

Alþjóða Jarðhitaráðstefnan í Japan

Franz Árnason

Alþjóða Jarðhitaráðstefnan í Japan sl. vor

Franz Árnason

Ráðstefnan World Geothermal Congress er haldin á vegum IGA International Geothermal Association, sem eru alþjóðleg samtök jarðhitamanna. Ráðstefnur sem þessar verða, samkvæmt áætlunum IGA, haldnar á 5 ára fresti. Fyrsta ráðstefnan var haldin í Florens á Ítalíu 1995 og næsta ráðstefna verður í Tyrklandi 2005.

Ráðstefnan var tvískipt þ.e.a.s. haldin á tveimur stöðum. Fyrirlestrahald var í fyrirrúmi auk þess var boðið upp á vörusýningar, kynningar og kynnisferðir fyrir ráðstefnuna, meðan á henni stóð og að henni lokinni. Einnig var gefinn kostur á kynnisferðum í tengslum við flutning ráðstefnunnar milli borganna Beppu og Morioka og japönsk menning og listir voru í boði.

Slagorð ráðstefnunnar voru vissulega áhugaverð eða „Sustaning Geothermal Energi into the 21st Centuri“ sem ef til vill þýðir stöndum með jarðhitnum inn í nýja öld eða styðjum jarðhitann inn í nýja öld. Ef til vill er þetta síðara réttara því ég hef þrátt fyrir allt á tilfinningunni að allt of lítið sé að gerast í jarðhitanýtingu á alheimsvísu og raunar hérlendis einnig. Ekki verður annað sagt en jarðhitamenn einkum, þó vísindamenn hafi ákveðið að bregðast við kalli og styðja við bakið á jarðhitanýtingu ef marka má þátttöku. Skráðir þátttakendur voru yfir 1200 auk um 100 fylgifiska. Íslendingar stóðu sig best í mætingu samkvæmt höfðatölureglunni frægu og auðvitað eigum við heimsmet í jarðhitanýtingu samkvæmt sömu reglu. Héðan komu 45 skráðir þátttakendur og 35 makar.

Kynningarbás og kynningarefni um nýtingu og þekkingu íslendinga á jarðhita vakti mikla athygli.

Fyrir venjulegan rekstraraðila eins og mig vantaði efni á ráðstefnuna. Sýnendur hefðu mátt vera fleiri. Þessi orð mín má þó alls ekki túlka sem svo að allt það er ég hlýddi á og sá hafi verið gagnslaust fyrir almennan veitustjóra frá Íslandi.

Öll umgjörð og framkvæmd ráðstefnunnar var óaðfinnanleg enda vann mikill fjöldi starfsmanna bæði launaðir og sjálfboðaliðar við að gera sjálf ráðstefnuhaldið áferðarfallegt ef svo má að orði komast. Í lokahófi ráðstefnunnar flutti sendiherra Íslands tölu og lýsti þar meðal annars þekkingu og kunnáttu íslendinga á jarðhitasviðinu.

Að lokum vil ég segja þetta: Það á að vera umhugsunarefni fyrir forsvarsmenn IGA hvort ekki þurfi að hafa meiri umfjöllun um bein not jarðhita og um praktíska hluti á WGC ráðstefnum sem þessari. Ég held að með því móti megi fá fjölbreyttari hóp, svo sem rekstraraðila og aðra kaupendur að þekkingu og þjónustu vísindamanna og framleiðsluvörum sem kynntar eru.

Að nokkru leiti virkaði þessi ráðstefna á mig sem fremur lokaður klúbbur þar sem mikið var af sama fólkinu og á Ítalíu fyrir 5 árum. Mér er að vísu orðið ljóst að jarðhitamenn eru fáir og mega sín ekki mikils í alþjóða orkusamfélaginu, en með því að ætla að vinna að útbreiðslu jarðhitanýtingar gegn um hálflokað vísindasamfélag og þröngan klúbb stórfra, einkum til raforkuframleiðslu, ná menn ekki viðunandi árangri.

Það þarf að auka verulega á aðráttarafl fyrir rekstraraðila innan jarðhitageirans, þar með talda eigendur, stjórnámamenn og fjármámamenn. Fá þarf fleiri framleiðendur vöru og þjónustu innan geirans til að kynna sína vöru.

Það má spyrja sig þeirrar spurningar hvort ekki yrði um allt of stóra ráðstefnu að ræða verði að þessu stefnt. Því er til að svara að það má að skaðlausu fækka erindum um vísindaleg efni verulega frá því sem nú er án þess að rýra hinn vísindalega þátt að minnsta kosti miðað við WGC í Japan. Það þarf að stór auka áróður fyrir jarðhita-notkun og það verður ekki gert nema að gera stjórnámamenn og almenning áhugasama.

Staða Íslands meðal jarðhitapjóðanna

Ingvar Birgir Friðleifsson

Staða Íslands meðal jarðhitapjóðanna

Ingvar Birgir Friðleifsson (ibf@os.is)
Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna
Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Ágrip

Vitað er um nýtanlegan jarðhita í rúmlega 80 löndum. Einhverja notkun er að finna í a.m.k. 67 löndum, en notkun hefur verið skráð í 58 löndum. Á Alþjóðajarðhitaráðstefnunni (WGC2000) var birt yfirlit yfir nýtingu jarðhitans í hinum ýmsu löndum. Algengt er að nýta hann til baða, upphitunar, fiskeldis og iðnaðar, og 21 land framleiðir rafmagn með jarðgufu. Tafla 1 sýnir rafmagnsframleiðslu og tafla 2 beina nýtingu í árslok 1999. Mesta beina nýtingin er í Kína en rafmagnsframleiðslan er mest í Bandaríkjunum. Ísland er í fjórða sæti á heimslistanum í beinni nýtingu jarðhitans, en í áttunda sæti í rafmagnsframleiðslu með jarðhita. Ísland var í öðru sæti í beinni nýtingu 1995 (á eftir Japan en á undan Kína og Bandaríkjunum), en í ellefta sæti í rafmagnsframleiðslu. Ekki kemur á óvart að Ísland skuli vera í fyrsta sæti bæði í beinni nýtingu og rafmagnsframleiðslu, sé miðað við fólksfjölda.

Uppsett afl í beinni nýtingu í heiminum í ársbyrjun 2000 (tölur frá ársbyrjun 1995 í sviga) var 15.145 MWt (8.664 MWt), heitavatnsnotkun 52.746 kg/s (37.050 kg/s), og varmanotkun 190.699 TJ/ári (112.441 TJ/ári). Á þessu fimm ára tímabili jókst uppsett varmaafli um 12% á ári og varmanotkun um 11% á ári. Varmanotkunin er mest til baða og sundlauga (42%), húshitunar (23%), húshitunar með varmadælum (12%), gróðurhúsa (9%), fiskeldis (6%), iðnaðar (6%), en 2% til annara nota. Mesta aukningin hefur verið í notkun varmadæla (10% á ári) til húshitunar og vegur þar hæst mikil aukning í Bandaríkjunum og Evrópu. Árleg aukning í hefðbundinni húshitun með jarðhita er um 2%, en 75% slíkrar húshitunar er í hitaveitum. Stærstu hitaveiturnar eru á Íslandi og í Frakklandi, en aukningin er mest í hitaveitum í Tyrklandi og Kína. Jarðhitanotkun til baða og sundlauga er langmest í Kína, Japan og Tyrklandi. Vaxtarmöguleikar eru miklir, ekki síst í löndum mið og austur Evrópu, en bág fjárhagsstaða tefur framkvæmdir.

Sífelld fjölgar þeim löndum sem nýta jarðhita til upphitunar með notkun varmadæla. Algengast er að varmadælur þjóni einstökum húsum eða húsabyrpingum, en einnig eru varmadælur notaðar í hitaveitum sem jafnframt nota aðra orkugjafa (gas, olíu, kol, sorp). Svisslendingar hafa verið framarlega í flokki varmadælunotenda og er höfuðmarkmið þeirra að draga úr brennslu eldsneytis og minnka loftmengun. Varmadælunotkun er einnig í örur vexti í Bandaríkjunum, Kanada, Austurríki, Þýskalandi, Frakklandi, Svíþjóð og Finnlandi. Danir eru með áform um aukna nýtingu jarðhita og Noregur er kominn á blað meðal jarðhitapjóða.

Helstu gróðurhúsálöndin sem nota jarðhita eru (fjöldi hektara í sviga): Ungverjaland (120), Túnis (96), Kína (70), Ítalía (52), Makedónía (49), Rússland (46), Bandaríkin (46), Tyrkland (45), Georgía (32), Rúmenía (31), Slóvakía (27), Búlgaría (22) og Ísland (18). Jarðhitanotkun í fiskeldi er langmest í Kína (4.499 TJ), en þar eru eldistjarnir um 300 hektarar og hafa nær tvöfaldast á s.l. fimm árum. Á eftir koma Bandaríkin, Tyrkland, Ísland, Georgía og Japan. Jarðhitanotkun til iðnaðar er mest á Nýja Sjálandi (5.753 TJ), í Kína (1.695 TJ), Íslandi (1.600 TJ), Rússlandi (542 TJ), Bandaríkjunum (382 TJ) og Ítalíu (352 TJ). Langstærsti iðnaðar-notandinn er pappírverksmiðjan í Kawerau á Nýja Sjálandi (5.500 TJ), en næst kemur Kísiliðjan við Mývatn (521 TJ).

Uppsett afl til rafmagnsframleiðslu í heiminum í ársbyrjun 2000 var 7.974 MWe (6.833 MWe í ársbyrjun 1995) og raforkuframleiðslan 49.261 GWh. Á þessu fimm ára tímabili jókst uppsett afl um 16,7%. Fimm ára tímabilin þar á undan jókst uppsett afl sem hér segir: 1980-1985 22,6%, 1985-1990 22,4% og 1990-1995 17,2%. Dræm aukning síðasta áratug er skýrð með lágu heimsmarkaðsverði á olíu, efnahagskreppunni í suðaustur Asíu og mikilli þrýsti-lækkun á Geysissvæðinu í Kaliforníu sem hefur leitt til lokunar nokkurra stöðva (alls 588

MWe lokað í Bandaríkjunum). Miðað við áætlanir lagðar fram á ráðstefnunni í vor verður aukningin í uppsettu afli 2000-2005 um 43%. Nokkur lönd framleiða meira en 5% af heildarraforku sinni með jarðhita, þ.e. Filippseyjar (22%), El Salvador (20%), Níkaragúa (17%), Ísland (15%), Kostaríka (10%), Kenýa (8%), Nýja Sjáland (6%) og Indónesía (5%). Árin 1995-2000 var mesta aukningin í uppsettu afli (MWe í sviga) á Filippseyjum (682), Indónesíu (280), Ítalíu (153), Nýja Sjálandi (151), Japan (133), Íslandi (120), Kostaríka (88) og El Salvador (56). Tvö ný lönd bættust í hóp rafmagnsframleiðenda með jarðgufu nýlega, Gvatemala (33 MWe) og Eþíópía (9 MWe).

Ísland er í fararbroddi á mörgum sviðum jarðhitarannsókna og nýtingar. Einkum vekur eftirtekt alþjóðlega hinn ótrúlegi árangur við hitaveituvæðingu landsins, en um 86% húsnæðis er hitað með jarðhita. Einnig vekur sérstaka athygli góð nýting háhitasvæðanna í Svartsengi og á Nesjavöllum þar sem bæði er framleitt rafmagn og heitt vatn til upphitunar. Hliðstæður er ekki að finna í öðrum löndum. Mörgum kemur hins vegar á óvart hvað Íslendingar henda vatni með háu hitastigi. Í fjölmörgum iðnríkjum er verið að bora dýrar holur eftir vatni með mun lægra hitastigi en affallsvatn íslenskra hitaveitna. Aðeins Hitaveita Akureyrar nýtir varmadælur að marki á Íslandi.

Góð staða Íslands meðal jarðhitapjóðanna kom vel fram á Alþjóðajarðhitaráðstefnunni. Íslendingar voru höfundar 43 erinda þar sem kynntar voru helstu nýjungar í jarðhitarannsóknum og jarðhitanýtingu á Íslandi síðustu fimm árin. Ekkert land nýtir jarðhitann hlutfallslega í sama mæli (um 50% frumorku úr jarðhita). Í lokaályktun ráðstefnunnar voru tvö lönd, Ísland og Filippseyjar, nefnd sem dæmi um hvað hægt væri að ná langt ef jarðhitanýting væri sett fremst í forgangs röð í orkumálum. Fyrrum nemendur Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna á Íslandi settu einnig mikinn svip á ráðstefnuna og báru íslenskri jarðhitapækkingu gott vitni. Nemendur skólans voru höfundar eða meðhöfundar 88 greina í ráðstefnuritinu og 61 þeirra (af 227 útskrifuðum) kynntu erindi sín á ráðstefnunni.

Heimildir: Einkum er stuðst við upplýsingar úr yfirlitsgreinum eftir John Lund og Derek Freeston u beina nýtingu og Gerald Huttner um raforkuframléiðslu sem voru kynntar á WGC2000 en munu birtast endurbættar í Geothermics í ársbyrjun 2001. Upplýsingar um einstök lönd eru að mestu úr greinum í WGC2000 ráðstefnuritinu.

Tafla 1: Raforkuframleiðsla með jarðhita 1999

Land	Uppsett afl MWe	Raforkuframleiðsla GWh	% raforku landsins
Bandaríkin	2.228	15.470	0,4
Filipseyjar	1.909	9.181	22
Mexíkó	755	5.681	3
Indónesía	590	4.575	5
Ítalía	785	4.403	2
Japan	547	3.532	0,4
Nýja Sjáland	437	2.268	6
Ísland	170	1.138	15
El Salvador	161	800	20
Kostaríka	142	592	10
Níkaragúa	70	583	17
Kenýa	45	366	8
Gvatemala	33	216	4
Tyrkland	20	120	-
Kína	29	100	-
Portúgal	16	94	-
Rússland	23	85	-
Eþíópía	9	30	2
Frakkland	4	25	-
Taíland	0,3	2	-
Ástralía	0,2	0,9	-
	7.973,5	49.261,9	

Tafla 2: Bein nýting jarðhita í heiminu 1999

Land	Uppsett afl MWt	Orkunotkun TJ/yr	Orkunotkun GWh/yr	Álagsstuðull
Kína	2.282	37.908	10.531	0,53
Japan	1.167	26.933	7.482	0,73
Bandaríkin	3.766	20.302	5.640	0,17
Ísland	1.469	20.170	5.603	0,44
Tyrkland	820	15.756	4.377	0,61
Nýja Sjáland	308	7.081	1.967	0,73
Georgía	250	6.307	1.752	0,80
Rússland	308	6.144	1.707	0,63
Frakkland	326	4.895	1.360	0,48
Svíþjóð	377	4.128	1.147	0,35
Ungverjaland	473	4.086	1.135	0,27
Mexíkó	164	3.919	1.089	0,76
Ítalía	326	3.774	1.048	0,37
Rúmenía	152	2.871	797	0,60
Indland	80	2.517	699	1,00
Sviss	547	2.386	663	0,14
Serbía	80	2.375	660	0,94
Slóvakía	132	2.118	588	0,51
Ísrael	63	1.713	476	0,86
Búlgarí	107	1.637	455	0,48
Austurríki	255	1.609	447	0,20
Alsír	100	1.586	441	0,50
Þýskaland	397	1.568	436	0,13
Jórdanía	153	1.540	428	0,32
Kanada	378	1.023	284	0,09
Kórea	36	753	209	0,67
Slóvenía	42	705	196	0,53
Litháen	21	599	166	0,90
Krótía	114	555	154	0,15
Makedónía	81	510	142	0,20
Finnland	81	484	134	0,19
Argentína	26	449	125	0,55
Grikkland	57	385	107	0,21
Ástralía	34	351	98	0,32
Pólland	69	275	76	0,13
Kólubía	13	266	74	0,63
Túnis	23	201	56	0,28
Tékkland	13	128	36	0,33
Gvatemala	4	117	33	0,88
Belgía	4	107	30	0,87
Danmörk	7	75	21	0,32
Holland	11	57	16	0,17
Perú	2	49	14	0,65
Indónesía	2	43	12	0,59
Portúgal	6	35	10	0,20
Noregur	6	32	9	0,17
Filipseyjar	1	25	7	0,79
Nepal	1	22	6	0,66
Bretland	3	21	6	0,23
Önnur lönd	7	109	30	
	15.144	190.699	52.979	0,4

* Hondúras, Armenía, Egyptaland, Thailand, Jemen, Venúsúela, Kenýa, Chíle og Karabísku eyjarnar.

Staða jarðhita og helstu nýjungar í nýtingu á Íslandi

Árni Ragnarsson

Staða jarðhita og helstu nýjungar í nýtingu á Íslandi

Árni Ragnarsson, orkubúskapardeild
Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík (ar@os.is)

Ágrip

Árið 1999 var frumorkunotkun á Íslandi 121 PJ eða 434 GJ á hvern íbúa, sem er meira en í nokkru öðru landi. Jarðhiti stendur undir um 50% af frumorkunotkuninni, vatnsorka 18%, olía 30% og kol 2%. Þannig koma um tveir þriðju hlutar orkunotkunarinnar frá innlendum endurnýjanlegum orkugjöfum. Áætlað er að bein notkun jarðhita hafi árið 1999 numið alls 20.170 TJ og að tilsvarendi uppsett afl hafi verið 1.469 MWt. Helsta notkun jarðhita á Íslandi er til upphitunar húsnæðis. Nú kemur um 86% af þeirri orku sem notuð er til húshitunar úr jarðhita, önnur hitun er með raforku (12%) og olíu (2%). Heildarorkunotkun jarðhita við húshitun nemur nú um 15.600 TJ á ári.

Orkuveita Reykjavíkur (áður Hitaveita Reykjavíkur) er langstærst af þeim 26 opinberu hitaveitum sem nýta jarðhita hér á landi og þjónar í dag um 160.000 manns. Síðastliðinn áratug hefur árleg heitavatnsnotkun hjá veitunni nánast staðið í stað. Á sama tímabili hefur heildarrúmmál húsa á veitusvæðinu aukist um 15-20%. Þannig hefur orkunotkunin á hverja rúmmálseiningu upphitaðs húsrýmis minnkað verulega. Helsta ástæðan fyrir þessu er betri stýring á hitakerfum, betur einangruð hús og aukin meðvitund um orkunotkun almennt. Orkuveita Reykjavíkur varð til við samruna Hitaveitu Reykjavíkur og Rafmagnsveitu Reykjavíkur þann 1. janúar 1999. Fjöldi ársverka hjá Orkuveitunni var 430 árið 1999 og veltan um 7,8 milljarðar króna.

Árið 1998 setti iðnaðarráðuneytið af stað verkefni til styrktar jarðhitaleitar á svokölluðum köldum svæðum. Alls var veitt 60 milljónum króna til verkefnisins. Aukin notkun jarðhita mun minnka niðurgreiðslur ríkisins til húshitunar með raforku, en þær nema á þessu ári 760 milljónum króna. Verkefnið hefur þegar skilað árangri. Dæmi um það er hitaveita í **Stykkishólmi** sem nýlega er tekin til starfa. Við jarðhitaleitina var m.a. beitt aðferð sem felst í að bora margar grunnar borholur, svonefndar hitastigulsholur. Vegna efnainnihalds er ekki hægt að nýta jarðhitavökvann beint í opnu dreifikerfi eins og algengast er og því er vatninu dreift um tvöfalt dreifikerfi frá varmaskiptastöð. Afl veitunnar er um 7 MWt. Heildarkostnaður var um 440 milljónir króna og styrkti Evrópusambandið framkvæmdirnar með 35 milljón króna framlagi.

Aðveituað **Orkuveitu Húsavíkur** frá Hveravöllum hefur nýlega verið endurnýjuð og í stað asbestpípunnar lögð 400 mm niðurgrafin og foreinangruð stálpípa. Hún flytur vatnið undir þrýstingi til Húsavíkur og tapast aðeins um 2°C á leiðinni. Um mitt ár 2000 var tekin í notkun ný orkustöð á Húsavík. Hún hýsir 2 MWe rafstöð af Kalina gerð, eina þá fyrstu sem reist er í heiminum af þessari gerð. Rafstöðin nýtir varmann í vatninu frá 125°C í 80°C og fullnægir um þremur fjórðu hlutum núverandi raforkuþarfar á Húsavík. Frá orkustöðinni fer vatnið inn á dreifikerfi hitaveitunnar til almennra nota við húshitun, til iðnaðar, í sundlaug o.fl. Með þessum breytingum hjá Orkuveitu Húsavíkur hafa skapast möguleikar á fjölnýtingu jarðhitans. Heildarfjárfestingin nemur um 800 milljónum króna. Af því er ru um 50 milljónir styrkur frá Evrópusambandinu.

Árið 1999 lauk tveggja ára niðurdælingatilraun við Laugaland í Eyjafjarðarsveit, þar sem er stærsta vinnslusvæði **Hitaveitu Akureyrar**. Tilraunin fólst í að dæla á bilinu 6-21 kg/s af bakrásarvatni frá dreifikerfinu á Akureyri niður í jarðhitakerfið. Niðurstöður benda til að með þessu móti megi auka vinnslu jarðvarma á svæðinu á fjárhagslega hagkvæman hátt. Verkefnið var styrkt af Evrópusambandinu með 50 milljón króna framlagi en heildarkostnaður var um 150 milljónir króna. Árið 1998 voru settar upp tvær nýjar varmadælar hjá Hitaveitu Akureyrar. Þær eru af gerðinni Gram og koma í stað eldri varmadælna. Heildarafköstin eru 3,7 MWt og áætlaður COP-stuðull um 4,5. Verð varmadælnanna var um 25 milljónir króna án

rafmótora, en þá þurfti ekki að endurnýja. Undanfarnir ár hafa varmadæurnar séð fyrir um 3% af orkuöflun Hitaveitu Akureyrar.

Sundlaugar. Um 160 sundlaugar eru í rekstri hér á landi og þar af eru um 130 hitaðar með jarðhita. Flestar þessara lauga eru opnar almenningi en einnig eru meðtaldar laugar fyrir skóla og aðrar stofnanir. Miðað við flatarmál er 89% sundlauganna hitað með jarðhita, 7% með rafmagni og 4% með olíu. Hluttur höfuðborgarsvæðisins er um 29% af heildarflatarmáli allra sundlauga í landinu. Aðsókn að sundstöðum hefur aukist á undanföllum árum og var heildarfjöldi sundgesta á landinu öllu 3,9 milljónir árið 1996. Þetta jafngildir því að hver landsmaður fari 14 sinnum í sund á ári. Ný sundlaug af meðalstærð notar árlega heitt vatn sem tilsvavar notkun 80-100 einbýlishúsa.

Snjóbræðsla. Jarðhiti hefur verið nýttur til snjóbræðslu hér á landi síðastliðin 15-20 ár. Al-gengast er að notað sé bakrásarvatn frá húsum, um 35°C, stundum blandað með fullheitu framrásarvatni. Við endurnýjun gatna í miðbæ Reykjavíkur fyrir nokkrum árum var lagt snjóbræðslukerfi í götur og gangstéttir sem þekja alls um 40.000 m². Heildarflatarmál snjóbræðslukerfa hér á landi er áætlað um 350.000 m² og þar af um 250.000 m² í Reykjavík. Árleg orkunotkun er áætluð 325 kWh/m². Af því er líklegt að um tveir þriðju hlutar komi úr bakrásarvatni og um einn þriðji úr framrásarvatni. Heildarorka til snjóbræðslu hér á landi er áætluð 410 TJ á ári.

Iðnaður. *Kísiliðjan* við Mývatn er langstærsti notandi jarðhita í iðnaði hér á landi. Verksmiðjan hefur verið starfrækt frá árinu 1967 og framleiðir um 2.700 tonn af kísilgúr á ári. Kísiliðjan notar árlega um 270.000 tonn af jarðgufu við 10 bara þrýsting, fyrst og fremst til þurrkunar. Þetta tilsvavar 521 TJ orkunotkun á ári. *Þörungaverksmiðjan* á Reykhólum framleiðir 2.000-4.000 tonn af þang- og þamjöldi á ári og notar til þess 28 l/s af 107°C heitu vatni. Árleg orkunotkun er um 150 TJ. *Saltverksmiðjan* á Reykjanesi hóf starfsemi fyrir rúmlega 20 árum. Verksmiðjunni var lokað árið 1994 en á síðasta ári hófst starfsemi þar aftur í smáu stíl. Að *Hæðarenda* í Grímsnesi hefur verið starfrækt verksmiðja sem framleiðir kolsýru (CO₂) úr jarðhitavökva síðan 1986. Eftir stækkun verksmiðjunnar er framleiðslan nú um 2.000 tonn á ári. Til þess eru notaðir um 6 l/s af jarðhitavökva. Framleiðslan er notuð í gróðurhúsum, við gosdrykkjaframleiðslu og í öðrum matvælaíðnaði. Af annarri nýtingu jarðhita í iðnaði má nefna víðarþurrkun á Húsavík sem hófst fyrir fjórum árum, fiskþurrkun víða um land, sólun hjólbarða í Hveragerði, framleiðslu á holsteina- milliveggjaplötum í Mývatnssveit o.fl. Alls er áætlað að notkun jarðhita í iðnaði hér á landi nemi 1.600 TJ á ári.

Gróðurhús. Einhver elsta og mikilvægasta nýting jarðhita hér á landi auk hitunar íbúðarhúsa er hitun gróðurhúsa. Alls eru nú um 183.000 m² undir gleri. Þar af eru 55% nýtt til ræktunar grænmetis og 45% til ræktunar blóma. Raflýsing hefur aukist mikið á undanföllum árum og þar með hefur ræktunartímabilið lengst og nýting húsanna batnað. Einnig er algengt nú orðið að bæta CO₂ í loftið í gróðurhúsunum yfir vetrarmánuðina. Áætluð notkun jarðhita í gróðurhúsum er alls um 790 TJ á ári.

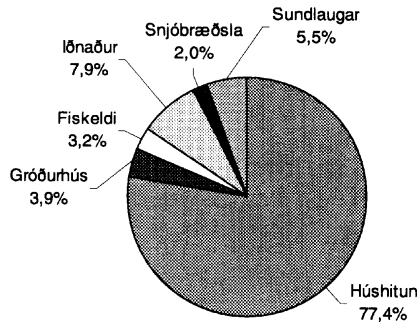
Fiskeldi. Notkun jarðhita í fiskeldi hefur verið töluverð á undanföllum árum. Fiskeldisstöðvum hefur verið að fækka en heildarframleiðslan hefur þó farið hægt vaxandi og er nú um 4.000 tonn á ári. Jarðhitinn er fyrst og fremst notaður við seiðaeldi. Heildarnotkun jarðhita í fiskeldi er áætluð um 650 TJ á ári.

Raforkuvinnsla með jarðhita. Raforkuvinnsla með jarðhita til almenningsþarfa hefur á undanföllum árum verið á þeim 5 stöðum sem tilgreindir eru í töflu 2. Um mitt þetta ár bættist við raforkuvinnsla hjá Orkuveitu Húsavíkur. Elsta jarðgufuvirkjunin hér á landi er við *Námafjall*, en hún var gangsett árið 1969. *Kröfluvirkjun*, sem starfað hefur síðan 1977, var stækkuð úr 30 í 60 MWe árið 1997 og í undirbúningi er að auka afl virkjunarinnar um 40 MWe til viðbótar. *Svartsengi* var settur upp nýr 30 MWe hverfill í árslok 1999, en við það jókst heildarafl virkjunarinnar til raforkuvinnslu í 46 MWe. Á *Nesjavöllum* hófst

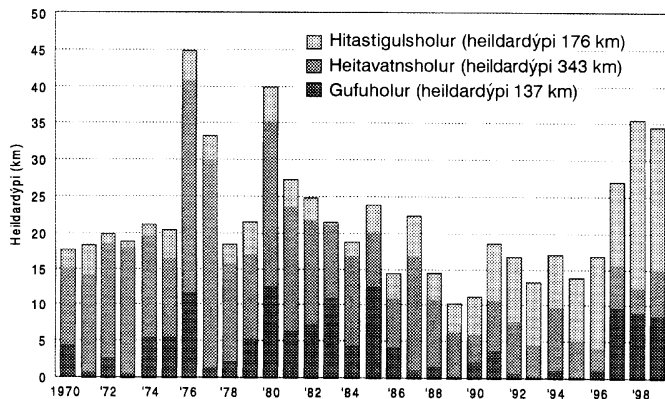
raforkuvinnsla í árslok 1998 í tveimur 30 MWe hverflum. Unnið er að stækkun virkjunarinnar í 90 MWe með uppsetningu þriðja hverfilsins.

Tafla 1. Orkuveita Reykjavíkur - hitaveita 1999

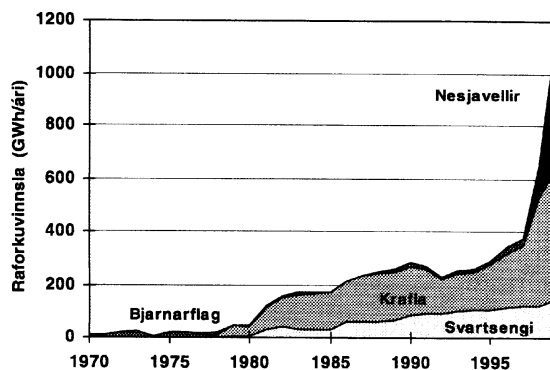
Fjöldi íbúa með hitaveitu	159.495
Heildarrúmmál hitaðra húsa	43.967.000 ³
Vatnshiti til notenda	75°C
Fjöldi borholna	62
Uppsett afl	830 MWt
Mesta álag 1999	612 MWt
Heildarlengd pípukerfis	1.338 k
Vatnssala 1999	59.366.000 ³ /year



Mynd 1. Skipting beinnar nýtingar jarðhita 1999



Mynd 2. Árlegt bordýpi jarðhitaborholna 1970-1999



Mynd 3. Raforklúvinnsla með jarðhita 1970-1999

Umhverfismál jarðhitavinnslu og nýtingar

Hrefna Kristmannsdóttir

Umhverfismál jarðhitavinnslu og nýtingar

Hrefna Kristmannsdóttir
Orkustofnun

Til að halda góðum lífskjörum á Íslandi og tryggja hagvöxt er nauðsynlegt að nýta náttúruauðlindir landsins. Þjóðin vill ekki spilla umhverfi um of og eyðileggja náttúruperlur landsins og því þarf að fara bil beggja við virkjanir og kjósa þá kosti sem eru umhverfisvænstir. Mikilvægt er að sátt sé um slíkar framkvæmdir og opin umræða milli virkju naraðila, náttúruverndarsamtaka og almennings. Þótt jarðhiti sé meinlítill orkulind miðað við flestar aðrar þá fylgja virkjun hans engu að síður áhrif á umhverfi, sem bæði geta verið jákvæð og neikvæð og þarf að veita og meta áður en ráðist er í slíkt. Umhverfisáhrif eru mjög mismikil eftir eðli jarðhitasvæða og því um hvers konar virkjun er að ræða. Sum þeirra umhverfisáhrifa sem talist geta neikvæð staðbundið eru hins vegar jákvæð í hnattrænum skilningi.

Erlendis á sér stað svipuð umræða og hérlendis og umhverfismál skipa þar eins og hér æ stærri sess í undirbúningi og rekstri jarðhitavirkjana og jafnframt í mati á hagkvæmni mismunandi virkjunarkosta.

Helstu áhrif, sem vinnsla og nýting jarðhita hefur á umhverfi eru:

Útlitsbreytingar á yfirborði.

Hávaðamengun, einkum tengd blásandi háhitaborholu .

Félagsleg og efnahagsleg áhrif jarðhitaframkvæmda eru yfirleitt svipaðs eðlis o annarra stórfamkvæmda, en hafa þó yfirleitt fleiri jákvæðar hliðar.

Eðlisbreytingar umhverfis eins og landsig, massabreytingar og breytingar á grunnvatnsstöðu.

Varmi verður afgangur við vinnslu jarðhita og reyndar einnig frá náttúrulegu afrennsli hvera og lauga.

Efnalosun í vatn og loft fylgir vinnslu jarðhita, en er þó mun minni en í orkuveru kyntum með kolum og olíu og þeim fylgir ekkert ryk.

Möguleg áhrif á lífríki, gróður, dýralíf og örveruflóru í hverum.

Röskun ósnortinnar ásýndar landsvæða.

Orkufyrirtæki á Íslandi hafa á undanförunum áratugum kostað og framkvæmt margs konar rannsóknir á sviði umhverfismála og tóku fyrir nokkrum árum myndarlega þátt í átaksverkefni á þessu sviði, sem var samstarfsverkefni Orkustofnunar, Landsvirkjunar, Hitaveitu Reykjavíkur og Hitaveitu Suðurnesja. Í verkefninu var farið yfir fyrirliggjandi rannsóknargögn frá öllum virkjuðum svæðum og kom í ljós að þau voru veruleg og spönnuðu yfir alla helstu umhverfisþætti, nema síst hávaða. Gerðar voru rannsóknir á nokkrum þeim þáttum, sem helst þótti þurfa að styrkja grunninn að, þ.e. hæðar- og þyngdarmælingar, smáskjálftamælingar, athuganir á breytingum á yfirborði, rannsóknir á gasútblastri og áhrifu úða. Niðurstöður þessa verks hafa nýst mjög vel bæði til að sýna fram á sérstöðu Íslands hvað varðar ýmis umhverfisáhrif t.d. í hvörfun jarðhitagasa og jafnframt hafa þær nýst til grundvallar á umhverfismati einstakra svæða.

Frá 1995 hafa Íslendingar tekið óformlega þátt í alþjóðlegu samvinnuverkefni um rannsóknir á umhverfisáhrifum jarðhita á vegum International Energy Agency (IEA). Verkefni þeir sem við höfum tekið þátt í voru skilgreindir innan íslenska átaksverkefnisins fyrrnefnda u Umhverfisáhrif jarðhitánýtingar og voru upphaflega allir verkefni innan þess. Forsaga málsins er að IEA hafði forgöngu um að koma af stað 7 átaksverkefnum um rannsóknir á sviði jarðhita (Tasks) og var Umhverfisáhrif jarðhitánýtingar eitt þeirra. IEA leggur ekki beint fra fé til verkefnanna, heldur útvega þátttakendur fjármagn til sinna verkefna. Hins vegar er aðgangur þátttakenda að gögnum hvers annars greiðari, kraftarnir eru meira samhæfðir,

haldnir eru sérstakir fundir á alþjóðlegum jarðhitaráðstefnum um niðurstöður og þær birtar í sérstökum heftum alþjóðlegra tímarita.

Þótt Íslendingar séu ekki meðlimir í IEA skiptir það ekki máli varðandi þátttöku í átaksverkefninu þar sem landið er í OECD. Það hefur hins vegar vafist fyrir ráðamönnum að fullgilda þáttöku okkar en s.l. vor tókst loks að fá pólitíska ákvörðun um að gerast formlegur aðili að jarðhitasamstarfinu. Íslendingar hafa tekið þátt í þremur fagfundum þar se niðurstöður átaksverksins hafa verið kynntar. Sá fyrsti var í Japan 1997 á alþjóðlegri jarðhitaráðstefnu á vegum NEDO og þar voru af Íslands hálfu kynntar niðurstöður rannsóknna á dreifingu og hvörfun jarðhitagasa frá virkjunum og náttúrulegu útstreymi. Annar fundurinn var í Kaliforníu á GRC ráðstefnu og þar kynntum við rannsóknir á náttúrulegri virkni og eftirlitsaðferðir með breytingum á henni. Sá þriðji og stærsti var á heimsráðstefnunni u jarðhita í Japan og tóku Íslendingar myndarlegan þátt í kynningu verkefna á honum.

Á alþjóðaráðstefnunni í Japan voru alls flutt um 40 erindi á sérstökum umhverfisfundum, en auk þess var fjöldi erinda um umhverfismál jarðhita sem flutt voru á fundum um jarðhitamál einstakra landa eða um forrannsóknir á einstökum svæðum. Af Íslands hálfu var lagður fra um tugur erinda um þennan málaflokk. Flest þeirra voru um verkefni sprottin úr rannsóknu sem unnar voru að hluta eða öllu leyti innan fyrrnefnds átaksverks um umhverfisáhrif jarðhitanytingar.

Séu bornar saman þær áherslur sem fram koma í íslensku erindunum WGC og erindum annars staðar frá sést að áherslur eru að nokkru leyti ólíkar. Landsig, massabreytingar og útlitsbreytingar eru alls staðar mikilvægt rannsóknarefni. Gasútblastur og hreinsun á gasi frá jarðhitavirkjunum virðist vera meira áhyggjuefni á flestum stöðum en hér á Íslandi. Sama m segja um skriðuföll og óstöðugleika jarðvegs í kjölfar jarðhitavirkjana, sem lítið hefur verið fjallað um né verið mikið áhyggjuefni á Íslandi. Meira er rætt um grunnvatnsmál af hálfu Íslands en annarra landa e.t.v. vegna þess að á flestum öðrum stöðum er það nokkuð sjálfsagt að dæla mestöllu affallsvatni aftur niður í jarðhitageyminn. Á Íslandi er það hinsvegar ekki gert í miklum mæli enn sem komið er. Vandamál vegna niðurdælingar eru nokkuð algengt viðfangsefni í erlendu greinunum. Sama máli gegnir um beitingu mats á umhverfisáhrifum. Útlitsbreytingar og aðferðir við eftirlit með náttúrulegri virkni eru á mörgum stöðu vandamál og sömuleiðis aðferðir til að segja fyrir um breytingar í kjölfar virkjunar.

Nauðsyn þess að kortleggja nákvæmlega jarðhitasvæði, mæla gufuútstreymi og fylgjast með breytingum á þessum þáttum um árabíl fyrir virkjun er almennt viðurkennd sem nauðsynlegur grundvöllur að vali milli virkjunarkosta og einnig síðara eftirliti með vinnslu jarðhitasvæða. Jafnframt er þetta sá þáttur sem erfiðast er að fjármagna og koma af stað tímanlega fyrir virkjunáform og framkvæmdir á svæðunum. Í íslenska átaksverkinu voru tekin fyrir 28 háhitasvæði og staða þeirra með tilliti til virkjunar og umhverfisrannsókna metin og kom í ljós að verulega skorti á að til væru lágmarksupplýsingar um umhverfisþætti, sem nýst gætu til að forgangsraða virkjun svæðanna í tíma. Rammaáætlun ríkisstjórnarinnar tekur væntanlega á þessum þáttum í samráði við þá sem teljast hafa eignarhald á viðkomandi svæðum. Sú áætlun er eins konar frummat á virkjunarkostum og væntanleg áhrif á umhverfi vega þar talsvert þungt.

Ljóst er að við Íslendingar stöndum að mörgu leyti vel hvað varðar rannsóknir á umhverfismálum jarðhitavinnslu, en þó eru nokkur svið þar sem við höfum ekki staðið nægilega vel að verki og þurfum að bæta okkur. Æskilegt að halda áfram rannsóknum á mörgum þeim verkþáttum, sem unnir hafa verið innan áðurnefnds átaksverks: Ljúka rannsóknum á afdrifum brennisteinsvetnis í andrúmslofti vegna þess hversu mikilvægt það er varðandi þörf á hreinsibúnaði við jarðhitavirkjanir og þar með orkukostnað; unnið verði áfra að úttekt á þekktum leiðum til umhverfisvænnar losunar á gasi og aðferðum til hreinsunar á gasi til vinnslu á hreinni kolsýru úr hveralofiti til minnkunar á útstreymi koltvísýrings;

áframhaldandi rannsóknir á smáskjálftavirkni á jarðhitasvæðum eru mikilvægar; einnig þróun ódýrari aðferða við hæðarmælingar.

Eitt af því sem við þyrftum að huga betur að er að skilgreina þau verndarviðmið sem nota skal varðandi jarðhitasvæði. Jafnframt er ekki nægilega vel skilgreint hvernig á að afmarka vernduð svæði og hvaða skilyrði þarf að setja um nýtingu nálægra jarðhitasvæða.

Verulegur áhugi er á því að halda samstarfinu innan IEA áfram. Stungið hefur verið upp á því að nokkur verkefni sem nú eru í gangi á sviði umhverfisrannsókna jarðhita verði skilgreind sem verkþættir innan þess og jafnframt nokkur verkefni til viðbótar sem mikill áhugi er á að vinna en ekki hefur enn fengist fjármögnun til. Það að taka þátt í alþjóðasamstarfi eins og átaksverkefni IEA er mikilvægt fyrir framgang og þróun rannsókna á þessu sviði. Jafnframt þarf að auka innlent samstarf og samvinnu og gæta þess að tiltækt fjármagn sé nýtt á se bestan hátt.

Hér hefur einkum verið litið til umhverfisrannsókna en ekki mikið til þeirrar reynslu se fengist hefur af umhverfismati frá því að fyrstu lögum um það efni voru samþykkt árið 1993, enda væri það efni í langan fyrirlestur. Eins og virkjunaraðilar og rannsóknaraðilar hafa rekið sig á voru ýmsir barnasjúkdómar tengdir framkvæmd þeirra laga og að hluta til er nýju lögum frá maí 2000 ætlað að ráða bót á því og eyða óvissuatriðum. Ljóst er að mat á umhverfisáhrifum er ekki hugsað sem aðferð til að koma í veg fyrir framkvæmdir, hvorki virkjanir né annað. Eitt þeirra verkefna sem bíða jarðhitamanna er að vinna að því að ferlið við mat á umhverfisáhrifum verði einfaldara og skilvirkara og tryggi bæði verndunarsjónarmið og hagkvæmustu nýtingu jarðhitaauðlindanna.

Heimildir:

Ármansson, H. and Kristmannsdóttir, H., 1992. Geothermal Environmental Impact. *Geothermics*, 21, 869-880.

Hrefna Kristmannsdóttir, 1997. Umhverfisáhrif jarðhitanýtingar. Uppgjör verksins. Samvinnuverk Orkustofnunar, Hitaveitu Reykjavíkur, Hitaveitu Suðurnesja, Landsvirkjunar og Umhverfisráðuneytis. OS-97074, 43s.

Kristmannsdóttir, H., Ármansson, H. and Árnason, K., 2000. Environmental impact of geothermal utilization in Iceland. *Proceedings of World geothermal congress 2000, Japan*, 633-638.

Endurnýjanleiki jarðhita og sjálfbær nýting

Valgarður Stefánsson

Endurnýjanleiki jarðhita og sjálfbær nýting

Valgarður Stefánsson

vs@os.is

Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Ágrip

Orkulindum heimsins er skipt í tvo meginflokkka, endanlegar og endurnýjanlegar orkulindir. Sem stendur koma 78% af orkunotkun mannkynsins úr endanlegum orkulindum (kol, olía, gas) en aðeins 22% af orkunotkun heimsins eru úr endurnýjanlegum orkulindum. Þjóðir heims vilja auka hlutdeild endurnýjanlegra orkulinda á kostnað olíu og annarra endanlegra orkulinda.

Orkunotkun Íslendinga er mjög einstæð að því leyti að hlutur endurnýjanlegra orkulinda (jarðhiti og vatnsorka) er hér 69%, en hlutur kolvetna 31%. Íslendingar nýta endurnýjanlegar orkulindir hlutfallslega meira en aðrar þjóðir.

Brýnt er að greina á milli hugtakanna *endurnýjanleg orkulind* og *sjálfbær nýting*. Endurnýjanleiki lýsir eiginleikum orkulindarinnar – þ.e. að orkulindin hefur þann eiginleika að í stað þeirrar orku sem unnin er kemur ný orka, orkulindin endurnýjar sig að vissu marki. Hins vegar er hægt að haga vinnslu úr orkulindinni á mismunandi hátt og þar kemur hugtakið sjálfbær nýting inn.

Heppilegt er að bera jarðhitavinnslu saman við nýtingu fiskistofna til þess að skýra muninn á endurnýjanleika og sjálfbærri nýtingu. Fiskistofnarnir endurnýja sjálfa sig og eru þannig greinilega endurnýjanleg auðlind, en hægt er að nýta þá á mismunandi hátt. Með skynsamlegri stjórnun fiskveiða er hægt að viðhalda samfelldum og óbreyttum afla í mjög langan tíma. Ef veiðarnar verða hins vegar meiri en stofninn þolir má búast við að stofninn hrynji og að auðlindin ónýtist um langan tíma eða um aldur og æfi.

Jarðhiti er unninn úr jarðhitakerfum í iðrum jarðar. Vinnsla jarðhita hefur áhrif á jarðhitakerfin á þann hátt að lítil vinnsla hefur svo litla truflun í för með sér að hægt er að halda óbreyttri vinnslu í mjög langan tíma (hundruð ára) en mikil vinnsla hefur þau áhrif að jarðhitavinnslan minnkar með tíma. Mikil vinnsla tæmir ekki jarðhitakerfið (auðlindina) heldur kemur jarðhitakerfið til með að jafna sig eftir vissan tíma ef vinnslan er minnkuð eða henni hætt.

Fyrir hvert jarðhitakerfi eru þannig til mörk í vinnslunni sem skilja á milli þeirrar vinnslu se hægt er að viðhalda óbreyttri í mjög langan tíma og þeirrar vinnslu sem hefur svo mikil áhrif á jarðhitakerfið að vinnslan muni óhjákvæmilega minnka með tíma. Dæmi u jarðhitavinnslu þar sem vinnslan hefur verið óbreytt í mjög langan tíma eru t.d. Laugarnes í Reykjavík, Deildartunguhver í Borgarfirði og Matsukawa í Japan.

Dæmi um jarðhitavinnslu þar sem vinnslan hefur verið svo mikil að jarðhitakerfið hafi ekki staðið undir óbreyttri vinnslu í langan tíma er t.d. Geysissvæðið í Kaliforníu.

Sú nýtingaraðferð sem notuð er við jarðhitavinnsluna hefur áhrif á það hvað hægt er að viðhalda mikilli vinnslu í langan tíma úr jarðhitakerfinu. Þannig kemur niður-dæling yfirleitt til með að gera það mögulegt að hækka vinnslugetu jarðhitakerfanna, þ.e. að vinnslan se hægt er að viðhalda í langan tíma með niðurdælingu er meiri en samsvarandi vinnsla án niðurdælingar.

Hægt er að skilgreina hugtakið sjálfbær nýting jarðhita þannig:

Fyrir hvert jarðhitakerfi og hverja nýtingaraðferð (vinnsluáðferð) er til visst markgildi orkuvinnslu, Q_0 , sem er þess eðlis að ef vinnslan er minni eða jöfn þessu markgildi er hægt að viðhalda óbreyttri vinnslu úr jarðhitakerfinu í mjög langan tíma (hundruð ára), en ef vinnslan er meiri en Q_0 hefur vinnslan svo mikil áhrif á jarðhitakerfið að vinnslan kemur óhjákvæmilega til með að minnka með tíma. Vinnsla sem er minni eða jöfn markgildinu Q_0 kallast sjálfbær nýting, en vinnsla sem er meiri en markgildið Q_0 kallast rányrkja.

Jarðhiti og vatnsorka eru endurnýjanlegar orkulindir. Orkustraumur vatnsorkunnar er úrkoman sem fellur á fjöllótt landið, en orkustraumur jarðhitans er sá orkustraumur se streymir upp í gegnum jarðskorpuna. Flutningur orkunnar í jarðskorpunni fer fram á þrennan hátt:

- tilflutningur á kviku
- tilflutningur á jarðhitavökva
- varmaleiðni

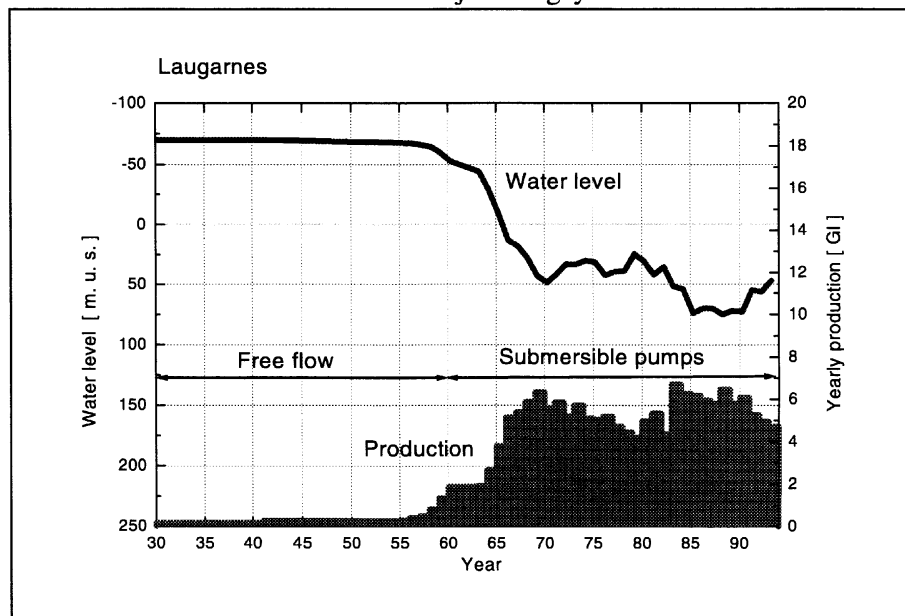
Tilflutningur á kviku og jarðhitavökva flytur orkuna tiltölulega hratt til í jarðskorpunni, en varmaleiðni er hægfara ferli sem tekur langan tíma að flytja til orku. Til þess að orkulind geti kallast endurnýjanleg þarf endurnýjunin að eiga sér stað á sambærilegum tíma og notaður er við vinnsluna. Eitt ár er heppilegur viðmiðunartími bæði fyrir jarðhita og vatnsorku. Rennsli fallvatna er mismunandi frá degi til dags, en að meðaltali má segja að ársrennslið sé nokkuð óbreytilegt. Á sama hátt er eitt ár heppileg viðmiðun (tímastuðull) þegar rætt er u endurnýjanleika jarðhitans.

Við vinnslu jarðhita endurnýjast orka jarðhitageymanna með náttúrulegu aðrennsli jarðhitavökva til jarðhitageymanna. Í sumum tilvikum getur aukin vinnsla úr jarðhitageymi aukið aðrennsli til jarðhitageymisins eins og reyndin hefur verið bæði í Laugarnesi og í Mosfellsbæ. Þó vinnslan hafi aukist hefur jarðhitageymirinn náð nýju jafnvægi með auknu aðrennsli og hægt hefur verið að viðhalda auknu vinnslunni óbreyttri í langan tíma. Þanni hefur sjálfbær nýting þessarar jarðhitageyma verið mun meiri en náttúrulegt afrennsli jarðhitasvæðanna.

Myndin sýnir 70 ára vinnslusögu jarðhitasvæðisins í Laugarnesi. Fyrstu 30 ár nýtingar var vinnsla einungis sjálfrennsli úr borholum, en um 1960 var vinnslan aukin verulega með því að nota djúpdælur. Síðustu þrjú áratugina hefur vinnslan verið um 6 Gl/a (160 l/s) sem er um tíu sinnum meiri vinnsla en vinnslan frá 1930-1960. Vatnsborð í jarðhitageyminum hefur

vissulega lækkað u eina 120 m, en jafnvægi hefur aftur komist á þannig að aðrennslið til jarðhitageymisins er nú um tíu sinnu meira en í byrjun vinnslunnar 1930.

Öll jarðhitavinnsla á Íslandi er gerð úr náttúrulegum jarðhitakerfum þar se náttúrulegt aðstreymi jarðhitavats endurnýjar þá orku sem tekin er úr



jarðhitageymunum. Slíkur jarðhiti er endurnýjanleg orkulind sem hægt er að nýta á sjálfbæran hátt.

Um nokkurt skeið hafa verið í gangi tilraunir í Bandaríkjunum, Englandi, Frakklandi og Japan að vinna varma úr heitu þurru bergi. Þessi vinnsluaðferð kallast Hot Dry Rock (HDR). Aðferðin felst í því að í eina borholu er dælt niður köldu vatni sem síðan er tekið upp um aðra borholu. Með því að streyma neðanjarðar um heitt bergið fæst heitara vatn úr vinnsluholunni en úr þeirri se dælt er niður í. Varmatilflutningur að svona „jarðhitageymi“ á sér eingöngu stað með varmaleiðni sem er mjög hægfara orkutílfærsla. Því tekur það mun lengri tíma að endurnýja orkuna í jarðhitageyminum en að vinna hana. Af þeim sökum er ekki hægt að kalla HDR endurnýjanlega orkulind, og samkvæmt skilgreiningu er ekki hægt að stunda þar sjálfbæra nýtingu heldur.

**Nýting afgangsvarma frá háhitavirkjunum –
fjölnýting jarðhita**

Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson

NÝTING AFGANGSVARMA FRÁ HÁHITAVIRKJUNUM

Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson

Jarðvarmi í háhitasvæðum í hinum ýmsum löndum er að langmestu leyti nýttur til raforku- framleiðslu. Stærstu undantekningarnar frá þessari reglu eru virkjanir Hitaveitu Suðurnesja og Orkuveitu Reykjavíkur í Svartsengi og á Nesjavöllum þar sem verulegur hluti þess varma se úr vinnsluholum kemur er notaður beint til upphitunar á ferskvatni.

Þegar háhitavatn sýður og kólnar verða oft útfellingar á ýmsum steinefnum eins og kalki og kísil sem geta skapað erfiðleika við rekstur. Þess eru jafnvel dæmi að hætt hafi verið við virkjun vegna mikilla útfellinga. Leysni kísils (ópals) minnkar með lækkandi hita. Þannig getur kæling leitt til þess að vatnið verði yfirmettað af ópal og því hætta á kísilútfellu m til staðar. Af þessum sökum hefur sú regla verið viðhöfð víða að hafa þrýsting í gufuskiljum það háan að vatnið kólni ekki það mikið að ópal-ettun náist. Þetta hefur leitt til þess að stundum er vatni hent allt að 180°C heitu.

Hraði efnahvarfa eins og kísilútfellinga er háður hita, hraðinn vex með hita, oft tvö- til þrefalt við hækkun um hverjar 10°C. Þannig hefur sú hugmynd verið til lengi að koma megi í veg fyrir útfellingar með því að snöggkæla háhitavatn þannig að útfellingarhvarfið stöðvist nánast, jafnvel þótt kælingin hafi aukið á yfirmettun. Ef útfellingarhraði minnkaði tvöfalt við hverjar 10°C hægði hann á sér rúmlega þúsund-falt við kælingu um 100°C miðað við sömu yfirmettun. Þessi áhrif hita skýra þá reynslu að útfellingar úr sama háhitavatni eru oft til staðar við tiltölulega háan hita en þær stöðvast við kælingu. Snögg kæling háhitavatns býður sem sé upp á það að nýta varmann úr flessu vatni með kælingu niður í lágt hitastig. Með kælingunni má nýta varmann til upphitunar á ferskvatni eða til annarra nota allt eftir því hvað affallsvatnið er heitt og þannig hversu unnt er að hita ferskvatnið upp í háan hita.

Reynslan hefur sýnt að útfellingar á ókristölluðum eða illa kristölluðum kísilál efnasamböndum geta átt sér stað úr háhitavatni sem ekki hefur kólnað nægilega til að ná ópalmnettun. Vegna þess að leysni ópals í vatni sem fall af hitastigi er vel þekkt er unnt að segja fyrir um hvort og hvenær hætta er á útfellingum af kísli (ópal). Sama er ekki að segja um leysni ókristallaðs eða illa kristallaðs ál-silíkats. Nauðsynlegt er að gera tilraunir til að mæla leysni þessa efnis til að geta sagt fyrir um hættu á útfellingu þess úr háhitavatni. Tilraunir sem þessar krefjast alls í senn, góðrar fræðilegrar þekkingar, mikillar natni og hæfni og þolinmæði - eru ekki hristar fram úr erminni eins og staðlaðar prófanir. Náist hins vegar góðar niðurstöður, líkt og nú er með ópal, eru upplýsingarnar komnar í eitt skipti fyrir öll!

Önnur leið virðist koma til greina til þess að draga úr eða koma í veg fyrir kísilútfellingar en snögg kæling eða förgun vatns við hita ofan útfellingarmarkna og hún er sú að láta kísil í lausn umfram ópalmnettun fjöliliðast. Fjöliliðun felur í sér að einstakar sameindir uppleysts kísils í lausn sameinast og mynda svifagnir sem oftast ná ekki að stækka nægilega til að setjast til, a.m.k á stuttum tíma. Fjöliliðun er hraðara ferli en útfelling. Unnt er að haga aðstæðum svo að ná fram fjöliliðun í kísil-yfirmettuðu vatni án þess að nokkur afgerandi útfelling verði. Þetta hefur verið gert á jarðhitasvæðinu í Olkaria í Kenya með góðum árangri frá því að þar var virkjað fyrir tæpum 20 árum. Gufuskiljur og hljóðdeyfar eru við hverja vinnsluhölu. Affallsvatnið frá hljóðdeyfum rennur í litla þró sem er fast við hvern hljópdeyfi. Þar fjöliliðast kísillinn og vatnið kólnar, áður en því er veitt um opna skurði í lón þar sem vatnið sigur niður. Gildi þessara þróa sannaði sig þegar ein þeirra eyðilagðist í steypiregni þannig að vatnið frá hljóðdeyfinum rann beint út í þurran lækjarfarveg. Útfellingar kísils úr vatninu voru orðnar það miklar eftir 2-3 mánuði að farvegurinn í botni lækjarins frá hljóðdeyfinum var orðinn hvítur.

Hraði fjöliliðunar kísils er háður mörgun þáttum. Þeir sem þekktir eru, eru hitastig, stig yfirmettunar, pH-gildi og selta. Eftir því sem vitað er herðir hækkandi hiti, aukin selta og stig yfirmettunar á fjöliliðun. Við pH 7-8 er hún hröðust miðað við ákveðinn hita, seltu og yfir-

ettun en hægir verulega á sér, bæði við hærri og lægri pH-gildi. Þótt talsverðar upplýsingar liggi fyrir um tilraunir með fjölliðun er þekking og skilningur á þessu ferli ekki með þei hætti að unnt sé að segja fyrir um hraða þess við hvaða aðstæður sem er. Miklu þarf að bæta við þessar mælingar ef þekking á að komast á það stig að unnt væri að skoða gildi fullrar nýtingar á háhitavatni með kælingu í lágt hitastig stigi forhönnunar og fyrstu hagkvæmni-thugunar. Það er eins með mælingar á hraða fjölliðunar og leysni ál-kísil efnasa banda að þær eru þolismæðis- og vandverk en náist fullnægjandi niðurstöður kemst þekkingin á það stig að unnt yrði að segja fyrir um hraða fjölliðunar miðað við vatn með ákveðna seltu, pH-gildi og hita og hvernig hraðinn breyttist ef breyting yrði á stærð þessara þátta.

Efnafræði, eins og sú sem tekur til útfellinga og fjölliðunar er almenns eðlis. Nauðsynlegt er að skilja þessa efnafræði og afla tölulegra upplýsinga með tilraunum til að geta sagt fyrirfra um útfellingarmörk og hraða umræddra efnahvarfa. Það þarf að gera þennan skilning að almennri þekkingu þannig að unnt verði að taka útfellingarþáttinn strax inn í forathugun á nýtingarmöguleikum á háhita og síðar inn í hagkvæmniathuganir og hönnunarforsendur.

Að því er varðar auðlindir í jörðu eins og málma hverskonar og olíu er gjarnan talað um stærð auðlinda og forða. Forðinn er það magn sem menn hafa í hendi sér og það sem hagkvæmt er að nýta - nokkuð sem byggir á upplýsingum, gögnum. Stærðin er hins vegar nokkuð sem byggt er á mati - nokkurs konar ágiskun. Með bættu mati og meiri upplýsingum getur stærð auðlindarinnar orðið meiri eða minni en upphaflega var giskað á. Um forðann er það að segja að hann getur stækkað eða minnkað eftir verðbreytingum. Tækniframfarir geta leitt til stækkunar á forða. Það sem ég er að leita eftir með því að vilja afla frekari þekkingar á útfellingu kísils og annarra steinefna úr háhitavatni, svo og fjölliðun kísils, er að reyna að stækka bæði forða og stærð þeirrar auðlindar sem háhitinn er. Fyrst þurfa að verða framfarir í þekkingu og tækni. Síðar verður athugun að leiða í ljós hver sé hagkvæmniárangurinn af tækniárangrinum.

Oft er það svo að tilraunir taka langann tíma vegna þess að þær eru erfiðar og þær taka á sig nýja mynd eftir því sem þekking og reynsla safnast upp. Þetta er reynslan af tilraunum í efnafræði. Í ljósi þessa dugar ekki að huga að rannsóknum, þ.e. leitar að aukinni þekkingu, þegar framkvæmdir eru í auglýsni. Rannsóknir fela í sér að hugsa lengra fram í tímann en að næstu framkvæmd. Ég hvet íslensk orkufyrirtæki til að gera slíkt í ríkari mæli er verið hefur. Þetta segi segi þó ég hafi á tilfinningunni að íslensk orkufyrirtæki hafi lengri framtíðarsýn en önnur íslensk fyrirtæki.

Litlar breytingar hafa orðið á fyrirkomulagi jarðgufurafstöðva frá upphafi, hefðbundið stöðvarhús með kæliturnum. Eigi sá möguleiki að vera fyrir hendi að nýta háhitavatn með kælingu í lágt hitastig þarf varmskipta í stað kæliturna. Sé tilgangurinn með nýtingunni að framleiða heitt ferskvatn þarf nægt kalt vatn að vera til staðar. Verð á slíku vatni hefði áhrif á hagkvæmni virkjunar. Þannig má líta svo á að hagkvæmni nýtingar háhita sé háð möguleiku á að afla ferskvatns og kostnaði við það. Með því að hafa varmaskipta í stað kæliturna fyrir jarðgufuvirkjanir skapast ýmsir nýir möguleikar. Virkjun með tilheyrandi búnaði gæti nánast verið sem lokað kerfi ofanjarðar frá vinnsluholum að förgunarholum. Slíkt fyrirkomulag gerði virkjun vistvænni. Einnig skyldi huga að því að nýta gastegundir úr gufunni þar sem svona fyrirkom væri viðhaft og þá er ég að hugsa um vetni of koltvíoxíð. Útfelling á kísli til pappírframleiðslu kemur einnig til greina. Upphitað ferskvatn mætti nota fyrir fiskeldi.

Djúpvinnsla jarðhita

Albert Albertsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson

Djúpvinnsla jarðhita

Albert Albertsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson

Hitaveitu Suðurnesja www.hs.is og Rannsóknasviði Orkustofnunar www.os.is

Hugmynd um 4-5 km djúpa rannsóknaborun á Íslandi er kynnt. Aðalmarkmiðið með holunni er að finna yfirkrítiskan jarðhitavökva í háhitasvæðum landsins, koma vökvanum upp til yfirborðs og aðskilja hann í tilraunaorkuveri. Annað megin markmið er að afla nýrrar þekkingar í rannsóknum og nýtingu á dýpri hlutum háhitasvæða. Sú íslenska þekking gæti orðið verðmæt söluvara í framtíðinni. Byrjað verður með einni 4-5 km djúpri holu. Verkefnið gengur undir heitinu **Djúpborun á Íslandi**, eða **Iceland Deep Drilling Project** á ensku, skammstafað **IDDP**. Verkefnið var kynnt á World Geothermal Congress (WGC-2000) í Japan fyrr á árinu. Þar var erlendum aðilum boðin þátttaka í verkefninu. Nú stefnir í að verkefnið verði að fjölþjóðlegu samstarfsverkefni.

Farið verður yfir helstu atriði fyrirlestrar og kynningar frá WGC-2000 ráðstefnunni. Þar var málið kynnt í grein og fyrirlestri : **Deep Geothermal Drilling on the Reykjanes Ridge – Opportunity for International Collaboration** (<http://www.os.is/wgc2000/erindi.html>) og í sýningarbás Iceland Energy, þar sem kynningarefni á einblöðungi undir heitinu **Iceland Deep Drilling Project (IDDP)** var dreift. Kynningin tókst vel og skilaði tilætluðum árangri, og hefur henni verið líst í sérstakri greinargerð (Orkustofnun, GÓF-SP-AA-2000/01). Í ljós kom að ótvíræður áhugi reyndist vera fyrir verkefninu erlendis. Áður en til WGC-2000 kom hafði verið haft samband við nokkra lykilmenn vestan hafs og austan. Fundir voru haldnir með þeim og mörgum fleirum og drög að samstarfsformi mótuð. Byggir það á því að sett verða á fót tvær nefndir, **Framkvæmdanefnd (Managing Board)** og **Ráðgjafanefnd (Science Advisory Board)**. Hugmyndir um val manna í fagráðið eru í mótun, en tveim útlendingu hefur þegar verið boðin seta í því ráði komist verkefnið á laggimar. Annar þeirra er prófessor Seiji Saito, Tohoku University, sem var aðalborverkræðingurinn í 3,7 km djúpbörnun í Kakonda jarðhitasvæðið í Japan, þar sem borað var niður í 550°C hita. Hinn er emeritus prófessor Wilfred Elders, se hefur verið einn virkasti djúpborunarmaður í USA í áratugi, m.a. í Salton Sea jarðhitakerfið. Hann tók upp þráðinn og kynnti erindi okkar á aðalfundi DOSEC (Drilling, Observation and Sampling of Earth's Continental Crust, Inc.) nú í haust, með góðum árangri. Á þeim fundi voru allir helstu „djúpborunarmenn“ í Bandaríkjunum og Evrópu. Áhugi þeirra var ótvíræður og kom m.a. fram tillaga frá formanni SAG (Science Advisory Group) fyrir ICDP (International Continental Drilling Program) um að við sæktu um forverkefnastyrk til ICDP til undirbúa djúpborunina og til að halda alþjóðlegan vinnufund til að hjálpa okkur við skipulagninguna. Jafnframt því gætum við fengið aðstoð frá Operating Service Group hjá ICDP varðandi bortækni, kostnaðarmat við borunina, borholumælingar, sýnatöku og meðhöndlun sýna. **Umsóknarfrestur til ICDP er 15. janúar ár hvert.**

En hver er svo vilji Íslendinga sjálfra og hvernig stendur málið á heimavelli. Menn spyrja sig að sjálfsögðu fyrst hvort umtalsverður ávinningur kunnir að leynast í stórframkvæmd af þessu tagi. Mönnum er ljóst að slóðin er lítt troðin og að óvissa um jarðhitalegan árangur er talsverð. Tæknilega virðist verkið þó framkvæmanlegt. Umtalsverð óvissa er um hvort yfirkrítiskur jarðhiti finnist í vinnanlegu magni undir venjulegum háhitakerfum, sem lúta lögmáli suðu sem falli af hita og þrýstingi. Vatnssúla á suðumarksferli frá yfirborði og niður í opnu jarðhitakerfi, nær ekki krítískum mörkum fyrr en á u.þ.b. 3,5 km dýpi. Krítískur hiti og þrýstingur á hreinu vatni er 374,15°C og 222,1 bar, og heldur hærri í söltu vatni. Vatni við hærri hita og þrýsting má einna helst líkja við gas, sem er einfasa fyrirbæri. Engin fasaaðskilnaður verður við frekari hitnun, né heldur við kælingu vegna þrýstifalls eingöngu sé varmainnihald nógu hátt, nema tilkomi blöndun við kaldari vökva eða mjög hæg kæling. Með því að fella þrýsting á slíku vatnsgasi, t.d. á leið upp borholu, þennst gasið út og verður að **skraufpurri yfirhitaðri gufu**. Upphaflegt varmainnihald vökvans skiptir þó máli svo sem sýnt er á meðfylgjandi mynd. Sé varmainnihaldið lágt lendar vökvinn við hratt þrýstifall í svið fasaaðskilnaðar vatns og gufu. Gufan blotnar og vatnið binst við brennistein

og klóríð, og úr verður eldsúr vatnsdropi, einkar tærandi. Vökva með hærri varmainnihaldi má hins vegar kæla hratt með þrýstifalli, án þess að hann lendi á daggarmarksferli. Mörkin eru við u.þ.b. 2800 KJ/kg (J/gm). Markmiðið með djúpboruninni er einmitt að ná í vökva úr náttúrulegu kerfi með hærri varmainnhaldi, og koma honum á „þurrt land“ inn í tilraunaorkuver, nýta úr honum varmann og þau hugsanlegu verðmæti sem kunna að leynast í meðburðarefnum. Engum virkjunarmanni dylst slíkur fjársjóður í formi þurrufu, svo til nokkurs er að vinna. Tilraunin gæti þannig leitt til betri nýtingar á háhitasvæðum. Menn kysu heldur að teygja sig dýpra niður fremur en að taka ný svæði til virkjunar, og verkefnið í þeim skilningi mjög umhverfisvænt, þar sem minni svæði færu undir borholur og gufulagnir. Aukin þekking á lekt í neðsta hluta háhitakerfanna sjálfra, ofan yfirkrítísks vökva, er óhjákvæmilegur fylgifyiskur tilraunarinnar.

Öllum er ljóst að þróunarverkefni af þessu tagi er áhættufjárfesting, en jafnframt það að flest orkufyrirtæki sem nýta háhita til raforkuframleiðslu geta notið góðs af verkinu ef vel tekst til, þar sem háhitasvæði nærast nær undantekningalaust á kólnandi kvikuinnskotum. Því töldum við heppilegast að a.m.k. stærstu íslensku orkufyrirtækin, Landsvirkjun, Orkuveita Reykjavíkur og Hitaveita Suðurnesja, sameinuðust um tilraunina, væri þess nokkur kostur. Með því yrði tryggt að álitlegasti staðurinn fyrir djúpborunina sjálfa yrði valinn, og veglega að málinu staðið fjárhagslega. Gróflega áætlaður kostnaður við tilraunina kann að liggja á bilinu 0,5-1 milljarður króna (lauslegt mat afhent á fundi með forstöðumönnum 4.4.2000).

Fyrirtækin tilgreindu 3 manna nefnd í málið, Agnar Olsen (og síðar Gísli Gíslason), Einar Gunnlaugsson og Albert Albertsson, ásamt fulltrúa Rannsóknasviðs Orkustofnunar, Guðmund Ó. Friðleifsson, sem starfaði með nefndinni. Nefndin hélt nokkra fundi og taldi heppilegast að fyrirtækin myndu byrja á því að sameinast um forhönnun á verkefninu, án þess að ákvörðun um djúpborunina sjálfa yrði tekin fyrr en að kostnaðarmat lægi fyrir. Nefndin kvaddi til fleiri ráðgjafa frá ROS til að leggja mat á kostnað við gerð hönnunarskýrslu sem tæki til staðarvals á grundvelli þekkingar á háhitasvæðunum, hönnunar á borholunni sjálfri, og a.m.k. frumhönnunar á tilraunaorkuveri ásamt kostnaðarmati. Nefndin taldi að kostnaður við forhönnunina gæti legið nærri 30 Mkr og boðaði til fundar með forstöðumönnum fyrirtækanna. Þar var málið lagt fyrir og stungið upp á að orkufyrirtækin þrjú skiptu með sér kostnaði við forhönnun. Ákvörðun um framhaldið var ekki tekin þar, en hugsanlegt samstarfsforsett í skoðun. Nú liggur fyrir að fyrirtækin hafa öll sameinast um að eiga aðild að rannsókn- og þróunarfyrirtækinu Jarðhita ehf, ásamt fleirum. Það fyrirtæki vill nota enska heitið Iceland Energy, og er m.a. ætlað að markaðssetja erlendis reynslu íslenska jarðhitaiðnaðarins. Djúpborunarverkefnið var kynnt undir merkjum Iceland Energy á WGC-2000 í Japan svo sem að ofan greinir. Aðild útlendinga að verkefninu kann að breyta áætlaðri kostnaðarskiptingu við forhönnunina eitthvað, en ætti frekar að verka til sparnaðar en kostnaðarauka.

Beðið er endanlegrar ákvörðunar um framhald málsins og kann hún að liggja fyrir á 1. fundi Jarðhitafélags Íslands, 8. nóvember 2000. Framhaldið snýst fyrst og fremst um að velja mannskap, innlandan sem erlendan, til að ráðast á einstaka þætti hönnunarverksins, og skila verkinu af sér á 1-2 árum hið mesta.

Að lokum má svo nefna nokkur atriði sem telja má til ávinnings af djúpborunarverkefninu:

- 1) Aukin þekking á dýpi nýtanlegra hræringakerfa í háhitasvæðu
- 2) Aukið afl úr háhitasvæðu
- 3) Ný efna- og vinnslutækni
- 4) Aukin þekking á varmaflutningi frá hitagjöfum í hræringakerfin
- 5) Aukin tækniþekking á lausn erfiðra aðstæðna í rótum háhitakerfa
- 6) Þróun í bortækni og mælitækjum við mikinn hita
- 7) Skref fram á við í rannsóknum og hugsanlegri nýtingu háhitakerfa á hafsbotni
- 8) Verndun umhverfis með bættri nýtingu á virkjuðum svæðu

Nýjungar í bor- og vinnslutækni

Sverrir Þórhallsson

ERINDI U BOR- OG VINNSLUTÆKNI Á WGC2000

Sverrir Þórhallsson, deildarstjóri verkfræðideildar

Orkustofnun ROS, Grensásvegur 9, Rvk. E-póstur: s@os.is

Stórar alþjóðlegar ráðstefnur helgaðar jarðhita hafa verið haldnar á nærri fimm ára fresti síðustu 40 árin: Róm 1961, Pisa 1970, San Fransisco 1975, Hawaii 1985, Hawaii 1990, Flórens 1995 og nú s.l. sumar Beppu/Morioka 2000. Fjölmargir fyrirlestra eru þar fluttir um sérsvið jarðitarannsóknna og jarðhitanýtingar og eru þeir gefnir út í ráðstefnuritum. Upplýsingar um þessar og aðrar jarðhitagreinar er að finna í gangagrunni á netinu (www.geothermal.org), þar sem auðvelt er að leita eftir höfundum, lykilorðum o.fl. Ráðstefnurnar eru ómetanlegar við að upplýsa um stöðu jarðhitamála um heim allan og sýna ennfremur hvar áherslurnar hafa legið árin þá á undan. Alls voru 670 erindi kynnt á WGC2000 og gefin út á geisadisk[1]. Í erindi þessu verður greint fá því helsta er vakti athygli mína á WGC2000 sem snýr að bor- og vinnslutækni. Á ráðstefnunni voru flutt 19 erindi um „Drilling and Completion Technology“. Einnig gafst tækifæri til að taka púlsinn og skoða hver þróunin hefur verið á þessu sviði í seinni tíð.

Samdráttur – áhersla á lækkun kostnaðar

Mikil breyting hefur orðið í jarðhitageiranum á tiltölulega skömmum tíma vegna efnahags-samdráttar og gengisbreytinga í Asíulöndum, breyttis eignarforms orkufyrirtækja, lágs olíu- og gasverðs, erfiðleika jarðgufustöðva við að halda fullum afköstum, óhagstæðrar stöðu á opnari orkumörkuðum, umhverfismála, samruna verktaka og framleiðenda o. fl. Samlegðaráhrifin hafa orðið þau, að um þessar mundir eru fáir jarðborar að störfum og deyfð í virkjunarmönnum, þó svo að framámenn í jarðhita og ýmsar stofnanir hafi uppi stór áform og lýsi bjartsýni. Þessi staða skýrir að hluta til einnig þáttökuleysi starfsmanna einkafyrirtækja í WGC2000 og fæð erinda frá „iðnaðinum“. „Stofnanamennirnir“ skynja þessa stöðu, og í erindum þeirra beindist athyglin alloft að tækniþróun og rannsóknnum sem gæti verulega dregið úr borkostnaði eða bætt árangur. Kröfur um niðurdælingu affallsvatns, skáboranir og sífellt dýpri holur ásamt hækkaðri ávöxtunarkröfu fjárfesta hefur haft sínar afleiðingar í hærri kostnaði.

Mælingar niðri í holu samhliða borun

Allmörg erindi fjölluðu um ávinning af frekari mælingum sem gerðar eru niðri í holum samhliða borun og túlkun þeirra, „Measurement While Drilling“ (MWD). Mælitækjunum er komið fyrir í álagsstöngum rétt ofan við borkrónuna. Til að það gangi hafa tilraunatól verið smíðuð með 200°C hitaþoli (H. Kamiirisa [1]) og stefnt að 300°C (R. Normann) og tilraunir gerðar til að auka upp-lýsingastreymið með merkjasendingum eftir borstöngunum frekar en með skolvatninu (A. Mansure). Eitt erindið fjallaði um forrit til að vinna frekar úr mælinum á halla og stefnu til að bæta stýringu við stefnuborun (H. Nakata). Aukið upplýsingastreymi gerir kleyft að fjölga skynjurum (stefna, halli, hiti, þrýstingur, hröðun, snúningsátak o. fl.) og framkvæma „Diagnostics While Drilling“ (DWD) sem hefur það að markmiði að auka borhraða og bæta eftirlit með skoltöpum og skyndigosi.

Skoltöp valda, eins og vel er þekkt, miklum erfiðleikum við boranir efri hluta holna sem eru fóðraðar af, en í vinnsluhluta holna er skoltap aftur á móti nauðsynleg vísbending um lekt og góðan árangur. Japanir hafa tekið saman gagnagrunn með upplýsingum um 4500 skoltöp í Japan (65% þeirra ollu algeru skoltapi) og árangur við að þetta þau (M. Hyodo). Sement er notað í 65% þéttinga en árangur næst aðeins í 15% tilfella, en flögur í 30% (LCM) með 10% árangri. Bandaríkjamenn eru að þróa búnað og aðferðir til að koma plastfroðu (polyurethan) í skoltapsstaðina (Sandia).

Rannsóknarsamvinna IEA í jarðhita

Frá árinu 1997 hefur Alþjóða orkumálastofnunin (IEA) tekið samvinnu í jarðhitarannsóknnum upp á arma sína og nefnir „Geothermal Impelmenting Agreement“ – GIA (www.iea.org). Þetta er vissst mótvægi við rannsóknarþrógrömur Bandaríkjamanna (www.eren.doe.gov/RE/geothermal.html) og Evrópubandalagsins (www.cordis.lu) þar sem Japanir og Nýsjálandingar eru ekki gjaldgengir. Íslendingar hafa nú nýlega undirritað samkomulag um þáttöku í GIA þrátt fyrir að standa utan IEA. Myndaðir eru hópar um ákveðin verk sem aðildarríkin geta tekið þátt í eftir eigin vali, og skipta þá gjarna með sér verkum. Nú er unnið í þremur verkefnum:

Annex I: Environmental Impacts of Geothermal Energy Development (3 undirverk)

Annex III: Hot Dry Rocks (4 undirverk)

Annex IV: Deep Geothermal Resources (3 uv)

Verið er að kanna áhuga á samstarfi á sviði Shallow Geothermal Resources, Sustainability of Geothermal Energy Utilization og Geothermal Power Generation Cycles.

Enginn beinn fjárstuðningur er veittur frá IEA og kemur hver með sinn „heimanmund“. Samstarfi u djúprannsóknir er að ljúka „Deep Seated Resources“, því hvert samstarfsverk er skilgreint til 3-4 ára. Innan þessa verks var unnið að mikilvægri gagnasöfnun um bortækni og efnisval (www.ieageo.or.jp). Höfuðþættirnir voru:

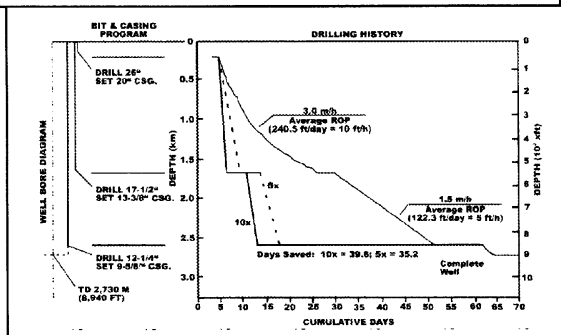
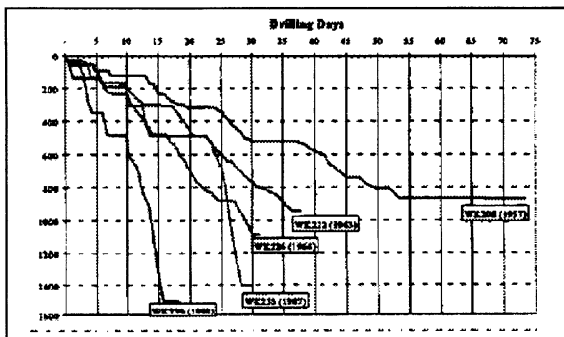
- Development of polycrystalline diamond compact (PDC) drillbits for downhole motor drilling
- Development of drilling technology for deep- seated geothermal resources.
- Development of an advanced geothermal drilling system (AGDS).
- Development of production technology for deep geothermal resource.
- Borehole logging based on optical fiber technology.

Áform IEA um nýtt bortækni verkefni

Nú er verið að kanna áhuga aðildarríkja IEA á nýju verkefni sem fjallar um jarðhitaboranir „Annex VII: Advanced Geothermal Drilling Technology“. Undirbúningsfundur var haldinn á WGC2000 þar sem helstu áhersluatriði voru rædd, en þau eru:

- Compile cost information.
- Catalogue state-of-the-art in geothermal drilling technology
- Develop advanced geothermal drilling system.

Kom ekki á óvart að mestur er áhuginn á að gera könnun á borkostnaði og meta hvaða aðferðir og aðstæður skili bestum árangri. Þekkt er að borkostnaður er hár í Japan og að náðst hefur góður árangur t.d. á Nýja Sjálandi þar sem 1600 m djúp hola var boruð í Wairakei á 16 dögum í stað 40-50 daga á árum áður, sjá mynd 1 (H. Kobayashi).

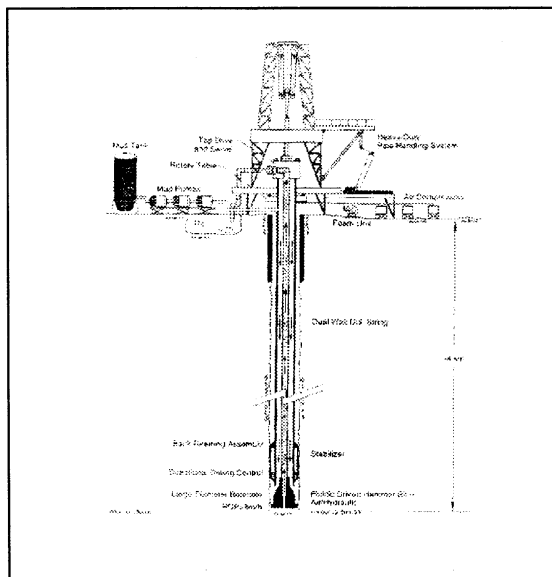


Hér á landi hafa Jarðboranir hf. náð allgóðum og jöfnum árangri við boranir á háhitasvæðum, þar sem bortíminn er 30-60 dagar á holu. Verktíminn hefur aftur á móti lengst við skáboranir í seinni tíð vegna festuvandamála, þrátt fyrir að með bormótor niðri við krónu hafi náðst mjög góður borhraði einstaka daga (200-300 m/dag).

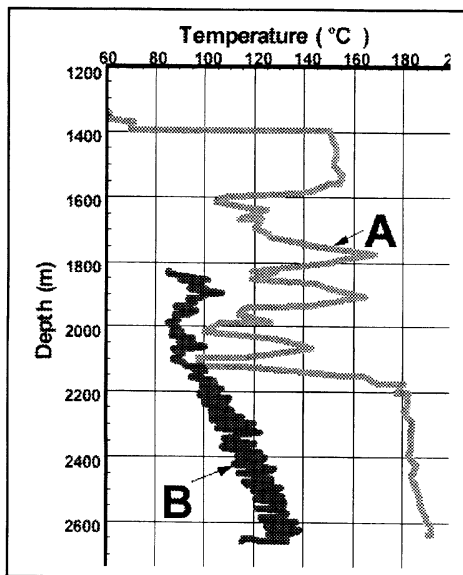
Nýjungar í hönnun jarðbora

Erindi J. Rowleys frá Bandaríkjunum fjallaði u hugmyndir hans að nýrri gerð jarðbors og aukinni notkun hamra við borun háhitaholna (mynd 2). Þetta var eitt af verku GIA samstarfsins.

Meginhugsunin er lækkan borkostnaðar. Margt af



því sem nefnt var að yrði til framfara hefur tíðkast hér á landi eins og t.d. aukin notkun hamra og glussadrifinna jarðbora. Notkun vökvaknúinna hamra, sem nú eru víða í þróun, getur stóraukið borhraðann og var nefnt að hugsanlega megi helminga bortímann, sjá mynd 3.



Í erindi S. Saito frá Japan er lýst kostum þess að kæla holuna jafnóðum og borkrónu er slakað niður eftir krónuskipti, til að ofgera ekki hitaþoli gúmmíþéttinga við legur krónunnar. Með notkun bors með snúnigsmótor uppi í mastri sem beintengdur er borstöngunum „Top Drive System“ (TDS) og hægari slökun borstrengs, er unnt að halda krónunni kaldri öllum stundum þegar sett er niður í heita holu - það þykja nýmæli (mynd 4) ! Kæling krónu með svipuðu hætti hefur reyndar verið stunduð hér á landi um árabil á eldri gerð bora með snúningsborði („rotary table“), en þá er kælingin reyndar ekki jafn stöðug. Ávinningurinn af notkun jarðbora með TDS er aftur á móti mikill vegna þess að ávallt er hægt að beita snúningi og skoli sem getur komið í veg fyrir festur t.d. við upptekt borstrengs þegar ekki er hægt að skola með eldri gerð bora. Það stafar af því að kantaða drifstöngin („kelly“) og skolvatnsslánga er ekki tengd. Þetta veldur því að í olíuönaðinum eru borar með TDS búnaði að verða

ráðandi og eldri borar standa aðgerðarlausir, nema að þeim hafi verið breytt. Hér á landi er allir borar með TDS, nema Jötunn, stærsti bor Jarðborana hf.

Sýningabásar

Á ráðstefnunni voru sýningabásar frá nokkum fyrirtækjum sem kynntu vörur og þjónustu á sviði bortækni. Þar voru Ítalir, Nýsjálendingar, Banda-ríkjamenn og Íslendingar mest áberandi. Erga fyrirtækið (Gruppo Enel) frá Ítalíu býður fram “Solutions on every level” við borverktöku (www.enel.it). Sleipnir, nýr glussadrifinn bor Jarðborana, var sérstaklega kynntur á bás Soilmec frá Ítalíu (www.soilmec.com). Nýsjálendingar leggja áherslu á ráðgjöf og þjónustu (www.gns.cri.nz) og hafa þróað áhugaverðan borholumæli til samtíma mælinga á hita, þrýstingi og straumhraða (spinner) og einnig tæki til að mæla efnisþykkt fódurröra “Hot Hole Casing Corrosion” (HHC) sem vinnur við allt að 320°C (L. Stevens). DrillCool frá Bandaríkjunum kynnti einangraðar borstengur til þess að kæling nái til borkrónunnar á miklu dýpi og í háum hita (www.drillcool.com). Einnig voru básar frá Cooper Cameron holutopps-framleiðandanum (www.camerondiv.com), Weatherford með bortól (Mc Drill, leðjumótor) og frá Reda dælum. Á íslenska básnum undir flaggi “Iceland Energy” kynntu Jarðboranir hf. og Jarðhiti hf. verktöku við boranir og tæki til hreinsiborana með holurnar í blæstri (www.icelandenergy.is). Áformum “Iceland Deep Drilling Project” var sýndur mikill áhugi og er það mál kynnt í örðu erindi á þessum fundi.

Staða bortækni á Íslandi

Miklar jarðhitaboranir hafa staðið yfir hér á landi um árabil. Borfloti landsmanna er nú þessi, ásamt dýptargetu.

Jötunn JB	3600	Einráður RF&S	550
Sleipnir JB	2400	Hrímnir JB	300
Asi JB	1800	Alvarr	300
Tröllli RF&S	800	Trítill RF&S	130
Ýmir JB	450		

Þrjár þessara bora eru nýir og hafa leyst jafnmarga eldri bora af hólmi. Veruleg þróun hefur átt sér stað í bortækni og skal nokkuð nefnt:

- Lækkun borkostnaðar, einkum á litlum holum. Lækkunina má rekja til aukinnar notkunar bora með TDS og lofthörmum, auk samkeppni milli verktaka. Borun á grunnum hitastigulsholum til jarðhitaleitar hefur fjölgað mikið sem afleiðing þessa.
- Stefnumborun háhitaholna til að ná til þeirra hluta jarðhitakerfanna sem ekki náðist til áður. Stefnumborun fylgir MWD búnaður sem er á vegum erlendra undirverktaka.
- Notun bormótors niðri við krónu sem knúinn er af skolvökvanum. Þá snýst borkrónan um fjóru sinnum hraðar en ella og hefur það skilað miklum borhraða. Þótt þannig tæki séu fyrst og fremst notuð við skáboranir, hefur þessi tækni einnig verið notuð í beinni holu.
- Stefnumborun út úr ónothæfri lághitaholu á Þelamörk, sem hitti á góðar vatnsæðar.