



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**BRÁÐABIRGÐASKÝRSLA**

**UM JARÐHITALEIT Í BURUNDI**

Gestur Gíslason  
Halldór Ármannsson

OS82041/JHD07 B

Maí 1982



**ORKUSTOFNUN**  
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

## **BRÁÐABIRGÐASKÝRSLA**

### **UM JARÐHITALEIT Í BURUNDI**

Gestur Gíslason  
Halldór Ármannsson

OS82041/JHD07 B

Maí 1982

EFNISYFIRLIT

	Bls.
Inngangur .....	3
Jarðfræðiaðstæður .....	3
Jarðhitaathuganir í Burundi .....	5
Helstu niðurstöður og tillögur um framhald rannsókna .....	6
Heimildaskrá .....	8
<u>Tafla 1:</u> Efnasamsetning jarðhitavatns frá Burundi og nágrenni ....	9
<u>Mynd 1:</u> Dreifing jarðhitastaða í Burundi skv. efnaeiginleikum ....	10

## UM JARÐHITALEIT Í BURUNDI

### Inngangur

Síðari hluta árs 1981 fól Iðnaðarráðuneytið Orkustofnun að kynna sér og gefa umsögn um skýrslu, þar sem greint er frá jarðhita í Afríkuríkinu Burundi (Edeline o.fl. 1981), og að meta jarðhitalíkur. Nokkru síðar barst svo Orkustofnun erindi frá Utanríkisráðuneytinu varðandi tækni- aðstoð á sviði jarðhitafræði í Burundi.

Í umsögn Orkustofnunar (Halldór Ármannsson & Hrefna Kristmannsdóttir 1981) kom fram, að nauðsynlegt væri að afla frekari gagna til þess að betur væri unnt að meta jarðhitalíkur í landinu. Var höfundum þessarar skýrslu falin slík gagnaöflun og að gefa umsögn að henni lokinni. Hér er birtur árangur þeirrar vinnu og eru eftirtalin gögn lögð til grundvallar.

- Report of the United Nations Technical Assistance on Geothermal Resources in Burundi eftir J.R. McNitt.
- Les sources thermo-minérales au Burundi eftir H. Deelstra o.fl.
- Étude des eaux thermales du Burundi eftir F. Edeline o.fl.
- Topografískt kort af Burundi frá 1956.
- Jarðfræðikort af Burundi frá 1981.

### Jarðfræðiaðstæður

Haldgóðar upplýsingar verða að liggja fyrir um jarðfræði svæðis, ef afla á staðgóðrar þekkingar um eðli jarðhita þess. Þekking þarf eðli hitagjafans, hvaða jarðmyndanir séu líklegar til að geta geymt jarðhitavatnið (reservoir rock) og hvort jarðhitinn tengist sprungum og misgengjum. Reynist unnt að fá sennilegar upplýsingar um þessa þætti verður öll jarðhitaleit og vinnsla markvissari en ella.

Haldbestu upplýsingar um jarðfræði Burundi, sem tekist hefur að afla, er jarðfræðikort gefið út af Minestere de l'énergie et des mines árið 1981. Þar kemur fram, að mikill hluti þess bergs, er myndar berggrunn landsins, er af prekambrískum aldri og virðast sandsteins- og skífumyndanir (schist) útbreiddastar. Svo gamalt berg er yfirleitt orðið mjög þétt og því illa vatnsleiðandi. Nýtanlegt jarðhitakerfi í þess háttar bergi tengist því

oft brotum og sprungum (secondary permeability). Yngstu jarðlög á kortinu eru frá nýlífsöld (cenozoic). Er þar aðallega um að ræða laus jarðlög frá nútíma. Í norðausturhluta landsins er að finna basaltmyndun, en aldur þennar er ekki tilgreindur nánar. Allmikið er af innskotsbergi, aðallega graníti. Aldur þess er ekki tilgreindur, en vitneskja um hann getur verið þýðingarmikil, þar sem innskot geta verið hitagjafar jarðhitakerfa. Innskotin virðast flest vera um miðbik landsins og teygjast í NA-SV stefnu. Sú stefna virðist og nokkuð ríkjandi, þegar litið er á misgengi og fellingarása á kortinu.

Eins og fram kom er öll vitneskja um misgengi og brot þýðingarmikil við jarðhitarannsóknir. Á jarðfræðikortinu eru sýnd mjög mörg misgengi og við fyrstu sýn virðist NA-SV stefna allríkjandi, þó að sjá megi mörg brot með öðrum stefnum. Aldur þessara brota er ekki tilgreindur, en vitneskja um hann er þýðingarmikil, þar eð því yngri sem þau eru því opnari fyrir vatnsrennsli má búast við að þau séu.

Mestallur þekktur jarðhiti í austanverðri Afríku er tengdur miklu sprungukerfi, sem liggur suður um álfuna. Það er tvískipt. Eystri hluti þess liggur um Kenya og Tanzaníu, en sá vestri í sveig vestan Uganda og Tanzaníu, og renna hlutarnir saman í Nyassavatni. Tanganyikavatn er í sigdal, sem liggur eftir vestri hluta sprungukerfisins og liggur Burundi við vatnið austanvert. Þessi sprungukerfi eru tiltölulega ung að því er talið er, eða frá tertíertíma, og er allmikil eldvirkni tengd þeim, bæði sem innskotavirkni og eldgos. Því verður að álykta, að nýtanlegur jarðhiti í Burundi sé í tengslum við þessi virku kerfi, ef hann er þar að finna. Á jarðfræðikortinu er ekki unnt að greina, hvort einhver þeirra misgengja, sem þar eru sýnd, séu tengd þessu brotakerfi. Þó er líklegt að svo sé norðan Tanganyikavatns, þar sem landið teygir sig lengst til vesturs og inn í sprungukerfið. Á þessum slóðum er sýnt eina unga gosbergið á kortinu, en jarðhiti er oftast tengdur ungum gosmyndunum. Virk eldfjöll eru hins vegar ekki í Burundi, en í Rwanda norðan landamæraanna við Burundi eru tvö virk eldfjöll, Nyiragongo og Nyamlagira.

### Jarðhitaathuganir í Burundi

Af þeim gögnum, sem bárust, er ljóst, að jarðhitarannsóknir í Burundi eru skammt á veg komnar. Einnig kemur fram, að engin augljós merki eru um háhita í landinu. Hæsti hiti, sem getið er um, er 68°C og því alls óvíst að finna megi jarðhita, sem nýta megi til raforkuframleiðslu eða iðnaðar.

Fyrsta lýsing á jarðhita í Burundi er í bók H.M. Stanleys "Through the Dark Continent, or the Sources of the Nile" frá árinu 1878, en fyrsta eiginlega jarðhitakönnunin var gerð 1968 á vegum UNDP að beiðni ríkisstjórnar Burundi (McNitt 1969). Þá var lýst 8 jarðhitastöðum og gerð grein fyrir jarðfræði næsta nágrennis þeirra. McNitt ráðlagði þá jarðefnafræðilega könnun á heita vatninu og að ákvörðun um frekara framhald yrði tekin, er niðurstöður hennar lögju fyrir. Næst er jarðhita í Burundi lýst í grein frá 1972 (Deelstra o.fl.). Þar er jarðhitastöðum lýst á svipaðan hátt og McNitt gerði, og eru meðtaldir allir þeir staðir, sem lýst var í skýrslu hans. Auk þess er lýst fjórum jarðhitastöðum í nágrennalöndum Burundi, Zaire og Rwanda. Þá eru í þessari skýrslu niðurstöður níu efnagreininga frá Burundi, tveggja frá Zaire og einnar frá Rwanda. Síðasta könnunin var gerð 1981 (Edeline o.fl.). Í skýrslu um hana er stutt lýsing á 14 jarðhitastöðum, og birtar efnagreiningar frá 13 þeirra, þó tvær frá einum.

Í framannefndum greinum er aðaláhersla lögð á lýsingu jarðhitastaða og jarðfræði næsta nágrennis þeirra. Fram kemur, að jarðhitinn er yfirleitt tengdur misgengjum í prekambrísku bergi eða lausum jarðlögum. Hvergi er talað um tengsl jarðhitans við unga eldvirkni, jafnvel þótt einn jarðhitastaðurinn sé á basaltmyndunarsvæði skv. jarðfræðikortinu. Engin tilraun hefur verið gerð til að tengja tilvist jarðhita við jarðfræði landsins, enda má vel vera, að gögn séu ekki nægilega ítarleg til þess að slíkt sé mögulegt. Þó vekur athygli, þegar jarðhitastaðir eru færðir á jarðfræðikortið, að jarðhitinn kemur fram um landið vestanvert og um miðbik þess, en ekki að austanverðu, þar sem engin innskot eru og fjarlægðin frá virka sprungusveimnum er mest. Ekki er þó ljóst, hve tæmandi skráin um jarðhitastöðina er, og rétt að taka fram, að litlar ályktanir verða dregnar af þeim takmörkuðu gögnum, sem fyrir hendi eru.

Eins og fram hefur komið hefur allmörgum sýnum af jarðhitavatni verið safnað í Burundi og nágrenni. Hér er eingöngu um að ræða vatnssýni og þess ekki getið, hvort yfirborðsgufur hafi fundist í landinu. Niðurstöður efnagreininga 15 sýna frá Burundi, tveggja frá Zaire og eins frá Rwanda eru í töflu 1. Sýnatökustaðir koma fram á mynd 1. Kalíumstyrkur er alls staðar tiltölulega hár, og Na/K hlutfall því lágt. Því er ekki raunhæft að nota alkálíhita til mats á djúphita. Kalsedónhita ber í sumum tilvikum allvel saman við mældan hita og því er frekar von um stuðning frá honum við mat á djúphita. Reynist hann frá 36–93°C í Burundi, en nær 146°C í Cap Banza, Zaire, sem er vestan Tanganyikavatns.

Eftirfarandi eiginleikar eru lagðir til grundvallar skiptingar jarðhitastaðanna í þrjá flokka: pH, CO<sub>2</sub>, Cl og SO<sub>4</sub> styrkur, kalsedónhiti og mældur hiti. Í fyrsta flokki eru staðir, þar sem há gildi fengust fyrir alla þessa þætti, í öðrum flokki milligildi og blönduð gildi, en í þriðja flokki lág gildi. Á mynd 1 er dreifing jarðhitastaða skv. þessari skiptingu sýnd í stórum dráttum. Við túlkun á þessum niðurstöðum er fyrsta nálgun sú, að mest jarðhitamerki séu við Tanganyikavatn, sem eins og áður kom fram, er í vesturhluta Austur-Afríkusprungukerfisins. Málið er þó ekki svo einfalt, því að vatnið í þriðja flokki og sumt í öðrum flokki er óeðlilega steinefnasnautt og súrt. Gæti þar jafnvel verið um þetta gufu að ræða. Jarðhitastaðir í þessum flokkum eru oftast tengdir innskotum í gömlu bergi skv. jarðfræðikortinu. Vatnsleiðni þessa bergs er sennilega slæm, en gufa á oft auðveldara með að komast til yfirborðs um sprungur og glufur í slíku bergi en vatn. Þar sem ekki fengust upplýsingar um kalt grunnvatn í landinu, vantar mikilvægan hlekk í túlkun slíkra fyrirbæra. Niðurstaðan er þó sú, að ekki ætti síður að vera áhugavert að kanna jarðhitastaði í öðrum og þriðja flokki en þeim fyrsta.

#### Helstu niðurstöður og tillögur um framhald rannsókna

Ljóst er af könnun fyrirbyggjandi gagna, að í Burundi hefur ekki fengist nein ákveðin vísbending um tilvist jarðhitakerfa sem henta til raforkuvinnslu eða iðnaðar. Hæstur mældur hiti er 68°C, efnahiti bendir hæst til 93°C og styrkur uppleystra efna í öllum vatnssýnum er tiltölulega lágur.

Við könnun gagnanna hefur tvennt komið fram sem gefur vonir um að finna megi nýtanlegan jarðhita í landinu en það er annars vegar nálægð við hið virka sprungusvæði er liggur um Tanganyika-vatnið og hins vegar óeðlilega lágur styrkur uppleystra efna í vatni frá miðbiki landsins. Gæti það bent til að um þetta gufu sé að ræða. Þar er einnig mikið um innskot samkvæmt jarðfræðikorti.

Ef fylgja á þessu verkefni frekar eftir verður það eingöngu gert með því að senda menn til Burundi til vettvangskönnunar. Tilgangur slíkrar farar væri í meginatriðum eftirfarandi.

- Ræða við þarlenda jarðvísindamenn til þess að fá sem gleggsta mynd af jarðfræði landsins og stöðu jarðvísindarannsókna.
- Kynna sér öll tiltæk gögn sem að gagni gætu komið við jarðhitarrannsóknir.
- Heimsækja stofnanir til þess að gera sér grein fyrir hvernig Burundimenn eru í stakk búnir til þess að fást við jarðhitarrannsóknir.
- Fara í rannsóknarferðir á jarðhitastaði. Megináhersla yrði lögð á jarðfræðilegar athuganir annars vegar og þá sérstaklega að gera sér grein fyrir tengslum jarðhitans við sprungukerfi landsins og hugsanlega hitagjafa og hins vegar sýnatöku af jarðhitavatni og köldu grunnvatni. Eðlilegt væri að beina þessum athugunum aðallega að svæðinu inni í sprungukerfinu norðan við Tanganyika-vatnið og að þeim stöðum þar sem styrkur uppleystra efna í jarðhitavatni er óeðlilega lágur.
- Grennslast fyrir um hvað jarðhitakortið er tæmandi og kanna aðra jarðhitastaði ef þeir reynast vera til.
- Niðurstöður þessarar ferðar verða notaðar til þess að meta, hvort ástæða sé til að mæla með frekari jarðhitarrannsóknum í Burundi og þá að leggja til hverjar þær yrðu.

Reynsla starfsmanna á jarðhitadeild Orkustofnunar af ferðum af svipuðu tagi bendir til þess að þetta verkefni mætti inna af hendi á tveimur vikum. Nauðsynlegt er að miða við að fara þessa ferð á þurrkatíma en hann mun vera í júní og júlí.



HEIMILDASKRÁ

- Deelstra, H., Katihabwa, J. & Waleffe, A. 1972: Les sources thermo -  
minérales au Burundi. Bull. de la Soc. Belge d'Etudes Géographiques.  
Tome XLI No. 2, 233-254.
- Edeline, F., Faticcioni, M.H., de Marchin, P. & Hissel, J. 1981:  
Etude des eaux thermales du Burundi. Cebedeau ASBL Etude 80/115,  
47 s.
- Halldór Ármannsson & Hrefna Kristmannsdóttir 1981: Greinargerð varðandi  
erindi Iónaðarráðuneytisins um aðstoð við mat á jarðhitaöflun í  
Burundi. Orkustofnun, greinargerð, HÁ-HK-81-08.
- McNitt, J.R., 1969: Report of the United Nations Technical Assistance  
Mission on Geothermal Resources in Burundi, Unpublished UNDP report,  
11 s.
- Ministere des Colonies, 1956: Royaume du Burundi. Carte topographique,  
Bruxelles.
- Radulescu, I., 1981: Burundi. Carte géologique. Ministère de l'énergie  
et des mines. Projet de recherches minières, Bujumbura.
- Stanley, H.M., 1878: Through the dark continent, or the sources of the  
Nile. New York, Harper & Bros, 1235 s.

TAFLA 1. Efnasamsetning jarðhitavatns frá Burundi og nágrenni (Styrkur efna í mg/kg)

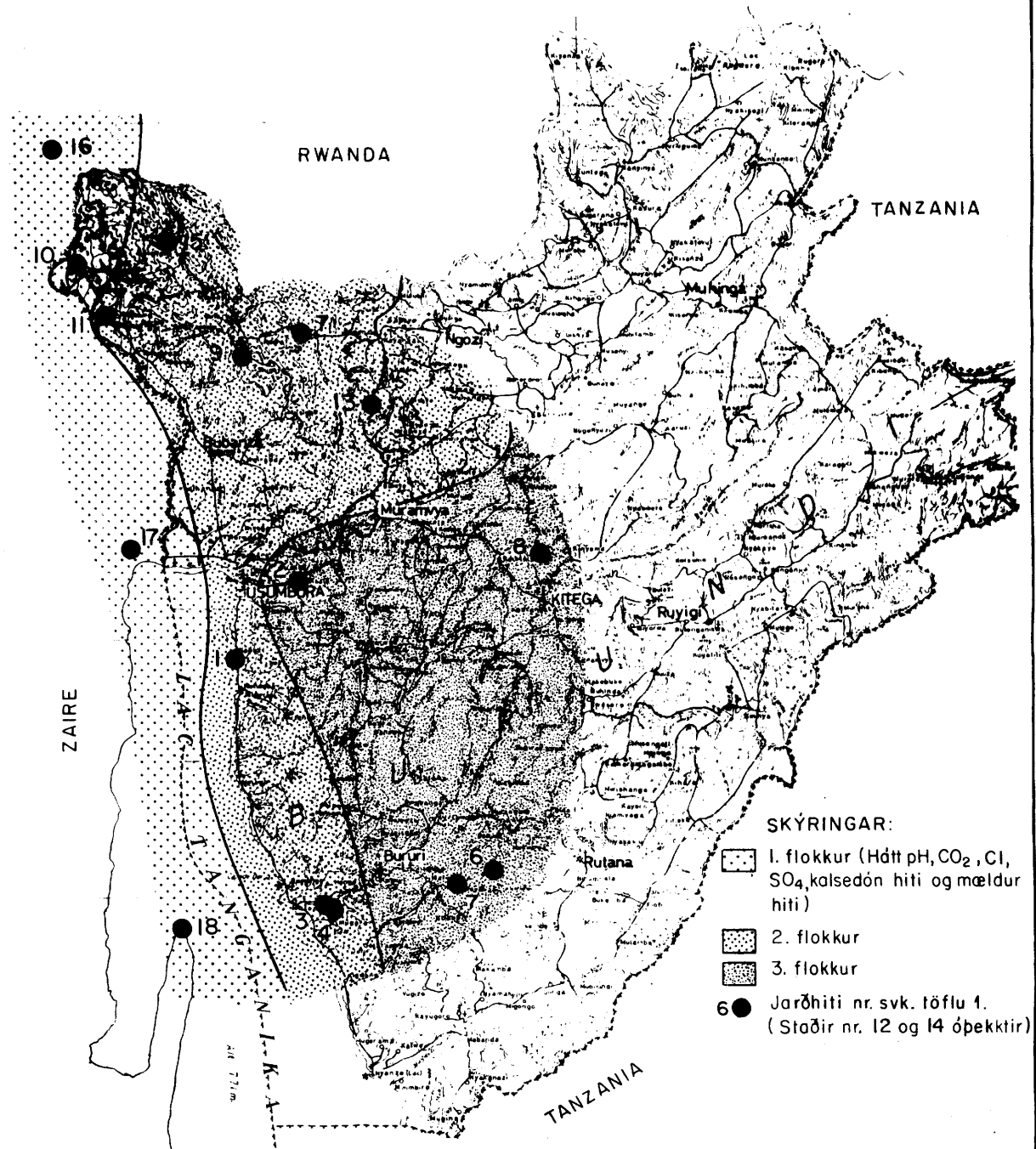
Staður	Númer 3)	Hiti °C	Kalsedon hiti °C	pH	SiO <sub>2</sub>	Na	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cl	F	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Heimild
Kabezi	1	38,0	38	7,70	22,9	900	14,5	4,8	5,3	0,0	116	1,60	1579	0,0	1)
Mwisale	2	36,0	36	5,90	21,4	2,5	1,0	4,0	1,7	5,2	0,5	0,08	33,1	0,0	1)
Mugara 1	3	46,0	57	5,95	35,5	10,8	3,8	7,2	1,4	10,4	1,2	0,32	75,9	0,0	1)
Mugara 3	4	42,5	65	5,87	42,5	11,6	3,2	2,1	1,4	13,2	4,3	0,40	40,8	0,0	1)
Kumuyange	5	38,5	42	5,02	24,6	0,8	0,9	2,4	0,7	0,0	0,0	0,05	28,2	0,0	1)
Muhweza	6	37,0	40	6,10	23,8	1,5	1,1	6,4	3,6	5,6	0,2	0,06	20,6	0,0	1)
Mahoro	7	44,0	59	5,95	37,8	15,9	2,1	9,6	2,6	12,8	1,8	0,38	102,9	0,0	1)
Mashuha	8	36,5	46	4,95	27,4	2,9	0,7	2,8	0,5	1,4	0,2	0,11	32,5	0,0	1)
Kitenge	9	46,0	45	6,30	27,1	15,6	2,0	9,2	3,6	39,2	4,0	0,15	69,6	0,0	1)
Ruhwa	10	68,0	70	7,65	49,3	400	27	67,6	51,4	8,5	80	2,6	1068	0,3	1)
Cibitoke	11	30,0	53	6,11	32,5	54	17,5	104,4	68,6	360	6,5	0,8	1178	0,0	1)
Ruhanga	12	47,0	79	7,55	59,8	810	264	89,6	123,1	20	625	2,0	1769	0,0	1)
Mvumvu	13	28,5	69	6,85	47,3	20	5,6	58	3,6	10,8	4,2	0,33	224,5	0,0	1)
Gasenyi	14	26,2	93	7,75	78,5	36,5	4,2	38,4	20,6	98,6	17,7	0,88	90,5	0,0	1)
Mabayi	15	38	48	7,73	30,0	4,6	2,6	23,2	22,3	10,0	14,0	0,15	107	-	2)
Mashiuza, Rwanda	16	60	62	7,8	42	315	70	80	57	47	136	-	858	-	2)
Mashuzi, Zaire	17	67	78	7,10	57	340	21,9	16,5	5,4	53,0	88,8	11,5	519	-	2)
Cap Banza, Zaire	18	96	146	6,5	170	64,1	3,5	10,9	0,16	2,06	75,4	-	23	-	2)

1) Úr: Etude des eaux thermales du Burundi

2) Úr: Les sources thermo-minérales au Burundi

3) Sjá staðsetningu á mynd 1.

MYND I. DREIFING JARÐHITASTAÐA Í BURUNDI SKV.  
EFNAEIGINLEIKUM



0 20 40 60 km