

Fjölnotkun jarðhita á sjóðandi lághitasvæðum

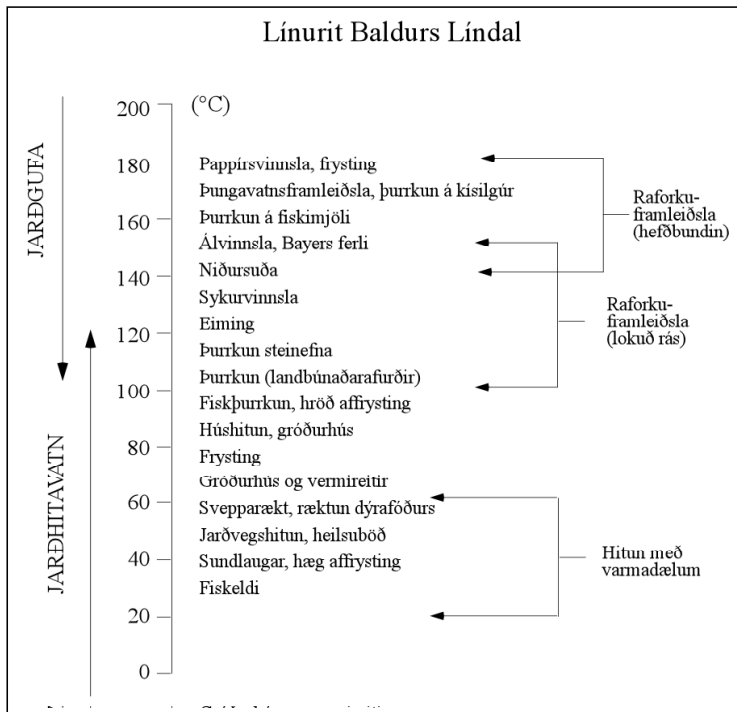
Stefán Arnórsson, Raunvísindastofnun HÍ

og

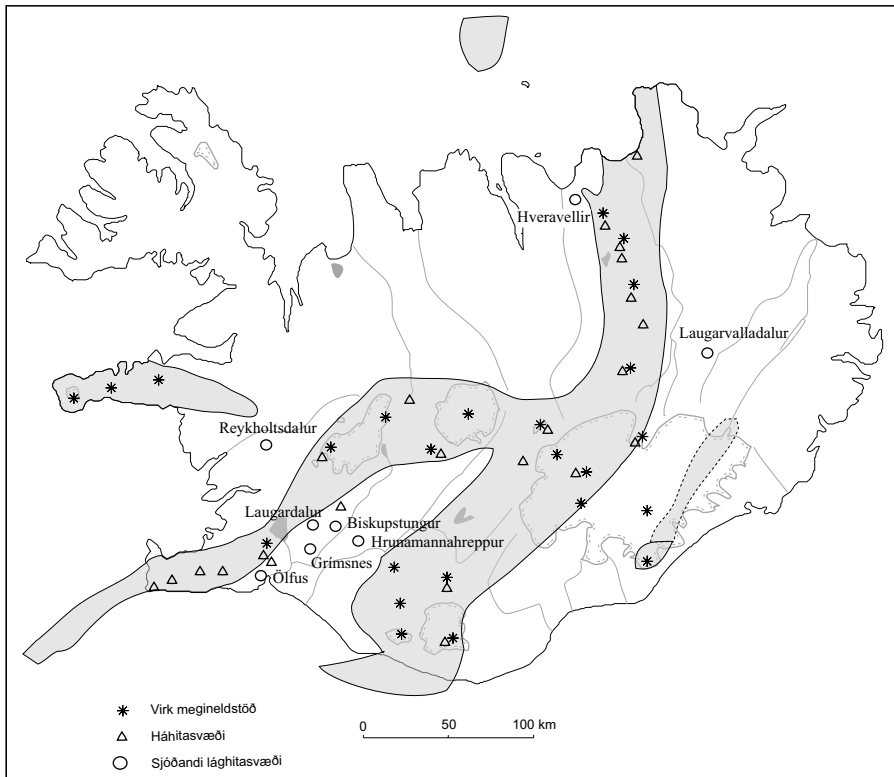
Sverrir Þórhallsson, Orkustofnun

INNGANGUR

Nýtingarmöguleikar jarðhitavatts og jarðgufu ráðast öðru fremur af hitastigi þess og efnainnihaldi. Vensl hita við notkunarmöguleika má lesa af línuriti sem kennt er við Baldur Líndal, efnavekfræðing (mynd 1). Í grein um jarðhitanýtingu til smáidnaðar í dreifbýli hafa frekari hugmyndir um nýtingu verið kynntar (María J. Gunnarsdóttir o.fl., 1995). Íslendingar hafa nokkra sérstöðu hvað varðar fjölbreytileika í notkun jarðvarma. Í Svartsengi og á Nesjavöllum hefur háhiti verið samnýttur til húshitunar og raforkuframleiðslu með góðum árangri tæknilega og á mjög hagkvæman hátt. Mörg háhitasvæði landsins eru á afskekktum stöðum. Af þeim sökum bjóða þau ekki upp á samnýtta nýtingu svipað því sem nú á sér stað í Svartsengi og á Nesjavöllum. Öðru máli gegnir um ýmis lághitasvæði þar sem hiti í berggrunni er 150°C, jafnvel hærri. Þessi svæði eru í byggð. Ófullkomnar upplýsingar liggja fyrir um stærð þessara svæða, hitastig í þeim neðan 1000 metra dýpis og lekt. Ástæða er til að kanna þessi svæði frekar með mælingum á yfirborði og borunum með það í huga að fjölnýta varmann í þeim.



Mynd 1. Línurit kennt við Baldur Líndal sem sýnir notkun vatns og gufu eftir hita.



Mynd 2. Sjóðandi lághitasvæði á Íslandi.

Nýting jarðhitavatns úr sjóðandi kerfum hefur nokkra kosti fram yfir hefðbundið hitaveituvatn. Varmaskiptar og nýtingarbúnaður verða afkastameiri vegna hagstæðari hitamunar (ΔT). Einnig gefst kostur á vinnsluferlum í iðnaði sem nýta hærri hita. Í iðnaði eru tækifæri til notkunar svo heits vatns t.d. við stórþvottahús, gerilsneyðingu og sóttþreinsun í matvæla- og lyfjaiðnaði, ásamt þurrkun af ýmsu tagi. Ekki má þó gera of mikið úr þessum kostum því í iðnaði hentar gufa mun betur sem varmagjafi og þá er kjörhitinn á gufunni á bilinu 150-180°

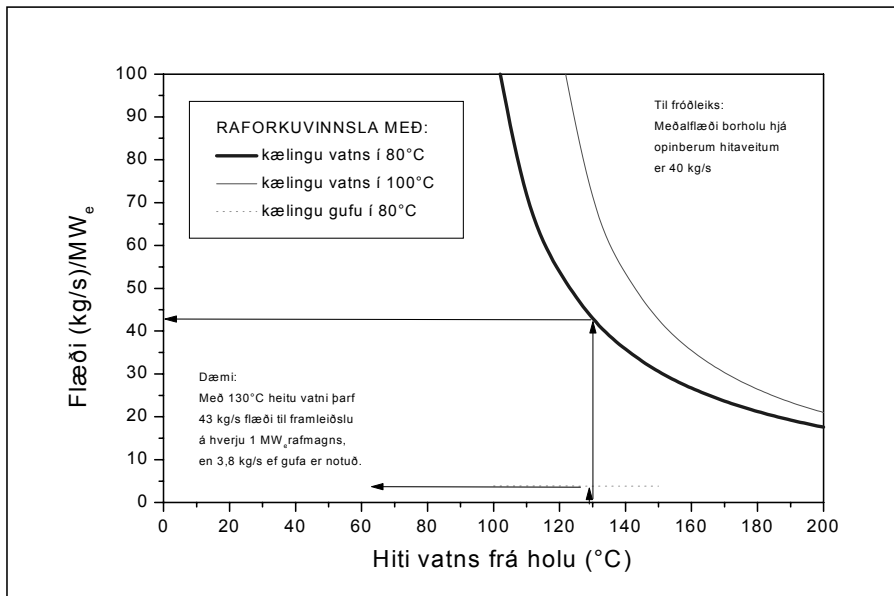
SJÓÐANDI LÁGHITASVÆÐI

Boranir í nokkur lághitasvæði sem liggja tiltölulega nálægt virku gosbeltunum sýna að hiti í þessum svæðum er allt að 165°C. Efnainnihald vatns í hverum á þessum svæðum þar sem ekki hefur verið borað gefur visbendingu um svipaðan hita, jafnvel hærri. Umrædd lághitasvæði eru í Laugardal í Árnassýslu, Biskupstungum, Grímsnesi, Hrunamannahreppi, Ölfusi, í Reykholtisdal og Hvítársíðu í Borgarfirði, á Hveravöllum í Reykjahverfi og Laugarvalladal (mynd 2). Sérstaklega er talið áhugavert að kanna svæðið í nágrenni Laugarvatns í Laugardal í Árnassýslu með djúpborunum. Hiti þar gæti reynst hærri en 200°C. Boranir á umræddum lághitasvæðum hafa til þessa verið bundnar við jarðhitastaði. Dýpstu holurnar eru innan við 1000 metra. Því er yfirleitt ekki vitað hvort hærri hita megi

finna með dýpri borunum eða hversu víðuáttumkil þessi svæði eru, þ.e. hvort afla megi heits vatns með borunum utan jarðhitastaða. Hér gæti verið um stóra auðlind að ræða sem býður upp á fjölþætta nýtingu.

RAFORKUFRAMLEIÐSLA

Talsverður áhugi er nú á aukinni notkun jarðhita til raforkuframleiðslu með vatni eða gufu á hitabilinu 100-200°C. Tvívökvahverflar eru til sem geta framleitt raforku úr heitu vatni með því að sjóða annan vökva sem hefur lægra suðumark til að knýja hverflana. Dæmi um þetta eru sjö 1,2 MW_e hverflar í Svartsengi, knúnir ísopentan, og 2 MW_e hverfill á Húsavík knúinn ammoníak-vatnsblöndu. Þótt þessi vinnsla rafmagns úr vatni sé möguleg með framangreindum aðferðum hefur hún hlotið litla úrbreiðslu á heimsvísu. Heitt affallsvatn er víða að hafa erlendis óskilyrt jarðhita (“waste heat”) án þess að til nýtingar þess hafi komið, þó svo að sölumenn umræddrar tækni hafi lagt sig fram í áraraðir. Stöðin á Húsavík er tilraunastöð en hverflagerðin sem er í Svartsengi hefur verið í framleiðslu í ýmsum útgáfum og einkum sett upp á jarðhitasvæðum. Varma- og aflfræðin sem þessi raforkuvinnsla byggir á er löngu þekkt en hagkvæmnin hefur takmarkað notkunina við þá staði þar sem varminn fæst nánast ókeypis. Nýlega kynnti Þorsteinn Sigfússon hálfleiðarakerfi, þar sem enginn hlutur hreyfist, en framleiðir þó rafmagn við varma-gegnumstreymi með tækni sem hingað til hefur einkum verið beitt til að kæla hluti (kælibox í sportjoppum). Sameiginlegt með framangreindum þremur aðferðum er að unnt er að breyta 10-12% af varmaafli í raforku, oft nefnt varmanýtni við raforkuframleiðsluna. Ekki verður farið út í að skýra ástæður þess að hún er ekki meiri, en þessi staðreynd er notuð til að sýna á mynd 3 hve mikið flæði vatns (kg/s) þarf til framleiðslu á 1 MW_e af raforku eftir því hver hitinn er á jarðhitavatninu, miðað við 11% varmanýtni og kælingu vatnsins ýmist í 80°C eða 100°C

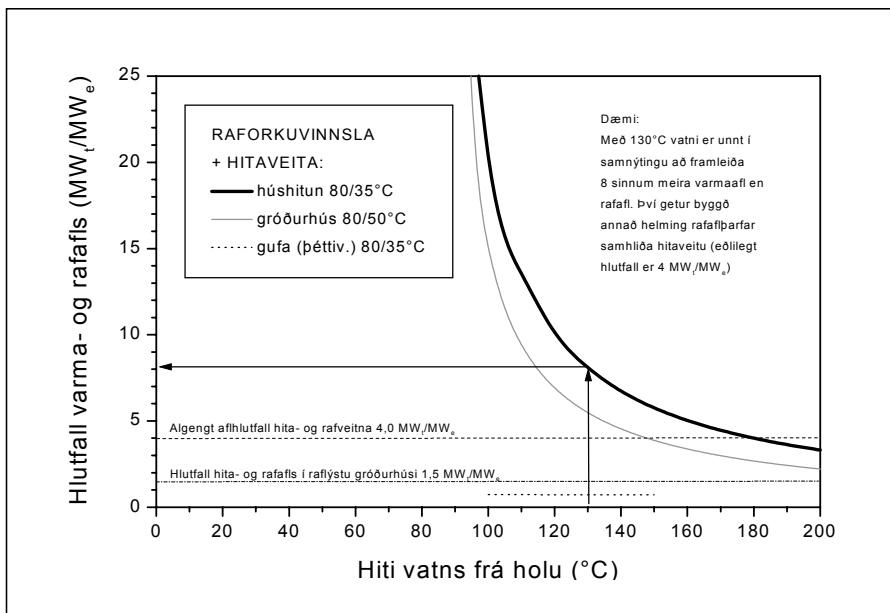


Mynd 3. Flæði sem þarf til framleiðslu af 1 MW af rafmagni.

Meðalrennsli frá virkjaðri borholu hjá opinberu hitaveitunum er um 40 l/s. Á línuritinu sést að unnt yrði að framleiða um 1 MW_e rafmagns úr þannig holu, væri hiti vatns í henni um 140°C.

ÖNNUR NOTKUN

Að lokinni nýtingu jarðhitavatsins í rafhverfli er unnt að nýta heita vatnið áfram til hitaveitu eða annarra nota. Mikið jarðhitavatn fellur til með þessum hætti við 80-100°C. Til að sýna við hvaða aflhlutfall hita og varma full nýting næst er mynd 4 gerð. Algengt er að þetta aflhlutfall sé um 4 MW_t/MW_e í byggðum sem njóta hitaveitu (t.d. Reykjavík, Akureyri, Sauðárkrókur). Við ylrækt og gervilyngu er þetta hlutfall 1,5 MW_t/MW_e, þ.e. raforkunotkunin er hlutfallslega há. Það fer fyrst og fremst eftir hitastigi vatnsins hvert þetta hlutfall varma og rafmagns verður, haldist þessi vinnsla í hendur þannig að ekkert vatn fari til spillis. Reynslan sýnir að áhugi orkuvinnslufyrirtækja snýst um að framleiða sem mest af raforku, jafnvel umtalsvert meira en markaður er fyrir affallsvarmann. Niðurstaða þessa dæmis er því að líklega muni við nýtingu sjóðandi jarðhitakerfa falla til umtalsvert magn vatns sem hæft er til notkunar í hitaveitu. Finnist ekki markaður fyrir þetta vatn yrði það annað hvort losað út í náttúruna ónýtt, eða að því yrði dælt aftur niður í jarðhitakerfið.



Mynd 4. Hlutfall raf- og varmaafis við samnýtingu sjóðandi kerfa.

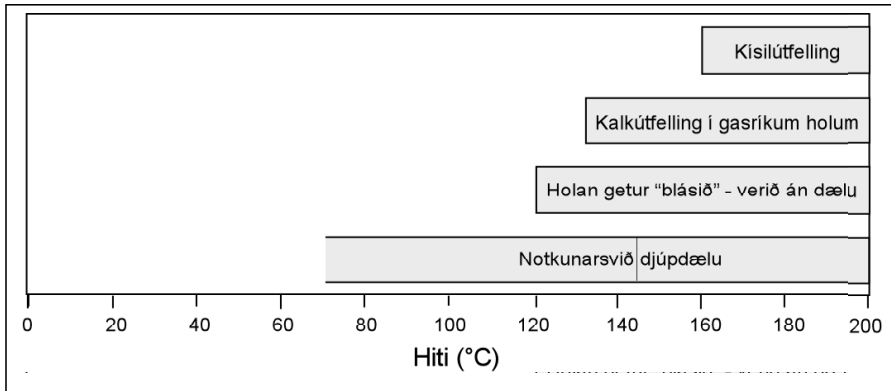
EFNI Í JARÐHITAVATNI OG VATNSGÆÐI

Styrkur flestra efna í jarðhitavatni ræðst af hita vatnsins, a.m.k. ef hann er yfir 40°C. Ástæðan er hitastigsháð efnajafnvægi milli vatnsins og ummyndunarsteinda í berginu sem taka umrædd efni til sín úr vatninu við útfellingu. Möguleikar á beinni notkun jarðhitavats eru háðir efnainnihaldi þess og þar af leiðandi hita vatnsins. Vegna fiskeldis, vökvunar og ýmissa annarra nota getur reynst nauðsynlegt að nýta varmann í jarðhitavatni með því að hita upp ferskvatn með ákjósanlegt efnainnihald sem síðan er notað beint. Því er verðmæti jarðhitavats til fjölnýtingar háð aðgengi að góðu og ódýru ferskvatni. Við fyrstu sýn virðast lághitasvæðin í Biskupsungum og Laugardal í Árnessýslu vera áhugaverðust út frá sjónarhóli aðgengis að fersku grunnvatni. Vegna óæskilegs efnainnihalds vatns í sjóðandi lághitasvæðum gæti reynst nauðsynlegt að farga því niður í jörðina eftir að varminn úr því hefur verið nýttur til að koma í veg fyrir mengun yfirborðsvats og grunnvatns í efstu jarðlögum.

Takmarkaðar upplýsingar liggja fyrir um snefilefnainnihald jarðhitavats á Íslandi og því vatnsgæði að því er varðar þessi efni. Til eru nýlegar greiningar af jarðhitavatni úr Skagafirði og Kröflu (tafla 1). Í ljósi þessara efnagreininga og þeirrar niðurstöðu að efnasamsetning jarðhitavats stjórnast af hitastigsháðri leysni ummyndunarsteinda er giskað á að styrkur þungmálma í vatni af sjóðandi lághitasvæðum sé neðan viðmiðunarmarka fyrir neysluvatn og fyrir líf í ám og vötnum (tafla 2). Hins vegar er við því að búast að styrkur brennisteinsvetnis, áls og pH-gildi og jafnvel arsens og flúors séu ofan þeirra marka sem æskileg geta talist. Hátt pH-gildi og hátt ál í fersku grunnvatni gæti gert það óæskilegt til beinnar notkunar, a.m.k. að því er varðar fiskeldi.

VINNSLUTÆKNILEG ATRIÐI

Við nýtingu sjóðandi jarðhitakerfa á hitabilinu 100-200°C eru nokkur vinnslutæknileg atriði sem hafa ber í huga. Til þess að fá fullan hita til yfirborðs þarf að viðhalda nægjanlegum þrýstingi á vatninu til að það taki ekki að sjóða. Þetta verður eingöngu gert með djúpdælu. Þær öxuldrifnu dælu sem algengastar eru hjá hitaveitum hafa hingað til eingöngu verið nýttar í holum undir 145°C, en hærri hiti er ekki talinn þröskuldur fyrir notkun þeirra. Auðveldast er að nýta holurnar með því að láta þær “blása”. Þá hefst suða niðri í holunni sem léttir vatnssúluna í holunni það mikið að hún fer í sjálfrennsli. Holur með meira er 120°C hita geta haldist í “blæstri”, standi vatnsborð á jarðhitasvæðinu hátt. Blásandi hola með 100-200°C getur haft hita á bilinu 100-150°C á holutoppi eftir því hvernig holan er. Efnastyrkur í vatni eykst jafnan við hærri hita og því er nokkur hætta á að kísill falli til í vatni með meira en 200 mg/kg af kísli, en hann er að finna í vatni ofan ca. 160°C. Á sjóðandi jarðhitasvæðum sem eru kólnandi háhitasvæði (t.d. Leirársveit, Grímsnes) þar sem styrkur kolsýru er hár (ölkeldur) eru miklar líkur á kalkútfellingum í holum sé hitinn yfir 130°C. Ráð gegn þessum vanda er hreinsun með jarðbor á vissu árabili og einnig efnameðhöndlun vatnsins með tálma. Mynd 5 sýnir á hvaða hitabili taka þarf tillit til ofangreindra nýtingarvandamála.



Mynd 5. Vinnslutæknivandamál sem huga þarf að við nýtingu sjóðandi jarðhitasvæða.

NÁLGUN

Ýmsum nálgunum hefur verið beitt til að undirbúa jarðhitasvæði undir vinnslu. Nú er það regla, hérlendis sem erlendis, að afla fyrst óbeinna upplýsinga um hita, stærð og lekar jarðmyndanir með mælingum á yfirborði og leggja ekki í leitarboranir, sem eru margfalt dýrari en könnun á yfirborði nema niðurstöður þessarar könnunar teljist jákvæðar. Borhola eða holur eru síðan staðsettar á grundvelli niðurstæða yfirborðskönnunar. Við boranir er þeirri aðferð stundum beitt að bora á nokkrum álitlegum stöðum, bera niðurstöðurnar saman og velja loks þann stað til frekari borana sem álitlegastur þykir. Stundum er sú nálgun hins vegar viðhöfð að kanna það svæði betur með borunum þar sem árangur varð fyrst. Það felur í sér að bora nýjar holur í nágrenni leitarholunnar sem fyrst skilaði árangri. Ef um lítil svæði er að ræða eru holur stundum boraðar nálægt ætluðum jöðrum svæðisins til að afla upplýsinga um stærð þess.

Hvað viðkemur þeim lághitasvæðum sem hér eru til umræðu bendir jarðfræðin til þess að þau séu tiltölulega víðáttumikil og jaðar-boranir virðast því óþarfar. Sú nálgun er talin æskilegust að haga staðsetningu og hönnun hverrar borholu þannig að sem mestar líkur séu á því að borunin skili árangri og að holan geti nýst sem vinnsluhola. Með þetta í huga og þeirri vitneskju sem nú liggur fyrir virðist áhugaverðast að bora fyrst djúpa holu við Laugarvatn. Þó er talin ástæða til þess að yfirfara öll gögn sem fyrir liggja um sjóðandi lághitasvæði og meta á grundvelli þeirra hvort frekari upplýsinga með mælingum á yfirborði sé þörf áður en djúp hola yrði staðsett.

Að Efri-Reykjum í Biskupstungum er borhola með 147°C æð sem er nýtt að hluta til framleiðslu á rafmagni í mótþrýstihverfli og til hitaveitu. Í athugun er að selja vatn úr henni til aðila sem gerði tilraunir með raforkuframleiðslu með því að nota varmaskipta og hita þannig upp lágstöðuvökva í lokaðri rás. Þannig mætti afla reynslu til að hanna og prófa búnað fyrir raforkuframleiðslu með því að nota lágþrýsta gufu eða heitt vatn. Um leið yrði framleitt nokkuð magn af upphituðu fersku vatni sem nota mætti beint.

TILVITNANIR

María Jóna Gunnarsdóttir, Helga Tulinius og Ragna Karlsdóttir. Jarðhitanýting til smáíðnaðar í dreifbýli (1995). Smáverkefnasjóður landbúnaðarins, Landbúnaðarráðuneytið.

Tafla 1. Efnagreiningar af vatni frá sjóðandi lághitasvæðum. Styrkur efna í mg/l.

Efni	Reykjaból	Reykholt	Efri-Reykir	Klausturh.	Kröggólfsstaðir	Reykholt, Skrifla	Hveravellir
	Hrunam.hr	Bisk	Bisk	Grímsnes	Ölfus	Borgarf	Reykjahv.
P _s	3,0	1,0	1,6	0,7	0,5		0,0
vatn							
t°C	152	133	147	140	120	100	125
pH	9,28/20	9,30/20	9,40/18	8,69/25	9,14/19	9,15/20	9,39/24
SiO ₂	253	180	189	306	193	188	199
B	0,65	0,35	0,14	0,33	0,41	0,34	0,09
Na	102,2	109,7	101,8	217,5	223,3	79,7	59,9
K	6,21	5,54	5,40	13,1	11,3	4,32	2,72
Ca	1,28	2,68	1,28	0,77	2,59	2,22	1,25
Mg	0,048	0,055	0,030	0,150	0,034	0,008	0,005
Fe	0,007	0,010				0,005	
Al	0,42	0,17				0,24	
CO ₂	54,3	30,4	30,1	169,3	49,7	27,2	25,1
SO ₄	70,7	72,6	59,1	74,0	64,4	63,9	32,0
H ₂ S	4,09	1,04	4,80	4,08	1,73	1,09	1,05
Cl	41,6	77,7	53,6	122,4	356,2	35,1	10,7
F	1,86	2,69	2,39	1,11	1,23	2,49	1,02
gufa							
CO ₂	33,2	18,0	44,4	239,9	62,3		51,8
H ₂ S	0,60	0,40	1,49	1,68	0,15		0,01
H ₂	0,40	0,40	0,04	0,13	0,04		0,02
O ₂	0,00	0,00	0,69	19,6	1,68		9,34
CH ₄	0,30	0,30	0,40	0,57	0,38		0,01
N ₂	65,5	80,9	52,8	117,7	35,4		38,8
L/g ^a	3,85	1,92	2,46	12,6	3,32		3,82

^aLítrar af 25°C gasi í kg af gufu.

Tafla 2. Viðmiðunarmörk fyrir styrk efna í drykkjarvatni og í fersk-vatni fyrir líf í vatni (fiskeldi) samkvæmt stöðlum Evrópusambandsins. Styrkur efna er í mg/l. Til samanburðar eru sýndar efnagreiningar af borholuvatni frá Varmahlíð í Skagafirði og Kröflu.

efni	neysla ^a	fiskeldi	Varmahl. Skagaf.	Krafla hola 15
hiti °C			90	265
ál	0.2 (0.05)	0.002	0,090	2,19
ammóníak	0.5 (0.05)	-	0,125	
arsen	0.05	0.01	0,010	0,031
baríum	(100)	5.0	0,0002	0,0014
blý	0.05	0.0001	0,00005	0,00006
bór	1.0	-	0,47	1,945
brennisteinsvetni	0.05	<0.3	2,79	82,8
flúor	1.5		2,20	1,56
fosfór	5.0 (0.4)	0.01	0,016	<0,001
járn	0.2 (0.05)		0,005	0,012
kadmíum	(0.005)	0,00007	0,00002	0,000007
kalsíum	100		1,72	1,60
kísill	-		123	797
klórið	(25)		50,7	24,5
kopar	0.1	0,002	0,0002	<0,00005
króm	0.05	0,001	0,00008	0,00024
kvikasilfur	(0.001)	0,003	<0,00001	<0,000001
magnesíum	50 (30)	-	0,002	0,0049
mangan	0.05 (0.02)	-	0,00039	0,0018
natríum	150 (20)		75,1	206,3
nikkel	(0.05)	0,015	<0,001	0,0004
nítrat	50 (25)		<0,0005	
nítrít	0.1		0,0089	
silfur	(0.01)			
sink	0.1	0,045	0,015	0,00071
súlfat	250 (25)		50,7	198,9

^aTölur í sviga sýna æskileg viðmiðunarmörk en tölur utan sviga leyfileg hámarksgildi.