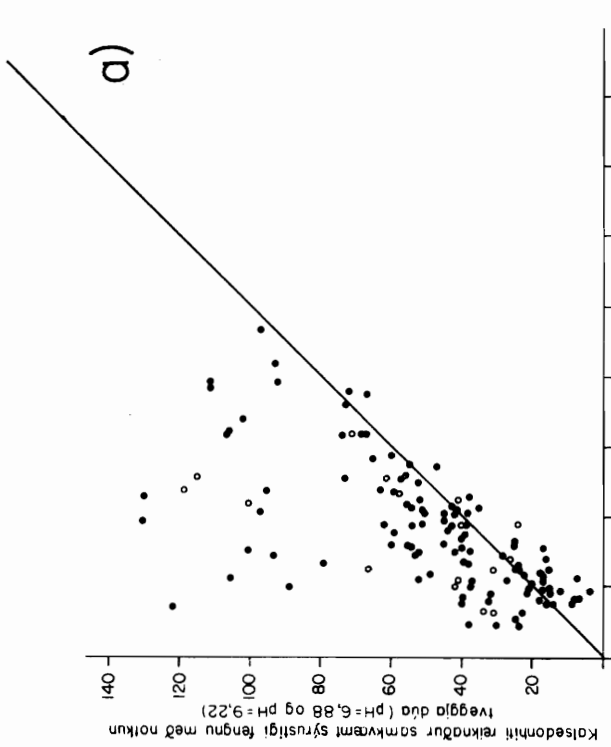
Undanfarin 6-8 ár hefur þessi leiðrétting verið viðhöfð á Orkustofnun og hefur yfirleitt stuðlað að hærri sýrustigi sem í flestum tilfella leiðir til lægri kalsedónhita.

Mynd 7 B sýnir kalsedónhita reiknaðan út frá mældu sýrustigi, án leiðréttinga fyrir dúa með pH 9,22 og til einföldunar á útreikningum var í þessu tilviki notuð nálgunarlíkingin

$$K_{(10,42/20^{\circ}\text{C})} = t \cdot 0,0245 - 10,92$$

fyrir kleyfnistuðul kísilsýru, þar sem t er hitinn sem sýrustig var mælt við. Séu myndir A og B bornar saman kemur í ljós að fleiri sýni lenda um eða ofan við jafngildislinuna á mynd B heldur en mynd A, þ.e. fleiri sýni með kalsedónhita hærri mældum hita. Eins og drepið var á í kafla 2 hefur komið í ljós á jarðefnastofu Orkustofnunar að dúi með pH 9,22 hefur tilhneigingu til að lækka með tíma og mismunur sem kemur fram á myndum A og B bendir til að notkun hans sé varhugaverð nema hann sé nýr. Í þessari skýrslu er þó notaður kalsedónhiti fenginn samkvæmt viðtekinni venju, þ.e. með leiðréttu pH nema annars sé getið.

Mynd 7 D sýnir feldspathita á móti mældum hita en feldspathiti er allstaðar hærri mældum hita nema fyrir tvö sýni, þar sem hann er aðeins lægri. Á mynd 7 C eru feldspathiti og kalsedónhiti bornir saman. Þar kemur í ljós nokkur dreifing punkta. Á sumum stöðum er feldspathiti allmiklu hærri,



MYND 7

Kísilhiti og feldspáthiti í laugum og borholum á Vestfjörðum

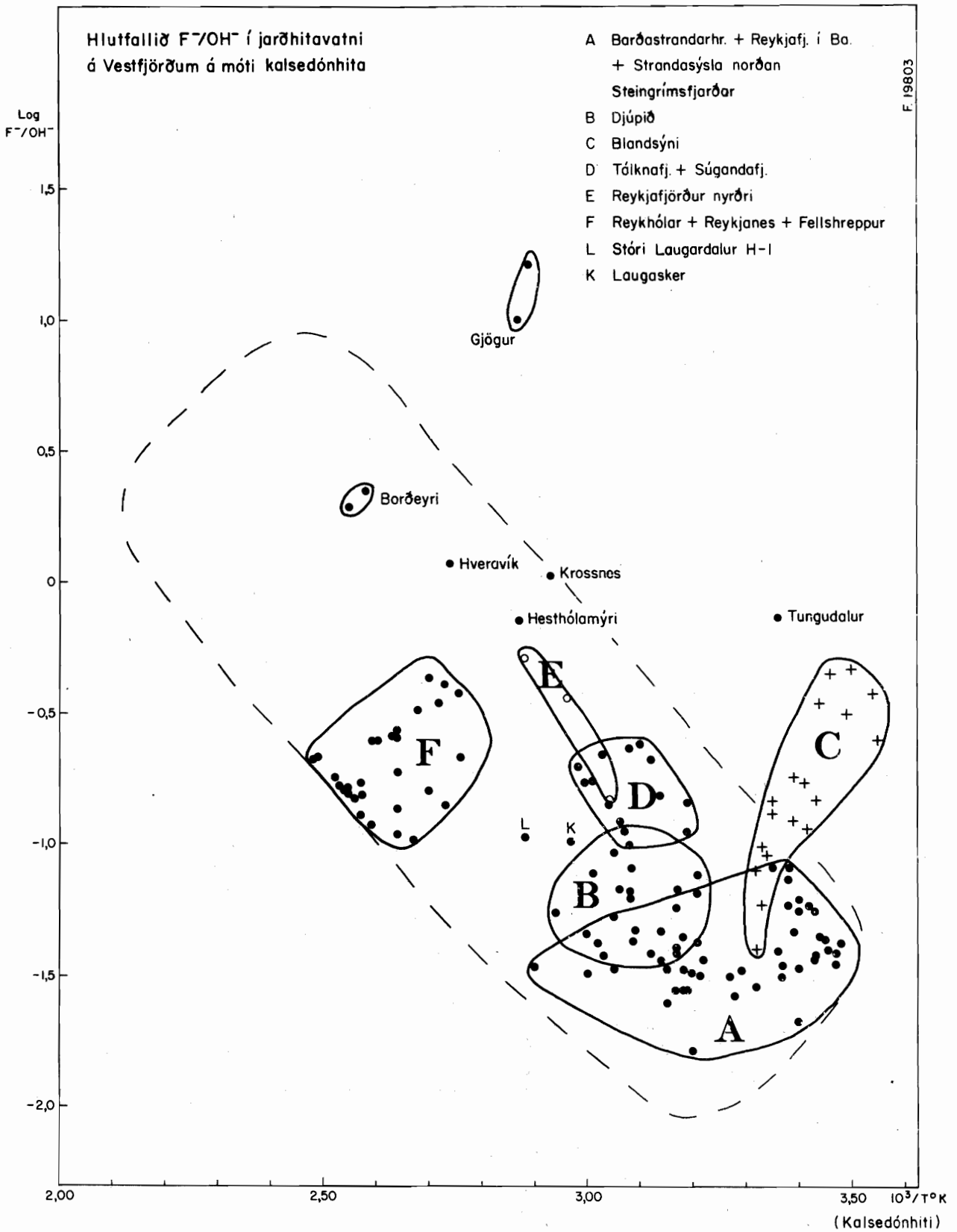
sérstaklega þar sem kalsedónhiti er lægri heldur en 50°C. Í mörgum tilvikum má rekja þetta til blöndunar við kalt grunnvatn en það leiðir til meiri hækkunar á feldspathita heldur en kalsedónhita. Í flestum eða öllum tilvikum eru þetta sýni úr Barðastrandarsýslum. Hinsvegar virðist feldspathita og kalsedónhita sýna úr Strandasýslu og Djúpi bera allvel saman, en yfirleitt er feldspathiti heldur hærri en kalsedónhiti. Á mynd 7 C er dregin lína sem afmarkar bilið sem sýni úr Strandasýslu og Djúpi falla í. Vert er að benda á að við 80-100°C kalsedónhita og þar fyrir ofan er feldspathitinn lægri kalsedónhita en það stafar hugsanlega af breytingum á jónaskiptajafnvæggjum þegar hitinn nær þessu bili.

4.4 Hlutfallið F^-/OH^-

Nordström og Jenne (1977) hafa bent á, að líkur fyrir því að jarðhitavatn, sem streymir um súrt berg, nái jafnvægi við flúoríð. Talið er að flúorstyrkur í jarðhitavatni, sem streymir um basískt berg stjórnist af jónaskiptajafnvægi við OH^- (Guðmundur Pálmason o.fl. 1978). Flúoríð er spor efni í basalti og hvörfun samfara kælingu í uppstreymi mjög takmörkuð, þannig að flúoríðinnihald laugarvatns ætti að vera áþekkt því sem er í jarðhitavatnsgeyminum undir niðri (Stefán Arnórsson 1979).

Aður hafa menn getið sér þess til að F^-/OH^- -hlutfallið stjórnist af tveim steindum, þar sem önnur er stöðug fyrir ofan 100°C með F^-/OH^- -hlutfall aðeins yfir 1 og enga fylgni við hitastig; hin steindin er stöðug undir 100°C (þ.e. $10^3/T = 2,68$) með F^-/OH^- -hlutfall á milli $10^{-0,5}$ og $10^{-1,5}$ og e.t.v. einhverja fylgni við hitastig (Guðmundur Pálmason o.fl. 1978). Líkur ættu því að vera fyrir því, að takast ætti að afmarka jarðhitakerfi með því að leggja F^-/OH^- -hlutfallið á móti $1000/T$, þar sem T er hitastig í °K.

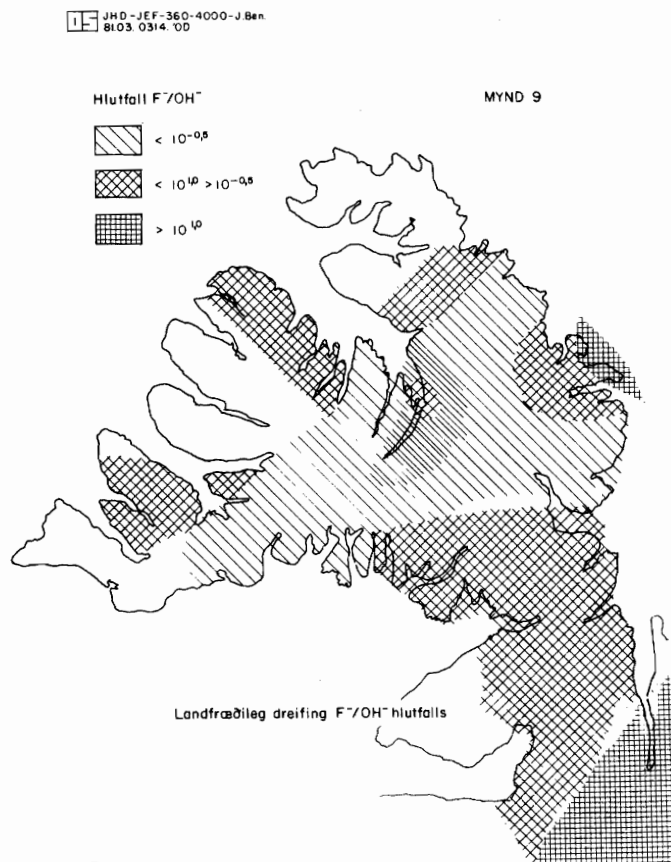
Mynd 8 sýnir $\log(F^-/OH^-)$ á móti $10^3/T$ fyrir sýni af Vestfjörðum og er þeim skipt í sex hópa, en mynd 9 sýnir í grófum dráttum landfræðilega dreifingu og styrktarspönn. Í hópi A eru sýni úr Barðastrandarhreppi og Reykjafirði í Barðastrandarsýslu. Ennfremur úr Strandasýslu norðan Steingrímsfjarðar, nema Hveravík, Gjögri og Krossnesi svo og frá Hraundal. Sýni úr Djúpinu hópast í B nema Reykjanes og Unaðsdalur. Útlínur þessara tveggja hópa A og B skerast (sbr. mynd 8). Í hópi A eru nær eingöngu sýni með kísilhita lægri eða mjög svipaðan mældum hita. Sýrustig þessara sýna er um eða yfir pH 10. Niður í hóp A gengur tota úr flokki C, en í honumeru sýni frá Sveinseyri, Patreksfirði, Naustum, Unaðsdal og nokkur sýni úr Barða-



MYND 8

Hlutfallið F^-/OH^- á móti kalsedónhita

strandarhreppi þar sem blöndun við kaldara vatn hefur átt sér stað þ.e. svokölluð blandsýni. Í hópi D eru sýni frá Tálknafirði, Laugabóli í Mosdal og Súgandafirði. Niður í þann hóp ganga sýni E frá Reykjafirði nyrðri. Hlutfallið F^-/OH^- hjá hópum D og E virðist vera hitastigsháð að einhverju leyti. Sama er að segja um hóp F, en í honum eru sýni úr Reykhólasveit og Djúpadal, Dufansdal og Þernudal sem og Reykjanesi við Djúp og Fellshreppi í Strandasýslu. Þau sýni sem falla ekki undir þessa flokkun eru merkt sér, en sameiginlegt með þeim er hugsanleg blöndun, nema í Kollafirði, Krossnesi og H1 við Laugardalsá. Blöndunarsýnin hafa lægra hitastig heldur en nærliggjandi laugar. Jafnframt virðist F^-/OH^- hlutfall þeirra herra miðað við hitastig þannig að á línuritinu lenda þau ofar og lengra til hægri heldur en þeir staðir sem engin íblöndun á sér stað.



MYND 9

Landfræðileg dreifing F^-/OH^- hlutfalls

Eins og að framan getur hefur hlutfallið fyrir jarðhitavatn á Reykhólum verið fært inn á línuritið og raðast það greinilega eftir hitastigi borholanna. Hugsanlegt er því, að hlutfallið sé hitastigsháð ofan ákveðinna marka, en um leið bundið þeirri bergtegund, sem vatnið hvarfast við, þannig

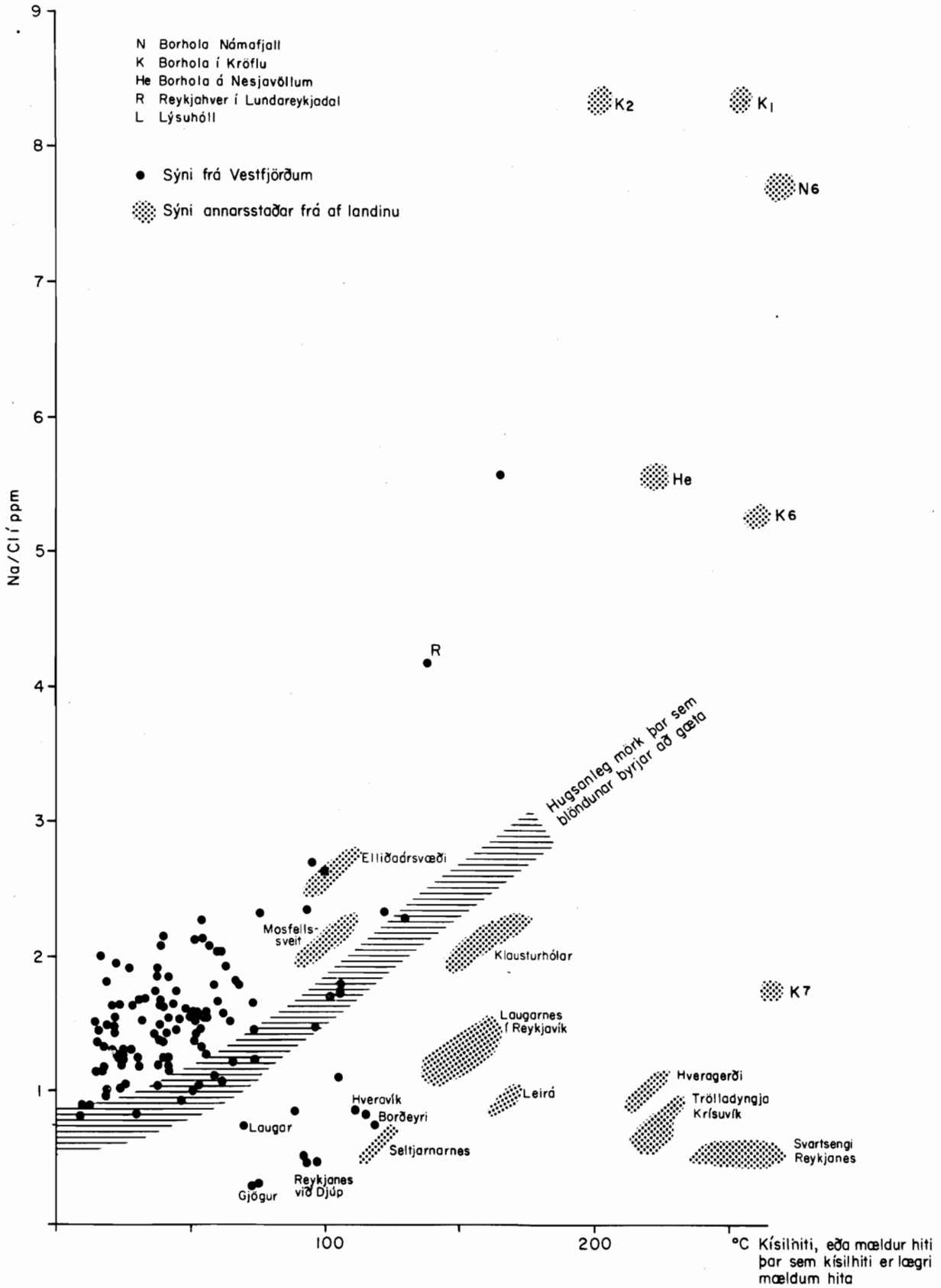
að allur samanburður á F^-/OH^- -hlutfallinu sé staðbundinn og vart raunhæfur, nema þar sem um samskonar jarðhitakerfi er að ræða. Á mynd 8 er dregin strikálína sem afmarkar það svæði sem hugsanlega hitastigsháð F^-/OH^- -hlutfall myndi að líkindum lenda innan.

4.5 Hlutfallið Na/Cl

Komið hefur í ljós, að Na/Cl-hlutfallið er svipað í sjó og regnvatni. Má af því ráða að við uppgufun sjávar verði lítil innbyrðis röskun þessara efna. Fyrir sjó er hlutfallið 0,556 ppm samkvæmt meðaltalsgildi natríums og klórs í heimshöfunum, uppgafið af Krauskopf (1967).

Í alþjóðlega bergstaðlinum G-1 mældist 50 ppm Cl en 24600 ppm Na (Mason 1966) eða nær 500 falt herra. Natríum er einnig í mun meira mæli í jarðvegi heldur en klór, þó að sá munur sé ekki jafn mikill og í bergi. Útskolun natríums úr bergi er hitastigsháð, þannig að með hækkingu hita í berggrunni eykst natríumstyrkur í því vatni sem um hann rennur. Klóríðstyrkur vatns sem streymir í berggrunni er einnig talinn stafa af hitastigsháðri útskolun úr berginu þar sem útskolun verður örari með hækkingu hitastigi. En vegna þess hve natríum er í miklu meiri mæli í berginu heldur en klór ætti Na/Cl-hlutfallið að hækka með hitastigi umfram það sem mælist í sjó og regnvatni og hefur svo reynst í Kröflu (Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1980). Sjávaráhrifa gætir oft í berggrunni nálægt sjó og koma þau fram sem aukinn klóríðstyrkur í jarðhitavatni. Í berggrunninum geta verið sölt millilög en rennsli jarðhitavats um þessi söltu setlög leiðir einnig til hækunar á Na/Cl-hlutfallinu sem er 0,556 í sjó eins og áður hefur verið sagt og Na-Cl-hlutfall úrkomu er svipað og sjávar. Úrkomu fellur til jarðar inn til landsins á fjöllum og jökla, og hripar niður í berggrunninn, hvarfast við bergið og Na/Cl-hlutfallið eykst í samræmi við bergtegund, hitastig, tíma- og hvörfunarvegalegd. Við ákveðin skilyrði beinist vatnið upp til yfirborðs en í eða við yfirborð getur jarðhitavatnið blandast yngra vatni sem ekki hefur komist nema takmarkað niður í bergið og er jafnvel í lausum jarðlögum á yfirborði og hefur lágt Na/Cl-hlutfall. Af framansögðu er því dregin sú ályktun að Na/Cl-hlutfallið hækki með hita en við rennsli um sölt millilög, blöndun við sjó, regnvatn eða ungt grunnvatn lækkar þetta hlutfall og má nota sem mælikvarða á íblöndun eins eða fleiri þessara þriggja þátta í vatn sem náð hefur að hvarfast við heitara berg dýpra í iðrum jarðar.

Mynd 10 sýnir Na/Cl-hlutfall á móti kalsedónhita eða mældum hita þar sem hann er hærri, fyrir jarðhitavatn á Vestfjörðum og nokkra aðra valda staði. Skástrikaða svæðið táknar sýnin sem eru á mörkum hugsanlegrar íblöndunar samkvæmt sýnilegum staðháttum. Sú tilgáta er sett fram hér að með notkun línurits er sýnir kalsedónhita á móti Na/Cl-hlutfalli megi geta sér til um hvort sýnið hefur orðið fyrir íblöndun. Þannig lenda þau sýni sem hafa orðið fyrir íblöndun sjávar, regns eða grunnvatns fyrir neðan skástrikaða svæðið, en fyrir ofan það eru sýni sem ætla má að beri eingöngu hvörfunareinkenni við berg. Blöndunin leiðir af sér lægra sýrustig og orsakar ýmist hækkun eða lækkun á kalsedónhita, eftir efnasamsetningu þynningarvatnsins. Innbyrðis samspil þessara þriggja þátta (Na/Cl, T_{SiO_2} og pH) var athugað. Hugsanlegt er, að nota megi ofanskráða þætti í þríhyrningslínurit og þannig greina, hvort íblöndun veldur því, að kalsedónhiti er lægri mældum hita.



MYND 10

F-19820

Na/Cl hlutfall (ppm) á móti kísilhita eða mældum hita fyrir Vestfirði og nokkra aðra valda staði

5 SKIPTING Í SVÆÐI

Til að auðvelda umfjöllun, er Vestfjarðakjálkanum skipt í 5 svæði, nokkurn veginn samkvæmt landfræðilegri legu jarðhitastaðanna. Mynd 11 sýnir svæðaskiptinguna og til hægðarauka hefur hver staður sem er nafngreindur í skýrslunni verið númeraður og skráður í lista hér neðanundir. Jafnframt er viðeigandi númer birt innan hornklofa aftan við staðarnafnið þegar það kemur fyrir í textanum.

Svæði 1 nær yfir þann hluta Barðastrandarsýslna, sem snýr að Breiðafirði.

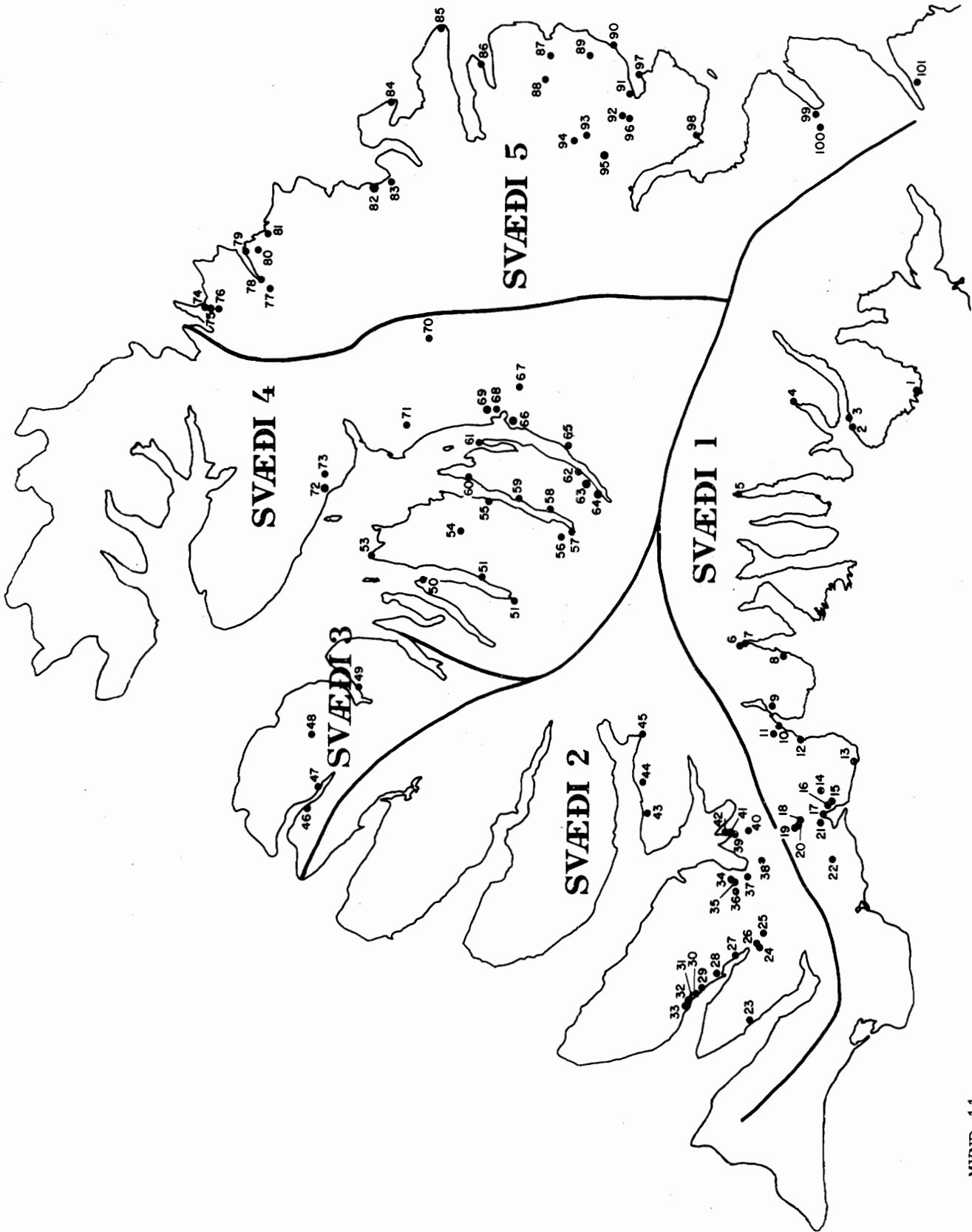
Svæði 2 nær frá Látrabjargi í suðri að Sauðanesi í norðri, en á hálendinu fylgja mörkin nokkurn veginn vatnaskilum.

Svæði 3 er á milli Sauðaness og Álftafjarðar.

Svæði 4, Djúpið, takmarkast við aðliggjandi sveitir, en

svæði 5 við Strandasýslu að meðtöldum Reykjafirði í N-Ísafjarðarsýslu.

Svæði 1	Svæði 2	Svæði 3	Svæði 4	Svæði 5
1 Reykhólar	23 Patreksfjörður	46 Laugar	50 Hvítanes	74 Laugatún
2 Varmavík	24 Hádegisgil	47 Lásvík	51 Kleifár	75 Hestvallalaug
3 Laugaland	25 Botnsgil	48 Gil	52 Kálfavík	76 Kirkjuból
4 Gufudalur	26 Verslur	49 Naust	53 Ögurnes	77 Þröskuldur
5 Kollafjörður	27 Eysteinseyri		54 Laugaból	78 Bjarnarfjarðarbotn
6 Kjálkafjarðargljúfur	28 Sveinseyri		55 Látur	79 Fornasel
7 Kjálkafjarðarbotn	29 Gvendarlaugar		56 Heydalur	80 Meyjarárdalur
8 Auðnir	30 Laugardalsá		57 Botn	81 Drangar
9 Smiðjukleifar	31 Djáknalaug		58 Hörgshlíð	82 Hvalárhólmur
10 Hella	32 Laugaráll		59 Kelda	83 Heitalaug
11 Penna	33 Kvígindisfell		60 Skálavík	84 Krossnes
12 Þverá	34 Bæjargljúfur		61 Reykjanes	85 Gjögur-Reykjanes
13 Rauðsdalur	35 Leitismýri		62 Bjarnastaðir	86 Kambur
14 Vaðall-Stórabrekka	36 Laugarholt		63 Eyri-Lauganes	87 Laugaengi
15 Vaðall-Stekkur	37 Þernudalshvammur		64 Eyri-Laugalækur	88 Hveratungur
16 Vaðall-Laugam.hr.laug	38 Tungur		65 Gjörfidalur	89 Aspavíkurdalur
17 Krosslaug	39 Reykjafjörður		66 Múli	90 Sveinatangi
18 Mórudalur-Laugatungur	40 Vöðslur		67 Laugaból	91 Ásmundarnes
19 Mórudalur-Ármót	41 Skipadalsá		68 Hvanndalur	92 Laugarhóll
20 Mórudalur-Árgljúfur	42 Skeleyri		69 Rauðamýri	93 Goðdalur-haughús
21 Tungumúli	43 Laugaból		70 Nauteyri	94 Goðdalur-árgil
22 Haðadalur	44 Brunnar		71 Hraundalur	95 Sunnudalur
	45 Dynjandi		72 Laugaland	96 Bakki
			73 Unaðsdalur	97 Kaldrananes
				98 Hveravík
				99 Litla-Fjarðarhorn
				100 Ljúfustaðir
				101 Þambárvellir



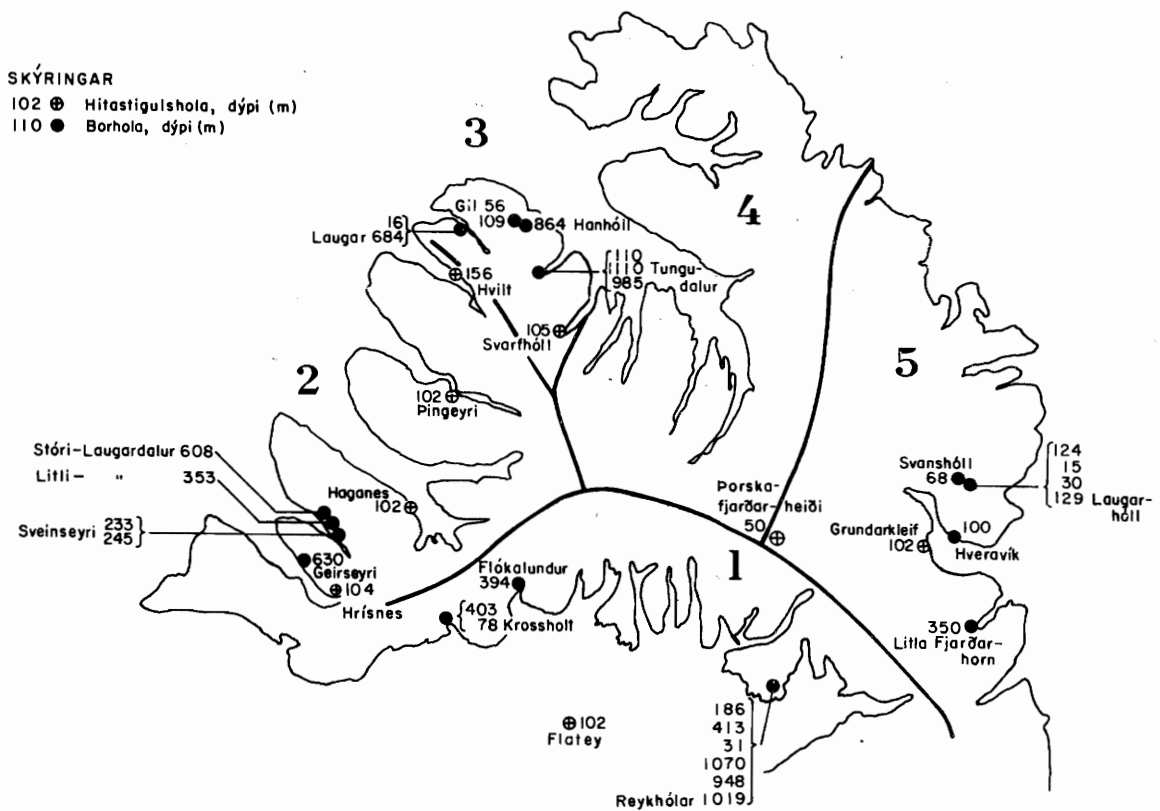
MYND 11

Vestfirðir. Jarðhitastaðir, svæðaskipting

6 BORHOLUR

6.1 Inngangur

Nokkrar holur hafa verið boraðar á Vestfjörðum með jarðhitaleit í huga. Tilgangur þeirra er tvenns konar. Í fyrsta lagi holur, sem boraðar eru með heitavatsöflun í huga. Er þeim vanalega ætlað að skera vatnsæðar á ákveðnu dýpi. Til er efnagreining á vatni úr flestum holunum. Í öðru lagi eru svonefndar hitastigulsholur. Það eru grunnar holur boraðar í þeim tilgangi að segja til um berghita svæðisins. Hitastigull á Vestfjörðum hefur reynst lágur og í samræmi við aldur jarðlaga (Kristján Sæmundsson 1977). Laugarnar eru líkast til flestar tengdar brotalömmum í berginu (tektonik) og rannsókn beinist að því að finna tengsl þeirra við jarðfræði svæðisins. Mynd 12 sýnir staðsetningu og dýpi áður nefndra borhola á Vestfjörðum, en tafla 4 efnahita og efnainnihald í vatni úr borholunum, efnagreind af Orkustofnun.



F-19822

MYND 12

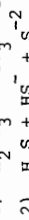
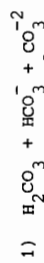
Borholur á Vestfjörðum vegna jarðhitarannsóknar

Efnainnihald borholuvatns af Vestfjórðum
Efnagreint af OS. Styrkur efna í milljónustu hlutum (ppm)

	Dags - Nr.	Hiti°C	pH/°C	Ωm/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	1)				2)				F	Cl	Uppl. efni	3)			4)						
										CO ₂	SO ₄	H ₂ S	SO ₄	SO ₄	SO ₄	SO ₄	SO ₄				SO ₄	SO ₄	SO ₄	SO ₄	SO ₄	SO ₄	SO ₄	SO ₄	SO ₄	SO ₄
BARDASTRANDARHREPPUR 4601																														
4-101 Flókalundur, H-1	760518-0062	38,0	10,17/21	26	24,7	0,40	1,9	<0,01	9,0	7,0	<0,1	13,7	0,09	91	50	37	58	24												
4-101 Flókalundur, H-1	760727-0220	37,4	10,23/15	108,7/15	24	23,4	0,33	2,28	0,01	9,0	6,8	<0,1	13,0	0,08	82	43	29	70	16	23										
4-101 Flókalundur, H-1	770913-0234	37,2													4,95															
7-101 Krossholt, H-1	770606-0101	43,8	10,16/24	36	28,0	0,4	2,65	0,01	8,9	6,6	<0,1	18,0	0,11	112	43	32	71	35	35											
7-101 Krossholt, H-1	770913-0236	43,8													5,27															
7-101 Krossholt, H-1	790701-0072	44,8	10,05/23	74,1/23	38	25,1	0,33	2,47	0,00	8,5	5,5	<0,1	17,7	0,09	126	39	27	67	41	41										
7-102 Krossholt, H-2	770913-0237	36,2													4,21															
7-102 Krossholt, H-2	790825-0108	37,4	10,11/23	67,6/23	39	31,3	0,43	2,34	0,00	12,0	5,1	<0,1	17,1	0,09	120	41	36	69	40	41										
PATREKSHREPPUR 4603																														
1-101 Geirseyri, H-1	760517-0061	19,9	9,49/21	30	23,3	0,6	1,79	0,10	9,9	8,7	<0,1	21,4	0,21	97	77	47	98	43												
1-101 Geirseyri, H-1	760728-0221	19,7	9,68/24	111,1/15	27	21,9	0,55	1,80	0,10	7,8	7,8	<0,1	22,3	0,20	98	75	44	96	35	39										
1-101 Geirseyri, H-1	770826-0226	19,9	9,67/20	111,1/15	31	22,4	0,51	1,59	0,09	4,6	5,8	<0,1	19,5	0,16	93	69	44	92	42	42										
TÁLKNAFJARDARHREPPUR 4604																														
3-101 Sveinseyri, H-1	770825-0221	13,2	9,46/14	200,0/15	23	12,5	0,60	1,90	0,29	3,3	3,8	<0,1	12,7	0,11	63	120	40	132	34	31										
3-102 Sveinseyri, H-2	770825-0222	21,6	9,76/14	144,9/15	29	16,9	0,60	2,10	0,16	4,1	4,8	<0,1	9,0	0,14	82	98	41	114	41	34										
4-101 Litli-Laugardalur, H-1	770825-0223	47,0	9,88/14	109,0/15	44	24,7	0,50	1,50	<0,01	6,2	7,6	<0,1	13,6	0,30	109	62	46	86	57	48										
4-101 Litli-Laugardalur, H-1	770914-0238	45,7													6,96															
4-101 Litli-Laugardalur, H-1	780208-0004	41	9,81/21	109,0/15	40	23,4	0,43	1,85	0,01	7,8	9,2	<0,1	13,5	0,26	97	57	38	82	51	51										
4-101 Litli-Laugardalur, H-1	780214-0005	42													5-6															
4-101 Litli-Laugardalur, H-1	781202-0078	45,6	9,81/21	83,3/21	50	26,0	0,48	2,22	0,07	7,1	13,0	<0,1	15,1	0,35	129	57	39	82	59	59										
5-101 Stóri-Laugardalur, H-1	760729-0229	51	9,89/23	83,3/21	54	32,5	0,72	2,20	<0,01	11,8	16,0	<0,1	16,0	0,45	156	68	52	90	61	66										
SUBUREYRARHREPPUR 4706																														
2-102 Laugar, H-2	751203-0186	62,0	8,81/21	16,7/	53	117,7	1,9	11,6	0,32	7,0	72,1	<0,1	131,0	0,33	413	50	60	76	74	74										
2-102 Laugar, H-2	760228-0024	63,4	9,63/19	22,5/	60	83,3	1,2	6,7	0,04	8,3	68,6	<0,1	71,9	0,36	327	44	54	71	74	74										
2-102 Laugar, H-2	760803-0111	63,8	9,80/17	23,8/	59	87,7	0,99	6,1	0,02	9,5	71,2	<0,1	63,4	0,30	296	32	51	61	71	69										
2-102 Laugar, H-2 eftir dýpkun	780503-0018	60	9,66/18	14,9/	55	121	1,2	27,8	0,26	5,7	75,4	<0,1	168	0,39	488	26	32	56	70	70										
2-102 Laugar, H-2	781003-0071	62													130,7															
2-102 Laugar, H-2	781110-0077	63,5													117															
2-102 Laugar, H-2	781214-0089	64,2	9,30/20	16,7/22	58	105,6	1,1	21,4	0,14	3,1	76,5	<0,1	127,5	0,28	423	28	33	58	76	76										
2-102 Laugar, H-2	790214-0035	62,5													153,6															
2-102 Laugar, H-2	790404-0059	62,5													183,5															
2-102 Laugar, H-2	790612-0060	63													160,7															
2-102 Laugar, H-2	790808-0088	62,8	12,7/24												173,5															
2-102 Laugar, H-2	791106-0134	63	9,59/20	16,7/14	56	126,4	2,0	33,9	0,37	7,0	84,7	<0,1	168,7	0,30	484	49	41	75	71	71										

TAFLA 4 Frh.

HÓLSHREPPUR 4801	Dags - Nr.	Hiti °C	pH/°C	Ωm/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	CO ₂	SO ₄	2)		F	Uppl. efni	O ₂	3)			4) EFN A H I T I °C				
												H ₂ S	Cl				NaK	NaKCa	logNa/K	Kalsedónhiti 1	Kalsedónhiti 2			
1-102 Gil, H-2	700314-0027	27	10,15/20	32	32																	33	33	
1-102 Gil, H-2	700314-0028	27	10,20/20	32	32																		30	30
1-102 Gil, H-2	760905-0294	27,8	10,30/21	50,4/15	32	46,6	0,22	4,56	0,05	6,3	19,6	<0,1	44,3	0,26	173	-4	14						31	26
2-101 Hanhöll, H-1	770822-0219	25,2	10,10/20	50,0/15	30	52,5	0,30	5,00	0,01	6,8	20,0	<0,1	44,25	0,32	194	3	20						37	31
ÍSAFJARÐARKAUPSTAÐUR 4000																								
1-102 Tungudalur, H-2 (í borun)	751201-0185	25,0	9,61/21	59	90,2	0,50	3,20	<0,01	7,8	55,1	<0,1	77,8	2,17	319	2	44							36	72
1-102 Tungudalur, H-2	760229-0023	26,9	9,90/19	59	90,3	0,60	4,20	<0,01	9,6	53,4	<0,1	77,4	1,92	327	9	45							56	67
1-102 Tungudalur, H-2	760905-0293	25,2	9,97/20	25,6/15	59	91,9	0,48	3,24	<0,01	6,5	63,5	<0,1	79,2	1,85	330	0	43						34	64
1-102 Tungudalur, H-2 eftir dýpkun	770821-0218	24,8	9,87/20	25,5/15	58	96,9	0,50	3,40	0,01	11,6	64,6	<0,1	79,6	1,75	358	-1	44						34	66
1-102 Tungudalur, H-2	781216-0088		9,50/24	20,4/24	60	96,9	0,45	3,47	0,01	17,5	68,4	<0,1	81,3	1,49	339	-5	40						30	72
1-103 Tungudalur, H-3, 150 m	781214-0085		8,76/23	7,7/22	43	232	4,8	47,11	0,06	41,4	175,7	<0,1	297	1,22	835	63	66						87	62
1-103 Tungudalur, H-3, 770 m	781215-0087		9,30/23	6,4/22	55	239	2,0	91,31	0,05	20,0	189,1	<0,1	382	0,29	1047	18	30						50	71
1-103 Tungudalur, H-3, 880 m	781214-0086		9,89/23	6,3/22	34	237	2,2	105,14	0,04	5,9	186,1	<0,1	403	0,15	1062	23	30						54	39
FELLSHREPPUR 4906																								
1-101 Litla-Fjarðarhorn, H-1	770812-0203	43,8	9,80/20	46,5/15	104	49,3	0,99	5,20	0,01	6,8	52,2	0,5	18,9	0,95	276	62	49						86	100
1-101 Litla-Fjarðarhorn, H-1	720119-	30,5	9,5 /	95	95						40,0		16,1	0,85	443								(100)	(100)
1-101 Litla-Fjarðarhorn, H-1	720119-0005	30,5	9,5 /	96	96								0,9											
BÆJARHREPPUR 4908																								
1-101 Borðeyri, H-1	720425-0022	51,6	8,75/	111	233	5,5	49,3	0,1	20	220,6	0,1	281	1,50	956	71	71							92	115
1-101 Borðeyri, H-1	731005-0124	48,0	8,85/20	118	223,9	6,0	48,3	0,04	13,2	221,8	<0,1	302,0	1,3	955	79	73							99	119



3) NaK-hiti samkvæmt White & Ellis 1970

4) Felðspathíti samkvæmt Helgeson 1969

Kalsedón hiti 1: Reiknaður með sýrustigi sem hefur verið leiðrétt út frá dúa pH 9,22

Kalsedón hiti 2: Reiknaður með sýrustigi þar sem sýrustigsmælir hefur einungis verið stilltur eftir dúa pH 6,88

6.2 Svæði 1

Á svæði 1 hafa verið boraðar þrjár holur fyrir heitavatnsöflun, ein að Flókalundi og tvær að Krossholti. Flókalundur H-1 er 394 m djúp og staðsett 5-10 m vestan við laugina að Hellu [10], sem er 31°C heit. Á 270 m dýpi var komið í um 41°C heita vatnsæð, sem fæðir holuna að mestu. Í fyrstunni runnu rúmlega 5 l/s af 38°C heitu vatni úr holunni, en rennsli minnkaði fljótlega niður í $\approx 3,6$ l/s af rúmlega 37°C heitu vatni. Engar hita- eða rennslisbreytingar hafa orðið í Hellulaug við hlið borholunnar. (Jón Benjamínsson & Sigmundur Einarsson 1981). Efnasamsetning borholuvatnsins er mjög svipuð og í Hellulaug [10]. Kalsedónhiti laugarvatnsins er miklu lægri en mældur hiti og sama er að segja um kalsedónhita holuvatnsins. Aftur á móti eru bæði borholuvatnið (7605180062) og laugarvatnið (7607270219) í jafnvægi við algengustu alkalísteindir. Þótt ekki sé fullljóst af hvaða steindum NaKCa-hiti stjórna má ætla að þar sem hann er í jafnvægi við alkalísteindir sé hann nokkuð trúverðugur sé hann rétt kvarðaður. NaKCa-hiti er 37 og 38°C á framangreindum stöðum en það er sami vatnshiti og fékkst við borun.

NaK-hiti í vatni Hellulaugar [10] er 67°C eða 19°C hærri en NaKCa-hiti. NaK-hiti borholuvatnsins er hinsvegar 50°C og heldur hærri en NaKCa-hiti. Á þeim tveimur mánuðum, sem liðu á milli sýnatöku úr borholunni lækkaði mældur hiti smávegis eða úr 38°C niður í 37,4°C. Rennslisbreytinga var áður getið, en úr holunni rennur hömlulaust í hlaðna baðlaug. Smávegis breytingar hafa einnig orðið á efnainnihaldi. Kemur þar helst til minnkun á uppleystum efnum samfara hækkun á sýrustigi. Kalsíumstyrkur hefur aukist í nýrri sýnum, sem hafa auk þess fjarlægst jafnvægi við alkalísteindir.

Rétt hjá Krosslaug [17] í um 30 m fjarlægð, hafa verið boraðar tvær holur stutt frá hvorri annarri. Krossholt H-1 er 403 m djúp og eru æðar á 90 m og 275 m dýpi. Krossholt H-2 er 78 m djúp og nær einungis niður í efri æðina. (Jarðboranir ríkisins, Mayhew 1977). Á þeim tveim árum, sem liðin eru frá borun hefur ekki orðið vart rennslis- eða þrýstingsminnkunar, en holurnar eru ekki füllopnar. Aftur á móti lítur út sem hitastig hafi hækkað um nokkur gráðubrot í borholunum. Úr holu 1 renna 20-25 l/s af 44°C heitu vatni, sem notað er til upphitunar á skólanum í Krossholti og kennara- og dýralæknisbústað. Úr holu 2 renna um 10 l/s af 36°C heitu vatni og er það leitt í sundlaugina og búningsklefa tilheyrandi henni. Rennsli úr Krosslaug [17] hefur á sama tíma aukist úr 0,3 l/s upp í 2-3 l/s og hitastig

hækkað úr 31°C í 37-38°C. Nýleg efnagreining úr lauginni eftir hita- aukninguna bendir til mjög óverulegra breytinga í efnainnihaldi sem veldur smávegis hækkun á efnahita. Efnasamsetning vatnsins í holum 1 og 2 er mjög áþekk og svipar einnig til laugarvatnsins. Kalsedónhiti hola- nna er 40-41°C eða sami og laugarinnar fyrir rennslisaukninguna. Efna- hiti laugarinnar virðist hærri eftir aukninguna (sýni 7908250109) og kalsedónhitinn reiknast 43°C.

Í Flókalundi H-1 er kalsedónhiti lægri mældum hita og einnig er kalsedón- hiti fyrir Krossholt H-1 heldur lægri mældum hita, eða sem nemur ≈4°C en það telst samt ekki marktækur munur. Borholuvatnið að Krossholti reiknast ekki í jafnvægi við alkalisteindir. Sé eingöngu gengið út frá kalsedón- hita er ekki hægt að búast við, að ný borun myndi skila betri árangri. Samanburður á kalsedónhita tveggja sýna tekinn á misjöfnum tíma úr Flóka- lundum H-1 og Krossholti H-2 bendir frekar til lækunar katjónahita er frá líður borun. Á sama tíma hækkar heldur kalsedónhiti að Krossholti, en lækk- ar við Flókalund. Feldspathiti er snöggtum hærri öðrum efnahita og má af því ráða, að vatnið sé ekki í jafnvægi við natrium-kalíum feldspata.

Geta má þess í leiðinni, að oft á tíðum bendir hlutfallslega hár Na/K-hiti og feldspathiti til blöndunar. Sýrustig vatnsins í framangreindum holum er yfir pH 10, sem bendir til að veruleg blöndun hefur vart átt sér stað.

Vatnið úr holunum í Barðastrandarhreppi er 70-80% mettað með tilliti til leysts súrefnis þannig að ekki er hægt að útiloka tæringarhættu af völd- um þess. Vatnið er um það bil kalkmettað.

6.3 Svæði 2

Við Patreksfjörð er ein djúp hola, Geirseyri H-1. Holan var boruð í árs- byrjun 1976 niður á 398 m dýpi og komu þá fram í henni æðar (kælifletir) á 100 m, 200 m og 280 m dýpi. (Jarðboranir ríkisins, Mayhew 1976, og Orku- stofnun 1978a og 1978b). Um vorið runnu úr holunni 1,57 l/s af 19,9°C heitu vatni. Um sumarið jókst rennslið lítilllega og 4/9 '76 mældist rennslið 1,83 l/s af 19,6°C heitu vatni. Síðast í ágúst (26/8 '77) mældist rennslið 1,50 l/s af 19,9°C heitu vatni. Til eru þrjár efnagreiningar af borholuvatninu frá þessum tímum. Innbyrðis munur í efnainnihaldi er lítill og ekki mark- tækur.

Borholan var dýpkuð sumarið '78 niður í 630 m (Jarðboranir ríkisins, Mayhew 1978). Engar nýjar vatnsæðar komu fram og talið að úr henni renni svipað vatnsmagn en vatnshiti er 21°C. Fyrir dýpkun mældist botnhitinn 28,4°C en 34°C eftir dýpkun, en sú hitaaukning gefur ekki fyrirheit um vænlegan árangur dýpri borunar á þessum stað. Eftir dýpkun hefur borholuvatnið ekki verið efnagreint. Vatnið sem kom úr borholunni er undirmettað af kalki, og þar sem það uppfyllir ekki ýms önnur jafnvægisskilyrði er NaKCa-hitinn ekki talinn marktækur. Hinsvegar ber honum þokkalega saman við kalsedónhitann sem er um 40°C. NaK-hitinn er 10-25°C hærri en NaKCa-hitinn og feldspathitinn er ennþá hærri. Sýrustig er fremur lágt og má ætla borholuvatnið grunnvatnsblandað. Ekki allfjarri borholunni (50-100 m), við svonefnda Ásbúð [23] eru volgar smámigur, 7-10°C heitar. Engra breytinga varð vart á volgrunum við borunina og eru þær í efnafræðilegu tilliti miklu fjær því hitastigsháða jafnvægi, sem ætla má að ríki djúpt í jörðu heldur en borholuvatnið

Við Tálknafjörð hafa verið boraðar 4 holur: Sveinseyri H-1 og H-2, Litli-Laugardalur H-1 og Stóri Laugardalur H-1.

Sveinseyri H-1 var boruð um 10 m frá Sveinseyrarlaugunum tveim [28]. Á um 165 m dýpi kom inn 14°C heitt vatn. Eftir að komið var niður í 190 m fór rennsli að aukast, en á þessu dýpi mældist 13°C hiti. Í 220 m jókst vatnsrennslið og var áætlað um eða yfir 20 l/s en vatnshitinn 10°C. Holan er 233 m djúp. Þrem mánuðum eftir borun mældist ≥ 20 l/s rennsli úr holunni af 13,2°C heitu vatni. (Jarðboranir ríkisins, Mayhew 1978; Ólafur Flóvenz & Kristján Sæmundsson 1977).

Sveinseyri H-2 var boruð um 30 m nær sjónum en laugarnar. Nokkrar vatnsæðar voru steyptar af fyrir ofan 200-220 m en á því dýpi komu um 25 l/s af 21°C heitu vatni inn í holuna. Um tveim mánuðum eftir borun mældist ≈ 20 l/s rennsli úr holunni af 21,6°C heitu vatni. (Jarðboranir ríkisins, Mayhew 1978; Ólafur Flóvenz & Kristján Sæmundsson 1977).

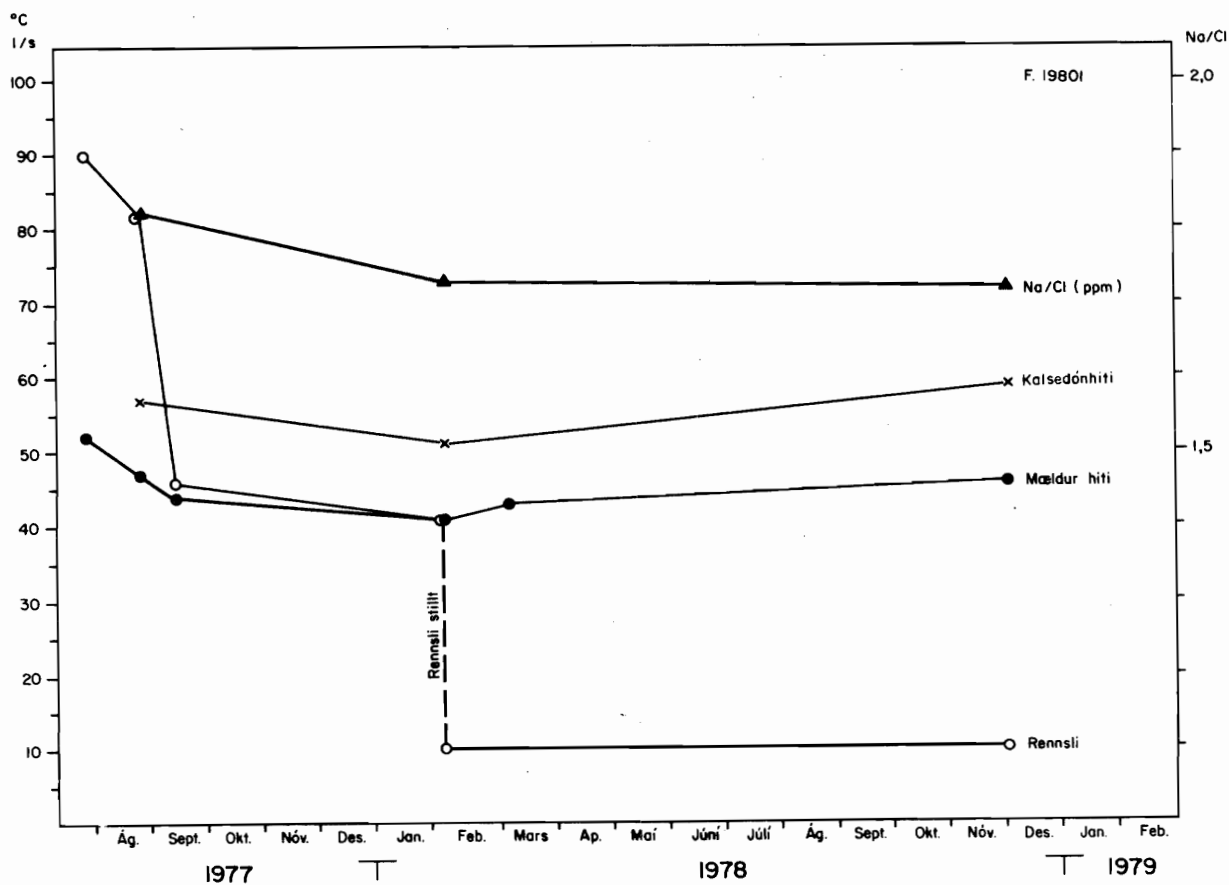
Til eru efnagreiningar á vatni úr báðum borholunum og þrátt fyrir lélegt jónavægi þeirra má með gætni bera þær saman við greiningar úr annarri Sveinseyrarlauginni [28], sem mældist 26,5°C heit. Ljóst er, að vatnið í lauginni er ekki í jafnvægi við alkalísteindir og katjónahiti þar af leiðandi ekki marktækur enda sýnir hann 0°C fyrir Sveinseyrarlaug [28]. Aftur á móti er NaKCa-hitinn í borholunum í nokkru samræmi við kalsedónhitann, sem jafnframt

er svipaður og fyrir laugina, um 40°C. NaK-hitinn og feldspathiti eru helmingi hærri kalsedónhita og borholuvatnið, sem er kalkundirmettað ber augljós grunnvatnseinkenni, sér í lagi H-1, og styður Na/Cl-hlutfallið í H-1 þá skoðun.

Litli-Laugardalur H-1 var boruð á miðju sumri '77 niður í 355 m. Er hún staðsett rétt fyrir neðan "Laugina", sem úr rann mest og heitast vatn þarna á laugasvæðinu. Á 200-250 m dýpi var steipt af 50°C heit vatnsað, sem gaf um 25 l/s. Á 315 m dýpi fengust 50-70 l/s (ágiskað) af 52,5°C heitu vatni (Jarðboranir ríkisins, Wabco 1977; Ólafur Flóvenz & Kristján Sæmundsson 1977). 25/8 '77 eða mánuði eftir að borun lauk mældist rennsli í stökk 82 l/s af 47,0°C heitu vatni. 13/9 '77 var rennslið mælt í röri 46 l/s af 43,8°C heitu vatni. 8/2 '78 mældist 41 l/s mælt í röri af 41°C heitu vatni, en þann dag var holurennslið stillt á 10 l/s. 3/3 '78 hafði vatnhitinn hækkað í 43,4°C og 2/12 '78 var 45,6°C hiti í stút. (Jón Benjamínsson & Sigmundur Einarsson 1981).

Efnagreining er til af laugarvatninu, áður en borað var og til eru þrjú sýni af borholuvatninu: 7708250223 tekið mánuði eftir borun, en þá hafði vatnshitinn lækkað um 5°C en rennsli minnkað lítillega. 7802080004 var tekið áður en rennslið var stillt, en þá hafði hiti lækkað um 9°C frá því borun lauk og rennslið líklegast minnkað um helming. Sýni 7812140078 var tekið eftir að holan hefur náð að hitna nokkuð aftur við takmarkað rennsli (10 l/s). Við samanburð á efnainnihaldi þessara sýna sést, að kísilstyrkur borholuvatnsins minnkaði með hita og rennsli þegar úr holunni rann hömlu-laust. Jafnframt má sjá á mynd 13, að á því tímabili haldast í hendur breytingar á kalsedónhita og Na/Cl-hlutfalli. Síðasttekna sýnið hefur náð sama kísilstyrk og var í lauginni og í því er einnig meir af uppleystum efnunum en það er í meira samræmi við efnainnihald laugarinnar. Kalsedónhitinn er orðinn sá sami og í lauginni, 59°C en það er rúmlega 10°C heitara en mælt hitastig. NaKCa-hitinn er hæstur í fyrsta sýninu sem tekið var úr holunni, en þar sem jónavægi sýnisins er ekki sem best ber að taka þessa útkomu með varúð. Vatnssýnin víkja ekki langt frá jafnvægi við alkalí-steindir, en þar sem NaKCa-hiti er nokkuð lægri en mældur hiti, telst hann ekki marktækur. Eins og áður hefur verið greint frá hefur ekki verið sýnt fram á öruggt gildi NaK-hita fyrir vatn undir 100°C. Talið er að hitastigsháð efnahvarf kísilsteinda svari hitabreytingum skjótar heldur en þau efnahvörf ál sílikata, sem stjórna Na/K-hlutfalli. Því er það álitnið stafa af leiðnikólnun, þegar NaK-hiti er hærri heldur en kalsedónhiti. NaK-hiti

laugarvatnsins er nokkuð hærri heldur en kalsedónhitinn. NaK-hiti borholu-
vatnsins er aðeins hærri en kalsedónhitinn og lækkar jafnframt fyrst í stað.
Þegar holan er farin að hitna aftur og kalsedónhiti hefur hækkað í 59°C,
þ.e. orðinn sá sami og í lauginni hafa NaK-hitinn og feldspathitinn ekki
hækkað. Í miðjum september þegar holurennslíð var komið niður í 46 l/s og
hitinn í 43,8°C mældist metnunartala súrefnis í vatninu um 120%, þ.e. 20%
yfirmettað. Viku eftir að dregið hafði verið úr holurennslínu í febrúar
'78 og vatnið hitnað um 1°C mældist metnunartala súrefnis 90%. Borholu-
vatnið reiknast undirmetað af kalki, en laugarvatnið (7607290231) mettað.



MYND 13

Breytingar á hitastigi, rennsli, efnahita og Na/Cl hlutfalli í borholu 1
Litla-Laugardal við Tálknafjörð

Stóri-Laugardalur H-1 var boruð sumarið 1975 niður á 608 m dýpi. Ofan við
60 m kom fram 0,5 l/s af 50°C heitu vatni. Á 72-80 m bættust 3 l/s við
rennslið. Þar fyrir neðan kólnar holan verulega, en hitnar fyrir neðan

300 m, og á 460 m dýpi er smáæð. Botnhiti er 54°C. Í október 1975 runnu 4 l/s úr holunni af 51,5°C heitu vatni, en þá mældist 52,8°C hiti á 50 m dýpi. Í júlilok 1976 mældist 4,47 l/s rennsli úr holunni af 51°C heitu vatni.

Mörg smáaugu 40-53°C voru á þeim stað í Laugardalsárgili [30], sem holan var boruð á, ágískað rennsli 2-3 l/s. Við borunina tók fyrir mest allt rennsli úr laugunum. Til eru efnagreiningar af bæði borholu- og laugarvatninu. Við samanburð á efnainnihaldi kemur í ljós, að kísilstyrkur er hærri í laugarvatninu, og útreiknaður kalsedónhiti er 73°C fyrir laugarvatnið en 61°C fyrir borholuvatnið. Borholuvatnið er ekki í jafnvægi við alkalísteindir og vatnið kalkundirmettað.

Holurnar á svæði 2 má flokka í tvennt: Í fyrsta lagi Geirseeyri H-1 og Sveinseyri H-1 og H-2, en vatnið úr þessum holum bendir til hugsanlegrar blöndunar við yfirborðsvatn og er ekki í jafnvægi við algengustu steindir auk kalkundirmettunar. Katjónahita þeirra er ekki að treysta. Á hinn bóginn eru það holurnar að Litla-Laugardal og Stóra-Laugardal, en grunnvatnsáhrifa virðist ekki gæta í þeim. Telja má kalsedónhitann trúverðugan og því líkur á, að takast megi að ná 60°C hita með borun.

6.4 Svæði 3

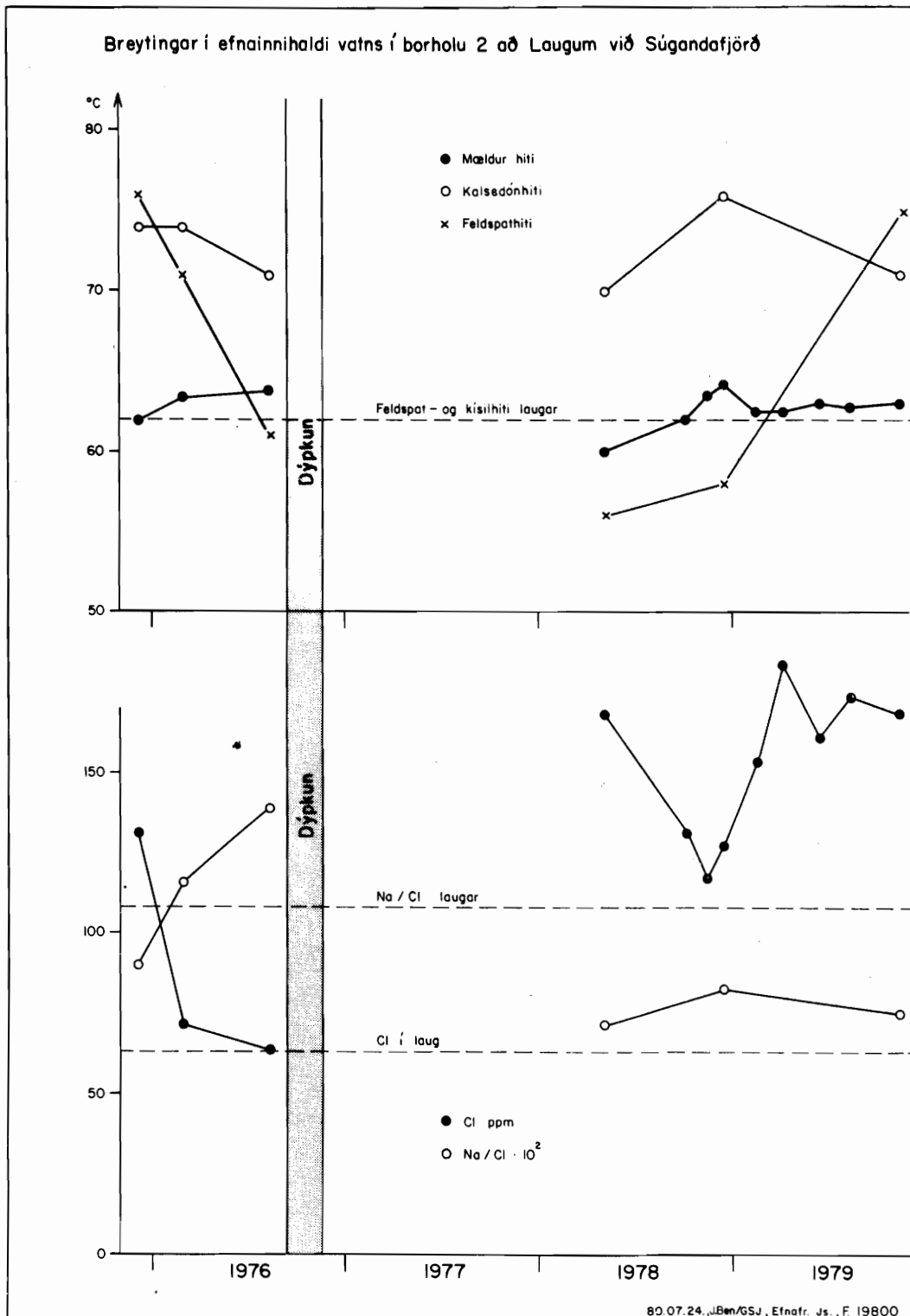
Hola 2, Laugum við Súgandafjörð, var boruð haustið '75. Í borun komu fram nokkrar vatnsæðar ofan við 140 m dýpi og var rennsli úr þeim 1,5 l/s af 48°C heitu vatni (50°C í 35 m og 52°C í 140 m). Vatnsæðar fundust síðan í 300-310 m að minnsta kosti 62°C heitar með rennsli um 3,5 l/s. Neðstu vatnsæðarnar í holunni komu fram á 454-456 m dýpi og var rennsli úr þeim í fyrstunni 3 l/s en minnkaði brátt í 2,2 l/s og vatnshitinn 66°C. (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1976). Í febrúarlok 1976 hafði heildarsjálfrrennsli minnkað í um 5 l/s af 63°C heitu vatni (Jón Benjamínsson 1979).

Borholan var víkkuð og dýpkuð haustið '76 niður í 684 m dýpi (Jarðboranir ríkisins, Wabco 1976). Við borlok gaf holan svipað vatnsmagn og hitastig og eftir fyrri borun. Botnhiti 18/1 '77 mældist 66,8°C (Orkustofnun 1978b). Rétt hjá borholunni var 38°C heit laug, en kalsedónhiti hennar var 62°C. Þrjú fyrstu sýnin úr borholunni eru af sjálfrennslinu, áður en farið var að dæla úr holunni. Hitastig vatnsins hækkaði er frá leið en Cl-styrkur minnkaði. Kalsedónhitinn hélst svipaður þennan tíma en NaK- og NaKCa-hiti

lækkar. Þess ber þó að geta, að vatnið er ekki í jafnvægi við alkálísteindir. Athygli vekur, að feldspathita ber í fyrstu saman við kalsedónhita og gildir það sama fyrir laugarvatnið. Kalsedónhiti er svipaður eftir dýpkun og áður. Við dælingu úr holunni hefur Cl-styrkur aukist, að líkindum vegna vaxandi sjávarblöndunar. Á mynd 14 má sjá, að með lækkandi klór hækkar Na/Cl-hlutfallið. Sé litið á sýni 7812140089, þar sem minnstur klór hefur mælst eftir að dæling hófst, kemur í ljós, að þá mælist vatn úr holunni heitast jafnframt því sem kalsedónhiti reiknast hæstur. Ennfremur er Na/Cl-hlutfallið þá hæst í þeim þrem heildargreiningum, sem gerðar hafa verið á hitaveituvatninu. Styður þetta þá hugmynd, að um sjávarblöndun sé að ræða. Athygli vekur, að þegar sjálfrennsli var í holunni og klór fór minnkandi, lækkaði feldspathiti miklu örrar en kalsedónhiti. Aftur á móti hefur feldspathiti hækkað mjög ört sé horft á niðurstöður síðasta sýnis síðan í desember 1979. Er hann þá í samræmi við kalsedónhita og mældan hita og orðinn jafn því sem hann reiknaðist fyrst í holuvatninu skömmu eftir borun.

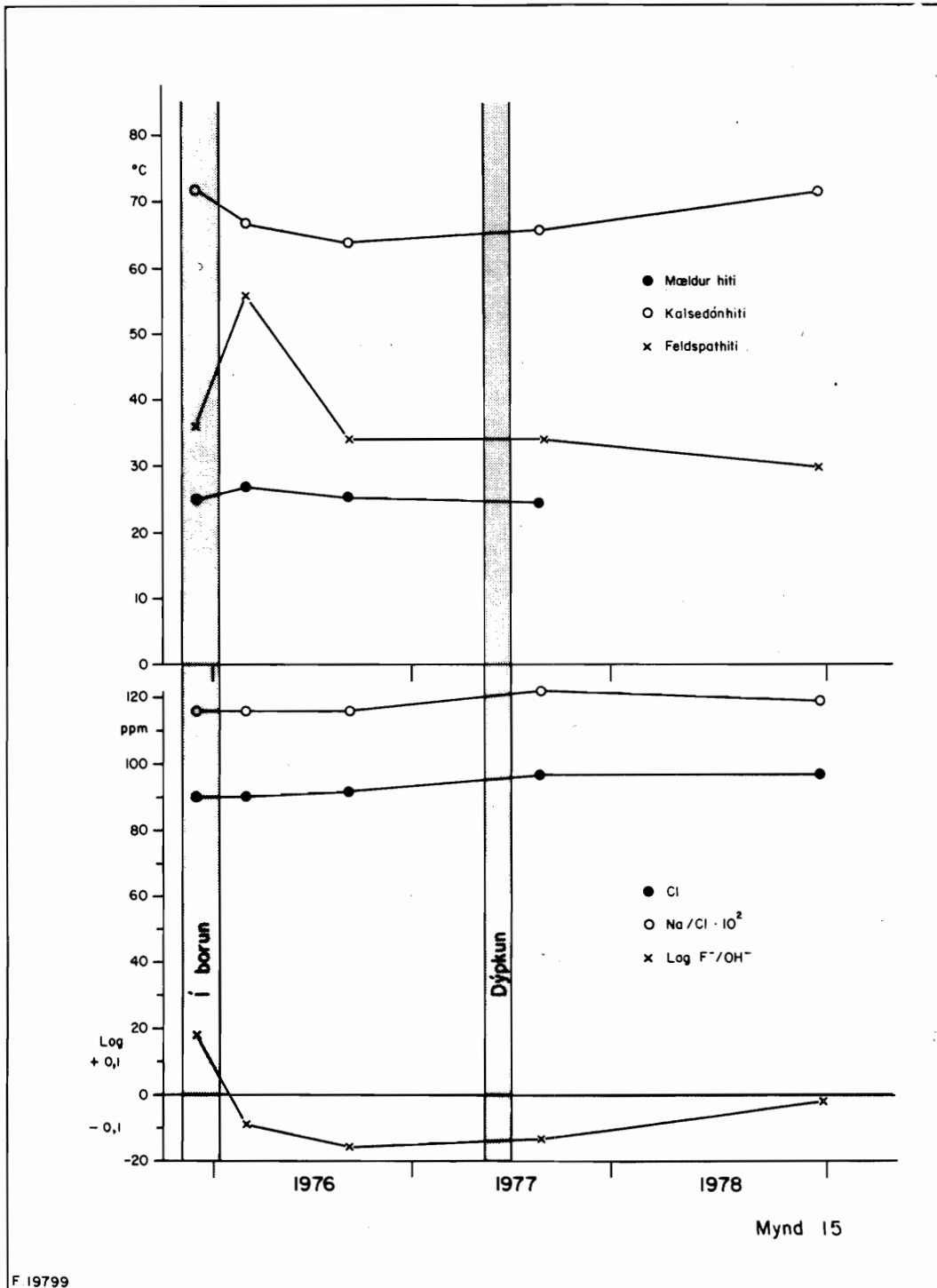
Í Hólshreppi hafa verið boraðar 3 holur eftir heitu vatni: Gil H-1 og H-2 og Hanhóll H-1, en þær eru stutt hver frá annari. Gil H-1 var boruð vorið 1964 niður á 56 m dýpi og hiti á 40 m dýpi mældist 28°C (Jarðboranir ríkisins, Sullivan I 1964). Gil H-2 var boruð seint um haustið 1966 niður á 109 m dýpi (Jarðboranir ríkisins, Franks 1966). 10 árum síðar rann 0,5 l/s úr holunni af 27,8°C heitu vatni. Hanhóll H-1 var boruð veturinn 1976-77 niður í 864 m en hrundi fljótlega og 2 vikum seinna reyndist hún stífluð í 700 m, en þar mældist um 34°C hiti. 22. ágúst '77 rann um hálfur sekúndulítri af 25,2°C heitu vatni, sem talið er koma af 225 m dýpi, en holan reyndist stífluð þar. (Jón Benjamínsson 1979). Kalsedónhiti vatnsins frá Gili H-2 og Hanhóli H-1 er nokkuð í samræmi við mældan hita, en eins og að laugum þá vikur feldspathiti ekki langt frá kalsedónhita. Vatnið er kalkmettað og í jafnvægi við alkálísteindir. Hins vegar er katjónhiti að undanskildum feldspathita of lágur og því ekki marktækur.

Í Tungudal, inn af Ísafjarðarkaupstað, hafa verið boraðar 3 holur, en einungis Tungudalur H-2 gefið eitthvert rennsli eða ≈ 1 l/s af 25°C heitu vatni. Holan var boruð síðast á árinu '75 niður á 600 m. Þrjár vatnsæðar komu fram í borun á 80, 175 og 230 m dýpi (Ólafur Flóvenz o.fl. 1976). Holan var dýpkuð og víkkuð sumarið '77 niður á 1110 m án verulegra breytinga á hitastigi eða rennsli vatnsins (Jón Benjamínsson 1979). Eins og sjá má af mynd 15 þá hafa ekki orðið neinar teljandi breytingar á þessu tímabili á þeim helstu



MYND 14

Efnabreytingar vatns í borholu 2 að Laugum við Súgandafjörð



MYND 15

Efnabreytingar vatns í borholu 2 Tungudal við Skutulsfjörð

efnaþáttum, sem hafðir eru að leiðarljósi við túlkun á jafnvægisröskun. Talsverður munur er á kalsedónhita og feldspathita. Na/Cl-hlutfallið lagt á móti kalsedónhita (sbr. mynd 10) lendir á eða ívið utan við íblöndunar-mörkin og bendir frekar til blöndunar. Þrátt fyrir að vatnið sé ekki fjarri jafnvægi við alkalísteindir er NaKCa-hiti allmiklu lægri en kalsedónhiti og NaK-hiti er langt frá því að vera trúlegur. Vatnið er lítillega kalkundirmettað.

Holurnar á svæði 3 eru allar boraðar í grennd við þéttbýlissvæði. Gil H-2 og Hanhóll H-1 eru boraðar í grennd við ganga með norðaustlæga stefnu, en vatnið úr báðum holunum reiknast í jafnvægi við alkalísteindir. Kalsedónhiti er sami og mældur vatnshiti þannig að efnahitarnir gefa ekki fyrirheit um að takast megi að fá heitara vatn við frekari borun. Vatnið sem kemur í holuna að Hanhóli er sennilega af 220-230 m dýpi og hefur sömu einkenni og vatnið úr holu 2 að Gili. Sennilega er rennsli um láréttan vatnsleiðara, sem veldur kólnun. Kalsedónhiti að Laugum H-2 og Tungudal H-2 er svipaður. Vatnið úr H-2 Tungudal er í jafnvægi við algengustu alkalísteindir, en NaKCa- og feldspathiti reiknast talsvert lægri en kalsedónhiti. Að svo komnu máli er ekki unnt að segja fyrir um, hvort kalsedónhitinn ($\approx 70^{\circ}\text{C}$) í Tungudal H-2 endurspeglar raunverulegan hita djúpvatnskerfis.

6.5 Svæði 4

Að Litla-Fjarðarhorni var boruð 350 m djúp hola haustið 1971. Vatn kom inn í holuna á 30 m dýpi og 12/8 '77 rann 0,3-0,4 l/s af $43,8^{\circ}\text{C}$ heitu vatni úr holunni. Botnhiti er 53°C . (Kristján Sæmundsson o.fl. 1972, Jón Benjamínsson 1981). Efnasamsetning vatnsins gefur til kynna smávegis kalkundirmettun. Kalsedónhiti er miklu hærri en mældur hiti og eins eru önnur efnahitastig hærri mældum hita.

Útreikningar benda til, að vatnið sé í jafnvægi við Na/K-feldspata við kalsedónhita. Efnainnihald laugarinnar fyrir innan Ljúfustaði [100] er mjög keimlíkt því, sem er í borholunni að Litla-Fjarðarhorni, enda ekki nema um 4 km á milli þeirra utan í sama misgenginu (Kristján Sæmundsson o.fl. 1972). Víðar eru volgrur á þeirri leið, en sýni úr þeim hafa ekki verið tekin. Allnokkuð brennisteinsvetni (0,5 ppm) mælist við Litla-Fjarðarhorn. Þess verður ekki vart við Ljúfustaði enda er laugin í mýri og frekar hár magnesíumstyrkur gæti hugsanlega verið til kominn vegna blöndunar við grunnvatn. Na/Cl-hlutfallið bendir þó ekki til að um veru-

lega blöndun sé að ræða. Feldspathiti og kalsedónhiti eru nánast eins á báðum stöðum, þ.e. 86-100°C. Bendir það til mun heitara vatns dýpra heldur en yfirborðshiti segir til um. Ætla verður þetta svæði fýsilegt til borunar eftir hitaveituvatni.

6.6 Ályktanir

Árangur djúpu borananna á Vestfjörðum er í sumum tilvikum ekki lýsandi fyrir þau svæði, þar sem borað hefur verið. Þó má segja, að nokkur sameiginleg atriði komi í ljós. Má þar benda á að alkalíhitastig lækka (Na/K- og/eða $\sqrt{\text{Ca}}/\text{Na}$ -hlutfallið hækkar) eftir því sem lengra líður frá borun (ekki þó Borðeyri) án verulegrar fylgni við breytingar í mældum hita. Hugsanlega stafar þetta af of stuttum hvarf-tíma; þ.e.a.s. að borað hafi verið í vatnsæðar með takmarkaðan snertiflöt við grunnberg til efnahvarfa. Getur þar komið til stutt vegalengd og/eða þröngar rásir og vegna aldurs má búast við vel holufylltu bergi undir niðri með litla möguleika á gegnumhripi vatns. Niðurstöður Braga Árnasonar (1976) benda til þess, að vatnið sé ákoma á Vestfjarðakjálkann og hafi því litla möguleika á langri hvörfunarvegalengd. Ennfremur má benda á lítið magn uppleystra efna þessu til stuðnings.

Líklega má um kenna stuttri hvörfunarleið, hvernig vatnið úr holu 1 að Litla-Laugardal kólnaði samfara mikilli rennslisminnkun. Þar má einnig benda á yfirmettun súrefnis í vatninu, sem gefur vísbendingu um tvennt: Annað hvort blöndun heitavatnsins við kalt vatn í uppstreymisrás, sem telja verður harla ólíklegt þar sem holan er fódruð langt niður, eða að vatnið hefur ekki haft nógu langan dvalartíma til þess að súrefnið hafi náð að hvarfast við önnur efni. Blöndunaráhrif eru ekki merkjanleg af efnainnihaldi en þó gætu hugsanlega verið tvær æðar, ein köld og ein heit, neðan við 300 m.

Weissberg og Wilson (1977) athuguðu hegðun Na/K-hlutfalls í montmorillonít-laun og komust að raun um að við 190-230°C hita tæki það 10 daga að ná stöðugu Na/K-hlutfalli. Á Vestfjörðum ríkja líklegast önnur efnajafnvægi, enda ólík hitaskilyrði, en gera má ráð fyrir að við lægri hita taki lengri tíma fyrir þetta hlutfall að ná jafnvægi. Óvenju hátt pH-gildi víðast á Vestfjörðum bendir hins vegar til að vatnið hafi haft nægan hvörfunartíma við grunnbergið. Barnes o.fl. (1967) ályktuðu að hátt pH (>11) í volgrum í Kaliforníu stafaði af "serpentíníseringu" á ultrabásisku bergi, en það vatn inniheldur lítið af uppleystum kísli líkt og heitavatnið á Vestfjörðum.

Oki o.fl. (1977) bentu á að hugsanleg skýring á háu pH í heitu vatni á Tanzanasvæðinu í Japan væri hvörfun við kalsíumplagióklasa. Eins og áður hefur verið bent á ríkja trúlega önnur efnajafnvægi á Vestfjörðum. Þó má benda á að vatnið í borholunum á svæði 5 reiknast í jafnvægi við Na/K feldspata.

Þess ber að geta að ekki er alveg hægt að útiloka blöndunaráhrif þó að nákvæmni efnagreiningaraðferðanna leyfi ekki slíka reikninga sökum of lágs styrks uppleystra efna. Öfugt við alkalíhita/katjónahita er frekar hægt að merkja fylgni kalsedónhita við breytingar á mældum hita. Kemur það vel heim við fyrri niðurstöður Ellis & Mahon (1977), að jafnvægi við kísilsteindir aðlagist fljótar breyttu hitastigi heldur en alkalísk jónaskipti.

Minnkandi borholurennslis með tíma er þekkt fyrirbæri hérlendis en breytingar í efnainnihaldi vatnsins á sama tíma eru lítt kunnar. Breytinga hefur þó orðið vart í efnainnihaldi borholuvökva á Námafjallssvæðinu (Stefán Arnórsson 1977). Á því 6 ára tímabili sem sú athugun nær til lækkaði NaK-hitinn (Na/K-hlutfall hækkar). Jafnframt minnkaði kísilinnihald og gasinnihald rénaði. Sambærilegar breytingar hafa komið fram á Wairakei-svæðinu á Nýja Sjálandi (Glover 1977). Ýmislegt bendir til að á vestanverðum Vestfjörðum séu viðkvæm heitavatnskerfi og af framansögðu má ljós vera sú nauðsyn að fylgjast með, hvort langtímabreytingar verða í efnainnihaldi borholuvatnsins, ef það mætti verða til að varpa skýrara ljósi á þessar grunsemdir.

Hátt sýrustig (pH \approx 10) samfara lágum styrk uppleystra efna (\approx 100 ppm) í jarðhitavatni af Vestfjörðum veldur vandkvæðum í túlkun. Hið háa sýrustig bendir til þess að verulegur hluti kísilsýrunnar í vatninu sé kloffinn og samfara lágum kísilstyrk leiðir það til lágs kalsedónhita (sjá Viðauka) í sumum tilvikum lægri mældum hita, svo sem í Barðastrandar-, Suðurfjarða- og Árneshreppi. Það má einkum líta á tvo utanaðkomandi þætti sem helstu áhrifavalda of lágs kalsedónhita. Í fyrsta lagi blöndun við kaldara uppstreymi en það myndi leiða til lægri kísils, sem svo leiðir til lægri kalsedónhita. Á móti kemur, að pH lækkar, en það leiðir til hærri kalsedónhita. Hinsvegar er sýrustig flestra sýna af Vestfjörðum það hátt að blöndun við grunnvatn ætti að vera hverfandi. Hugsanlegur möguleiki er einnig blöndun tveggja heitavatnskerfa með ólíkt hitastig, pH og kísil.

Í öðru lagi má nefna mikla kælingu í uppstreymi, sem orsakar hækkun á pH, sem aftur leiðir til of lágs kalsedónhita. Einnig má nefna að lít-
ilsháttar skekkja í pH-mælingu hefur töluverð áhrif á kalsedónhita við þetta hátt sýrustig.

7 YFIRBORÐSJARÐHITI

7.1 Inngangur

Það er mjög einstaklingsbundið hvernig eða hvenær orðin volgra, laug eða hver eru notuð. Nöfnin tákna breytilegt hitastig en virðast yfirleitt túlkuð á eftirfarandi hátt:

Volgra = jarðhitavatn undir baðhita.

Laug = baðvatnshiti.

Hver = heitari en baðvatn.

Öll þessi hugtök eru teygjanleg, en þó virðist sem ofangreind notkun sé viðhöfð á Vestfjörðum. Reynt er að breyta samkvæmt þeirri venju í textanum, þó með þeim undantekningum, að talað er um laug allt upp í 60°C hita, ef heldur kaldara vatn finnst á svæðinu og engin greinilega afmörkuð hita-breyting milli lauga. Eins eru það nefndar volgrur, sem góðum baðvatnshita ná ef þær eru á laugasvæði innan um allnokkuð heitari laugar. Mynd 1 sýnir dreifingu jarðhitastaða á Vestfjörðum, og þéttbýliskjarna. Mynd 16 sýnir jarðhitastaði þar sem hitastig er þekkt og einnig reiknaður kalsedónhiti þar sem því verður við komið.

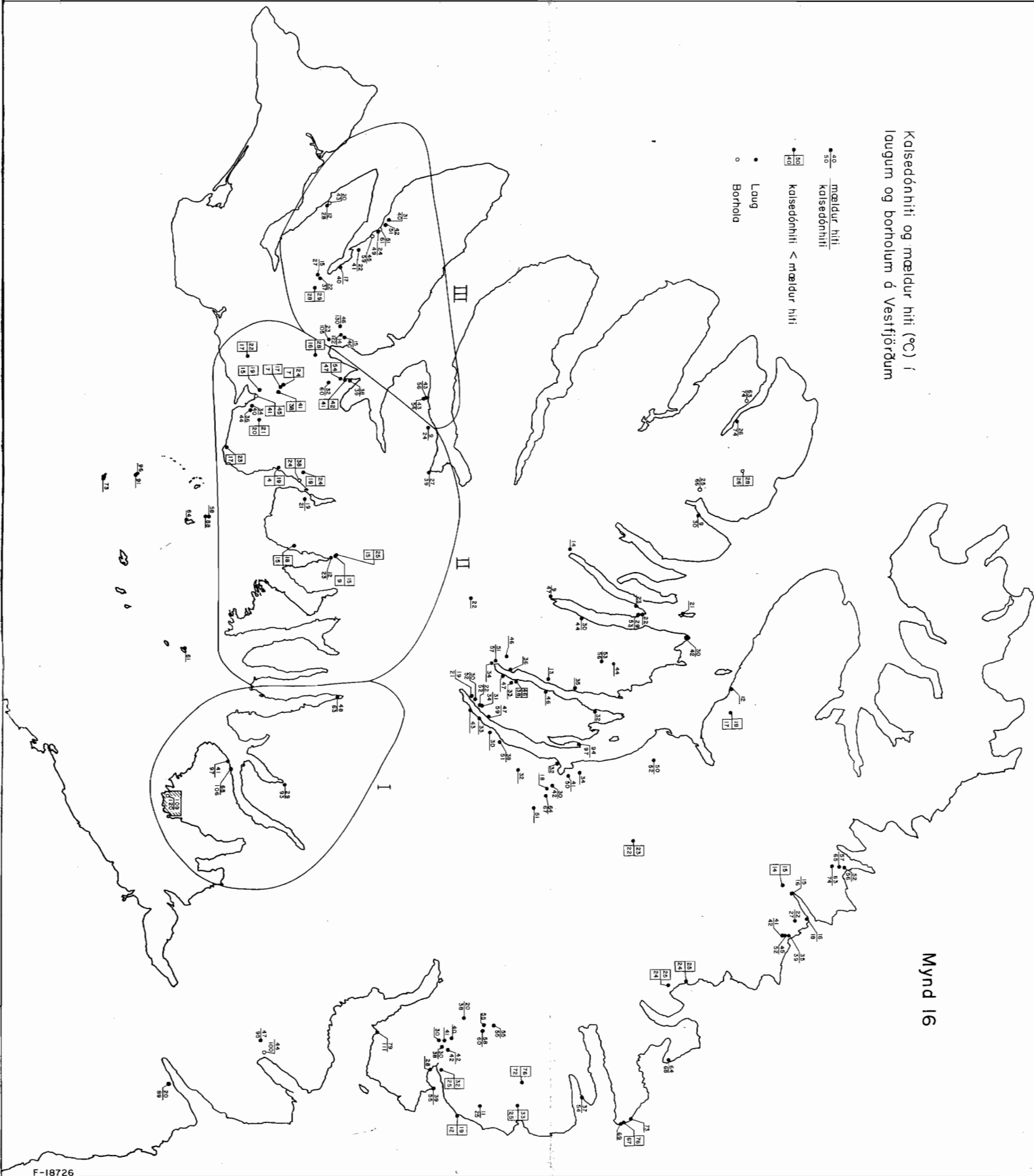
7.2 Svæði 1 og 2

Sé litið á sunnanverða Vestfirði í heild, virðist sem skipta megi þeim í þrjú svæði eftir styrk efna (efnavægjum), svo sem samanburði á efnahita og mældum hita. Svæðið austan Klettsháls við Kollafjörð (merkt I á mynd 16); Barðastrandar- og austanverður Suðurfjarðahreppur ásamt Dynjandi (merkt II) og Patreksfjörður, Dufansdalur og Mosdalur (merkt III).

Svæðið austan við Klettsháls, þ.e. laugarnar við Þorskafjörð (Varmavík, Laugaland) og Djúpaðal ásamt Laugaskeri í Kollafirði, hefur nokkra sérstöðu. Á þessum stöðum er kalsedónhiti hærri en 60°C og jafnvægi við Na/K-feldspata (feldspathiti) reiknast (skv. Helgeson 1969) líkt og við kalsedónhita. NaK-hiti og NaCa-hiti eru lægri en kalsedónhiti og er NaK-hiti 18°C lægri og NaCa-hiti um 37°C lægri að meðaltali. Styrkur flúoríðs (F^-) er mjög áþekkur í laugunum (0,29-0,34 ppm), sem hugsanlega bendir til rennslis um svipaðan berggrunn. Gera má ráð fyrir að takast megi að fá mun heitara vatn með markvissri borun í grennd við framangreindar laugar.

Kalsedónhiti og mældur hiti (°C) í
laugum og borholum á Vestfirðum

- mældur hiti
- ◻ kalsedónhiti
- ◻ kalsedónhiti < mældur hiti
- Laug
- Borhola



Mynd 16

791012 a Bando la Nord Strand F. 18726

Laugarnar í Barðastrandarhreppi og Reykjafirði eru yfirleitt kaldari en þær sem að framan var getið og er kalsedónhiti þeirra gjarnan lægri en, eða fast við mældan hita. Alkalíhitastig virðast mjög breytileg enda vatn margra lauganna ekki í jafnvægi við algengustu alkalísteindir (sbr. G. Pálmason et al. 1978) þannig að áreiðanleiki er lítil. Í Barðastrandarhreppi eru víða laugar og volgrur, sumar niður undir sjó en aðrar í allt að 190 m hæð. Rennsli er frá seytli upp í 9 l/s. Við Kjálkafjörð [6, 7, 8] og Smiðjukleifar [9] eru volgrur í tengslum við norðaustlægar höggunarlínur (Jón Benjamínsson 1980) en í vestanverðum Vatnsfirði virðast þær bundnar norðvestlægri gangastefnu sem og laugarnar í Vaðalsdal. Í Mórudal [18, 19, 20] og Krossholti [17] eru laugarnar í námunda við norðaustlæga stefnu en þó hugsanlega einnig tengdar NV-línu. Sameiginlegt einkenni í efnasamsetningu þessara lauga er hátt sýrustig, pH ≈ 10, auk lítils magns uppleystra efna, í flestum tilvikum minna en 100 mg/l og veldur hvort tveggja vandkvæðum í túlkun.

Kalsedónhiti á svæðinu er yfirleitt lægri mældum hita, en Stekkur [15] og Laugarmýrarhryggslaug [16] eru einu staðirnir, þar sem hann er eitthvað hærri en mældur hiti. Lítið samræmi er milli annarra efnahitastiga og kalsedónhita þannig að ekki er að treysta niðurstöðum efnahita á þessu svæði. Þau sýni, sem eru nálægt jafnvægi við alkalísteindir (skv. G. Pálmason et al. 1978) og jafnframt í jafnvægi við kalsít (við mældan hita) eru frá Stekk [15], Laugarmýrarhryggslaug [16], Krossholti [17] og Laugatungum [18], en kalsedónhiti þessara lauga er 40-44°C og mældur hiti 34-45°C. Lítið innbyrðis samræmi er í alkalíhita og ber honum illa saman við mældan hita. Þó er helst að NaKCa-hiti sýni einhverja fylgni við mælt hitastig. Sýni frá Flókalundi [10] og Hellu [10] eru sömuleiðis í þokkalegu samræmi við alkalísteindir og kalsít, en kalsedónhitinn þar er snöggjum lægri mældum hita. Aftur á móti ber mældum hita og NaKCa-hita ekki illa saman í vatni frá þessum tveim stöðum.

Heitast vatn í Barðastrandarhreppi kemur úr holu 1 við Krossholt, 45°C, en þar segir kalsedónhitinn 41°C.

Eins og áður hefur verið sagt er margt keimlíkt með efnainnihaldi heita vatnsins í Barðastrandarhreppi og Reykjafirði ásamt Tungum í Fossfirði. Laugarnar í Reykjafirði er að finna allt upp í 100 m y.s. og eru þær að jafnaði heitari og vatnsmeiri heldur en í Barðastrandarhreppi.

Hlutfallið F^-/OH^- er það sama austast í Suðurfjarðahreppi og í Barðastrandarhreppi og eins er kísilhitinn lægri mældum hita allvíðast. Heitast mælist í lauginni við íbúðarhúsið í Reykjafirði [39] 54,5°C, en kalsedónhitinn þar segir einungis 47°C. Hins vegar reiknast mestur kalsedónhiti í Vöðslum [40] innst í Reykjafirði, 60°C. Heitast mældist þar 31,9°C. Laugarnar í Botnsgili [25] og Dynjanda [45] eru í útjöðrum svæðisins, en eru hér taldar með þar eð F^-/OH^- -hlutfall þeirra viku nokkuð frá því, sem er í næstu laugum, en er aftur á móti það sama og í laugunum í Reykjafirði og Barðastrandarhreppi.

Líkt og í Barðastrandarhreppi er lítið innbyrðis samræmi í alkalíhita eða við mældan hita eða kalsedónhita í austurhluta Suðurfjarða. Hinn lági kalsedónhiti veldur vandkvæðum í túlkun en víðast á Íslandi hefur kalsedónhiti verið notaður til að segja fyrir um hitastig djúpkerfa með góðum árangri. Einkennandi fyrir heitt vatn á Vestfjörðum er hátt sýrustig (pH ≈ 10) samfara lágum styrk uppleystra efna (≈ 100 ppm). Sem fyrr segir bendir hið háa sýrustig til þess, að verulegur hluti kísilsýrunnar í vatninu sé kloffinn og samfara lágum kísilstyrk leiðir það til lágs kalsedónhita, í sumum tilvikum lægri mældum hita, svo sem í Barðastrandar-, Suðurfjarða- og Árneshreppi. Lágur kalsedónhiti orsakast einkum af tvennu. Í fyrsta lagi blöndun við kaldara uppstreymi, sem leiðir til minni kísilstyrks og þar með lægri kalsedónhita. Á móti kemur, að pH lækkar en það leiðir til hærri kalsedónhita. Hinsvegar er sýrustig flestra sýna af Vestfjörðum það hátt, að blöndun við grunnvatn ætti að vera hverfandi. Hugsanlegur möguleiki er einnig blöndun tveggja heitavatskerfa með ólíkt hitastig, pH og kísilstyrk.

Við blöndunarreikninga (Fournier & Truesdell 1974 og Truesdell & Fournier 1976) var notast við vatnsgreiningu á köldu vatni frá Mikladal [23] við Patreksfjörð sem einkennandi fyrir kalt grunnvatn á svæðinu, en það vatn er ≈ 4°C með 15 ppm SiO₂ og pH 7,7. Niðurstaða fyrir vatnsmestu laugarnar og borholurnar þar sem kalsedónhiti er lægri mældum hita ersýnd hér á eftir í töflu 5 og er hitinn í °C.

TAFLA 5

Blöndunarreikningar

Staður	l/s	NaK	NaKCa	$\log \frac{\text{Na}}{\text{K}}$	T_{SiO_2}	Mældur hiti	Útreikn. hiti heitav. æðar
Kjálkafj. 180 m y.s.	9	17	-4	49	15	24,6	30
Auðnar, mýri	5	-2	2	33	8	16,5	23
Flókalundur H-1	3,5	43	29	70	16	37,4	41
Þverá	1	28	-3	58	4	18,7	15
Rauðsdalur	1	14	2	47	17	23,8	31
Krossholt H-1	20	43	32	71	35	43,8	71
Laugatungur	5	64	33	88	38	41,0	56
Tungumúli	2	36	10	64	15	18,8	26

Út frá þessum niðurstöðum ætti blöndunarhlutfallið að vera nálægt eftirfarandi:

TAFLA 6

Blöndunarhlutfall

Staður	Heitt vatn l/s	Kalt vatn l/s	Blanda l/s	pH/20°C
Kjálkafj. 180 m y.s.	7,8	1,2	9	10,07
Auðnar, mýri	3,8	1,2	5	10,12
Flókalundur H-1	3,1	0,4	3,5	10,30
Þverá				10,10
Rauðsdalur	0,8	0,2	1	9,93
Krossholt H-1	18,2	1,8	20	10,26
Laugatungur	4,5	0,5	5	9,84
Tungumúli	1,6	0,4	2	8,63

Eins og sjá má þá er sýrustig blöndunnar nokkuð hátt til þess að ætla megi að umtalsverð blöndun eigi sér stað, nema þá helst við Laugatungur [18] og Tungumúla [21]. Auk þess gengur dæmið ekki upp fyrir það reiknaða hlutfall klorinnar kísilsýru, sem ætti að vera í hinu upprunalega heita vatni. Efna-

innihald og hiti grunnvatns er ekki vel þekktur en ætti ekki að vera mjög frábrugðið vatninu frá Mikladal [23]. Séu hins vegar hinir ýmsu óvissuþættir efnagreiningaraðferðanna teknir með í dæmið kemur í ljós að hitastigsfrávik "upprunalegs" jarðhita vatns er $\pm 8^\circ\text{C}$ fyrir blöndu, sem inniheldur 24 ppm SiO_2 .

Augljóst má því vera, að þessir blöndunarreikningar henta ekki fyrir vatn sem jafnlítið er í af uppleystum efnum og að framan er sýnt, nema í þeim tilvikum sem saman fer lágt pH og kalsedónhiti lægri mældum hita, svo sem Laugatungur [18] og Tungumúli [21].

Talið er, að sterk kæling í uppstreymi geti leitt til hækkunar á sýrustigi og þá um leið til of lágs kalsedónhita. Í þeim tilvikum ætti Na/K-hiti að reiknast heldur hærri kalsedónhita þar sem Na/K-hlutfallið er lengur að aðlagast breyttu hitastigi. Þessu er þannig varið fyrir heita vatnið víða á Vestfjörðum. Hins vegar er óvíst um áreiðanleika Na/K-hita við jafn lágt hitastig og um er að ræða, en í sumum tilvikum reiknast hann lægri mældum hita.

Miðað við jarðhitavatn er Na/K-hlutfall kalds grunnvatns yfirleitt fremur lágt og myndi því Na/K-hiti hækka lítils háttar við blöndun. Sama er að segja um úrkomu, sem fellur í innsveitum eða upp til fjalla. Í hafátt getur hinsvegar borist sædrif með úrkomunni inn yfir landið næst sjávarsíðunni og er Na/K-hlutfall slíkrar úrkomu herra en ella sökum aukningar í styrk natríums og breytingar á NaK-hita því hverfandi hvað varðar jarðhitavatn. Yfirleitt má því reikna með einhverri hækkun á NaK-hita (lágt Na/K-hlutfall) við íblöndun grunnvatns, nema þá helst við sjávarsíðuna, þar sem aðalúrkomun fylgir hafátt. Kalsíumstyrkur kalds grunnvatns er oftast hærri en jarðhitavatns. Við blöndun kalds grunnvatns í jarðhitavatn vegur hækkun á kalsíumstyrk þyngra við útreikning á NaKCa-hita heldur en Na/K-hlutfall. Íblöndun kalds grunnvatns leiðir því yfirleitt til lækkunar NaKCa-hita og kalsedónhita, en hækkunar á NaK-hita.

Þessi mismunur á efnahita kemur sumsstaðar fram þar sem yfirborðseinkenni gefa til kynna að um íblöndun kalds grunnvatns sé að ræða. Má þar nefna Þverá [12], Rauðsdal [13], Stórubrekku [14], Ármót [19], Árgljúfur [20], Tungumúli [21] I og II og Tungur [38]. Aðrir staðir, þar sem íblöndun er líkleg en þessi munur kemur ekki jafn augljóslega fram eru: Botn [24, 25, 26], Auðnir [8], Stekkur [15], Laugamýrarhryggslaug [16], Vöðslur [40].

Lágur kalsedónhiti og lélegt jafnvægi við alkalísteindir fer saman í þessum sýnum þó að á sama svæði geti verið laug með trúverðugan kalsedónhita og í líklegu jafnvægi við helstu alkalísteindir. Orsök þessa liggur ekki í augum uppi. Annað tveggja á sér þó líklega stað; þ.e. að vatnið hafi aldrei haft tíma til að hvarfast við grannbergið eða að efnajafnvægi raskist í uppstreymi, annaðhvort með íblöndun kaldara vatns eða snöggri kólnun.

Þriðji möguleikinn er sá að fleiri sýni frá breytilegum stöðum þurfi til að draga raunhæfa línu fyrir Na^+/H^+ , K^+/H^+ og $\sqrt{\text{Ca}^{++}/\text{H}^+}$ -hlutföllin. Eins og bent hefur verið á hér að framan henta ekki venjulegir blöndunarreikningar, þar eð óvissuþátturinn er of stór sökum jónafæðar vatnsins. Útreikningar fyrir sýni tekin á stöðum þar sem yfirborðseinkenni gefa til kynna hugsanlega blöndun leiða heldur ekki til augljósrar niðurstöðu. Hið tiltölulega háa sýrustig ($\text{pH} \approx 10$) leiðir hugann að blöndun misheitra jarðhitakerfa, sem hvert fyrir sig er í jafnvægi við umhverfið. Erfitt er að henda reiður á þessum möguleika þar eð merkjanlegur munur í millum lauga er ekki það greinilegur að hægt sé að segja til um hvort þær séu úr aðskildum kerfum. Heitt vatn úr borholum annars staðar á Íslandi, þar sem fleiri en ein æð með mismunandi hita fæða holuna, virðist ekki víkja langt frá jafnvægi við raunverulegt hitastig. Því er álitíð að annað þurfi að koma til heldur en blöndun og er þar átt við kröftuga kælingu í uppstreymisrás.

Í laugum í Patreksfirði, Tálknafirði, Dufansdal og Laugabóli í Mosdal er herra F^-/OH^- -hlutfall heldur en þeim laugum, sem fjallað var um hér að framan frá Barðastrandarhreppi og austanverðum Suðurfjörðum og hugsanleg fylgni við mældan hita. Kalsedónhiti frá þessum stöðum er hærri heldur en mældur hiti og flest sýnanna eru kalkmettuð við kalsedónhita. Samræmi milli annarra efnahita er ekki vel gott. Jafnvægi við alkalísteindir er nokkuð á reiki og án verulegrar fylgni við kalsedónhita. Laugarnar í Tálknafirði eru að líkindum bundnar sömu norðvesturlínunni í fjarðarstefnu. Austast er Botnsgil [25] en vatnið þaðan sver sig frekar í ætt við laugarnar í Barðastrandarhreppi og Reykjafirði heldur en aðrar laugar í Tálknafirði.

Heitasta laugin í Tálknafirði var við Laugardalsá [30], 52-53°C. Þar var boruð sumarið 1975 608 m djúp hola, sem gefur 4,5 l/s af 51°C heitu vatni. Í borun varð vart við 50-53°C heitt vatn á um 50 m dýpi. Kaldari æðar komu fram við hitamælingu dýpra í holunni þannig að borað hefur verið niður fyrir

heitara vatn. Hinsvegar kemur smávegis af 50°C heitu vatni í holuna á um 460 m dýpi og botnhiti er um 54°C. Kísilhiti vatnsins úr holunni er 61°C, feldspathiti 90°C og NaK-hiti 68°C. Sýni var tekið úr einu af augunum og fékkst 73°C kalsedónhiti, 69°C feldspathiti en einungis 42°C NaK-hiti.

Styrkur kísils í laugarvatninu mældist 64 ppm, en einungis 54 ppm í borholunni. Niðurstöður eldri kísilgreininga úr lauginni eru einnig hærri heldur en í borholunni, eða 58,8 ppm frá 1959 og 70 ppm mælt 1944. Við borunina hvarf nær allt rennsli úr næstu laugum þ.e. þeim sem voru með hærri kísilstyrk en borholan. Sennilega kemur þetta vatn í holuna á um 50 m dýpi, en kaldara vatn að neðan blandast því og sé reiknað með grunnvatni með 15 ppm SiO₂ reiknast hlutfall laugar í borholuvatninu 0,8 en 0,2 af köldu vatni. Hæst súlfat (SO₄²⁻) í Tálknafirði mældist við Laugardalsá [30] og flúoríðstyrkur mældist einnig hæstur þar og í Garðlaug sem er þar stutt frá. Gæti það hugsanlega bent til annars hvors eða beggja, meiri útskolunar úr berginu vegna hærri hita og meiri snertingar við súrt berg, sem er mun flúorríkara en basískt. Sé reiknað með því, að leiðrétting á sýrustigi vegna borax buffers (pH 9,22), hafi ekki verið raunhæf fæst 66°C kalsedónhiti fyrir borholuvatnið (sjá kafla 4.3 og 6.3). Allt þetta rennir stoðum undir það, að fá megi allnokkuð heitara vatn með annarri borun við Laugardalsá, þar sem tækist að skera heita vatnsæð á meira dýpi.

Áður en til borunar kæmi þyrfti þó að fara fram allítarleg efnafraðileg úttekt á heita vatninu við Laugardalsá og Garðlaug til að kanna réttmæti þess efnahita sem fyrir liggur. Hann byggir að nokkru á sýni síðan 1974, en á þeim tíma, sem liðinn er, hefur mælitækni fleygt verulega fram. Með nýjum greiningum mætti því leggja nokkuð raunhæft mat á það hvort niðurstaða efnahita væri marktæk eður ei, en þær tölur, sem fyrir liggja, benda til 60-70°C hita í djúpkerfi. Athyglisverður er einnig hár kísilstyrkur við Laugarál [32], sem er all nokkru utar við fjörðinn heldur en Laugardalsá. Til er efnagreining þaðan frá árinu 1974 og er um margt forvitnileg, en þar sem vafi leikur um áreiðanleik hennar væri nauðsynlegt að taka vatn þar að nýju til þess að gera sér grein fyrir, hvort mögulegt er að afla þar nýtílegs vatns til húshitunar.

Við Gvendarlaugar [29] í landi Litla-Laugardals hefur verið boruð 355 m djúp hola og kemur meginrennslið, 40-50 l/s af ≈45°C heitu vatni af 315 m dýpi (sjá kafla 6.3). Eins og sést á mynd 13 minnkaði rennslið með tíma

jafnframt því sem vatnshitinn lækkaði. Eftir að rennslið var takmarkað við 10 l/s í febrúar 1978 hefur vatnið úr holunni hitnað smám saman og verið stöðugt um 48°C í nokkra síðastliðna mánuði. Telja verður líklegt að hiti djúpkerfis sé nálægt 60°C, það er, sá hiti sem kalsedónhitinn og NaK-hitinn segja til um.

Eins og áður hefur verið vikið að þá er efnainnihald vatnsins úr holu 1 og 2, Sveinseyri ekki það sama og laugarinnar [28] enda er holuvatnið blandað grunnvatni. Vatnið úr holu 2 er þó ekki eins blandað grunnvatni. Kalsedónhiti bendir til um 40°C hita í djúpvatnskerfi. Feldspathitinn reiknast 82°C.

Jarðhitinn við Sleiphellu [27] er niðri undir sjó, hríslast upp um klapparglufur í fjörunni auk þess sem volgur lækur rennur þar fram undan barði. Sýni, sem tekið var sumarið 1976, bendir til allmikillar röskunar á efnajafnvægi jafnframt því að gefa tilefni til að ætla íblöndunarpáttinn allnokkurn. Endurtekin söfnun og ný efnagreining myndi gefa vísbendingu um áreiðanleik kalsedónhitans, sem er 40°C.

Volgrurnar við Hádegisgil [24] og Verslur [26] eru sitt hvoru megin Botnsdals inn úr Tálknafirði við sömu norðaustlægu brotalínuna sem gengur þvert yfir dalinn. Einhver blöndun frá köldu grunnvatni á sér stað en þó sýnu meiri við Verslur, þar sem kalsedónhiti bendir til 37°C djúpkerfishita.

Eins og áður hefur verið getið er F^-/OH^- -hlutfall vatnsins úr Botnsgili innst í Tálknafirði örlítið lægra en annarsstaðar í Tálknafirði. Má því ætla, að vatnið hafi ekki hvarfast við nákvæmlega sama bergið og/eða hripað misdjúpt í berggrunninn samanborið við heita vatnið utar með firðinum. Vatnið er kalkmettað og í jafnvægi við alkalísteindir, þannig að ætla mætti efnahita raunhæfan. Í ljós kemur hinsvegar, að kalsedónhiti er sá sami og mældur hiti, NaK-hitinn er 4°C lægri, NaKCa-hitinn 11°C lægri og feldspathitinn 27°C hærri. Er þetta nokkuð í samræmi við niðurstöður efnahita í Barðastrandarhreppi og Reykjafirði, þar sem áþekk jafnvægi ríkja og kalsedónhitinn er svipaður mældum hita, þ.e. feldspathiti er allhár en NaK- og NaKCa-hiti yfirleitt lægri og án fylgni við kalsedónhita eða mældan hita.

Við Laugarholt [36], innarlega í Dufansdal hefur mælst allt að 46°C hiti. Utar í dalnum við Leitismýri [35] kemur upp 14°C heitt vatn. Á báðum þessum stöðum er kalsedónhiti vel yfir 100°C. Feldspathiti segir einnig fyrir

um 100°C hita, en NaK- og NaKCa-hiti 72-90°C hita. Útreikningur á þremur efnahlutföllum fyrir þessa staði sýnir að við kalsedónhita er $\sqrt{\text{Ca}^{++}/\text{H}^+}$ nálægt meðalgildislínu (jafnvægi). Hinsvegar vîkur Na^+/H^+ nokkuð frá meðalgildislínu og K^+/H^+ er allfjarri henni. Þó falla öll sýnin sömu megin við þessar meðalgildislínur sem Stefán Arnórsson reiknaði út fyrir vatn úr öllum helstu borholum á Íslandi (Guðmundur Pálmason o.fl. 1978). Í Þernudalshvammi [37] eru smálaugar, sem virðast tengdar norðaustlægum gangi (Jón Benjamínsson & Sigmundur Einarsson 1981). Vatnssýni þaðan bendir til 105°C í djúpkerfi samkvæmt kalsedónhita, en alkalíhiti er lægri (42-70°C). Líkur eru því á, að við framangreinda staði megi fá allt að 100°C heitt vatn með markvissri borun. Bent skal á að nokkuð brennisteinsvetni hefur mælst í Dufansdal en það getur valdið tæringu á eir.

Laugarnar við Laugaból [43] í Auðkúluhreppi eru skyldari Tálknafjarðarlaugunum í efnafræðilegu tilliti, heldur en laugunum í Reykjafirði, sem Dynjandislaug [45] virðist frekar sverja sig í ætt við. Kemur þetta fram í því að F^-/OH^- -hlutfallið er hærri og fylgir sennilega hitastigi, og eins hópast efnahlutföllin þrjú sem að framan greinir á mjög svipaða staði á línuritinu á mynd 5. Reykjafjörður [39, 40, 41, 42], Dynjandi [45] og Botnsgil [25] hafa aftur á móti lágt F^-/OH^- líkt og Barðastrandarhreppur og eins er með efnahlutföllin þrjú, þau koma hér og þar um línuritið. Kalsedónhitinn fyrir Laugaból er um 55°C en einhver sjávarblöndun er hugsanleg. Kalsedónhitinn við Dynjanda er tæpar 40°C. Við svokallaða Brunna var safnað vatni sumarið 1976. Rennsli var ekki sjáanlegt í Brunnunum, sem reyndust pollar meðfram hnullungum. Vatnið ber greinileg grunnvatnseinkenni, en ekki er þó með öllu hægt að útiloka smávegis jarðhitaáhrif. Ný efna greining myndi þó tæpast gefa afgerandi svör um hvort svo sé.

Við Patreksfjörð [23] er volgra á Mikladal og smáaugu við Ásbúð. Vatnið á báðum þessum stöðum er grunnvatnsblandað og gefur litlar vonir um að fá megi nýtanlegt heitt vatn með borun. Hóla 1 við Geirseyri er eigi allfjarri Ásbúð og hefur hún ekki gefið nema 21°C heitt vatn og botnhitinn er ekki nema 34°C. Hitstigull við Vesturbotn, nokkuð innar í firðinum er 51°C/km. Hinsvegar er NaK-hitinn að Geirseyri um 70°C og kalsedónhitinn um 40°C. Vatnið er blandað grunnvatni og af efnainnihaldi má ráða að borun á sama stað sé ekki vænleg til árangurs.

Volgrurnar í Mikladal hafa nokkra sérstöðu í því, hve fjarri þær eru öðrum jarðhita. Þær eru töluvert blandaðar grunnvatni og samanburður á efnainni-

haldi gefur bendingu um, að vatnið í volgrunum við Ásbúð sé komið af meira dýpi og hafi náð að hitna meira en volgran fyrir innan trönurnar á Mikladal. Kalsedónhiti fyrir Ásbúð er 38°C og er því áþekkur kalsedónhitanum í Geirseyri H-1 og lítil von um vænlegri árangur þar.

7.3 Svæði 3

Undir Naustahvilft [49] gegnt Ísafjarðarkaupstað er tæplega 9°C heit volgra. Af efnainnihaldi hennar má ráða að um þó nokkra grunnvatnsblöndun er að ræða saman við heita vatnið. Kalsedónhiti segir 30°C og óvarlegt að atla þar meiri hita í djúpkerfi þrátt fyrir að alkalíhiti sé hærri.

Við Svarfhól nálægt botni Álftafjarðar er hitastigulshola með 86°C/km hitastigli (Kristján Sæmundsson & Gísli Karel Halldórsson 1979). Hola 1 í Tungudal sýnir 100°C/km hitastigul, en borholur við Þingeyri, Flateyri, Hanhól H-2 og H-1 í Tungudal hafa hitastigul um 50°C. Jarðhitinn í Súgandafirði er talinn í tengslum við suðausturmisgengi sem ganga austur yfir Breiðadalsheiði. Hinn hái hitastigull í H-1 Tungudal er trúlega vegna jarðhitaáhrifa frá þessum misgengjum, en holan er boruð í norðaustlægan gang sem hugsanlega fær hita um lárétt lag frá áður nefndum misgengjum, en á tæplega 80 m dýpi kom smávegis af 15°C heitu vatni í holuna sem er einungis 110 m djúp. Holur 2 og 3 eru snöggjum dýpri og ótruflaður hitastigull þeirra um 50°C. Úr holu 2 rann rúmlega 1 líter af ≈25°C heitu vatni með kalsedónhita 65-70°C. Við dýpkun hennar úr 600 í 1100 m jókst hvorki hiti né rennsli vatnsins. Ekki er því ósennilegt að hár hitastigull við Svarfhól geti stafað af nálægð gangi með norðlæga stefnu og að bora þurfi allmiklu dýpra til að fá ótruflaðan hitaferil. Sennilega er volgran við Naust [49] tengd einhverri áþekkri brotalöm og að framan er lýst og því ekki líkur á jarðhita þar að ráði nema e.t.v. á miklu dýpi.

Að Gili fyrir ofan Bolungarvík er 25-30°C jarðhiti með sáralitlu rennsli. Kemur hann upp í grennd við syrpu af norðaustlægum göngum (Ólafur Flóvenz 1977). Boranir á staðnum hafa ekki gefið árangur. Viðnámsmælingar á svæðinu gefa ekki vísbendingu um jarðhita (Ólafur Flóvenz 1977). Suður yfir Gilsbrekkuheiði er jarðhiti undir Ásfjalli við Súgandafjörð í svo nefndri Lásvík. Laugarnar þar eru um 30°C þær heitustu, en kalsedónhiti þeirra er 60-75°C eða hinn sami og reiknast að Laugum sem er nokkru utar í firðinum sunnanverðum. Feldspathiti er einnig svipaður. Kísilstyrkur er hærri við Lásvík og eins er styrkur klórs lægri en úr borholunum að Laugum eða svipaður

og mældist þar áður en borun hófst. Benda þessar mæliniðurstöður til þess að heitavatnið úr Lásvík sé komið úr vatnskerfi sem er ekki kaldara en að Laugum.

7.4 Svæði 4

Sýni frá jarðhitastöðum í Skötufirði, Hvítanes [50], Kleifar [51], Kálfa- vík [52], Ögurnes [53] bera augljós merki grunnvatnsblöndunar. Utanað- komandi aðstæður valda þessu, nema við Ögurnes. Feldspathitinn er óeðli- lega hár miðað við kalsedónhita og NaK-hiti er ótrúlega hár við Hvítanes og Kleifar, en þar reiknast Na/Cl-hlutfallið aðeins niður á íblöndunar- mörkin (sjá mynd 10). Vafasamt er því að leggja nokkuð upp úr efnahita Skötufjarðarsýna. Athygli vekur þó hár kísilstyrkur við Kleifar, en sýna- taka þar var mjög erfið. Vatn seytlar þar víða upp í sandeyri (Laugareyri), sem fer í kaf á flóði. Hitastig vatnsins er 6-9°C, en einnig hríslast vatn niður á eyrina frá mýri, sem er þar stutt fyrir ofan. Sagnir herma, að fyrrum hafi fundist velgja í mýrinni. Kalsedónhiti í Innrilaug, Hvítanesi, reiknast 53°C, en gera þyrfti frekari efnarannsóknir á vatninu þar, til þess að segja nánar til um áreiðanleika efnahita. Smávegis blöndunaráhrifa virðist gæta í Ögurnesi en kalsedónhiti þar er 42°C. Alkalíhiti er ekki marktækur þarna.

Við Reykjasel [54] hefur mælst 53°C hiti og kalsedónhitinn reiknast 56°C. Sé hins vegar gert ráð fyrir, að leiðrétting fyrir boraxdúa (pH 9,22) hafi verið óraunhæf, verður kalsedónhiti 62°C. Athyglisvert er að feldspathiti víkur þar ekki langt frá, en hann segir 71°C.

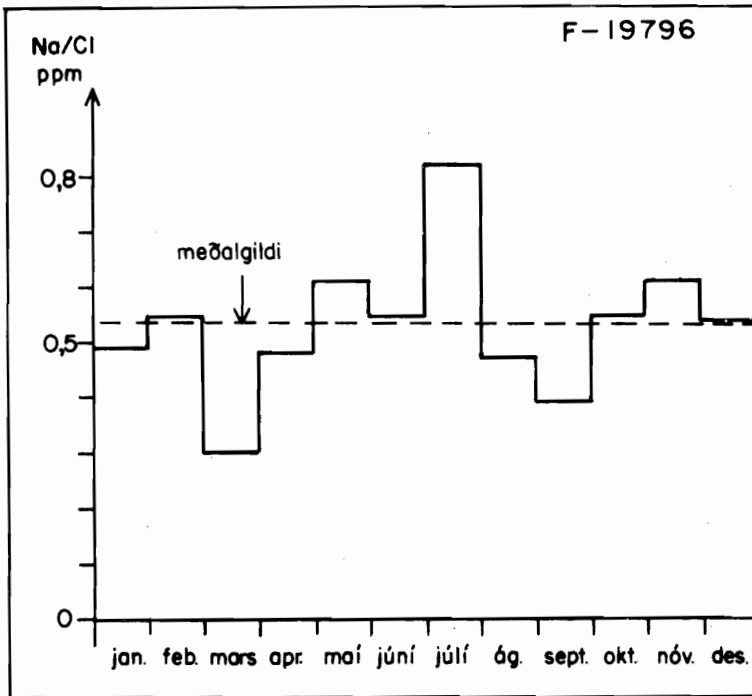
Frá Mjóafirði hafa á Orkustofnun einungis verið efnagreind sýni frá Botni [57] og Hörgshlíð [58], en jarðhita er mjög víða að finna með Mjóafirði og í inndölum hans. Á framangreindum tveim stöðum er heita vatnið nýtt til húshitunar, um 50°C að Botni en 42°C í Hörgshlíð. Ástæða til frekari rann- sókna í því skyni að ná heitara vatni fyrir framangreind býli er vafasöm og trúlega óhagkvæm fjárhagslega. Þó má gera ráð fyrir að fá megi 2-3°C hærra hitastig við heimæð Hörgshlíðar með því að virkja einungis heit- ustu augun og jafnframt hindra íblöndun kaldara vatns með því að ganga betur frá söfnunarþrónni. Heitavatnslögnin mætti einangrast betur.

Annars staðar við Mjóafjörð er jarðhitinn lítt kannaður. Gamlar kísilgrein- ingar (síðan 1944 og 1960), þótt ófullkomnar séu, gefa ástæðu til að ígrunda

nánari sýnatöku við Látra [55], Heydal [56], Keldu [59] og Skálavík [60] með húshitun að markmiði.

Á Reykjanesi [61] við Djúp er mikill jarðhiti og hefur talan 16 l/s af 80-90°C heitu vatni verið nefnd í því sambandi. Áður fyrr var jarðhitinn nýttur við saltuðu og síðar meir í gróðurhús. Nú er hann einungis nýttur til upphitunar skólahússins, kennarabústaða og sundlaugar. Tveir gangar liggja um svæðið, í stefnu rétt austan við norður. Vatnsrennsli á svæðinu er háð sjávarföllum í því að rennsli eykst með hækkandi sjó og eins telja kunnugir að hiti breytist lítils háttar eftir sjávarstöðu. Bein athugun þessu lútandi hefur ekki verið gerð, en ætti að vera sjálfsagður undanfari aukinnar virkjunar svæðisins. Kalsedónhiti á Reykjanesi er 92-97°C, eða líkt og hæst hefur mælst á yfirborði. Sé reiknað með jafnvægi við kvartz er niðurstaðan 120-125°C. Kalsedónhiti hefur þó í allflestum hérlendum tilvikum reynst gilda upp í 170-190°C. Feldspathhiti víkur ekki langt frá kalsedónhita og NaKCa-hiti fellur að kalsedónhita sé β -stuðullinn $1/3$ notaður í stað β $4/3$ sem venjulegast gildir um vatn undir suðumarki (sjá Viðauka).

Athygli vekur að Na/Cl-hlutfallið á Reykjanesi er nokkru lægra heldur en gerist í sjó og úrkomu. Þetta fyrirbæri þekkist í Kröflu en þar er það talið stafa að afgangsum HCl (klórvetnis) úr bergkviku (Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1980). Að öllu jöfnu hækkar þetta hlutfall (Na/Cl) við hvörfun við grannbergið (sjá mynd 10). Eins og mynd 17 ber með sér þá sveiflast Na/Cl-hlutfallið í úrkomu á Keldnaholti árið 1976 frá 0,30 í mars og upp í 0,82 í júlí. Meðalgildið er 0,53 fyrir árið 1976, en meðaltal árána 1975-78 er 0,55 eða sama meðalgildi (0,556) og fengist hefur úr sjósýnum vítt um heiminn (Krauskopf 1967). Hvort mánaðasveiflur geti leitt til hins lága Na/Cl-hlutfalls skal eigi fjölyrt um. Þó skal það dregið í efa hvað Reykjanes varðar þar eð í Djúpið renna margar ár með Na/Cl-hlutfall yfir meðalgildi, en sjávaráhrifa gætir í jarðhitavatninu.



MYND 17

Na/Cl-hlutfall í úrkomu á Keldnaholti 1976

Smávegis brennisteinsvetni 0,2 ppm, mælist í vatninu við skólann og 0,1 ppm í holtinu en ekkert í Hveravík. K/Cl- og Mg/Cl-hlutfallið er töluvert lægra en í úrkomu og sjó, en Ca/Cl-hlutfallið aftur á móti snöggjum herra heldur en í sjó. Jónaskipti eru þó frekar ólíkleg. Þorkell Þorkelsson (1940) tók gassýni árið 1930 á Reykjanesi:

TAFLA 7

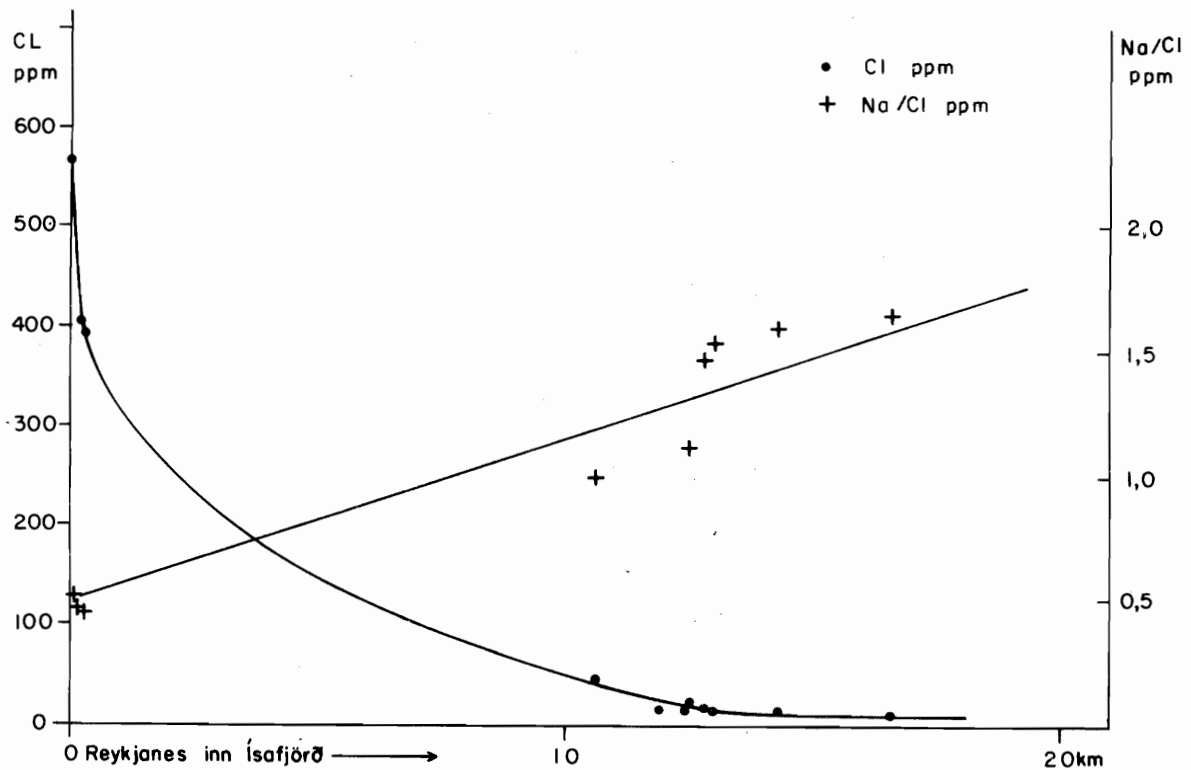
Gasinnihald í hveravatni á Reykjanesi við Djúp, mælt 1930
% hlutfall

Staður	Hiti °C	CO ₂	O ₂	CH ₄	N ₂ +A	Rn í mμ C/l
A	93,4		0,3		99,7	3,98
B	90,0	0,05		0,05	99,9	3,02

Niðurstöður hans eru svipaðar því og reynst hefur í lághitagasi annars staðar af landinu. Radoninnihaldið er nokkuð yfir því, sem hann mældi í

lághitavatni á Suðurlandi. Ný tækni við greiningu radons í hverum og laugum á Íslandi hefur verið viðhöfð hjá Raunvísindastofnun Háskólans s.l. tvö ár og m.a. notuð við jarðskjálftaspár. Frá fræðilegu sjónarmiði væri ný greining á gasi, radoni og kvikasilfri við Reykjanes mjög forvitnileg.

Innar með Ísafirði og beggja vegna hans eru þónokkrar laugar, líklegast tengdar norðvestlægum höggunarlinum. Fleiri uppkomustaðir eru vestanmegin, en þar koma víða fram augu í hliðinni í allt að 100 m hæð y.s. Ysti staðurinn að vestanverðu er Bjarnarstaðalaug [62] og gætir smávegis blöndunaráhrifa í henni. Kalsedónhiti fær lakkandi er innar dregur með firðinum og er það í samræmi við niðurstöðu Guðmundar E. Sigvaldasonar (1966). Öfugt við þetta hækkar Na/Cl-hlutfallið og bendir það til þverrandi sjávaráhrifa (mynd 18).



MYND 18

Sjávarblöndun í jarðhitavatni við Ísafjörð, dregið upp á mótí fjarlægð frá Reykjanesi

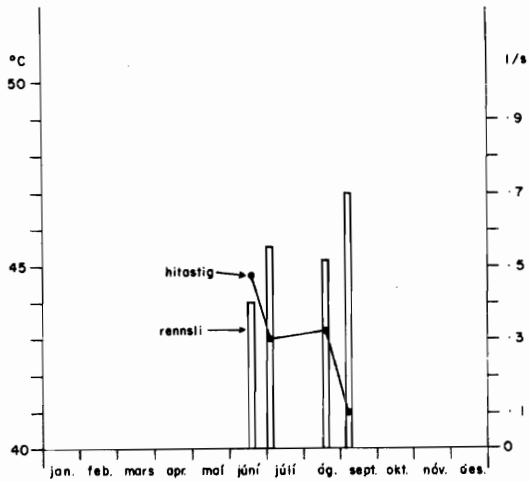
Við austanverðan Ísafjörð er jarðhiti á 6-7 vel aðskildum stöðum, en einungis er til heildargreining frá Laugabóli [65]. Af lágu Na/Cl-hlutfalli (1,00) miðað við vatnshita sem er 38°C má draga þá ályktun, að e.t.v. gæti lítilsháttar sjávaráhrifa í vatninu. Kalsedónhitinn bendir til þess, að

vatnið sé komið úr djúpkerfi með allt að 50°C hita.

Svæðið inn úr Ísafirði er nánast ókannað hvað jarðhita snertir og alls ekki ósennilegt að laugar leynist í Hvanneyrardal inn af Ísafirði, þótt skráðar heimildir þar um sé ekki að finna. Nánari könnun á jarðhita við Ísafjörð væri forvitnileg, sér í lagi samhliða könnun jarðhitans í Mjóafirði. Koma ætti í ljós, hvort einhver sameiginleg tengsl eru bundin við norðvestlægu höggunarstefnuna, sem margar laugar á þessum slóðum virðast tengdar.

Inni á Hvannadal [67] um 2,5 km í suðaustur af Rauðamýri mælist næsthæstur vatnshiti við Djúp, eða 64°C og er til efnagreining þaðan. Frá Laugaengi sem er neðar og dálítið innar er ekki til efnagreining né heldur úr laugum sem eru um 2 km þar fyrir innan. Kalsedónhiti laugarinnar í Hvannadal bendir ekki til miklu heitara djúpkerfis en yfirborðshiti gefur til kynna. Feldspathiti reiknast 83°C en gera má ráð fyrir að hann sé heldur of hár.

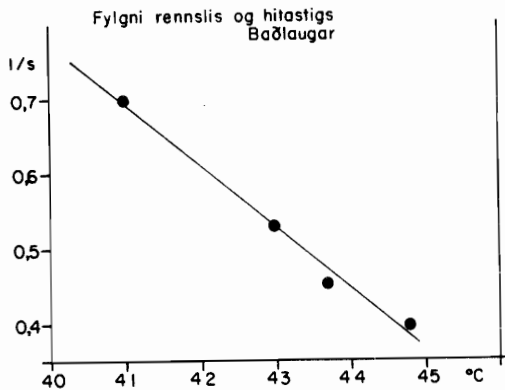
Við Nauteyri [68] eru volgrur á víð og dreif, líklegast tengdar norðlægum höggunarstefnum. Heitust er Baðlaug, tæpar 45°C. Kalsedónhiti hennar er 50°C. Mælingar í lauginni gefa hins vegar til kynna samband milli rennslis og hita í því, að hitastig lækkar með auknu rennsli (myndir 19 og 20). Sýni til efnagreiningar var tekið í byrjun september 1976 en undanfarandi ágústmánuður hafði verið óvenju úrkomusamur og rignt helmingi meira en í meðalári (skv. veðurathugunum í Æðey). Sennilega er þar skýringin á lágu hitastigi laugarinnar og miklu rennsli, þ.e. íblöndun kalds grunnvatns. Af þessum sökum má gera ráð fyrir, að niðurstöður efnagreiningarinnar séu ekki þær sömu og myndu fást, ef sýni væri tekið við betri aðstæður. Hita- og rennslismælingar í ágústmánuði árið eftir sýna minna rennsli og aukinn hita, en bæði ágúst og júlí reyndust með meiri en meðalúrkomu. Árið 1960, 24. júní hefur mælst heitast í Baðlauginni eða 44,8°C, en úrkoma frá áramótum þar á undan var vel undir meðallagi. Bendir því allt til þess, að íblöndun grunnvatns við Baðlaug sé þáttur, sem áhrif hafi á niðurstöður efnagreininga þaðan. Ný efnagreining tekin að vetrarlagi þegar jarðvatnsrennsli gætir síst, myndi varpa skýrara ljósi á raunverulegan efnahita við Nauteyri án þess þó að víkja í miklu frá þeim niðurstöðum, sem fyrir eru. Kalsedónhiti myndi að líkindum reiknast hærri en 50°C. Annar jarðhiti í grennd við Nauteyri hefur lítt verið kannaður út frá efnafræði vatnsins, svo sem við Hafnardalsá [69], Arngerðareyri [66] eða laugarnar umhverfis Baðlaug né heldur 30°C heit vatnsmikil laug um 6-700 m suður frá Nauteyri.



MYND 19

Hitastig og rennsli Baðlaugar við Nauteyri

JHD-JEF-4000-J. Ben.
á 1.03.0316. '00.



MYND 20

Fylgni rennslis og hitastigs Baðlaugar

Varðandi heitavatnsöflun fyrir Nauteyri væri ekki úr vegi að gera hagkvæmnisathugun á 4 km lögn innan úr Hvannadal á 3 1/3 af 63°C heitu vatni annars vegar og borun við Baðlaug hins vegar, en jarðhitinn inni á dalnum er í a.m.k. 90 m y.s.

Við Laugaland [71] koma upp um 25 l/s af nálægt 50°C heitu vatni, sem er nýtt til upphitunar þriggja íbúðarhúsa auk gróðurhúss. Kalsedónhiti og feldspathiti eru 52°C og 53°C eða svipaðir mældum hita. Efnahiti að Laugalandi gefur því ekki tilefni til að ætla að heitara vatn fáiist með borun. Alllangt frá, eða um 9 km inni á Hraundal [70], er jarðhiti á um 100 m kafla með ánni, þar sem hún rennur í suðvestur, en litlu neðar beygir hún í norðvesturátt. Í brekkunum beggja vegna dalsins sést í tvo ganga með suðsuðaustlæga- og norðnorðaustlæga stefnu. Hugsanlega skerast þeir á jarðhitasvæðinu, þótt ekki sjáist þess merki á yfirborði. Mestur hiti er um 23°C og kalsedónhitinn er svipaður. F^-/OH^- -hlutfallið er með því lægsta í jarðhitavatni á Vestfjörðum og víkur í því tilviki nokkuð frá jarðhitavatni annarsstaðar í Nauteyrarhreppi og við Ísafjörð. Á þeim stöðum er þetta hlutfall alls staðar mjög svipað eða milli $10^{-1,25}$ og $10^{-1,05}$ svo sem áður hefur verið getið.

Kalsedónhiti þeirra 16 lauga og hvera í Reykjafjarðar- og Nauteyrarhreppi, sem nýlegar greiningar eru til frá, er alls staðar hærri mældum hita nema í Hörgshlíð og Hraundal. Sæmileg fylgni er milli kalsedón- og feldspathita. Í tólf sýnanna er feldspathitinn 2-14°C hærri nema í Bjarnarstaðalaug, þar er hann 28°C hærri. Feldspathiti hinna fjögurra sýnanna er 4-12°C lægri. Við óvissureikninga á þessum niðurstöðum kemur í ljós, að staðalfrávik feldspathita er $\pm 3,2^\circ\text{C}$ frá kalsedónhita, með 95% vissu. Geta má þess, að jarðhitinn er víðast tengdur suðaustlægum höggunarlínunum og/eða stefnu aðeins austan við norður.

Í Snæfjallahreppi við Djúp er jarðhitavottur í Tyrðilsmýrarlandi [72] og inni á Unaðsdal [73]. Vatnssýni frá síðarnefnda staðnum hefur verið efnagreint. Þer það allmikil grunnvatnseinkenni og er kalsedónhitinn 17°C eða heldur lægri mældum hita, sem er 19°C. Mjög vætusamt hafði verið vikurnar áður en sýnið var tekið, en hitamælingar frá 1960 og 1944 sýna heldur hærri hita. Efnainnihald vatnsins gefur ekki vonir um hærri hita, enda er það mjög áþekkt regnvatni í flestum efnunum.

7.5 Svæði 5

Jarðhitinn í Reykjafirði nyrðra er á línu aðeins austan við norður. Mestur hiti og vatn er við Kirkjuból [76], sem er innstur þessara staða, en mældur hiti og efnahiti á hinum stöðunum lækkar með fjarlægð frá Kirkjubóli. Ennfremur minnkar klóríð í vatninu í sömu átt og Na/Cl-hlutfallið bendir til

Þess að um einhverja blöndun við sjó sé að ræða. Flúoríðstyrkur í vatninu er nokkuð hár miðað við íslenskt lághitavatn eða 2,06, 1,09 og 0,57 ppm. F^-/OH^- -hlutfallið er ekki óáþekkt því sem er við Súgandafjörð og Tálknafjörð en sýnir greinilega fylgni við hitastig. Reikningar á leysnimargfeldi kalks sýna, að vatnið er kalkmettað. Útreikningar benda ekki til, að vatnið sé í jafnvægi við alkalísteindir og má sennilega að einhverju rekja það til blöndunar. NaK- og NaKCa-hiti er allmiklu lægri en mældur hiti. Feldspathita og kalsedónhita ber hinsvegar vel saman og benda til, að um 10°C hærri hiti sé í djúpkerfinu heldur en mælist á yfirborði.

Um 600 m í suðaustur frá Kirkjubóli er 18°C heit volgra. Vatn úr henni hefur borist jarðefnastofu, en efnagreining þess bendir til að þar sé mestmegnis rigningarvatn á ferðinni og að við laugina séu ekki umtalsverðar heitavatnslíkur. Hugsanlega hefur ekki verið staðið alveg rétt að sýnatöku, en ný sýnataka myndi ekki breyta þarna miklu um, svo eindregnar eru niðurstöður efnagreiningarinnar. Heita vatnið úr lauginni við Laugatún [74], en svo nefnist eitt af þremur íbúðarhúsum í Reykjafirði, er notað til upphitunar tveggja húsa. Að auki er vatnið leitt í þvottahús og allstóra sundlaug. Vatnið er ≈52°C heitt.

Nyrst í Árneshreppi er jarðhiti í Bjarnafirði [77, 78], við Fornasel [79], Meyjarárdal [80] og að Dröngum [81]. Þrír þeir fyrst nefndu hafa ýmis sameiginleg einkenni bæði hvað varðar ytri aðstæður og efnainnihald. Hér á eftir verður fjallað um þessar laugar ásamt Hraundal [71], sem um margt ber svipuð einkenni. Á þessum stöðum kemur heita vatnið upp um klapparglufur og yfirleitt hríslast um þessar sömu klappir yfirborðsvatn. Rennsli er nokkuð dreift en 1-2 l/s á hverjum stað. Undantekning er Fornasel, en þar koma fram ≈0,25 l/s undan melhóli að mestu frá einni uppsprettu. Hitastig er lágt eða 15-23°C.

Á öllum þessum stöðum, nema Fornaseli, hefur límst saman leir og sums staðar skriðuborinn jarðvegur umhverfis frárennsli volgranna. Einnig ber nokkuð á hvítum útfellingum (kalki). Útreikningar sýna, að vatnið er mjög nálægt kalkmettun, þó frekar undirmettað heldur en hitt. Hugsanlega hafa sýnin ekki verið tekin á besta tíma, þegar grunnvatns gætir minnst. Volgrunnar eru sennilega allar í tengslum við brotalamir af norðlægri stefnu.

Sýrustig þess vatns sem rætt er um hér næst að framan er frá pH 10,15 til pH 10,31 við 20°C og verður að teljast frekar hátt miðað við íslenskt jarð-

hitavatn. Heitt vatn á Vestfjörðum er þó frekar hátt í sýrustigi. Sýrustig jarðhitavatns er aðallega talið stjórnað af þrennu, þ.e. jónaskiptum við grannberg, styrk veikra sýrna í lausninni og hitastigi, sem hefur áhrif á hina tvo þættina. Styrkur laust bundinnar kolsýru (CO_2) í vatni úr framangetnum volgrum er lágur eða 4,6-8,2 ppm. Algengt í regnvatni er 1-8 ppm en getur þó farið hærra í einstaka skúrum (Þóroddur F. Þóroddsson, munnl.uppl.).

Jónaskipti íslensks jarðhitavatns við grannberg eru aðallega talin eiga sér stað við Mg-síliköt og einnig gler, þannig að kísilsýra getur skipt máli. Jens Tómasson hefur stjórnað bakvatnsathugunum við Reyki í Mosfellssveit og Þóroddsstaði í Ölfusi. Í ljós hefur komið, að pH kalda vatnsins, sem dælt hefur verið niður í borholu verður hærra, þegar það kemur til baka heldur en það vatn, sem síðar streymir úr holunni og er í jafnvægi við umlykjandi berg (Jón Benjámínsson & Jens Tómasson 1980). Þetta er fyrst og fremst talið stafa af hröðum jónaskiptum við Mg-síliköt á meðan ekki fæst nægur hvörfunartími til útskolunar salta úr berginu. Þetta leiðir hugann að því, hvort svipað á sér stað hér, þ.e. hratt gegnumstreymi, sem frekar leiðir til snöggrar upphitunar og niðurbrots á Mg-sílikötum heldur en útskolunar úr grannberginu (þ.e. primer-steindum), og þar með til óeðlilega háa sýrustigs.

Klóríðstyrkur er áþekkur í volgrunum eða 16,3-17,7 ppm. Klóríðstyrkur úrkomu minnkar með fjarlægð frá sjó, en mánaðarleg úrkomusýni frá Keldnaholti við Reykjavík 1976 sýna dreifingu frá 1,7 ppm til 24,0 ppm. Um miðbik Strandasýslu, við Kaldbaksvík [87] og Asparvík [90], mælist allt niður að 12,4 ppm klóríð í heita vatninu og sýni tekið úr 18°C volgru í Reykjafirði nyrðra inniheldur 6,8 ppm klóríð.

Styrkur klórs og árstíðabundnar sveiflur í úrkomu á Vestfjörðum er óþekktur og skal því ekki fjölyrt nánar um innbyrðis tengsl klórs í úrkomunni og volgrunum. F^-/OH^- -hlutfall í Bjarnarfirði til Meyjarárdals er lágt eða svipað og í Barðastrandarhreppi. Eins og áður hefur verið getið þá reiknast vatnið nánast í jafnvægi við kalk. Hins vegar skortir nokkuð á jafnvægi við alkalísteindir. Samræmi er með feldspathita og kalsedónhita, sé reiknað með því, að leiðrétting fyrir borax-dúa (buffer pH 9,22) hafi ekki verið raunhæf. Frávik kalsedónhita frá feldspathita er -1°C til +11°C en staðalfrávik er $\pm 8,8^\circ\text{C}$ með 95% vissu.

Í landi Dranga [81] kemur upp heitt vatn á þrem stöðum og eru spurnir af þeim fjórða. Uppkomustaðirnir eru á beinni línu með 2-300 m bili í stefnu aðeins austan við norður. Heitast hefur mælst við Tjörnina, en hún er í miðið. Kalsedón- og feldspathitastig eru hæst þar. Sé hins vegar gengið út frá því, að leiðrétting á mældu sýrustigi með tilliti til borax-ðúa (buffer 9,22 pH) hafi ekki verið raunhæf, verður niðurstaðan sú, að reiknaður kalsedónhiti fyrir jarðhitann við Tjörnina og Húsárlaug lækkar um 4°C en hækkar um 18°C fyrir Laugalæk, en þar er þá hæstur kalsedónhiti eða 57°C. Er þetta í mótsögn við feldspathita, sem er lægstur við Laugalæk. Smávegis leitni er til aukningar í klóríðstyrk í sjávarátt en þó vart marktæk.

Í Ófeigsfirði er vitað um fjórar heitavatsuppsprettur. Þrjár þeirra raða sér með Rjúkandi eða í norðaustlæga stefnu en eru að öðru leyti lítt kannaðar. Ysta laugin er í Hvalárhólma [82] og hefur sýni verið greint þaðan. Svipar efnainnihaldi þess mjög til Heitulaugar [83], sem er um 2,5 km sunnar. Rétt hjá Heitulaug er nokkuð áberandi sprunga í klöppinni með stefnu aðeins vestan við norður, eða í áttina til Hvalárhólma. Laugarnar eru um 25°C heitar, kalsedónhiti þeirra er 24°C en feldspathiti 33-38°C þannig að efnahiti gefur ekki vonir um hærri hita en mælist í sjálfum laugunum. F^-/OH^- -hlutfallið er nokkru herra en í laugum við Dranga og Bjarnarfjörð. Flúoríðstyrkur er hærri í Heitulaug en Hvalárhólma og má líkast til rekja til meiri nálægðar við súrt berg frá Árnes-eldstöðinni í Norðurfirði.

Við Krossnes [84] er laugasvæði með allt að 64°C hita, en þarna hafa útfellingar blandast jarðveginum og myndað harða skorpu. Vatn úr heitustu og vatnsmestu lauginni hefur verið efnagreint. Kalsedónhitinn er 68°C og feldspathiti 73°C. Annar efnahiti er 20°C lægri mældum hita. Út frá þessum gögnum er ekki hægt að gera ráð fyrir að fá megi mikið heitara vatn með borun. Við núverandi aðstæður hríslast heita vatnið upp á nokkuð dreifðu svæði en með borun mætti trúlega fá aukið uppstreymi á einum stað. Vatnið er notað til upphitunar íbúðarhússins að Krossnesi jafnframt sem því er veitt í sundlaug ásamt tilheyrandi búningsklefa og heimavistarhúsi fyrir námskeiðahald. Á Reykjanesi [85] er jarðhiti með 150-300 m bili á tveim norðnorðvestlægum sprungum. Jarðhitinn í Laugavík, Akurvík og við kartöflugarð eru við vestari sprunguna, en hverirnir við Hákarlavogssog við þá austari. Efnagreining er til frá Akurvík og "kartöflugarði", en hæstur hiti er í Akurvík, eða 75,6°C. Kalsedónhiti við kartöflugarð er 73°C eða sá sami og mældur hiti, en feldspathiti er 82°C. Í Akurvík er

erfitt að ná marktæku sýni sökum sjávargangs, þar eð aðaluppstreymið er í sprungu hleinar nokkurar, sem sjór leikur um. Kalsedónhitinn þar er 67°C eða nokkru lægri mældum hita. Aftur á móti er reiknaður feldspat-hiti 80°C. Annar efnahiti (NaK, NaKCa) er 15-20°C lægri mældum hita.

F⁻/OH⁻-hlutfallið er mjög hátt fyrir Krossnes og Reykjanes, það hæsta á Vestfjörðum. Styrkur flúors (F⁻) er 3,11 ppm eða það alhæsta á Vestfjörðum og má rekja til nálægðar við súrt berg. Na/Cl-hlutfallið gefur vísbendingu um, að smávægileg blöndun við sjó geti átt sér stað að Krossnesi en súlfat er heldur herra en víða annarsstaðar á Vestfjörðum enda mælist 0,1 ppm brennisteinsvetni í vatninu. Að Reykjanesi mælist Na/Cl-hlutfallið allmiklu lægra heldur en gera má ráð fyrir í sjó eða úrkomu (0,30 og 0,31 í heita vatninu á móti 0,556 í sjó). Vatnið við Reykjanes er auðugt af klóríðjónum og sé gert ráð fyrir að 19000 ppm Cl⁻ séu í sjó, má reikna út að um 13% sjávarblöndun sé að ræða. Samskonar reikningur fyrir natriúm bendir til 7-8% sjávarblöndunar. Með þessi blöndunarhlutföll að leiðarljósi verður ekki séð að Na/Cl-hlutfallið hafi raskast sökum staðgengni natriúms við aðrar jónir. Ekki verður leitt frekari getum að tilurð hins lága hlutfalls, en nánari rannsókn gæti veitt svör við ýmsum áleitnum spurningum. Við kartöflugarðinn virðist votta fyrir brennisteinslykt, en ekki mælist súlfíð í vatninu, sem seytla víða upp úr sandi innan um klór-snauðar kaldavatnslænur. Svipaðra sjávaráhrifa virðist gæta í Akurvík og við kartöflugarðinn, en hann er í um 150 m fjarlægð og er 40 m frá sjó.

Mun minna vatnsmagn er við kartöflugarðinn en þar mælist heldur meiri kísill og flúor. Sá staður er því eigi síður áhugaverður hvað varðar öflun heits vatns til húshitunar eða iðnaðar, en vatnið frá báðum þessum stöðum er óhæft til beinnar notkunar, sökum seltu. Vatnið að Krossnesi, Akurvík og við kartöflugarð er kalkmettað. Vatn frá þessum stöðum er nær flúorítmettun heldur en vatn annars staðar af Vestfjörðum og á þetta einkum við Reykjanes (Akurvík, kartöflugarð), en þar nær vatnið anhydrítmettun. Jens Tómasson og Hrefna Kristmannsdóttir (1972) fundu anhydrít við 150°C hita í borholu á Reykjanesskaga þar sem sjávarblöndun er mjög mikil. Ólíklegt er að anhydrítmettun náist, nema til komi sterk sjávaráhrif. Mjög mikið bólu-streymi er í Krossneslaugum, en ekki er vitað til þess að gas þaðan hafi verið efnagreint. Í Akurvík er þó nokkuð bólustreymi og við kartöflugarðinn er bólustreymi, sem liggur niðri annað slagið, þ.e. kemur í hviðum. Þar eru smávegis útfellingar, aðallega gular og lausar í sér; trúlega steinsalt.

Utarlega við norðurströnd Veiðileysufjarðar [86] er jarðhiti niðri í fjöru, en um svæðið liggur gangur með norðurstefnu. Efnagreining er til af vatni úr 37,4°C heitri smámigu úti í skeri, sem kemur upp úr á fjöru. Af klórinnihaldi vatnsins má ráða, að sjávaráhrif eru engin. Vatnið er því sem næst kalkmettað og reiknast í jafnvægi við alkalísteindir. NaK-hiti er 24°C eða 13°C lægri mældum hita. NaKCa-hiti er jafn mældum hita, 37°C, en kalsedón- og feldspathiti er 54°C og verður að áætla, að það sé nálægt djúpkerfishita. Nokkurt bólustreymi er í laugunum.

Tvö sýni hafa verið efnagreind frá Kaldbak: Laugaengi [87] og Hveratungur [88]. Á báðum stöðunum er kalsedónhiti lægri mældum hita, þ.e. 25°C á móti 33°C í Laugaengi og 72°C á móti 76°C sem mælst hefur í Hveratungum. Í Laugaengi kemur jarðhitinn upp í grasi hulinni urð, þannig að ytri skilyrði til íblöndunar kalds grunnvatns eru fyrir hendi. Blöndunaráhrif eru samt óljós. Feldspathiti fyrir Hveratungur er 93°C, en vatnið þaðan er óvenju-snautt af uppleystum efnum miðað við hitastig. Allmikið bólustreymi er í vatninu, sem er í meira en 200 m yfir sjó. Ekki verður þó vart við brennisteinslykt, né mælist brennisteinsvetni í vatninu, eins og títt er annarsstaðar um vatn af svipuðu hitastigi. Hugsanlega hefur regnvatnið hitnað skjótt eftir niðurhrip og haft stutta hvörfunarvegalegd og er það líklegri skýring á hversu lítið af uppleystum efnum er í vatninu heldur en að um blandað vatn sé að ræða. Vatnið reiknast allfjarri jafnvægi við alkalísteindir. Auk þess skortir töluvert á kalkmettun. Efnagreiningin er ekki nógu góð til að hægt sé að byggja á henni frekari túlkun. Vatn frá Laugaengi er kalkmettað og miklu nær því að vera í jafnvægi við alkalísteindir. Bólustreymi er allnokkuð. Heitavatnssýni frá Asparvíkurdal [89] hefur verið efnagreint, en ber merki mikillar blöndunar við kalt grunnvatn og er því nánari umfjöllun sleppt. Í Sveinanesi [90] er 19°C heitt vatn og er kalsedónhiti þess 12°C, en feldspathiti 22°C. Það er því ekki von um heitara vatn við Sveinanes.

Í Bjarnarfirði syðra eru víða laugar, og eru sumar tengdar norð-lægri eða norðaustlægri gangastefnu, en sums staðar má einnig greina norð-vestlaga sprungustefnu. Mest og heitast rennsli er í Goðdal [93, 94], en þar er vatnið notað til upphitunar á sumarbústöðum og í sundlaug. Hátt í tveir kílómetrar eru frá syðsta að nyrsta auga. Til er efnagreining frá einu af nyrsta auganu norður af mógröfunum gegnt Laugaengi [94] (55°C) og svo úr auga, sem kemur undan gamla haughúsinu [93] (58°C) og er það einn af syðstu uppkomustöðunum. Kalsedón- og feldspathita frá báðum stöðunum

ber saman um áþekkt hitastig og mælist í laugunum. NaK- og NaKCa-hiti sýna allnokkru lægra hitastig þannig að ætla má, að yfirborðshitinn sé áþekkur hita djúpkerfisins. Bólustreymi er nokkuð og töluverðar útfellingar eru kringum laugarnar, en vatnið reiknast lítillega undirmettað af kalki og ekki í jafnvægi við alkalísteindir.

Í Sunndal kemur upp 20°C heitt vatn með gangi, sem stefnir austan við norður í átt að Goðdalslaugum. Kalsedónhiti þess er 38°C og feldspathiti 35°C. Árið 1960 mældist yfirborðshitinn 30°C, svo einhver breyting virðist hafa orðið, sennilega blöndun.

Athygli vekur, að klórstyrkur er nokkuð hærri í Sunndal [95] heldur en laugunum, sem liggja utar í Bjarnarfirði eða inni í Goðdal. Na/Cl-hlutfallið er einnig snöggtum lægra heldur en fyrir Bakka og Klúku, þar sem svipaður kalsedónhiti reiknast. Bendir þetta til þynningaráhrifa við Sunndal. Vatnið er lítillega yfirmettað af kalki, og eru töluverðar útfellingar umhverfis uppkomuaugun.

Utar í Bjarnarfirði eru eins og áður segir laugar á nokkrum stöðum. Borað var bæði að Svanshóli og Klúku árið 1965. Holurnar eru grunnar eða frá 15-130 m djúpar. 42°C borholuvatn er nýtt til húshitunar að Svanshóli. Við Klúku, það er að Laugarhóli, er 42°C heitt borholuvatn notað að hluta til upphitunar á sundlaug. Til eru efnagreiningar frá Laugarhóli [92] og Bakka [96], sem standa gegnt hvor öðrum í Bjarnarfirði. Efnainnihald frá þessum stöðum er mjög áþekkt og bendir ekki til djúpkerfis með heitara vatn en 40°-45°C. Við fjarðarbotninn að norðanverðu er Ásmundarnes [91]. Er þar 32°C heitt vatn, sem um tíma var notað til fiskeldis. Efnahiti bendir ekki til þess, að þarna sé að vanta heitara vatns með borun.

Við Höfðann yst á Kaldrananesi, sem er við sunnanverðan Bjarnarfjörð er 39°C heit, vatnslítil laug [97]. Efnainnihald sýnis, sem þar var tekið 1976, bendir til þess, að vatnið sé komið frá djúpkerfi með 55°C hita skv. jafnvægi við kalsedón, en feldspathiti segir 70°C. Heldur meira klór mælist í vatninu við Kaldrananes heldur en annars staðar í Bjarnarfirði, enda næst sjónum.

Af þeim efnagreiningum, sem til eru frá Bjarnarfirði verður ekki séð, að takast megi að afla heitara vatns en 40-45°C nema þá í Goðdal og Kaldrana-

nesi. Hins ber þó að geta, að sýnin, sem þessar niðurstöður eru byggðar á, eru öll tekin um sumartíma þ.e. síðast í ágústmánuði. Bændur telja hins vegar, að heitavatsrennsli minnki allnokkuð yfir veturinn, en aukist fljótlega í leysingum. Leiðir þetta hugann að hugsanlegri blöndun grunnt undir yfirborði. Sýni tekið að áliðnum vetri myndi því gefa hvað marktækastar niðurstöður um raunverulegan efnahita. Ekki er þess þó að vænta, að þær niðurstöður myndu leiða til allverulegrar hækkunar í efnahita.

Um 6 km fyrir innan Drangsnæs er Hveravík [98]. Þar kemur upp tæplega 80°C heitt vatn. Úr Girðishver renna um 2 l/s, en undan og við ónýta sundlaug koma 3-4 l/s (áætlað). Kunnugir telja, að vatn komi víða upp í sjónum grunnt út af hverunum. Sennileg gangastefna er í norðnorðaustur eða í áttina á Kaldrananes, sem er í 10-11 km fjarlægð. Boruð var 100 m djúp hola árið 1965 rétt hjá sundlaugarhrófinu og í borlok runnu úr henni 0,5 l/s af 76°C heitu vatni. Kalsedón- og feldspathiti benda til að vatnið sé ættað úr djúpkerfi með 110°C hita. NaKCa-hiti bendir til 127°C hita, sé β -stuðullinn 1/3 notaður. NaK-hiti segir rúmar 90°C. Líkur eru því fyrir, að fá megi um eða yfir 100°C heitt vatn við borun takist að hitta heitustu vatnsæðina. Vatnið er sjávarblandað svo sem Na/Cl-hlutfallið gefur til kynna. Nokkuð brennisteinsvetni mælist í vatninu (0,4-0,5 ppm). Allmiklar útfellingar eru við uppkomustaðina. Gera má ráð fyrir, að til- lit þurfi að taka til tæringar- og útfellingarvandamála, komi til hitaveituhönnunar frá Hveravík.

Kononov og Polak (1978) mældu heliumhlutfall $^3\text{He}/^4\text{He}$ í laugum og hverum á Íslandi. Fundu þeir út, að hæst hlutfall var í Hveravík og settu fram þá tilgátu, að þar myndi upprunalegast jarðgas, þ.e. möttulgas.

Þorvaldur Thoroddsen (1910) gerir því skóna, að hverasvæðið hafi breytt sér, síðan Olavíus reit ferðasögu sína 1777 til þess tíma er hann var þar á ferð 1886-7. Hugsanlega gæti slíkt hafa átt sér stað, en af skrifum Olavíusar (Ólafur Olavíus 1965) virðist þó mega ráða, að hann hafi farið þarna um á flóði, en þá er einmitt töluverður hluti uppkomustaðanna á kafi. Ekki er ósennilegt, að Þorvaldi hafi yfirsést að taka tillit til þessa.

Að Litla-Fjarðarhorni [99] var boruð 350 m djúp hola haustið 1971. Vatn kom inn í holuna á 30 m dýpi og 12/8 1977 rann 0,3-0,4 l/s af 43,8°C heitu

vatni úr holunni. Botnhiti er 53°C. Efnasamsetning vatnsins gefur til kynna smávegis kalkundirmettun. Kísilhitinn er miklu hærri en mældur hiti og eins eru hinir efnahitarnir hærri mældum hita. Útreikningar benda til að vatnið sé í jafnvægi við Na/K-feldspata við kísilhita.

Efnainnihald laugarinnar fyrir innan Ljúfustaði [100] er mjög keimlíkt því sem er í borholunni við Litla-Fjarðarhorn enda ekki nema um 4 km á milli þeirra utan í sama misgenginu (Kristján Sæmundsson o.fl. 1972). Víðar eru volgrur á þeirri leið, en sýni úr þeim hefur ekki verið tekið. Allnokkuð brennisteinsvetni (0,5 ppm) mælist við Litla-Fjarðarhorn. Þess verður ekki vart við Ljúfustaði enda er laugin í mýri og frekar hár magnesíumstyrkur bendir til grunnvatnsblöndunar. Na/Cl-hlutfallið bendir þó ekki til að um verulega blöndun sé að ræða. Feldspat og kalsedónhitar eru nánast þeir sömu fyrir báða staðina 86-100°C. Benda þeir til mun heitara vatns í djúpkerfi heldur en yfirborðshiti segir til um. Ætla verður þetta svæði fýsilegt til borunar.

Þambárvallalaug [101] er 20-30 m y.s. á melnum norðvestur frá bænum Þambárvöllum. Í lauginni er þó nokkuð bólustreymi, sem kemur í hviðum. Við heitasta uppstreymið mælist tæplega 20°C hiti. Áður fyrr mældist þar 28°C hiti, en eftir að tundurdufl var sprengt þar fyrir á árum jókst rennsli en hitastig lækkaði. Eins og áður hefur verið sagt frá má notast við gamlar klórgreiningar. Af samanburði Cl-mælinga, sem fyrir hendi eru (tafla 8) má ráða, að áður fyrr hafi vatnið verið bæði heitara og klórríkara en nú.

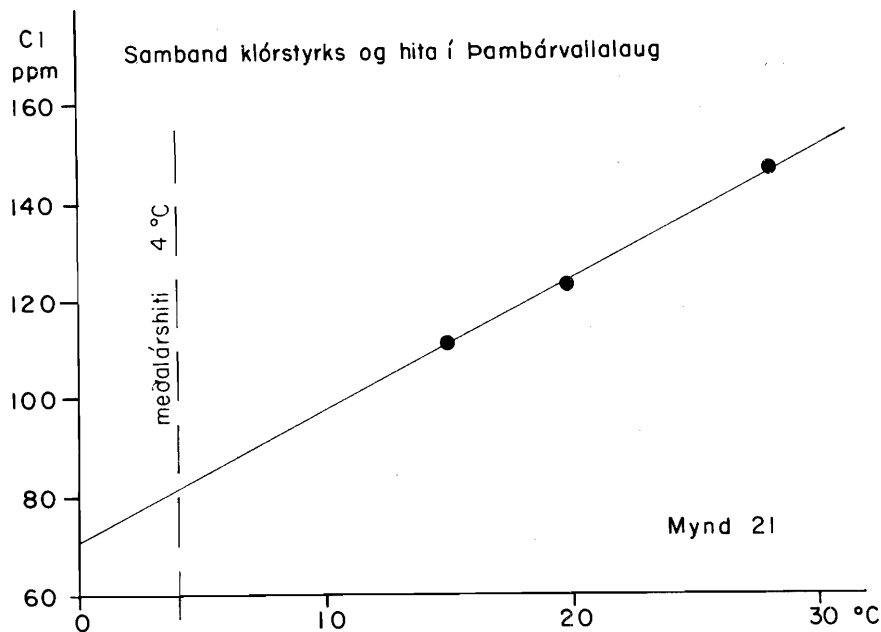
TAFLA 8

Klórstyrkur og hitastig Þambárvallalaugar

Ártal	Hiti °C	Cl í ppm
1944	28	146,0
1960	15,0	111,0
1977	19,8	123,3

Séu þessir þættir dregnir upp á línurit kemur í ljós, að mjög góð fylgni er milli hitastigs og klórstyrks (mynd 21).

JHD-JEF-4000 - J.Ben
81.03.0318. '0D



MYND 21

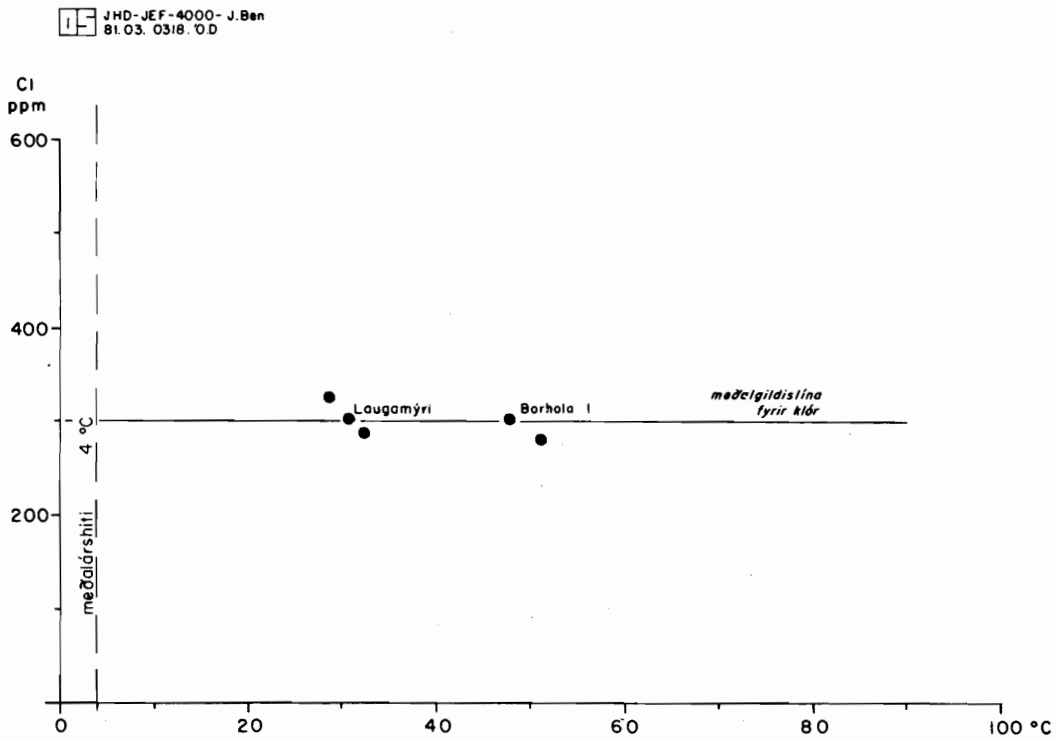
Samband klórstyrks og hita í Þambárvallalaug

Ef reiknað er með 4°C meðalárshita og sama grunnvatnshita, má álykta að klórstyrkur þess vatns sé 81 ppm, en dýpra sé að finna heitara og klór- ríkara vatn. Na/Cl-hlutfallið er fremur lágt miðað við hitastig og bendir til sjávaráhrifa. Kalsedónhitinn reiknast 89°C og feldspathiti 75°C. Ef gert er ráð fyrir að 80°C heitt vatn sé að finna í djúpkerfinu má með fram- reiknun, sbr. mynd 21, búast við að klórstyrkur þess sé um það bil 270 ppm. Við mældan hita reiknast vatnið dullítið yfirmettað af kalsíti, en smávegis útfelling er umhverfis laugarfrárennslið.

Í Laugamýri ≈1 km fyrir norðan Borðeyrarkauptún hafa verið boraðar tvær grunnar holur, Borðeyri H-1 og H-2, fast við hvor aðra árin 1964 og 1965. Úr annarri þeirra (H-1) rennur lítilsháttar og voru efnagreind vatnssýni þaðan árin 1972 og 1973. Kalsedónhiti og feldspathiti í borholunni gefa til kynna 90-100°C hita, en úr henni rennur tæplega 50°C heitt vatn. Í Laugamýri hafði áður mælst rúmlega 30°C hiti.

Klóríðgreiningar þaðan frá 1944, 1950 og 1960 benda til svipaðs styrks og mælist í borholunum, þ.e. nálægt 300 ppm og Na/Cl-hlutfallið bendir til töliverðrar blöndunar. Þegar samband hita og klórstyrks í Laugarmýri og

borholu 1 er borið saman kemur í ljós nokkur munur í hitastigi (mynd 22). Hinsvegar er klórstyrkur áþekkur í lauginni og holunni. Má því ætla að hitastigsmunurinn sé vegna leiðnikólnunar sökum tregs rennslis til yfirborðs í laugina. Eins og bent hefur verið á í kafla 2 um eldri greiningar er kísilstyrkur sýna frá 1959-1960 að meðaltali 5% hærri heldur en mælist nú í sömu laug. Styrkur kísils í laugavatninu hefur mælist svipaður því sem er í borholuvatninu og styður þær hugmyndir að blöndun sé ekki afgerandi kólnunarpáttur.



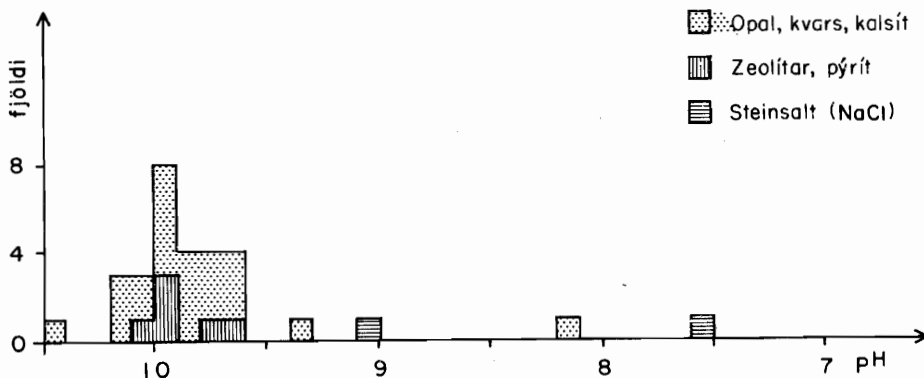
MYND 22

Samband klórstyrks og hita í Laugamýri og borholu 1 við Borðeyri

8 ÚTFELLINGAR

Í grennd við jarðhitastaðina var safnað útfellingum sem ætla mátti að fallið hefðu út úr heita vatninu við kólnun. Útfellingin var skafin af steinum, mulin og 35 sýni greind með "röntgendiffraktion", aðferð (XRD) og niðurstöður birtar í töflu 9. Niðurstöðunum má skipta í 4 flokka, í fyrsta hópnum eru þær steindir, sem búast má við að myndist vegna ofgnóttar tiltekins efnis sökum röskunar hitastigsháðra efna og jafnvægja, þ.e. opal, kvartz og kalsít. Í öðrum hópnum eru nokkurs konar setsteindir, þ.e. þær myndast að einhverju eða öllu leyti vegna uppgufunar, s.s. gips, halít (steinsalt). Í þriðja lagi eru zeólítar og einnig má nefna pyrít, sem fannst í einu sýni. Plagíóklasar mældust í nokkrum sýnanna og mynda síðasta hópinn. Þeir tilheyra þó ekki útfellingunum, en koma til vegna þess að skafist hefur eitthvað af berginu með útfellingunum ofan í steininn og því eru plagíóklasar einungis mælikvarði á óhreinindi. Á mynd 23 má sjá skiptingu þriggja aðalhópanna eftir sýrustigi.

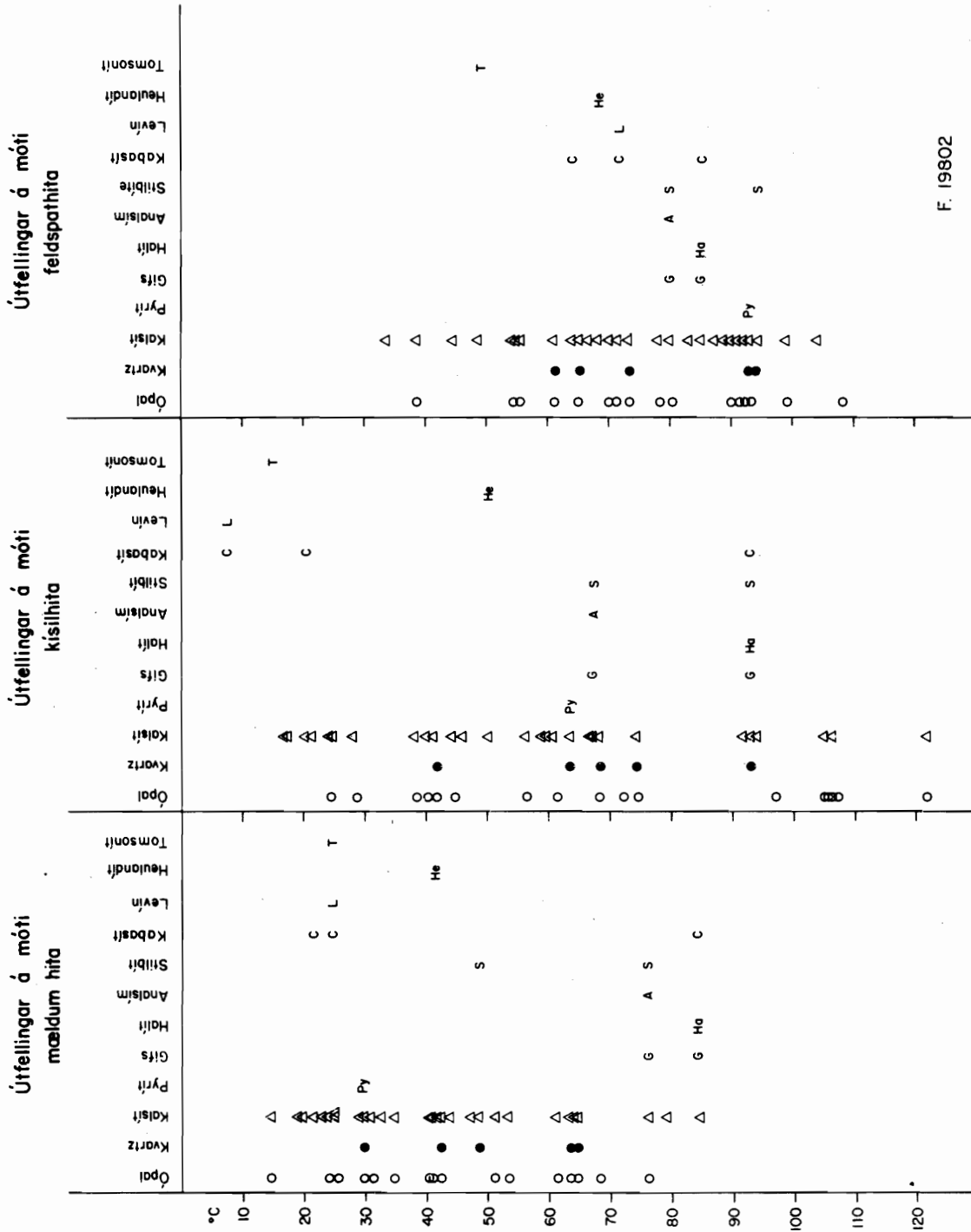
Ísafj. JEF - J-Ben.
800723. F.19794 E.K.



MYND 23

Tíðni útfellinga á móti sýrustigi

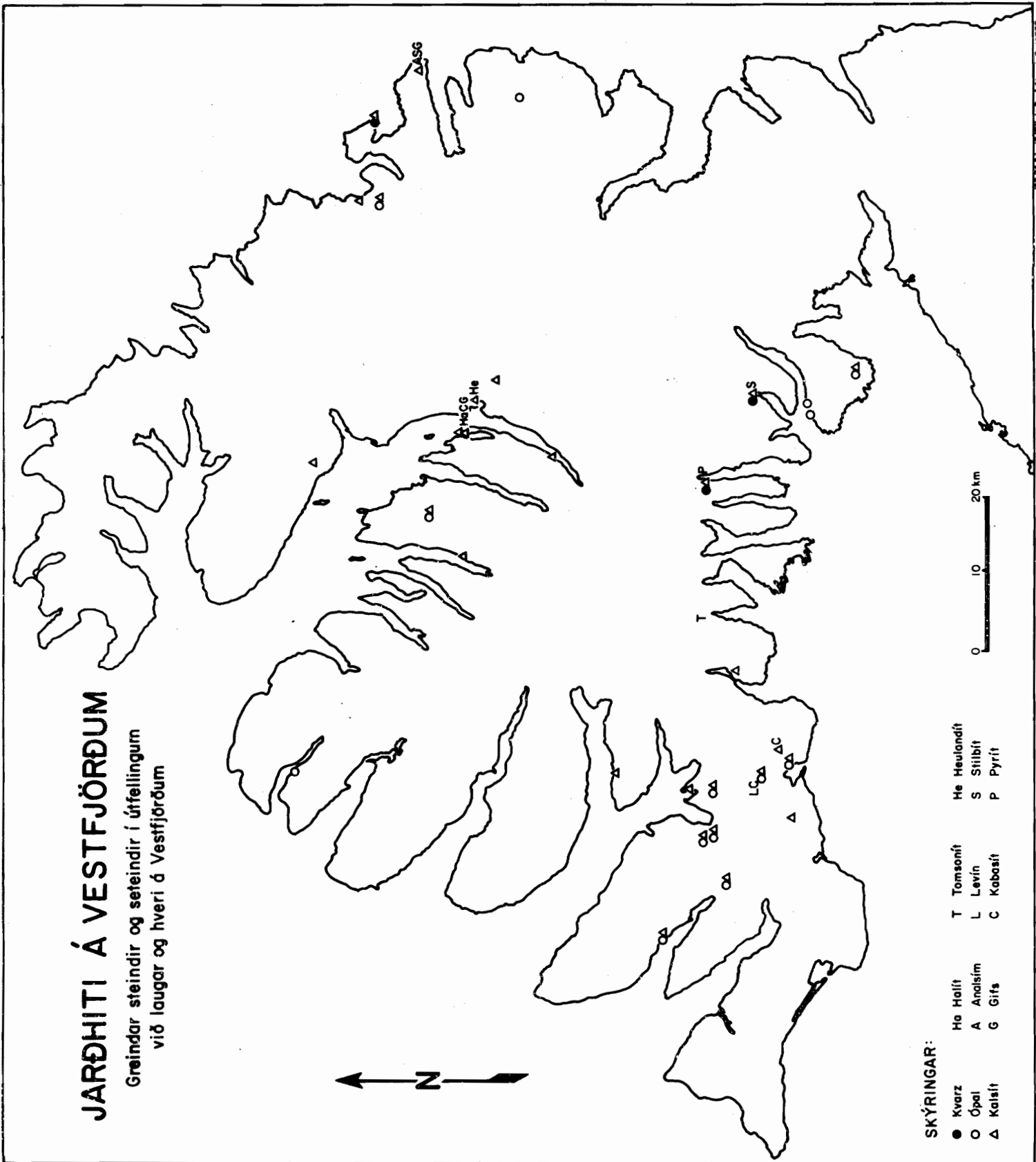
Mynd 24 sýnir hvernig þessar steindir raðast eftir mældum laugarhita, kalsedónhita og feldspathita, en mynd 25 staðsetningu. Ein eða fleiri steindir úr fyrsta floknum mældust í öllum nema tveim sýnanna, þ.e. Kjálkafjarðar-árgljúfri og Hagagarði. Sameiginlegt þeim er kalsedónhiti lægri en mældur hiti, en það er þó víðar. Eins blandast heita vatnið snarlega köldu og á þetta við alla staðina þar sem zeólítar hafa mælst í útfellingum.



F. 19802

MYND 24

Útfellingar á mótum mældum hita, kalsedónhita, kalsedónhita og feldspathita



MYND 25

Greindar steindir og seteindir í útfellingum við laugar og hverri á Vestfjörðum

MOOSE & JENSEN 11 Nord Street F. 19737

Opal: (SiO_2 ókristallað) finnst á 16 stöðum sem útfelling við jarðhita-
staði á Vestfjörðum frá 14°C - 76°C hita. Hitabilið er 19°C - 122°C miðað
við kalsedónhita og 38°C - 108°C með tilliti til feldspathita.

Kvartz: (SiO_2 kristallað) finnst á 5 stöðum á milli 30°C og 64°C . Kalse-
dónhiti og feldspathiti fjögurra sýnanna er mjög svipaður eða 62 - 94°C , en
á einum sýnatökustaðnum, Skipadalsá, er ekki nema 42°C kísilhiti.

Kalk: (CaCO_3) er langalgengasta útfellingin og fellur út við 28 laugar á
hitabilinu 14 - 84°C . Kalsedónhiti þar er 17 - 122°C og feldspathiti 34 - 104°C .
Í Akurvík mældist lágt sýrustig pH 7,52, en samt sem áður reyndist kalsít-
vottur í útfellingunni.

Pyrít: (FeS_2) mældist í útfellingu frá Laugaskeri í Kollafirði ásamt
kvartzi, kalsíti og plagíóklasi. Pyrít myndast ekki nema í mjög basísku
og afoxandi vatni ($4\text{FeS}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{++} + 7\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_4^{-2}$). Vatnið sem
kemur upp í Laugaskeri er mjög basískt, pH ≈ 10 , og lítið súlfat (13,9 ppm)
mælist í því og ekkert brennisteinsvetni. Hins vegar fellur sjór yfir
skerið meiri hlutann af sólarhringnum, en þrátt fyrir það má ekki líta
fram hjá þeim möguleika, að um óhreinindi sé að ræða, en tilvera plagíó-
klas í sýninu bendir til þess. Aðstaðan á staðnum er þó þannig að þarna
er um sker að ræða úti í miðjum leirum og er eingöngu myndað úr útfelling-
um og samanlímdum óhreinindum sem berast að með sjónum.

Gifs: (CaSO_4) greindist á tveim stöðum, þ.e. í Akurvík þar sem heita
vatnið inniheldur 2480 ppm Cl og reiknast það vera anhydritmettað, og í
holtinu upp af Reykjanesi við Djúp, en þar reiknast vatnið mjög nálægt
anhydritmettun, en Cl^- styrkur er aftur á móti ekki nema 395 ppm.

Halít: (NaCl) er kristallað salt og kemur fyrir í sömu útfellingu og
gips á Reykjanesi við Djúp.

Zeólítar geta auðveldlega myndast úr ákveðnum efnum á yfirborði lands þar
sem sýrustig (pH) er hátt vegna mikils styrks natríum karbónats/bíkarbón-
ats vegna uppgufunar og útfellinga (evapotranspiration) (Hay 1978). Zeó-
líta hefur orðið vart í 6 útfellingarsýnanna. Sameiginleg yfirborðsein-
kenni eru þau, að heita vatnið blandast fljótt köldu grunnvatni og útfell-
ingar setjast á steina þar sem vatnsfasarnir koma saman.

Analsím: ($\text{Na}_{16} [\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$). Aðal katjón er Na. Fannst í út-
fellingu frá Akurvík (76°C , pH $\approx 7,5$ og Cl ≈ 3500 ppm), en analsíms er helst
að vænta úr súrum lausnum, sem leyst hafa aðra zeólíta og myndast þá skil-
yrði fyrir analsím.

Stilbít: ($\text{Na}_2\text{Ca}_4 [\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}] \cdot 34\text{H}_2\text{O}$) fannst í útfellingu frá Akurvík
og Djúpadal. Aðalkatjón er ýmist Ca eða Na.

Kabasít: $(Ca_2 [Al_4Si_8O_{24}] \cdot 13H_2O)$ varð vart á Reykjanesi við Djúp og tveim stöðum í Barðastrandarhreppi. Aðal katjón er Ca eða Na. Þessi zeólít er tíðastur í efsta zeólítabeltinu hér á landi (Walker 1960).

Levín: $(Ca_3 [Al_6Si_{12}O_{36}] \cdot 18H_2O)$ fannst í einu útfellingasýni frá Barðastrandarhreppi og þá með kabasít. Aðalkatjón er Ca en levín finnst gjarnan í efsta beltinu (kabasít-beltinu).

Heulandít: $(Ca_4 [Al_8Si_{28}O_{72}] \cdot 24H_2O)$ finnst að Nauteyri en Ca er aðalkatjónin.

Tomsonít: $(Na_4Ca_8 [Al_{20}Si_{20}O_{80}] \cdot 24H_2O)$ fannst í 180/190 m y.s. í Kjálka-fjarðarárgljúfri. Aðalkatjón er Ca eða Na. Aðstæður á staðnum eru þannig að ≈ 9 l/s af 24°C heitu vatni buna út úr klettavegg undan millilagi. Breiðir vatnið síðan úr sér eftir árklöpp. Þó nokkur útfelling er á klöppinni, en að auki mikið um lindýr og þörungum. Ljósleit útfellingin er víða um klöppina, hvergi mjög þykk, víðast 0,5-1 mm. Einungis thomsonít greindist í sýninu.

Mynd 23 sýnir tíðni útfellinga á móti sýrustigi. Þar sést að opal, kvartz og kalsít falla yfirleitt úr vatni með hátt sýrustig pH $>9,6$. Eins er með zeólíta. Þeir virðast myndast úr vatnið með pH $\geq 9,6$. Steinsalt kristallast við uppgufun á vatni með pH 7,5 og pH 9.

Samanborið við beltaskiptinguna, sem Hrefna Kristmannsdóttir og Jens Tómasson (1978) settu fram, virðast þessi fáu zeólítamerki falla allþokkalega að hitastiginu. Þrátt fyrir erfiðleika við söfnun má þó telja víst, að skilyrði til zeólítamyndunar á yfirborði í tengslum við jarðhitavatn séu fyrir hendi. Fyrr hefur verið nefnt, að á öllum stöðunum, þar sem zeólítar greindust blandaðist heita vatnið fljótt köldu nema á Reykjanesi við Djúp. Þessar aðstæður er að finna víðar, þótt engir zeólítar hafi fundist í þeim útfellingum.

Niðurstöður XRD-greininga á útfellingarsýnum

	dags./nr	steindir	Hitastig °C		feldspathiti	Sýrustig pH/°C
			mældur hiti	kísilhiti		
Höllustaðir	760610-0208	opal+kalsít	61	89	92	9,80/20
Varmavík	760607-0204	opal+plkl.	41	97	80	9,61/20
Laugaland	760607-0201	opal+plkl.	68	106	108	9,74/21
Djúpidalur	760608-0205	kvars+kalsít+stílbít+plkl.	29	93	94	9,65/20
Laugasker	760608-0206	kvars+kalsít+pýrit+plkl.	48	63	93	9,97/20
Kjálkafj. gljúfur	760729-0235	thomsonít	25	15	49	10,00/23
Smiðjukleif	760728-0216	kalsít	19	21	48	10,07/23
Stórabrekka	760728-0224	kalsít+kabasít	21	20	64	9,84/24
Laugarmýrarhr.	760728-0225	opal+kalsít	34	40	78	10,08/24
Laugatungur	760726-0212	opal+kalsít	41	38	88	9,82/21
Hagagarður	760726-0215	levin+kabasít	24	7	60	9,89/21
Hagadalur	760801-0241	kalsít+plkl.	22	17	44	10,11/22
Botnsgil	760729-0232	opal+kalsít	29	28	55	10,20/23
St.Laugardalur	760729-0229	opal+kalsít	51	61	90	9,89/23
Dufansdalur	760731-0240	opal+plkl.	46	130	108	9,74/23
Leitisnýri	760904-0288	opal+kalsít	14	122	65	9,98/21
Pernudalshv.	760802-0243	opal+kalsít	23	105	70	9,75/23
Vöðslur	760904-0290	kalsít+plkl.	32	60	87	9,97/19
Skipadalásá	760904-0291	kvars+opal+kalsít	42	41	65	10,21/19
Laugaból	760803-0248	kalsít	43	46	66	10,01/17
Laugar	760803-0111	kvars+opal+kalsít	63	74	61	9,80/17
Kálfavík	760804-0254	opal+kalsít	30	44	91	9,86/18
Laugardalur	1976	opal+kalsít+plkl.	53	56	71	10,00/22
Hveravík	760805-0260	kalsít	79	92	104	8,09/19
Reykjanes	760805-0261	kalsít+halite+gips+kabasít	84	93	85	9,01/19
Bjarnarstaðal.	760805-0259	kalsít	47	59	89	9,61/20
Hvannadalur	760903-0286	kalsít+plkl.	64	67	83	9,97/19
Nauteyri	760903-0287	kalsít+heulandít+plkl.	41	50	68	10,06/20
Unaðsdalur	760901-0279	kalsít+plkl.	19	17	55	9,38/22
Hvalárhólmur	760902-0267	kalsít+plkl.	25	24	33	10,20/24
Heitalaug	760828-0263	opal+kalsít+plkl.	25	24	38	10,46/17
Krossnes	760828-0264	kvars+opal+kalsít	64	68	73	10,03/18
Akurvík	760830-0268	kalsít+analsím+stílbít+gips	76	67	80	7,52/20
Hveratungur	760829-0265	opal	76	72	93	9,85/24

9 NÝTING JARÐHITAVATNS Á VESTFJÖRÐUM

Varmaafli miðað við nýtingu jarðhitavatns niður í 0°C er samtals í Barðastrandarsýslum án Reykhóla ≈29 þús kW, Ísafjarðarsýslum ≈33 þús kW og í Strandasýslu 22 þús kW. Jarðhitavatn er á einum stað á Vestfjörðum nýtt til verksmiðjureksturs, þ.e. við Þörungaverksmiðjuna að Reykhólum. Til beinnar húshitunar er jarðhiti notaður á Reykhólum og á Krossholti fara um 80 kW til húshitunar og til stendur að nýta 20-30 kW í viðbót. Íbúðarhúsið að Litla-Laugardal er hitað upp með jarðvarma. Á Suðureyri við Súgandafjörð er hitaveita fyrir kaптúnið og má reikna með að ≈1500 kW varmaafli sé notað í íbúðar- og iðnaðarhúsnæðum. Íbúðarhúsin að Botni og Hörgshlíð við Mjóafjörð nota um 10 kW hvort til upphitunar. Héraðsskólinn að Reykjanesi nýtir tæplega 600 kW til húshitunar og þvotta. Að Laugalandi í Nauteyrarhreppi eru notuð 30 kW til húshitunar. Í Reykjafirði í Snæfjallahreppi er sumarhús hitað allt árið með jarðhita og stendur til að tengja annað. Í Strandasýslu er íbúðarhúsið að Krossnesi hitað beint með jarðhita ≈10 kW og eins íbúðarhúsin að Svanshóli og Klúku í Bjarnarfirði. Inni í Goðdal eru hituð 2 sumarhús með jarðhita ágískað samtals um 15 kW.

Ekki er vitað til þess að á fleiri stöðum séu hús hituð með beinni nýtingu á ofna. Hinsvegar er kalt vatn forhitað til húshitunar á eftirtöldum stöðum: Laugalandi í Reykhólasveit og Reykjafirði í Suðurfjarðahreppi og eins Laugatún í Reykjafirði í Snæfjallahreppi. Nothæfar sundlaugar eru á eftirtöldum stöðum: Reykhólum, Laugalandi í Reykhólasveit, Krossholti, Sveinsreyri, Reykjafirði í Suðurfjarðahreppi, Laugum, Reykjanesi við Djúp, Reykjafirði í Snæfjallahreppi, Krossnesi og Laugarhóli. Einnig lítil plastlaug í Goðdal. Gróðurhúsarækt eður ylrækt er stunduð á nokkrum stöðum við Reykhóla. Að Laugalandi í Nauteyrarhreppi er gróðurhúsarækt og að Svanshóli og Laugarhóli eru minniháttar gróðurhús og einhver ylrækt og að Bakka í Bjarnarfirði er stunduð ylrækt í nokkrum mæli. Einnig er uppistandandi gróðurhús að Reykjanesi við Djúp, en engin rækt í því sem stendur. Til fiskeldis er folgt vatn notað á Sveinseyri og til skamms tíma Ásmundarnesi nú aflagt en mannvirkin standa. Eitthvað var fengist við fiskrækt á Asparvíkurdal með notkun jarðhitavatns en hætt nú. Að Laugalandi í Nauteyrarhreppi er jarðhiti notaður við heypurrkun. Í Bjarnarfirði er jarðhitavatn notað til neyslu í mat og drykk að Laugarhóli, Klúku, Baldurshaga, Odda og Svanshóli auk þess sem skepnum er brynnt með því.

JARÐHITI Á VESTFJÖRÐUM, NÝTING



SKÝRINGAR:

- Sundlaug – steyp
- ——— hieðin
- ——— tré/plast
- ——— ónýf
- Boðlaug
- Þrottlaug
- ▲ Húshlun
- △ Gróðurhús-yrakt
- ☆ Þörungverksmiðja
- Heyburkun
- Fiskeiði



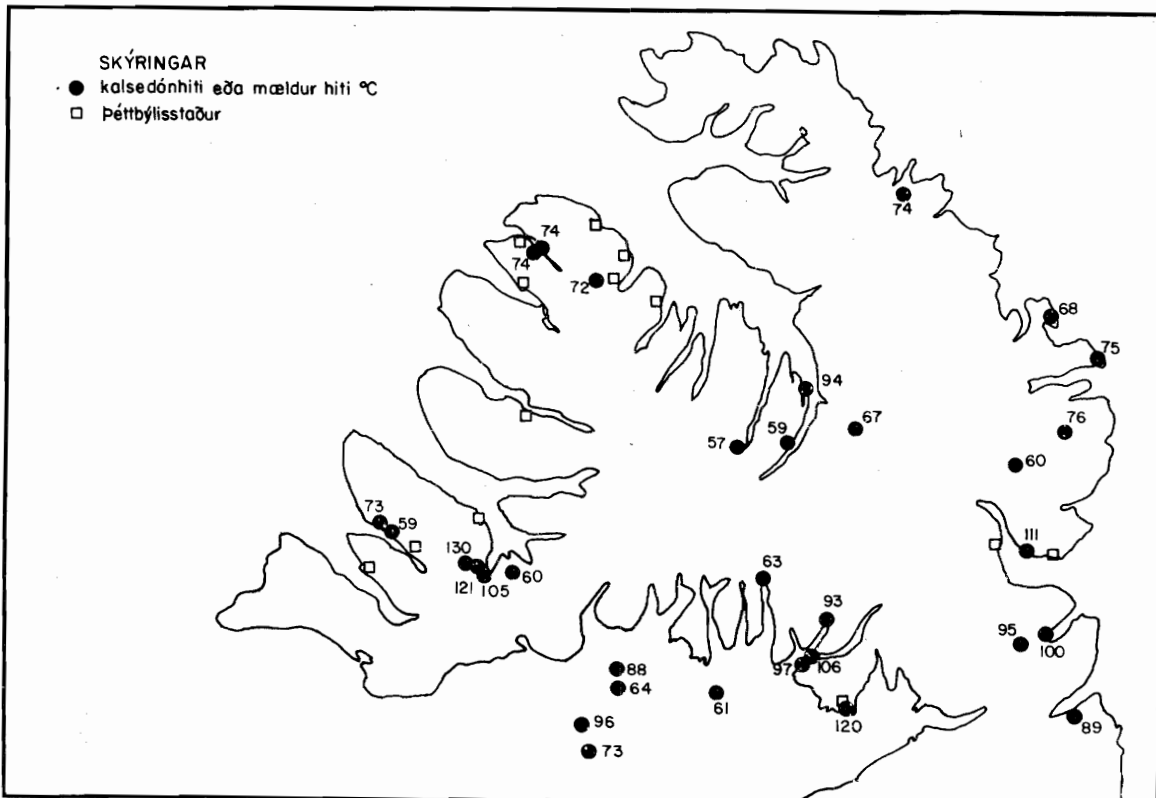
MYND 26

Jarðhiti á Vestfjörðum, nýting

Mynd 26 sýnir með táknum hvar og hverskonar jarðhitanyting er á Vestfjörðum.

Tafla 10 hér á eftir sýnir nýtinguna og hve mikið af þeim nýtanlega jarðhita sem auðvelt er að virkja fyrir ofan 40°C er nýttur.

Mynd 27 sýnir legu þéttbýlisstaða og þá jarðhitastaði þar sem mældur hiti eða efnahiti er yfir 60°C. Tafla 11 getur enn fremur um mældan hita og efnahita á þessum stöðum. Skyld er að vara við bókstaflegri trú á þær tölur sem hér eru settar fram. Þær eru fengnar með reikningum sem margir óvissuþættir grípa inn í. Oft er einnig matsatriði hversu mikla óvissu ber að nota. Í töflu 11 og á mynd 27 eru óvissuþættirnir ekki reiknaðir og ber því að taka tölurnar með varúð og hafa í huga að frávikið getur verið $\pm 5^\circ\text{C}$ til 15°C .



MYND 27

Jarðhitastaðir á Vestfjörðum, þar sem mældur hiti eða kalsedónhiti er um eða yfir 60°C

TAFLA 10

Nýting varmaafls á Vestfjörðum

Staður	Varmaaflnýting				Hlutfall varmaafls fyrir ofan 40°C sem notað er á tilheyrandi jörð
	Hús-hitun kW	Sundlaug kW	Gróðurhús kW	Annað kW	
REYKHÓLAHREPPUR					
Pörungaverksmiðja					
Reykhólaskóli	110	160			
Reykhólaþorp	200				
Grund			25		1
Laugaland	10	30			1
BARÐASTRANDARHREPPUR					
Krossholt	80	50			0,25
TÁLKNAFJARÐARHREPPUR					
Litli-Laugardalur H1	10	160			} 0,9
Sveinseyri				?	
SUÐURFJARÐAHREPPUR					
Reykjafjörður	10	50			0,5?
SUÐUREYRARHREPPUR					
Laugar	1450	150			1
REYKJAFJARÐARHREPPUR					
Botn	10				0,35
Hörgshlíð	10				1
Reykjanes	500	150			0,4
NAUTEYRARHREPPUR					
Laugaland	30		100		0,12
SNÆFJALLAHREPPUR					
Reykjafjörður	20	120			1
ÁRNESHREPPUR					
Krossnes	10	50		?	0,3
KALDRANANESHREPPUR					
Klúka/Laugarhóll	10	160		?	0,9
Svanshóll	10			?	0,9
Goðdalur	15	35			0,1

TAFLA 11

Staðir, þar sem kalsedónhiti er um eða yfir 60°C

Staður	Mældur hiti °C	Kalsedónhiti °C	Feldspathiti °C
Varmavík	41	97	80
Laugaland	68	102-106	104-108
Djúpidalur	29	93	94
Kollafjörður	48	63	93
Stóri-Laugardalur	51	(73)	69
Litli-Laugardalur H1	45	59	82
Dufansdalur	46	130	108
Leitismýri	14	122	99
Þernudalshvammur	22	105	70
Vöðslur	32	60	87
Laugar H2	63	71	75
Lásvík	26	79	78
Tungudalur H2	25	72	30
Botn	51	57	56
Reykjanesskóli	94	97	84
Bjarnastaðalaug	47	59	89
Hvannadalur	64	67	83
Reykjafjörður-nyrðri	63	56-74	68-72
Krossnes	64	68	73
Akurvík	75	67	80
Hveratungur	76	72	93
Goðdalur	58	60	59
Hveravík	79	111	111
Litla-Fjarðarhorn H1	44	100	86
Ljúfustaðir	47	95	89
Þambárvellir	20	89	75
Borðeyri H1	51	115-119	92-99

Af stöðum þar sem jarðhiti er vannýttur eða ekki notaður, en efnahiti eða ytri aðstæður benda til að hann sé vænlegur til húshitunar eru þessir helstir:

Djúpidalur: Þar er tæplega 30°C heit vatnssytra ekki mjög langt frá bænum og stendur herra, og gefur efnahita um 90°C. Ekki er ósennilegt að takast mætti með borun að fá nægilega heitt og mikið vatn til húshitunar. Áður þyrfti þó að fara fram gaumgæfileg könnun sem staðfest gæti martækni efnahitans.

Krossholt: Borhola 1 gefur nægilegt vatn til upphitunar á 10-15 húsum til viðbótar með sérhannað ofnakerfi.

Tálknafjörður: Efnahiti fyrir laugarnar í gili Laugardalsár gefur til kynna 60-70°C hita. Borun á þessum stað gaf ekki árangur sem skyldi. Úr borholunni við Gvendarlaugar eru nýttir 10 lítrar af 46°C heitu vatni fyrir sundlaug inni á Sveinseyri og upphitun á Litla-Laugardalsbæ. Efnahiti bendir til 60-70°C djúpkerfishita við Laugardalsá og samkvæmt honum vænlegasti staðurinn. Hins vegar bendir ýmislegt til þess að þarna séu mjög viðkvæm jarðhitakerfi sem ekki væru líkleg til að gefa mikið vatn til langtíma, þótt hiti þess væri nægur.

Bíldudalur: Í 12-14 km fjarlægð frá kaupúninu eru volgrur og laugar á þremur stöðum sem hafa efnahita er gefur fyrirheit um 70-100°C vatnshita: Leitismýri og Laugarholt í Dufansdal og í þriðja lagi við Þernudalshvamm. Fyrir olíuverðshækkun var ekki talið svara kostnaði að fara út í hitaveitulögn frá þessum stöðum til Bíldudals. Nú er öldin önnur og ekki úr vegi að gera grunna holu við Leitismýri með skoðholubor eða öðrum hraðvirkum höggbor til að kanna áreiðanleika efnahitans.

Laugardalur í Ögurhreppi: Inn við Reykjasel í Laugardal eru rúmlega 50°C heitar laugar með samanlagt rennsli um eða yfir 5 l/s. Þrjár eru langsamlega vatnsríkastar og virðist ekki vandkvæðum bundið að virkja. 6 km löng stofnæð niður dalinn með 3-4 l/s sjálfrennandi af rösklega 50°C heitu vatni ætti að vera meira en nóg til notkunar fyrir býlin fimm: Birnustaði, Laugaból, Hrafnabjörg, Blámýrar, Hagakot og einnig veiðihús. Þetta er nokkuð lægri vatnshiti heldur en frá miðstöðvarhitun og þyrfti sennilega að gera ráðstafanir varðandi ofnastærð ef til virkjunar kæmi.

Heydalur og Kelda í Reykjafjarðarhreppi hafa hugsanlega möguleika á að nýta um 45°C heitt til upphitunar hluta úr árinu.

Rauðamýri í Nauteyrarhreppi: Um 2 km fyrir innan bæinn og allnokkru herra yfir sjó eru a.m.k. 5 l/s af 60°C heitu vatni sem sýnist auðvelt að virkja. Frá Rauðamýri eru um 2 km út á Nauteyri.

Krossnes í Árneshreppi fær ríflega 60°C heitt sjálfrennandi vatn til húshitunar. Nægilegt vatn virðist þar fyrir hendi til upphitunar á 5 íbúðarhúsnæðum og verslunarhúsi í Norðurfirði, en þangað eru 4-5 km frá jarðhitnum.

Reykjanes í Árneshreppi: Þar er um 200 kW varmaafli fyrir ofan 60°C og um 700 kW fyrir ofan 70°C. Jarðhitinn er nokkuð dreift niður við klettahleina í fjörunni og er heita vatnið mjög seltu blandað og óhæft til beinnar notkunar á hitakerfi nema til komi varmaskipti. Nokkrir bæir eru í 2-4 km fjarlægð á Gjögri og Kjörvogi. Að heimavistarskólanum í Árnesi er 8-9 km, en jafnframt gætu 5 bæir notið góðs af hitaveitu frá Reykjanesi. Vegna staðhátta verður ekki séð að varmaskipti séu möguleg, nema þá með lélega nýtingu sem er hæpið að myndi duga Gjögurkjarnanum. Efnahiti gefur ekki fyrirheit um hærri hita og óvisst hvort tæringarhætta sé úr sögunni þótt heitt vatn fengist við borun dálítið fjar sjónum.

Bjarnarfjörður: Þar eru tveir bóndabæir Klúka og Svanshóll hitaðir með rétt rúmlega 40°C heitu vatni. Efnahiti gefur ekki vonir um heitara vatn en hins vegar virðist allmikið rennsli sem leiðir hugann að því hvort þarna væri hægt að setja niður varmadælu er myndi þá einnig nýtast Klúkuskóla/Laugarhóli, Baldurshaga, Odda og Bakka.

Hveravík er 6-7 km frá Drangsnestorpi, en í fjöruborði víkurinnar kemur upp nægilegt magn af heitu vatni til upphitunar fyrir þorpið. Efnagreining virðist ekki benda til þess að vatnið sé mjög tærandi en það kemur upp nokkuð dreift. Aflofta þyrfti þó vatnið þar sem það er gasauðugt og eins til að losna við áhrif brennisteinsvetnis (H_2S). Efnahiti spáir um 100°C heitu vatni, þannig að borun fyrir Drangsnest ætti ekki að vera áhættuspil ef rétt er að staðið.

Litla-Fjarðarhorn og Ljúfustaðir í Fellshreppi ættu að geta fengið 80-90°C heitt vatn við borun samkvæmt efnahita, en hann segir aftur á móti ekkert til um vatnsmagn. Tæplega 44°C heitt vatn seytlað upp úr borholu við Litla-Fjarðarhorn. Bæði er vatnsrennsli lítið og eins er frágangur holunnar það lélegur að ólíklegt er að svari kostnaði að leiða þar heim að íbúðarhúsinu enda myndi það enganveginn duga til upphitunar.

Þambárvellir í Óspakseyrarhreppi: Um 700 m inn og niður af íbúðarhúsinu er volgra sem hefur 70-80°C efnahita. Bor- og dælukostnaður er hinsvegar það mikill að óráðlegt er að leggja út í borun sem óvíst er hvort hitti heitavatnsæð.

Laugamýri er um 1,3 km frá Borðeyrarþorpi. Þar hafa verið boraðar 2 holur með litlum árangri. Efnahiti gefur fyrirheit um 90-100°C heitt vatn í djúpkerfi. Líkur eru því á að með borun megi fá nægilega heitt vatn fyrir byggðakjarnann.

Aðrir staðir sem merktir eru á mynd 26 en ekki er fjallað um í þessari skýrslu eru Breiðafjarðareyjar og Reykhólar, en mældur hiti á þeim stöðum er skráður í töflu 12.

TAFLA 12

Mældur hiti yfir 60°C í Breiðafjarðareyjum og Reykhólum

Staður	Mældur hiti °C
Reykhólar (borholur)	90-120
Odðbjarnarsker	73
Drápssker	96
Sandey	64
Reykey	88
Brandssund	61

Sumir þeirra staða á Vestfjörðum, sem borað hefur verið á, benda til viðkvæms jarðhitakerfis. Má þar benda á holu 1 Litla-Laugardal, þar sem bæði hitastig og rennsli snarminnkuðu við hömlulaust rennsli úr holunni. Ennfremur þá hættu sem skapast hefur við vinnslu holu 2 að Laugum í því

að draga inn sjó. Ákomusvæði úrkomu og snævar er lítið miðað við aðra jarðhitastaði á Íslandi og summsstaðar e.t.v. einungis um að ræða fjalllendið á milli tveggja fjarða. Telja verður því brýna nauðsyn að koma upp föstu eftirliti með þeim stöðum sem nú þegar virkja borholuvatn og gengið verði svo frá umbúnaði hola að vatn sé ekki tekið úr þeim að þarf-
lausu.

10 NIÐURSTÖÐUR

Eldri greiningum (fyrir 1968) er ekki treystandi nema Cl-mælingu og hitastigi.

NaKCa-hiti hentar ekki fyrir Vestfirði. Feldspathiti skv. Helgeson (1969) sýnir fylgni við mældan hita og kalsedónhita fyrir sýni úr Gufudalssveit, Reykhólahreppi, Strandasýslu og flest sýni úr Ísafjarðarsýslum. Hins vegar virðist annars konar Na/K-hiti ekki henta, nema þá fyrir stöku sýni úr Tálknafirði.

Af efnahitanum virðist kalsedónhiti gefa besta raun og er það í samræmi við reynslu frá öðrum hlutum landsins. Þó reiknast hann víða of lágur í Barðastrandarhreppi og Reykjafirði í Barðastrandarsýslu. Leitað hefur verið tengsla við blöndun en óljós svörun fundist. Líklegasta orsökkin talin stutt hvörfunarleið og/eða snögg kæling í uppstreymi ásamt og með blöndun. Ekki hefur verið reiknað með öðrum kleyfnistuðli fyrir kísil, en $10^{-10,42}$ við 20°C í útreikningum fyrir þessa skýrslu. Líkur eru á að fyrir sum sýnanna reiknist of lágur kalsedónhiti vegna breytinga á sýrustigsdúa (pH 9,22) við geymslu. Na/Cl-hlutfallið er hitastigsháð og hægt að nota það til mats á blöndun við grunnvatn og ef til vill greina frá of lágan kísilhita, sem stafar af blöndun.

Jarðhitastaðirnir í Strandasýslu sunnan Dranga virðast flestir tengdir norður- og norðnorðaustlægum og sumsstaðar norðaustlægum gangastefnum. Þar fyrir norðan og við Inn-Djúp er stefnan norðlægari. Sums staðar má sjá norðvestlaga brotastefnu liggja um jarðhitastaðina. Við Ísafjörð í Djúpi tengist jarðhitinn að einhverju norðvestlægum brotalínum.

Mun meira rennsli kemur víðast fyrst í stað úr borholum á Vestfjörðum heldur en er frá líður. Breytingar á efnainnihaldi með tíma eru sums staðar á þann veg, að katjónahitastig lækka. Er þetta öfugt við það sem áður er talið að gerist, sé svæðið að kólna.

Allgóðir möguleikar á öflun nógu heits vatns til upphitunar fyrir þéttbýliskjarna eru í nágrenni Bíldudals, Norðurfjarðar, Drangsness og Borðeyrar. Fjarlægari möguleikar á nýtingarhæfu vatni eru við Sveinseyri og Gjögur. Telja verður að 10-12 býli til viðbótar hafi möguleika á að notfæra sér jarðhitavatn til beinnar upphitunar allt árið eða a.m.k. 7-8 heitustu mánuðina.

Breytingar með tíma hafa orðið á efnainnihaldi, hitastigi og rennsli í holu 1 Litla-Laugardal og Óljósari einkenni áþekkra breytinga finnast sumstaðar annarsstaðar. Talið er að slíkt megi rekja til takmarkaðs svæðis sem vatnið fær að leika um í berggrunni áður en það leitar til yfirborðs. Til frekari glöggvunar væri ráðlegt að fylgjast með rennslis- og hitabreytingum í borholum á Vestfjörðum um einhvern tíma og taka vatn til efnagreininga tvisvar á ári, þ.e. á þeim árstímum sem reikna má með mestu og minnstu rennsli í berggrunni. Best er að velja holur sem eru með óhamlað rennsli svo sem: Flókalundur H-1, Geirseeyri H-1, Sveinseyri H-1 eða H-2, Stóri-Laugardalur H-1, Hanhóll H-1, Tungudalur H-2, borholu í Bjarnarfirði syðra, Litla-Fjarðarhorn H-1 og Borðeyri H-1. Er þess að vænta að slíkt eftirlit gæfi svör við hugsanlegri árstíðabundinni sveiflu vegna aukins vatnsþrýstings og íblöndunar grunnvatns og þar með viðbótarþekkingu á stærð jarðhitasvæðisins.

RITASKRÁ

Auk rita sem vitnað er til í texta eru í skránni heimildir, sem stuðst var við án þess að til þeirra sé vísað í texta.

Atvinnudeild Háskólans: Efnafræði vatns. Handrit í vörslu Orkustofnunar, 94 s.

Arnórsson, S. 1969: A geochemical study of selected elements in thermal water of Iceland. An unpublished Ph.D. thesis, Univ. of London, 370 s.

Arnórsson, S. 1975: Application of the silica geothermometer in low-temperature hydrothermal areas in Iceland. Am. J. Sci., 275, 763-784.

Arnórsson, S. 1977: Changes in the chemistry of water and steam discharged from wells in the Námafjall geothermal field, Iceland, during the period 1970-76. Jökull, 27, 47-59.

Arnórsson, S. 1979: Hydrochemistry in geothermal investigations in Iceland. Techniques and applications. Nordic Hydrology, 191-224.

Arnórsson, S., Grönvold, K. & Sigurdsson, S. 1978: Aquifer chemistry of four high-temperature geothermal systems in Iceland. Geochim. Cosmochim. Acta, 42, 523-536.

Axel Björnsson, Kristján Sæmundsson, Sigmundur Einarsson, Freyr Þórarinnsson, Stefán Arnórsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson & Þorsteinn Thorsteinsson, 1979: Hitaveita Akureyrar. Rannsókn jarðhita í Eyjafirði, áfangaskýrsla. Orkuatofnun, OSJHD-7827, 138 s.

Barnes, I., La Marche, V.C. jr. & Himmelberg, G. 1967: Geochemical evidence of present day serpentinization. Science, 156, 830-832.

Benedikt Steingrímsson, Jón Benjamínsson & Kristján Sæmundsson 1976:

Mælingar í borholu 2 Súgandafirði. Orkustofnun, OSJHD-7624, 8 s.

Bragi Árnason 1976: Groundwater systems in Iceland traced by deuterium.

Soc. Sci. Isl., Rit XLII, 236 s.

Einar Gunnlaugsson 1980: Borgarfjörður. Efnafræði jarðhitavatns.

Orkustofnun, OS80020/JHD 11, 61 s.

Einarsson, T. 1937: Über eine Beziehung zwischen heißen Quellen und

Gängen. Soc. Sci. Isl. Grein 1.2, s. 135-145.

Ellis, A.J. & Mahon, W.A.J. 1964: Natural hydrothermal systems and experi-

mental hot-water/rock interactions: Geochim. Cosmochim. Acta, 28,
s. 1323-1357.

Ellis, A.J. & Mahon, W.A.J. 1977: Chemistry and geothermal systems.

Academic Press, New York, 392 s.

Fournier, R.O. 1973: Silica in thermal waters: Laboratory and field

investigations. In: Proceedings of the International Symposium
on Hydrogeochemistry and Biogeochemistry, Japan, 1973-Vol. 1.
Hydrogeochemistry: Washington D.C., J.W. Clark, 122-139.

Fournier, R.O. 1977: Chemical geothermometers and mixing models for

geothermal systems. Geothermic., 5, 41-50.

Fournier, R.O. & Truesdell, A.H. 1973: An empirical Na-K-Ca geothermo-

meter for natural waters. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 1255-
1275.

Fournier, R.O. & Truesdell, A.H. 1974: Geochemical indicators of sub-

surface temperature-Part 2: Estimation of temperature and frac-
tion of hot water mixed with cold water. U.S. Geol. Survey Journ.
Res., 2., 263-269.

Fournier, R.O. & Potter II, R.W. 1979: Magnesium correction to the Na-K-

Ca chemical geothermometer. Geochim. Cosmochim. Acta, 43, 1543-1550.

Forunier, R.O., White, D.E. & Truesdell, A.H. 1974: Geochemical indicators of subsurfacetemperature, Part 1. Basic assumptions. U.S. Geol. Survey Journ. Res 2, 259-262.

Glover, R.B. 1977: Chemical and physical changes at Geysir valley, Wai-rakei, and their relationship to change in borefield performance. Geochemistry, DSIR, Bulletin 218, 19-26.

Guðmundur Ingi Haraldsson & Árný Erla Sveinbjörnsdóttir 1978: Jarðhitaathugun við Nauteyri, N-Ís. OSJHD-7848, 7 s.

Guðmundur Pálmason, Stefán Arnórsson, Ingvar B. Friðleifsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Kristján Sæmundsson, Valgarður Stefánsson, Benedikt Steingrímsson & Jens Tómasson 1978: Sjá Pálmason, G., Arnórsson, S., Friðleifsson, I.B., Kristmannsdóttir, H., Sæmundsson, K., Stefánsson, V., Steingrímsson, B., & Tómasson, J. 1978.

Guðmundur E. Sigvaldason 1966: Sjá Sigvaldason, G.E. 1966.

Gunnar Böðvarsson 1953: Í: Tímarit Verkfræðingafélags Íslands. s. 153.

Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1980: Krafla. Samsetning gass í gufuaugum. Orkustofnun, OS80027/JHD 16, 51 s.

Haraldur Sigurðsson 1967: Sjá Sigurðsson, H. 1967.

Haukur Jóhannesson, Freyr Þórarinnsson, Stefán Arnórsson, Jón Benjamínsson & Halldór Ármannsson 1979: Jarðhitaathugun á Snæfellsnesi. Orkustofnun (í útgáfu).

Hay, R.L. 1978: Geologic occurrence of zeolites. Natural Zeolites, 135-143.

Helgeson, H.C. 1969: Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures. Am. Sci., 267, 792-804.

Hrefna Kristmannsdóttir & Jens Tómasson 1978: Sjá Kristmannsdóttir, H. & Tómasson, J. 1978.

Ingvar Birgir Friðleifsson & Valgarður Stefánsson 1975: Jarðhitaleit í nágrenni Borðeyrar 1974. OSJHD-7547, 32 s.

Jarðboranir ríkisins 1951: Efnagreiningar á hverum og laugum. Jarðhitadeild Raforkumálaskrifstofunnar, 91 s.

Jarðboranir ríkisins: Borskýrslur Franks 1966.

Jarðboranir ríkisins: Borskýrslur Mayhew 1976, 1977, 1978.

Jarðboranir ríkisins: Borskýrslur Sullivan 1 1964.

Jarðboranir ríkisins: Borskýrslur Wabco 1976.

Jens Tómasson & Hrefna Kristmannsdóttir 1972: Sjá Tómasson, J. & Kristmannsdóttir, H. 1972.

Jóhann Jakobsson, Óskar B. Bjarnason & Hörður Jónsson 1960: Almennar rannsóknir. Í: Skýrsla Iðnaðardeildar árin 1947-1956. Reykjavík, Atvinnudeild Háskólans, 30-102.

Jón Benjamínsson 1979: Jarðhitastaðir í Ísafjarðarsýslu og í Árnes-hreppi fyrir norðan Dranga. Orkustofnun, OS79028/JHD 12, 86 s.

Jón Benjamínsson 1980: Jarðhiti í Kjálkafirði. Orkustofnun, OS-JBen-80/06, 3 s.

Jón Benjamínsson 1981: Jarðhitastaðir í Strandasýslu. Orkustofnun (í útgáfu).

Jón Benjamínsson & Jens Tómasson 1980: Bakvatn. Í: Dagskrá og ágríp. Ráðstefna um jarðhita 7. nóvember 1980. Jarðfræðafélag Íslands, 29-31.

Jón Benjamínsson & Sigmundur Einarsson 1981: Jarðhitastaðir í Barðastrandarsýslu. Orkustofnun (í útgáfu).

Jón Jónsson 1962: Skýrsla um jarðhitarannsóknir við Ísafjörð. Raforku-
málaskrifstofan, 5 s.

Jón Sólmundsson 1959 og 1960: Laugabók. Ferðir um Vestfirði. Handrit
í vörslu Jarðhitadeildar Orkustofnunar.

Kononov, V.I. & Polak, B.G. 1978: Geothermal activity of Iceland as a
reflection of its geological structures. Tectonophysics, 46,
135-157.

Krauskopf, K.B. 1967: Introduction to geochemistry. McGraw-Hill Book
Company, New York. 721 s.

Kristján Sæmundsson 1968: Jarðhitaathuganir í N-Ísafjarðarsýslu sumarið
1968. Orkustofnun, 14 s.

Kristján Sæmundsson 1971: Greinargerð um jarðhita í Árneshreppi, Stranda-
sýslu. Orkustofnun, OSJHD-7119, 8 s.

Kristján Sæmundsson 1977: Skýrsla um hitastigulsboranir á árinu 1976.
Orkustofnun, OSJHD-7731, 38 s.

Kristján Sæmundsson & Hjalti Franzson 1973: Um jarðhitarannsóknir og
neysluvatnsöflun á Vestfjörðum. Orkustofnun, OSJHD-73 , 7 s.

Kristján Sæmundsson & Gísli Karel Halldórsson 1979: Jarðhitaleit á Vest-
fjörðum vegna húshitunar. Orkustofnun, OS79013/JHD06, 29 s.

Kristján Sæmundsson & Þórólfur Hafstað 1974: Jarðhiti og boranir á
Norðurlandi vestra og Ströndum. Orkustofnun, OSJHD-74 , 16 s.

Kristján Sæmundsson, Stefán Arnórsson & Sigurður Benediktsson 1972:
Greinargerð um jarðhitarannsóknir í Fellshreppi, Strandasýslu.
Áætlun um borun við Litla-Fjarðarhorn, Strandasýslu, Orkustofnun,
OSJHD-72 , 22 s.

Kristján Sæmundsson, Þorsteinn Thorsteinsson & Axel Björnsson 1976:
Borun eftir heitu vatni í Tálknafirði. Orkustofnun, OSJHD-7607,
5 s.

Kristjánsson, L., Pätzold, R. & Preston, J. 1975: The paleomagnetism and geology of the Patreksfjörður - Arnarfjörður region of Northwest Iceland. Tectonophysics, 25, 201-216.

Kristmannsdóttir, H. & Tómasson, J. 1978: Zeolite zones in geothermal areas in Iceland. í: Natural Zeolites; Occurrence properties, use. Pergamon Press, 277-284.

Laufey Hannesdóttir 1974: Dæling úr neysluvatnsborholum á Borðeyri. OSJKD-7411, 3 s.

Laufey Hannesdóttir 1976: Vestfjarðavirkjanir. Orkustofnun, OSROD-7636, 45 s.

Mason, B. 1966: Principles of Geochemistry. John Wiley & Sons. Tokyo, 3. útg., 329 s.

Nordstrom, D.K. & Jenne, E.A. 1977: Fluorinity solubility in selected geothermal waters. Geochim. cosmochim. Acta, 41, 175-188.

Oki, Y., Suzuki, T. & Hirano, T. 1977: High pH ground-waters of the Tangawa Mountains, Japan. Proceedings of the second international symposium on water-rock interaction I, 11-14.

Ólafur G. Flóvenz 1977: Jarðhitaleit á Vestfjörðum 1976. Orkustofnun, OSJHD-7701, 41 s.

Ólafur G. Flóvenz & Kristján Sæmundsson 1976: Greinargerð um jarðhitarrannsóknir á Tálknafirði sumarið 1976. Orkustofnun OSJHD-7643, 4 s.

Ólafur G. Flóvenz & Kristján Sæmundsson 1977: Staðsetning holu 1 í Litla Laugardal í Tálknafirði. Orkustofnun, OSJHD-7722, 8 s.

Ólafur Flóvenz, Benedikt Steingrímsson, Jón Benjamínsson, Ásgrímur Guðmundsson & Kristján Sæmundsson 1976: Jarðhitarrannsóknir á Ísafirði. Orkustofnun, OSJHD-7655, 10 s.

Ólafur Olavíus 1965: Ferðabók II, Reykjavík, 383 s.

Orkustofnun 1976: Hitamælingar í borholum 1975. OSJHD-7651, 118 s.

Orkustofnun 1978 a: Hitamælingar í borholum 1976. OSJHD-7834, 145 s.

Orkustofnun 1978 b: Hitamælingar í borholum 1977. OSJHD-7855, 135 s.

Paces, T. 1975: A systematic deviation from Na-K-Ca geothermometer below 75°C and above 10^{-4} atm p_{CO_2} : Geochim. Cosmochim. Acta, 39, 541-544.

Pálmason, G., Arnórsson, S., Friðleifsson, I.B., Kristmannsdóttir, H., Sæmundsson, K., Stefánsson, V., Steingrímsson, B. & Tómasson, J. 1978: The Iceland crust; evidence from drillhole data on structure and processes. Í: Proceedings of the Second Maurice Ewing Symposium: Indications of Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean. Argon House, Tuxedo, New York, 43-65.

Pitzer, K.S. 1937: The heats of ionization of water, ammonium hydroxide, carbonic, phosphoric, and sulphuric acids. The variation of ionization constants with temperature and entropy change with ionization. Am. Chem. Soc., 59, 2365-2371.

Rannsóknarráð ríkisins 1944: Jarðhiti á Íslandi, I. alkalisk jarðhita-svæði. Reykjavík, Rannsóknarráð ríkisins, 177 s.

Seward, T.M. 1974: Determination of the first ionization constant of silicic acid from quartz solubility and borate buffer solution to 350°C. Geochim. Cosmochim. Acta, 38, 1651-1664.

Sigurðsson, H. 1967: Dykes, fractures and folds in the basalt plateau of western Iceland. Í: Iceland and Mid-ocean ridges. Soc. Sci. Isl. XXXVIII, 162-169.

Sigvaldason, G.E. 1966: Chemistry of thermal waters and gases in Iceland. Bull. Volc., XXIX, 589-604.

- Stefán Arnórsson 1969: Sjá Arnórsson,S. 1969.
- Stefán Arnórsson 1973: Uppleyst efni í heitu vatni. Orkustofnun OSJHD-7317, 132 s.
- Stefán Arnórsson 1975: Sjá Arnórsson,S. 1975.
- Stefán Arnórsson 1977: Sjá Arnórsson,S. 1977
- Stefán Arnórsson 1979: Sjá Arnórsson,S. 1979.
- Stefán Arnórsson & Einar Gunnlaugsson 1975: Leiðbeiningar um söfnun vatns og gassýna. Orkustofnun, OSJHD-7552, 42 s.
- Stefán Arnórsson, Karl Grönvold & Sven Sigurdsson 1978: Sjá Arnórsson, S., Grönvold,K. & Sigurdsson,S. 1978.
- Thorkelsson,Th. 1940: On thermal activity in Iceland and Geysir action. Soc. Sci. Isl. Rit XXV, 136 s.
- Thoroddsen,Th. 1910: De varme kilder på Island, Deres fysisk-geologiske Forhold og geografiske Udbredelse. Oversigt over D. kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger. Nr.2 og Nr.3, 97-257.
- Tómasson,J. & Kristmannsdóttir,H. 1972: High-temperature alteration minerals and thermal brines, Reykjanes, Iceland. Contr. Min. Petr., 36, 123-134.
- Trausti Einarsson 1973: Sjá Einarsson,T. 1973.
- Trausti Ólafsson 1950: Almennar efnarannsóknir. Í: Skýrsla Iðnaðardeildar árin 1945-1946. Reykjavík, Atvinnudeild Háskólans, 7-34.
- Truesdell,A.H. 1975: Geochemical Techniques in Exploration. Í: Proceedings of the Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco 20-29 May 1975. 1, 53-60.

- Truesdell, A.H. & Fournier, R.O. 1976: Procedure for estimating the temperature of a hot water component in a mixed water using a plot of dissolved silica vs. enthalpy. U.S. Geol. Survey Journ. Res.
- Valgarður Stefánsson 1974: Greinargerð um jarðhitaleit við Borðeyri. Orkustofnun, OSJHD-7401, 8 s.
- Valgarður Stefánsson, Kristján Sæmundsson & Stefán Arnórsson 1975: Jarðhitaathugun í Súgandafirði 1974. Orkustofnun, OSJHD-7503, 8 s.
- Valgarður Stefánsson, Kristján Sæmundsson & Stefán Arnórsson 1975: Skýrsla um athugun á jarðhita í Tálknafirði og tillaga um borun. Orkustofnun, OSJHD-7523, 11 s.
- Walker, G.P.L. 1960: Zeolite zones and dike distribution in relation to the structure of the basalts in eastern Iceland. J. Geol. 68, 515-528.
- Weissberg, B.G., Wilson, P.T. 1977: Montmorillonites and the Na/K geothermometer. Geochemistry, 31-34.
- White, D.E. 1970: Geochemistry applied to the discovery, evaluation and exploitation of geothermal energy resources. Í: UN Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources, Pisa, Proceedings. Geothermics. Special Issue, 1, Part 1, 58-80.
- Þorkell Þorkelsson 1940: Sjá Þorkelsson, Th. 1940.
- Þorvaldur Thoróðsen 1910: Sjá Thoróðsen, Th. 1910.

EFTIRMÁLI

Eins og drepið var á í inngangi var farið til Vestfjarða sumurinn 1976 og 1977 til að safna vatni til efnagreininga, gagngert í því skyni að sjá fyrir möguleika á nýtingu jarðhitavatts og eiginleika þess. Á þessum árum voru Stefán Arnórsson og Sven Sigurðsson að vinna að tölvuforriti er reikna skyldi styrk og virkni helstu efna og efnasambanda er líkleg væru til að taka þátt í efnahvörfum milli vatns og bergs. Hefur þetta forrit verið í mótun til skamms tíma. Er nú svo komið að nánast þarf ekki nema að ýta á einn hnapp til að fá tölvuútskrift um hæl á öllum helstu efnasamböndum og jafnvægisstuðlum við hvaða hitastig sem óskað er. Þegar úrvinnsla hófst á niðurstöðum efnagreininganna frá Vestfjörðum var tölvuúrvinnslan ekki lengra komin en svo, að handreikna þurfti á reiknivél öll helstu efnasambönd. Var það gert með reiknivél af tegundinni Casio fx-120. Þar eð reikningarnir sem gera þurfti eru allflóknir sumir hverjir dugði ekki eina geymd reiknivélarinnar. Við framkvæmd útreikninganna varð því ekki komist hjá að skrifa niður um 22 þús. tölustafi og einungis við útreikninga hinna ýmsu jónavægja telst svo til að þurft hafi 75183 áslætti á reiknivélina, og eru "íteringar" þá ekki taldar með. Er þetta ekki nema smá vísir að þeirri auknu hagræðingu sem komist hefur á í tölvuvinnslu á Orkustofnun síðustu 1-2 árin. Má þar til viðbótar benda á teiknivél sem tengd er tölvunni, en með tilkomu hennar er hægt að fá teiknuð ýms línurit á mjög skömmum tíma. Er þetta ekki aðeins vinnusparnaður og hagræðing heldur og styttnir útgáfu skýrslna um marga mánuði.

Hörður Svavarsson, jarðfræðingur á Orkustofnun sá um tölvukeyrslu og Hildigunnur Þorsteinsdóttir um röntgengreiningar, hvort tveggja unnið af mikilli kostgæfni.

Við lestur þessarar skýrslu ber að hafa í huga að hún er að mestu samin fyrir áramót 1980 og byggir því eingöngu á upplýsingum fyrir þann tíma.

V I Ð A U K I

Efnahiti

VIÐAUKI: Efnahiti

Kísilhiti

Styrkur leysts kísils í vatni stjórnast af efnajafnvægi við kísilsteindir. Eykst leysni með hækkandi hita. Breytistærðir fyrir útreikning á kísilhita eru þrjár: Sýrustig, styrkur kísils og kleyfnistuðull kísilsýru. Af sýrustigi ($\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$) vatnsins ræðst, hve mikill hluti mælds kísils ($\text{SiO}_2 = \text{H}_4\text{SiO}_4 + \text{H}_3\text{SiO}_4^-$) er óklofinn (H_4SiO_4). Sú stærð er notuð við útreikninginn. Kleyfnisfasti kísilsýru ($K_{\text{H}_4\text{SiO}_4}$), notaður á Orkustofnun, er fenginn skv. tilraunum Swards (1974) og framreiknaður af Stefáni Arnórssyni (1979) fyrir hátt pH-gildi skv. eftirfarandi líkingu, en gildi fastans ($-\log K$) er 10,42 við 20°C:

$$\log K = 2,84 \times 10^3/T + 2,78 \times 10^{-3}T - 1,87 \times 10^{-5}T^2 \quad (1)$$

Óklofinn kísill er fenginn samkvæmt jöfnunni:

$$|\text{H}_4\text{SiO}_4| = \frac{|\text{H}_3\text{SiO}_4| |\text{H}^+|}{K_{\text{H}_4\text{SiO}_4}} \quad (2)$$

Eftirfarandi jöfnur fengnar frá Fournier (1977) gilda fyrir útreikning á kísilhita, allt eftir því hvaða kísilsteind á í hlut. X er styrkur óklofins kísils.

$$\text{Opalhiti } ^\circ\text{C} = \frac{731}{4,52 - \log X} - 273,15 \quad (3)$$

$$\beta\text{-Kristobalíthiti } ^\circ\text{C} = \frac{781}{4,51 - \log X} - 273,15 \quad (4)$$

$$\alpha\text{-Kristobalíthiti } ^\circ\text{C} = \frac{1000}{4,78 - \log X} - 273,15 \quad (5)$$

$$\text{Kalsedónhiti } ^\circ\text{C} = \frac{1032}{4,69 - \log X} - 273,15 \quad (6)$$

$$\text{Kvarshiti } ^\circ\text{C} = \frac{1309}{5,19 - \log X} - 273,15 \quad (7)$$

$$\text{Kvarshiti (m. gufutapi) } ^\circ\text{C} = \frac{1522}{5,75 - \log X} - 273,15 \quad (8)$$

Við hérlendar a st dur gildir yfirleitt líking (6), þ.e. jafnvægi við kalsedón upp að 180 C hita, en þar fyrir ofan líking (7), jafnvægi við kvars.   sumum tilvika gildir líking (7) fyrir lægra hitastig.

Katjónahiti

Katjónahiti byggir á j naskiptajafnv gjum milli alkalij na   vatninu og þeirra, sem eru   silikatsteindum umlykjandi bergs. Settar hafa verið fram nokkrar líkingar fyrir Na-K hita. Tvær af þeim hafa verið notaðar allmikið, en þær eru grundvallaðar þannig, að mældur vatnshiti er lagður út   móti mældu Na-K-hlutfalli   sama vatni. Líking (9) er byggð   at-hugunum White og Ellis   hitastigsbilinu 100-275 C. Þessi gögn kynnti White 1970, en Truesdell (1975) birti síðar meir l kinguna, en kv r -unin er ekki talin örugg fyrir neðan 100 C en talin gilda   hitabilinu 100 - 275 C.

$$\text{NaK-hiti}_{(W\&E)} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{855,6}{\log(\text{Na/K}) + 0,8573} - 273,15 \quad (9)$$

Líking (10) sett fram af Fournier og Truesdell 1973:

$$\text{NaK-hiti}_{(F\&T)} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{777}{\log(\text{Na/K}) + 0,70} - 273,15 \quad (10)$$

  báðum þessum jöfnum (9) og (10) er styrkur efna   ppm.

Stefán Arnórsson (1979) setti fram líkingu (11). Er hún byggð   til-raunum Helgeson (1969) um jafnvægi Na-K-feldspata (l galb t og mikr l n)   lausn (styrkur efna   m le og hitastig (T)    K).

$$\text{Feldspathiti } ^\circ\text{C}: \log \text{Na/K} = -10,96 + 1709/T + 3,18 \log T \quad (11)$$

Fournier og Truesdell (1973) settu fram líkingu (12) byggða á styrk Ca auk Na og K (reiknað í mól). Er hún kvörðuð eftir löngum hitaferli og fyrir neðan 100°C er nær eingögnu stuðst við gögn frá Íslandi.

$$\text{NaKCa-hiti } ^\circ\text{C} = \frac{1647}{\log(\text{Na/K}) + \beta \cdot \log(\sqrt{\text{Ca/Na}}) + 2,24} - 273,15 \quad (12)$$

$$\beta = 4/3 \text{ fyrir } \sqrt{\text{Ca/Na}} > 1 \text{ og } t < 100^\circ\text{C}$$

$$\beta = 1/3 \text{ fyrir } \sqrt{\text{Ca/Na}} < 1 \text{ eða } t > 100^\circ\text{C}$$

Paces (1975) kom með tilgátu um leiðréttingarfasta $I = -1,36 - 0,253 \log P_{\text{CO}_2}$ fyrir kolsýruauðugt vatn (undir 75°C en $P_{\text{CO}_2} > 10^{-4}$ atm)

og skyldi honum bætt við nefnara NaKCa-hitans. Fastinn virðist þó ekki gilda við hérlendar aðstæður (Haukur Jóhannesson o.fl. 1978). Jafnan hentar ekki fyrir jarðhitavatn af Vestfjörðum.

Fournier og Potter (1978) benda á, að leiðrétta þurfi fyrir magníumríkt vatn með óvenju háan NaKCa-hita. Mg-styrkur jarðhitavatns á Vestfjörðum er mjög lágur og svo er víðast á Íslandi þannig, að þar sem þessi leiðrétting kemur til álita, breytir hún sáralitlu. Leiðréttingarlíkingunni fyrir Mg er því sleppt hér.

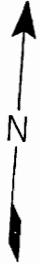
Fleiri kenningar hafa verið settar fram á stærðfræðilegu formi um efna-hita. Þær hafa þó ekki náð þeirri fótfestu eða tiltrú innan jarðefnafræðinnar sem líkingarnar hér á undan. Mest og best reynsla er af kísil-hita og má segja, að líking (6) gildi fyrir vel flest lághitavatn, og er hún notuð í þessari skýrslu. Katjónahiti hefur hins vegar ekki gefið jafngóða raun fyrir vatn $\gtrsim 150^\circ\text{C}$ hérlendis. Hins vegar er ljóst, að allgott samræmi er í millum feldspathita og kalsedónhita fyrir þau Vestfjarðasýni, sem ekki hafa kalsedónhita lægri mældum hita. Er þetta í samræmi við niðurstöðu Stefáns Arnórssonar (í G. Pálmason o.fl. 1978 og S. Arnórsson 1979) um efna-hita í djúpum borholum á Íslandi. Líklegt má því telja, að hvörfun við Na- og K-feldspata sé einna mest ráðandi þáttur í jónaskiptum vatns og bergs hér á landi. Líking (11) verður því að skoðast sem áreiðanlegasti katjónahitinn.

VESTFIRDÍR

YFIRLITSKORT

MYND I

- Laugasvæði
- Jarðhiti á yfirborði
- óstaðfestur
- Péttbýliskjarni
- Sýslumörk



0 10 20 25 Km



JHD-JEF-4000-J.Ben.
81.03. 0311 '00

JARÐHITI Á VESTFJÖRDUM, NÝTING

Mynd 26



SKÝRINGAR:

- Sundlaug – steyp
- Hlaðin
- Tré / plást
- Önyf

- Baðlaug
- Þvottalaug
- ▲ Hústiun
- △ Gróðurhús-yrækt

- ☆ Þerungoversmiðja
- Heyparkun
- Fiskeiði

