

Íslensk votlendi

verndun og nýting

Ritstjóri
Jón S. Ólafsson



Háskólaútgáfan
1998

Jarðhitasvæði

Helgi Torfason

ÍSLAND er land mikillar eldvirkni sem tengist reki meginlandanna út frá Mið-Atlantshafshryggnum. Hafsbótinn er skorinn af löngum fjallakeðjum sem ná landi á Reykjanesi og liggja norðaustur um Hengil og Langjökul þar sem eldvirkni dvínar. Annað belti liggur frá Surtsey norður um Vatnajökul, Öskju, Mývatn og Axarfjörð þar sem það nær í sjó. Þverbelti tengir svo gosbelti Íslands við hrygg sem liggur norður um Jan Mayen. Þriðja gosbeltið liggur frá Borgarfirði í norðvestur og endar í Snæfellsjökli, en gosvirkni þar er lítil. Eldsumbrot verða á Íslandi að meðaltali á 4–5 ára fresti, um 20–25 á öld, og innskot sem sjást í rofnum eldstöðvum benda til þess að eldvirkni hafi verið mikil hér á landi sl. 20 milljón ár. Þó að mikið magn kviku komi til yfirborðs storknar mikill hluti hennar neðanjarðar og myndar innskot sem eru hitagjafar jarðhitasvæðanna. Regnvatn sem fellur til jarðar sígur niður í jarðskorpuna og myndar grunnvatn sem sitrar um glufur og sprungur í berginu. Þetta vatn hitnar er það nær niður í heit jarðlög eða kemst í snertingu við ung innskot, leitar upp og kemur fram á yfirborði sem hverir eða laugar. Í jarðskjálftum brotnar jarðskorpan upp, springur og spildur ganga á víxl. Slík brot mynda rennisleiðir fyrir jarðhitavatnið auk gropinna jarðlaga. Milli gosbeltanna á Suðurlandi er t.d. mjög virkt jarðskjálftabelti. Jarðhiti er þar mikill vegna þess að opin brot og gropin jarðlög veita regnvatni greiða leið niður í heit jarðlög þar sem vatnið hitnar upp. Vatnið leitar síðan upp á sprungusvæðum og kemur fram í hverum og laugum. Álíka aðstæður eru í Borgarfirði.

Jarðhitasvæðum á Íslandi er gjarnan skipt í tvo meginflokka. Annars vegar eru háhitasvæði sem eru innan gosbeltanna og er hiti í slíkum jarðhitakerfum yfir 200°C ofan 1000 m dýpis og hins vegar eru lághitasvæði sem eru utan gosbeltanna og er hiti þeirra yfirleitt innan við 150°C á 1000 m dýpi (Gunnar Böðvarsson 1960, 1961; Guðmundur Pálmason o.fl. 1985). Eðli og yfirborðsummerki þessara svæða eru talsvert mismunandi.

Lítið hefur verið hugað að varðveislu lághitastaða þótt margir þeirra séu frægir vegna sérstæðra útfellinga, gróðurs, dýralífs eða vegna menningarsögu-legra tengsla. Snorralaug í Borgarfirði er ánægjulegt dæmi um undantekningu frá því, en fjölmörg dæmi eru um að jarðhitasvæðum hafi verið spillt að þarflausu. Þrátt fyrir að staðir séu á Náttúruuminjaskrá virðist oft sem það hafi lítil áhrif á skynsamlega nýtingu þeirra og umgengni. Ef til vill er ein ástæða þess sú að við búum í landi þar sem náttúruöflin geta breytt landslagi og umhverfi á svipstundu, menn álíta þá að spjöll unnin í dag hverfi á morgun. Það er siðferðisleg skylda náttúrufræðinga að hafa bætandi áhrif á þann hugsunarhátt.

Háhitasvæði

Háhitasvæðin eru innan gosbeltanna í beinum tengslum við eldvirkni landsins. Þar verða eldgos og yfirleitt er mikið um litla jarðskjálfta í tengslum við þau svæði, en stórir skjálftar sjaldgæfari. Háhitasvæðin eru í svonefndum megineldstöðvum þar sem eldvirkni er öflugri en annarsstaðar á gosbeltunum og landslag því yfirleitt stórkostlegra. Nú er talið að 20 háhitasvæði séu á landinu og önnur 7–8 eru óviss (tafla 1, 1. mynd), þ.e.a.s. ekki er öruggt að háhitakerfi séu þar undir. Miðað er við að hiti í jarðhitakerfum háhitasvæðanna sé yfir 200°C og raunar hefur mælst talsvert yfir 300°C hiti í borholum, t.d. í Kröflu og á Nesjavöllum. Hár hiti og ýmsar gastegundir valda því að steindir í berginu leysast upp, það ummyndast og vatnið tekur sum þessara efna og flytur í burtu. Efnin sem jarðhitavökvinn leysir úr berginu flytjast upp til yfirborðs og falla út þar eða á jöðrum jarðhitakerfanna. Á virkum háhitasvæðum er þannig mikið af útfellingum eins og kísli, brennisteini, gífsi o.fl. Auk þess leysir jarðhitavökvinn (en í honum eru ýmsar sýrur, t.d. H_2SO_4) upp berg sem er á og við yfirborð og breytir í leirsteindir, sem við þekkjum sem rauðan, hvítan og gráan klessulegan leir sem er algengur á slíkum stöðum. Ýmis efni, eins og brennisteinn, járn, kopar, kísill o.fl., ljá útfellingum og ummynduðu bergi hina fallegustu liti og gæða slík svæði mikilli fegurð. Megineldstöðvar einkennast einnig af margbreytilegum bergtegundum, líparíti, andesíti og basalti.

Á yfirborði kemur heita vatnið fram í vatns-, leir- eða gufuhverum. Mörg efni falla þar út en önnur rjúka burt með gufunni. Sé brennisteinn ekki fallinn út í grunnvatninu fellur hann að hluta út á yfirborði og myndar fagurgular útfellingar, eða hann svífur burt sem H_2S og gefur hina einkennandi lykt háhitasvæðanna. Þó brennisteinn sé eittraður og magn hans mikið á háhitasvæðunum, stafar yfirleitt fremur lítil hætta af honum og eigum við það að þakka góðri loftræstingu vindanna. Áætlað magn brennsteinsvetnis (H_2S) frá Námafjalli einu er um 2200 tonn á ári og frá öllum háhitasvæðum landsins er magnið um 13.900 tonn á ári (Halldór Ármannsson o.fl. 1991). Við virkjun háhitasvæðanna er orka losuð mun hraðar en af náttúrulegum völdum og á sama hátt losnar mun meira af ýmsum óæskilegum efnum út í andrúmsloftið. Önnur óvinsæl lofttegund er koldíoxíð (CO_2) og er áætlað magn þess frá Námafjallssvæðinu um 2.3 tonn per MW á dag og frá öllum íslenskum háhitasvæðum um 146.000 tonn á ári (Halldór Ármannsson o.fl. 1991). Þetta er mikið magn, en ef borið er saman við það magn sem kemur t.d. frá kolakyntum orkuverum er þetta smáræði, um það bil 1/10 miðað við orkueiningu (Halldór Ármannsson o.fl. 1991). Því má telja jarðgufuver umhverfisvæn miðað við þau orkuver sem algengust eru í heiminum.

Ýmis önnur mengun kemur frá háhitasvæðunum t.d. vegna hita og hávaða, sem eykst við virkjun orkunnar. Hávaði er mikill frá blásandi gufuholum, þrátt fyrir að hljóðdeyfar séu settir á þær. Frárennsli getur haft mikil áhrif á umhverfið, og er t.d. Bláa lónið í Svartsengi gott dæmi um það. Slík umhverfisáhrif þurfa þó ekki að vera til skaða.

Vatn frá háhitasvæðum inniheldur mikið af uppleystum efnum og sýrustig er

oft lágt, pH <6 (sjá töflu 2). Þetta veldur því að erfitt er að nýta vatn þeirra beint til neyslu, yfirleitt þarf að nota varmaskipti, þ.e. að nota heita vatnið til að hita upp kalt vatn. Á Nesjavöllum eru slík varmaskipti notuð til að hita upp kalt vatn ættað úr Þingvallavatni og því er síðan dælt til höfuðborgarsvæðisins.

Tafla 1. Mat á orku og afli háhitasvæðanna til raforkuvinnslu (Íðnaðarráðuneytið 1994). – *Estimates of the areal extent, energy and power in MWe of high temperature areas in Iceland.*

Háhitasvæði / <i>High temperature areas</i>	Flatarmál <i>area</i> km ²	Orka í 50 ár <i>energy</i> GWh/ár year	Afl í 50 ár <i>el. power</i> MWe
Reykjanes	2	240	30
Svartsengi og Eldvörp	11	870	110
Krísuvík, Trölladyngja og Sandfell	60	2400	300
Brennisteinsfjöll	17	800	100
Hengill, Nesjavellir, Ölkelduh., Grensd.	100	5500	690
Geysir	3	220	27
Kerlingarfjöll	11	600	75
Hveravellir	1	72	9
Mýrdalsjökull	–	–	–
Torfajökull	140	7700	960
Grímsvötn	65	–	–
Köldukvíslarbotnar	8	480	60
Vonarskarð	11	520	65
Kverkfjöll	25	400	50
Askja	25	600	75
Fremri Námar	4	280	35
Námafjall	8	570	72
Krafla	30	3000	375
Þeistareykir	19	1200	150
Öxarfjörður	30	2000	250
<i>Óviss svæði / Potential areas:</i>			
Prestahnjúkur	1	40	5
Hofsjökull	–	–	–
Tindfjallajökull	1	8	1
Þórðarhyrna	–	–	–
Jökulskálar V Grímsvatna	–	–	–
Hrúthálsar	7	480	60
Gjástykki	7	560	70
Kolbeinsey	–	–	–
Samtals / Total	586	28.540	3.569

Afrennsli háhitasvæða

Orka á háhitasvæðum losnar yfirleitt með varmaleiðni (gufu) og með hitageislun, en minna með rennsli heits vatns eins og algengast er á lághitasvæðum. Frá nokkrum háhitasvæðum rennur ekkert vatn á yfirborði, eins og t.d. frá Brennisteinsfjöllum og Þeistareykjum. Af öðrum renna nokkrir lítrar á sekúndu

t.d. um 9 l/s frá Geysissvæðinu. Stundum hitar jarðhitavatnið upp kalt grunnvatn á svæðinu og þá getur rennslið verið verulegt eins og t.d. afrennsli af Námafjallssvæðinu í austanvert Mývatn. Slík afrennslissvæði geta verið mikilvæg fyrir lífríkið, en eru til þessa fremur lítið rannsökuð.

Á nokkrum stöðum er náttúrulegt afrennsli háhitasvæða greinilegt (1. mynd), annars staðar er það neðanjarðar og er illa eða ekki þekkt. Hitastig í afrennslissvæðunum er mismunandi, allt frá 80–90°C niður í 10–15°C. Vatnsmagn getur verið talsvert því oft er um að ræða upphitað kalt grunnvatn. Magnið getur því verið tugir eða hundruð lítra á sekúndu. Líklega kemur mikið af jarðhitavatni upp um jarðskorpuna á landgrunninu neðansjávar, en aðeins eru þekkt fáein dæmi um það.

Frá háhitasvæðinu í Hveragerði er afrennsli með Varmá til suðurs í svonefndar Ölfusforir og er lífríki þar á Náttúruminjaskrá. Þarna eru blautar mýrar með miklu fuglalífi og er volgt vatn til staðar.

Háhitasvæði undir Hofsjökli á afrennsli í Nauthaga og er þar hiti á nokkru svæði framan við jökuljaðarinn. Þetta er innan Friðlands í Þjórsárverum og er því á verndarskrá. Það er illa aðgengilegt og fáfarið og lítil hætta er á að jarðhiti verði virkjaður þar í bráð.

Afrennsli frá Námafjalli er til vesturs og kemur fram í Stórugjá, Grjótagjá og í volgum lindum á austurströnd Mývatns. Þetta er innan svæðisins Mývatns og Laxá sem er verndað með sérstökum lögum frá 1974. Á vetrum leggur vatnið ekki við austurströndina þar sem heita vatnið flýtur ofan á því kalda.

Frá Þeistareykjum rennur afrennsli til norðurs og á líklega heiðurinn af volgrum við Lón í Öxarfirði. Það svæði er á Náttúruminjaskrá, en fiskeldi er talsvert í Lóni.

Trúlega eru einhver svæði sem teljast lághitasvæði í dag í raun afrennsli frá háhitasvæðum, t.d. er jarðhiti í landi Múla í Biskupstungum talinn vera tengdur Geysissvæðinu, sem er um 7 km norðar.

Lítil áhersla hefur verið á því að rekja hvert heitt vatn rennur frá háhitasvæðunum, en það gæti haft talsverða þýðingu fyrir náttúru ákveðinna staða því vatn frá slíkum svæðum er yfirleitt efnaríkt og súrara (læggra pH) en lághitavatn.

Við virkjun háhitasvæða er orkan tekin úr jarðhitavökvanum og honum síðan hent. Þannig er afrennslið yfirleitt látið renna á yfirborði í safntjarnir eins og hið fræga Bláa lón við Svartsengi, en frá Kröflu rennur það í Hlíðardalslæk og suður í Búrfellshraun þar sem það glutrast smám saman niður í jörðina. Erlendis er vökvanum oft dælt niður í jarðhitakerfin aftur og hafa verið gerðar tilraunir með það héraendis, en ekki er það samt orðin regla. Við að dæla vökvanum niður í jarðhitakerfin getur verið hætta á að þau kólni hraðar, ýmis efni falli út o.fl. og er slíkt ekki gert nema með mikilli aðgát.

Lághitasvæði

Lághitasvæði eru frábrugðin háhitasvæðunum á margan hátt. Þau eru yfirleitt ekki í beinum tengslum við eldvirkni og er hiti slíkra jarðhitakerfa gjarnan lægri en 150°C. Af lægri hita leiðir að efnastyrkur er lægri, þ.e. minna er af

uppleystum efnum. Brennisteinn og koldíoxíð eru til dæmis yfirleitt í mun minna mæli en á háhitasvæðunum. Á lághitasvæðum er aðalgastegundin köfnunarefni sem hefur nánast engin áhrif á grannbergið, en á háhitasvæðum eru aðalgastegundirnar hinsvegar koldíoxíð og brennisteinsvetni sem eru súr gös og eiga mikli meiri samskipti við bergið sem þær leika um. Vatnið rennur yfirleitt fram sem vatnshverir eða laugar og oftast má nýta lághitavatn beint til neyslu. Venjuleg skipting í hverri og laugar er eftirfarandi, þótt ekki komi það alltaf fram í örnefnum:

Hverir	>70°C
Laugar	30–70°C
Volgrur	10–30°C

Lághitavatn hefur tíðum fremur hátt sýrustig, pH 7–10, og er það regnvatn að uppruna eins og vatn háhitasvæðanna, en hefur hitnað minna. Uppleyst efni eru helst kísill (SiO₂), klór, stundum brennisteinn o.fl. Sem dæmi má nefna að magn brennisteins í vatni í Reykjavík er SO₄ 23 ppm og H₂S 0,6 ppm, en í Kröflu eru samsvarandi gildi SO₄ 46,9 ppm og H₂S 311 ppm (Ingvar Birgir Friðleifsson 1979). Magn uppleystra efna er yfirleitt það lítið að hægt er að nota það beint til upphitunar og til annarra hluta.

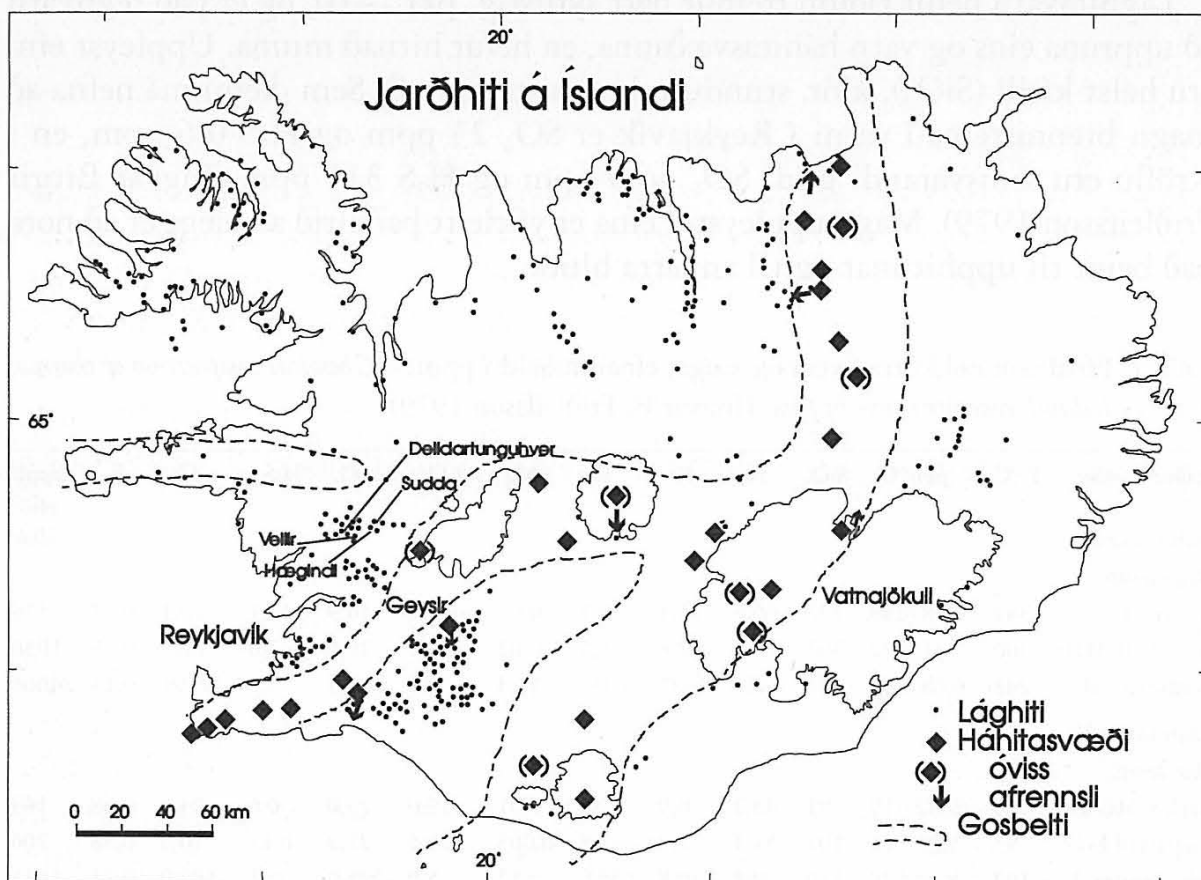
Tafla 2. Efnafræði nokkurra hvera og lauga; efnainnihald í ppm. – *Chemical composition of thermal water in Iceland; concentrations in ppm.* (Ingvar B. Friðleifsson 1979).

Staður/location	T °C	pH/°C	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	CO ₂	SO ₄	H ₂ S	Cl	F	uppl. efni solids
Háhitasvæði													
<i>High temp.</i>													
Krafla, H7	>342	6,88/248	172	60,6	11,3	0,7	0,01	36280	46,9	311,1	29,1	0,27	379
Námafjall, H10	300	7,31/272	307	118	22,8	0,5	0,02	23,2	26,6	232,0	82,3	0,75	1036
Svartsengi, H4	243	6,08/240	461	6440	987	1053	1,14	539	35,5	5,8	12791	0,11	24006
Lághitasvæði													
<i>Low temp.</i>													
Reykir, MG-15	85	9,82 / 19	91	43,2	0,9	2,38	0,01	19,0	23,0	0,6	24,9	0,68	163
Laugaland L-17	93	9,88 / 16	102	51,1	1,2	1,8	0,003	25,5	27,2	0,17	10,3	0,38	206
Seltjarnarnes 3	102	8,44 / 28	116	368	10,8	144,0	0,17	5,0	205,0	0,1	685,0	0,73	1631
Lýsuhóll	57	6,72 / 19	219	452	34,2	86,8	20,7	1495	41,2	<0,1	80,0	5,00	1649

Útfellingar á lághitasvæðum eru yfirleitt litlar, en það fer mikið eftir hitastigi heita vatnsins. Því hærri sem hitinn er þeim mun meiri útfellingar eru kringum hverina. Aðallega er um að ræða útfellingu kísils en kalk er þó sumsstaðar, t.d. við Lýsuhól á Snæfellsnesi. Magn kísils í lághitavatni er notað til að geta í hitastig vatns á meira dýpi því þótt hitastig vatnsins lækki er kísillinn seinn að bregðast við því (Stefán Arnórsson 1980).

Erfitt er að gefa ákveðna tölu fyrir fjölda lághitasvæða því sums staðar er aðeins ein volgra, en annars staðar stórir hverir með upp í nokkra tugi lítra á sekúndu (l/s) rennsli og oft minni augu í kring. Sigurður Þórarinnsson (1978)

taldi að á landinu væru laugar og laugasvæði á um 300 stöðum og einstakar laugar a.m.k. 700. Þetta er þó lágmarksfjöldi og líklega er fjöldi einstakra lauga yfir 1000 (1. mynd). Frá lágheatasvæðunum renna á náttúrulegan hátt yfir 2000 l/s af 15–100°C heitu vatni (Guðmundur Pálmason o.fl. 1985) og með dælingu úr borholum má margfalda rennslið 10–20 falt í nokkra áratugi, en þá er í sumum tilfellum gengið á varmaforða svæðanna. Til samanburðar fást tæplega 2400 l/s af 62–132°C heitu vatni úr 52 borholum á fjórum vinnslusvæðum Hitaveitu Reykjavíkur (Hitaveita Reykjavíkur 1992), sem er meira en náttúrulegt heildarrennsli af öllu landinu. Við dælingu úr borholum er yfirleitt tekið meira vatn úr svæðunum en þau standa undir, líftími þeirra styttest því yfirleitt við nýtingu.



1. mynd. Jarðhitasvæði á Íslandi – *Geothermal areas in Iceland.*

Nýting jarðhitans

Eldvirkni og upphleðsla er mikil í megineldstöðvum og því byggist þar oft upp nokkurt hálendi. Þess vegna liggja nokkur háhitasvæði undir jöklum eða í jöðrum þeirra. Samspil jarðhita og jökla er tilkomumikið og laðar að ferðafólk. Orkan sem býr í jarðhitanum laðar einnig að athafnamenn sem vilja nýta orkuna til raforkuframleiðslu eða til iðnaðar. Í dag er orka háhitasvæðanna nýtt

til framleiðslu raforku, til húshitunar, ylræktar o.fl. Nýting háhitasvæðanna veldur yfirleitt ekki hvarfi gufu af yfirborði, suða getur hins vegar færst neðar í jarðhitakerfin, leir- og vatnshverir horfið og virkni á yfirborði breyst.

Orka lághitasvæðanna er yfirleitt minni en orka háhitasvæðanna, en á móti kemur að auðveldara er að nýta hana. Heitt vatn af lághitasvæðum er aðallega notað til húshitunar, baða, ylræktar og í fiskeldi. Nú er svo komið að um 85% landsmanna njóta hitunar með jarðhita. Iðnaðarnot eru ekki eins mikil, þekktust er þörungavinnslan á Reykhólum, ullarþvottur o.fl. Lághitasvæðin eru ekki eins tilkomumikil og háhitasvæðin, gufur minni, ummyndunarstig lægra og litaskrúð fátæklegra. Mjög mörg lághitasvæðanna hafa nú verið nýtt og við það hefur jarðhiti oftast en ekki horfið af yfirborði. Umhverfi hvera og lauga þorna, slý og ýmsar lífverur deyja út og útfellingar byrja að brotna upp og mást. Sums staðar gerir þetta ef til vill lítið til, ágóðinn er meiri en tapið. Annars staðar hafa fallegir hverir horfið eða þeim hefur verið spillt með slæmri umgengni. Svo eru enn til jarðhitastaðir sem eru það fallegir að erfitt er að sjá að stundargróði geti réttlætt nýtingu þeirra.

Þegar horft er til framtíðar virðast helstu möguleikar okkar í nýtingu jarðhitans vera húshitun, raforkuframleiðsla og sem hluti af sívaxandi ferðamannaþjónustu. Ef háhitasvæðin verða nýtt til raforkuframleiðslu þýðir ekki endilega að ummerki um orkuna hverfi, enn stíga t.d. gufur upp milli melabarða á Nesjavöllum og Kröflu. Hins vegar verða þar ýmis mannvirki, vegir og leiðslur. Borholur taka lítið pláss og ef nýtingu þeirra er hætt má breiða yfir ummerkin svo þau sjást varla. Hér skiptir meginmáli að nýting sé af skynsemi og smekkvísi, nokkuð sem talsvert hefur skort á hér á landi.

Verndun jarðhitasvæða

Vegna heits vatn eða gufu er náttúrufar á jarðhitastöðum oft fjölskrúðugt, gróskumikill gróður, merkilegt smádýralíf, sérkennilegir þörungar og yfirleitt merkileg og fjölbreytileg jarðfræði. Þegar fjallað er um verndun jarðhitasvæða er rétt að hafa í huga að nýting orku t.d. háhitasvæðanna þarf ekki að spilla þeim mikið á yfirborði. Borholur eru mannvirki sem eru að mestum hluta neðanjarðar og yfirleitt eru það aðeins leiðslur og mannvirki tengd orkuframleiðslu sem sjást. Ýmsir jarðfræðingar hafa leitt hugann að verndun merkilegra jarðhitastaða og svæða, t.d. Sigurður Þórarinsson (1978) og Jón Jónsson (1980) og reyndar fleiri, þó ekki hafi skrifað þeirra enn haft nægilega mikil áhrif. Mörg háhitasvæðanna eru nú þegar á skrá yfir landssvæði sem vernda skal eða ganga sérstaklega vel um (tafla 3 á næstu bls.).

Þegar rætt er um verndun jarðhitastaða er yfirleitt litið til háhitasvæðanna. Fá lághitasvæði hafa hlotið náð fyrir menningunni og eru mörg þeirra raunar horfin af yfirborði, eins og t.d. hin mögnuðu jarðhitasvæði sem verið hafa í Laugardalnum í Reykjavík, Reykjum í Mosfellssveit og víðar. Í Náttúruminjaskrá sem birt var 1991 eru aðeins nafngreindir fimm hverir sem vernda skal:

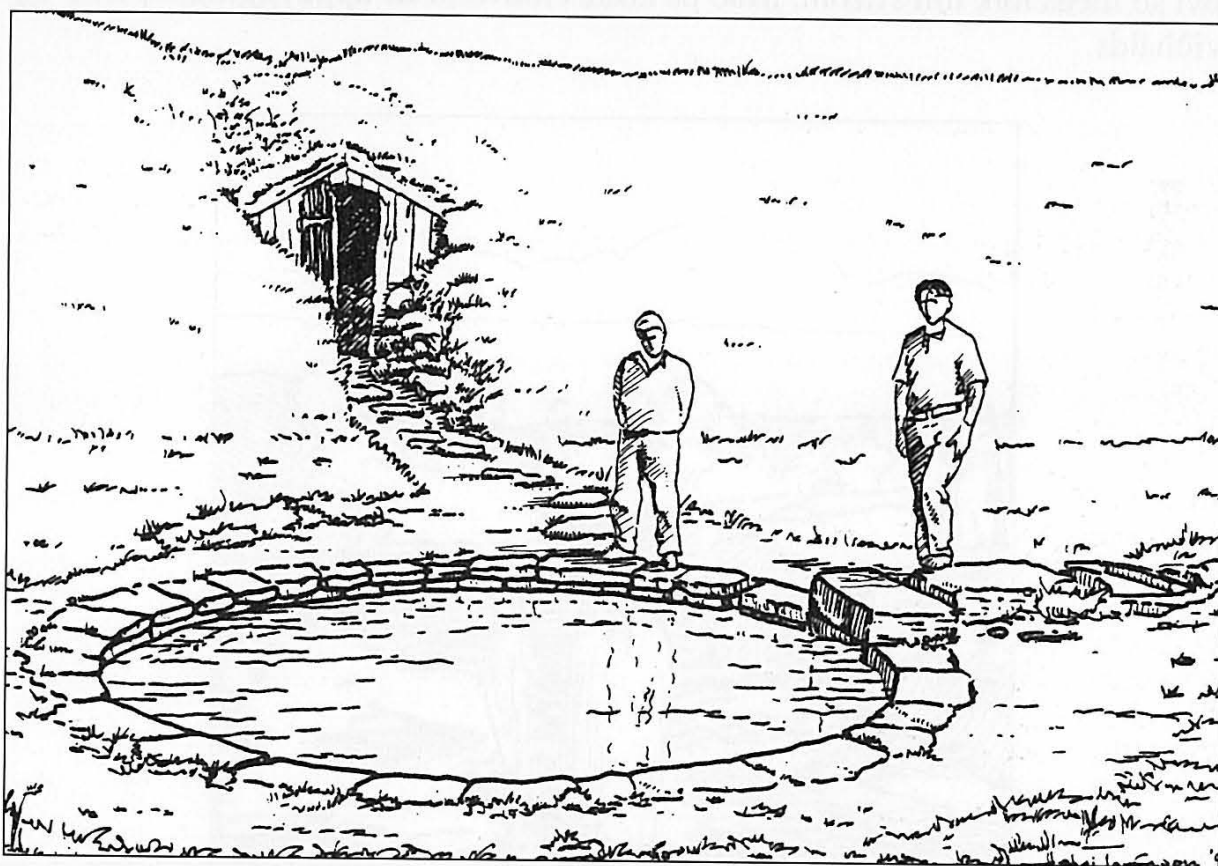
Deildartunguhver	í Borgarfirði	Hitaveita Akraness og Borgarfjarðar
Vellir (Árhver)	í Borgarfirði	ekki nýttur
Hægindakotshver	í Borgarfirði	nýttur að hluta í hitaveitu
Sudda	í Borgarfirði	ekki nýttur
Geysir	í Biskupstungum	ekki nýttur (svæðið er talsvert nýtt)

Deildartunguhver er stærsti vatnshver í heimi með um 182 l/s rennsli af 100°C heitu vatni (Guðmundur Pálmason o.fl. 1985). Að vísu er vatn hversins nýtt í Hitaveitu Akraness og Borgarfjarðar, en hverinn sjálfur er lítið skaddaður. Snorralaus í Reykholti er eitt elsta jarðhitamannvirki á landinu og er hún að mestu ósködduð (2. mynd), en auk tengsla við jarðhita er hún samofin bók-

Tafla 3. Staða náttúruverndar á háhitasvæðum – *Proposed conservation of high temperature geothermal areas.* (Náttúruminjaskrá 1991, Iðnaðarráðuneytið 1994).

Háhitasvæði <i>Area</i>	Stærð km ² <i>size</i> km ²	Mikilvægi til virkjunar <i>importance</i> <i>for production</i>	Verndar- gildi <i>importance</i> <i>for</i> <i>conservation</i>	Verndun <i>Status of conservation</i>
Reykjanes	2	mikið	mikið	á Náttúruminjaskrá
Svartsengi og Eldvörp	11	mikið	lítið	á Náttúruminjaskrá að hluta
Krísuvík, Trölladyngja, Sandfell	60	mikið	mikið	í Reykjanesfólkvangi
Brennisteinsfjöll	17	mikið	mikið	í Reykjanesfólkvangi
Hengill, Nesjavellir, Ölkelduh.	100	mikið	mikið	að hluta á Náttúruminjaskrá
Geysir	3	ekkert	mikið	á Náttúruminjaskrá
Kerlingarfjöll	11	lítið	mikið	á Náttúruminjaskrá, friðlýst
Hveravellir	1	ekkert	mikið	friðl. náttúruvætti 1960, endursk. '75
Mýrdalsjökull	–	ekkert	mikið	ekki á Náttúruminjaskrá
Torfajökull	140	mikið	mikið	„Friðland að fjallabaki“ frá 1979
Grímsvötn	65	ekkert	mikið	Innan Þjóðgarðsins í Skaftafelli
Köldukvíslarbotnar	8	nokkuð	nokkuð	ekki á Náttúruminjaskrá
Vonarskarð	11	nokkuð	mikið	ekki á Náttúruminjaskrá
Kverkfjöll	25	lítið	mikið	á Náttúruminjaskrá, náttúruminjar
Askja	25	lítið	mikið	Friðlýst sem náttúruvætti 1978
Fremri Námar	4	lítið	nokkuð	Friðlýst „Mývatn og Laxá“ 1974
Námafjall	8	mikið	mikið	Friðlýst „Mývatn og Laxá“ 1974
Krafla	30	mikið	mikið	Friðlýst „Mývatn og Laxá“ 1974
Þeistareykir	19	nokkuð	mikið	á Náttúruminjaskrá, náttúruminjar
Öxarfjörður	30	nokkuð	nokkuð	á Náttúruminjaskrá, náttúruminjar
Prestahnjúkur	1	ekkert	nokkuð	ekki á Náttúruminjaskrá
Hofsjökull	–	ekkert	mikið	Þjórsárver eru á Náttúruminjaskrá
Tindfjallajökull	–	ekkert	lítið	ekki á Náttúruminjaskrá
Þórðarhyrna	–	ekkert	lítið	ekki á Náttúruminjaskrá
Skálar V Grímsvatna	–	ekkert	lítið	ekki á Náttúruminjaskrá
Hrúthálsar	7	ekkert	lítið	Friðlýst „Mývatn og Laxá“ 1974
Gjástykki	7	ekkert	lítið	ekki á Náttúruminjaskrá
Kolbeinsey	–	ekkert	nokkuð	ekki á Náttúruminjaskrá
Samtals	586			

menningu þjóðarinnar. Á öðrum stöðum eru hverir eða laugar innan verndarsvæðis, eins og t.d. á Lýsuhóli á Snæfellsnesi, Húsafelli, Reykjum við Ísafjörð, Reykjarhól á Bökkum, Viðborðsdal í A-Skaftafellssýslu og Varmá og Ölfusforum. Miðað við fjölda jarðhitastaða eru þetta þó ansi fáir staðir og þörf er á að hugað verði að verndun fleiri jarðhitastaða áður en þeir hverfa vegna nýtingar eða skemmast vegna áníðslu. Heimsfræg svæði eins og t.d. Geysir í Haukadal eru t.d. ekki friðlýst með sérstökum lögum, þó ákveðnar umgengnisreglur séu þar í gildi. Þar er nýting það mikil að ástæða er til að staldra við. Á háhitasvæðunum er átroðningur víða svo mikill að farið er að sjá á hverasvæðunum. Sumsstaðar hafa verið lagðir stígar og trépallar til að forða skemmdum, en einnig þarf að huga að því að hverasvæðin geta verið mjög hættuleg. Nokkur sorgleg dæmi um illa meðferð hvera og lauga má sjá í bókinni *Hverir á Íslandi* (Björn Hróarsson og Sigurður S. Jónsson 1991).



2. mynd. Snorralaug í Reykholti er dæmi um forna nýtingu jarðhitans til baða. – *The Snorralaug basin is one of the oldest examples of utilization of the geothermal water. It was used for bathing.*

Dæmi um verndun einstakra staða eða gróðursvæða sem eru sérstök vegna jarðhita

Þegar taka skal dæmi um verndun einstakra staða þarf að hafa þrennt í huga. Viðkomandi staður er yfirleitt í eigu einhvers einstaklings eða einstaklinga, meta þarf verndargildi staðarins og hvert gildi hans er til nýtingar. Slíkum spurningum er oft erfitt að svara.

Sem dæmi um jarðhitastað sem auðvelt er að vernda má taka jarðhita sunnan við Eldborg í Hnappadalssýslu. Þarna er um 50°C hiti í hrauninu vestur af bænum Snorrastöðum. Ekkert vatn er á yfirborði en gufur af hitanum leggur upp gegnum hraunið og hefur þar dafnað mikið og fallett jurtasamfélag. Nýting er ekki áformuð þarna enda óhægt um vik. Skammt norðan við Eldborg er framhald svæðisins, mikið hverahrúður og óvenjuleg laug, hringlaga um 1 m í þvermál og um 1 m á dýpt. Þarna koma fremur fáir, enda laugin utan alfara-leiðar. Á háhitasvæðum eru fjölmargir staðir sem ástæða er til að hlífa fyrir átroðslu, t.d. hverasvæðin í Námaskarði, Kverkfjöllum, jarðhitasvæðið vestan og sunnan við Hrafninnusker á Torfajökulssvæðinu og jarðhitinn umhverfis Geysi í Haukadal. Mikill straumur ferðamanna liggur um þessa staði og eru þeir farnir að láta á sjá. Til að forða stöðunum frá eyðileggingu má beina fólki ákveðnar leiðir, leggja stíga eða gera fleiri en eina leið áhugaverða. Fremur lítið er gert að því að fræða fólk um svæðin, hvað þá kosta einhverju til uppbyggingar þeirra og viðhalds.



3. mynd. Þvottalaugarnar í Reykjavík voru notaðar fram á miðja 20. öld til að þvo flíkur bæjarbúa. Þá var þvegið í hverunum og skolað í Hveralæknum, sem nú er horfinn. – *The Þvottalaugar (= the laundry hot springs) in Reykjavík were used to launder clothes and linen until around middle of the 20th century. The women washed the clothes in the hot springs and cleaned the laundry in a cold spring near by.*

Við strendur landsins er jarðhiti þekktur í sjó á nokkrum stöðum (Jón Benjamínsson, 1988), t.d. við Hlið á Álftanesi, Berserkseyri við Grundarfjörð, við Kolbeinsey og víðar. Fremur lítil hættu er á raski vegna virkjunar á þessum stöðum vegna fjarlægðar frá byggð, en með vinnslu í landi gætu slíkir staðir horfið, t.d. við virkjun jarðhita á Álftanesi og Berserkseyri. Slíka staði þarf að kanna með tilliti til dýralífs og gróðurs áður en þeir hverfa.

Hættur vegna borframkvæmda og áníðsla ferðamanna

Við boranir eftir heitu vatni á lágheitsvæðum er algengt að laugar og volgrur hverfi af yfirborði. Stundum gerist þetta strax, annarsstaðar hverfur hiti af yfirborði á löngum tíma. Á háheitsvæðum verða breytingar aðrar. Gufuhverir haldast nokkuð stöðugir, en vatnshverir geta horfið. Þetta er vegna þess að orka flyst með vatni upp borholur og suða verður æ dýpra í jarðhitakerfinu eftir því hve mikið er tekið burt og hve öflugt kerfið er. Þó má segja að með borun í jarðhitakerfi, hvort sem er á lágheits- eða háheitsvæðum munu áhrif koma fram á yfirborði, það tekur þó sinn tíma. Fylgst er með vinnslu á mörgum jarðhitasvæðum en sjaldan er hugað að breytingum á yfirborði. Í gangi eru rannsóknarverkefni á Orkustofnun sem beinast að breytingum á háheitsvæðum sem nýtt eru og einnig óvirkjuðum svæðum. Vonast er til að slíkar rannsóknir gefi upplýsingar um hvaða breytingar eru eðlilegar á svæðunum og hvað kemur til af nýtingu þeirra.

Ferðamenn gera yfirleitt mestan usla með því að troða niður útfellingar og umhverfi hvera og hverasvæða. Hins vegar hefur aukin ferðamennska orðið til þess að sums staðar er farið að byggja upp gamla jarðhitastaði til að kynna þessa mikilvægu orkulind okkar, eins og t.d. Þvottalaugarnar í Laugardal. Á háheitsvæðum er yfirleitt mikið um hveraleiri og getur orðið mjög subbulegt á slíkum svæðum ef ekki er vel að gáð. Við Hverarönd á Námafjallssvæðinu hafa verið lagðir stígar til að forða slysum og beina ferðamönnum á ákvedna staði. Slíkt þarf að gera víðar auk þess að opna fleiri staði til að minnka álag á þeim vinsælustu.

Þakkir

Grein þessi var flutt sem erindi á ráðstefnu Líffræði- og Fuglaverndunarfélagsins, 21. apríl 1994. Ég vil þakka Magnúsi Ólafssyni jarðfræðingi og Jóni S. Ólafssyni líffræðingi fyrir yfirlestur greinarinnar og margar gagnlegar ábendingar.

Heimildir

- Björn Hróarsson & Sigurður S. Jónsson 1991. Hverir á Íslandi. Mál og menning. Reykjavík, 160 bls.
- Guðmundur Pálmason, Gunnar V. Johnsen, Helgi Torfason, Kristján Sæmundsson, Karl Ragnars, Guðmundur Ingi Haraldsson & Gísli Karel Halldórsson 1985. Mat á jarðvarma Íslands. Orkustofnun OS-85076/JHD-10, 134 bls.
- Gunnar Böðvarsson 1960. Hot springs and the exploitation of natural heat resources. Intern. Geol. Congr. Guide to excursion no. A2, bls. 46–54.
- Gunnar Böðvarsson 1961. Physical characteristics of natural heat resources in Iceland. Jökull 11: 29–38.
- Halldór Ármannsson, Sverrir Þórhallsson & Einar Tjörvi Elíasson 1991. Helstu áhrif virkjunar jarðhita á umhverfið. Orkustofnun, erindi á ársfundi 21. mars 1991, bls. 15–43.
- Hitaveita Reykjavíkur 1992. Nesjavallaveita. Hitaveita Reykjavíkur, kynningarbæklingur, 12 bls.
- Iðnaðarráðuneytið 1994. Innlendar orkulindir til vinnslu raforku. Iðnaðarráðuneytið, 153 bls.
- Ingvar Birgir Friðleifsson 1979. Geothermal activity in Iceland. Jökull 79: 47–56.
- Jón Benjamínsson 1988. Jarðhiti í sjó og flæðarmáli við Ísland. Náttúrufræðingurinn 58: 153–169.
- Jón Jónsson 1980. Verndun jarðhitasvæða. Náttúrufræðingurinn 50: 309–313.
- Náttúruminjaskrá 1991, sjötta útgáfa. Náttúruverndarráð, Reykjavík, 62 bls.
- Sigurður Þórarinnsson 1978. Hverir og laugar; ölkeldur og kaldavermsl. Náttúruverndarráð, Fjölrít nr. 3, 13 bls.
- Stefán Arnórsson 1980. Efnahitamælar. Náttúrufræðingurinn 50: 121–138.

SUMMARY

Geothermal Areas in Iceland

by Helgi Torfason

Geothermal energy in Iceland is divided into high- and low-temperature geothermal. The high-temperature geothermal areas have a base temperature above 200°C at less than 1 km depth. They are located in the volcanic zone and are related to the active volcanism and rifting of the Mid-Atlantic Ridge which transects Iceland from SW to NE. The low-temperature geothermal areas are outside the volcanic zone, having a base temperature below 150°C at 1 km depth.

The high-temperature areas are picturesque, where steaming ground, hissing fumaroles, native sulphur and colourful clay minerals add to the beauty of these places. The geothermal fluid is hotter, more acid and therefore encrustations are common in these areas. The steam can be used to generate electricity, for heating up cold water for space heating and for greenhouses or some other industrial use.

The low-temperature geothermal areas provide warm to hot water, from 10°C up to 100°C. The low-temperature water, which is originally rainwater, can be used directly for space heating, swimming pools, etc. The thermal water is richer in dissolved solids than cold groundwater but is usually much poorer in chemicals than water from high-

temperature areas. The utilisation of the low-temperature energy is therefore in many respects a lot easier than the high-temperature energy.

Geothermal energy is very important in Iceland and some 85% of the inhabitants enjoy geothermal space heating. Protection of important geothermal sites has however gained surprisingly little attention until recently, – only after most Icelanders have got their houses warm and nice to live in. Very few hot springs are protected by special laws, not more than 4–5. Some high-temperature geothermal areas are protected as a part of larger area. In spite of that quite a lot of the hot water is sometimes utilised, e.g. at Geysir in Haukadalur. The greatest danger to geothermal sites is the increasing number of tourists visiting Iceland and the utilisation of the geothermal energy. It is becoming necessary to protect some of these areas, especially those that are unique like the geysers and those that are of cultural or scientific interest.

Póstfang höfundar:

Auðlindadeild

Orkustofnun

Grensásvegi 9

108 Reykjavík

Author's address:

The National Energy Authority

Grensasvegur 9

IS-108 Reykjavik