

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild



SKÝRSLA UM NÁMSFÖR SVEINBJÖRNS BJÖRNSSONAR TIL
BANDARÍKJANNA HAUSTIÐ 1966

Janúar 1967

Skýrsla um námsför Sveinbjörns Björnssonar til
Bandaríkjanna haustið 1966

Á s.l. hausti var undirrituðum veittur 40.000 króna styrkur af fé því, er íslensk stjórnvöld hafa til ráðstöfunar til vísindastyrkja á vegum Atlantshafsbandslagsins ("NATO Science Fellowship") árið 1966. Var styrkurinn veittur til námsfarar til Bandaríkjanna haustið 1966 til að kynna sér aðferðum til mælinga á rafleiðni berglaga djúpt í jörðu og hagnýtingu slíkra aðferða í leit að jarðhita.

Eftirfarandi skýrsla gerir grein fyrir aðdraganda ferðarinnar, gangi hennar og ályktunum, sem af henni verða dregnar.

1. Aðdragandi

Berg með heitu vatni leiðir mun betur rafmagn en kalt berg. Mælingar á rafleiðni bergs geta því komið að notum við jarðhitaleit og hafa slíkar mælingar verið gerðar hér á landi s.l. 15 ár með góðum árangri. Þar hafa þó ekki náð dýpra í jörðu en um 400 m.

Borunum eftir heitu vatni niður á 500 til 1500 m dýpi hefur hins vegar fjölgað mjög á síðustu árum, enda þótt ekki hafi verið tiltekar neinar beinar aðferðir, sem sagt getu fyrir um rennsli á þessu dýpi aðrar en rannsóknarboranir. Kostnaður við þessar boranir hefur numið um 1500 til 2000 kr. á meter, og er því ljóst, að slíkar rannsóknir eru mjög dýrar. Brýn þörf er orðin á ódýrari jarðeðlisfræðilegum aðferðum, sem sagt getu fyrir um rennsli heits vatns á þessu dýpi og þannig dregið úr fjölda árangurslausra borana.

Undanfarið ár hefur undirritaður unnið að undirbúningsathugunum, sem miða að því að beita raffleiðnisáferðum til þess að finna jarðhita á 500 til 3000 m dýpi. Í þessu efni hefur mjög verið stuðzt við ráðleggingar Dr. Gunnars Bóvarssonar, sem nú starfar sem prófessor við Oregon State University í Bandaríkjunum. Á s.l. vori lagði Gunnar Bóvarsson til, að jarðhitadeild sendi undirritaðan í námsför til Bandaríkjanna til þess að kynna sér nýjustu áferðir til mælinga á raffleiðni berglaga og heimasækja helztu stofnanir, sem að slíkum mælingum vinna. Þessari tillögu var vel tekið af hálfu jarðhitadeildar og afreó undirritaður því að sækja um "NATO Science Fellowship" til fararinnar. Jafnframt lýsti jarðhitadeild sig fúsa að greiða annan kostnað við förina, er vantanlegur styrkur næði ekki til.

2. Gangur ferðarinnar

Námsdvöl við Oregon State University, Corvallis, Oregon.

Námsförin hófst 3. okt. 1966 og henni lauk 9. des. 1966. Þennan tíma hafði undirritaður námsaðstöðu við Oregon State University, Corvallis, Oregon. Varði hann miklum tíma í lestur tímarita, bóka og skýrsla um raffleiðniáferðir en þarna var greiður aðgangur að mörgum góðum heimildum, sem ekki eru til á Íslandi. Jafnframt átti hann tíðar viðræður við Gunnar Bóvarsson um þessi efni og framkvæmdi undir stjórn hans athugun á helztu vandanálum, sem líklegt er að upp komi, ef þessum áferðum yrði beitt hér á landi. Ennfremur átti undirritaður gagnlegar viðræður við aðra starfsmenn jarðeðlisfræðideildar háskólans, einkum F.S. Mathews, en hann vinnur að undirbúningi svipaðra mælinga undir handleiðslu Gunnars Bóvarssonar.

Af gestum, sem til deildarinnar komu á þessum tíma mætti einkum nefna A.D. Watt frá Deco Electronics, Colorado, en hann hefur öðlast mikla reynslu í rafleiðnimælingum í Bandaríkjunum og heimskaufalöndum. Fyrirtæki hans hefur m.a. smíðað taki, sem notað er til rafleiðnimælinga berglaga niður á nokkurra tuga kílómetra dýpi og er líklegt, að það gæti orðið góð fyrirmynd að tækjum til rafleiðnimælinga í jarðhitaleit hér á landi.

Ferð til Houston, Texas og Golden, Colorado.

Dagana 6. til 10. nóv. sótti undirritaður ráðstefnu jarðeðlisfræðinga í Houston, Texas. Voru þar m.a. flutt erindi um nýjustu aðferðir og rannsóknir á sviði rafmælinga. Þing þetta sóttu margir fremstu sérfræðingar Bandaríkjanna í rafmælingum og gafst undirrituðum kostur á að ræða við nokkra þeirra. Meðal þeirra voru:

S.H. Ward, prófessor við háskólann í Berkeley, California. Ward hefur unnið merkt starf á sviði rafmælinga og ritað fjölda greina um þessi efni. Hefur hann kannað kosti og galla mismunandi aðferða og reynt að treysta fræðilegan grundvöll þeirra.

A.R. Barringer, Barringer Research Ltd., Toronto, Canada. Barringer hefur smíðað taki til rafleiðnimælinga úr lofti, og er almennt talið, að taki hans séu langtum fremri en önnur taki, sem smíðuð hafa verið til þessara nota. Flugvélar fyrirtækisins eru sendar til málmleitar um allan heim. Einnig hafa taki þessi verið notuð af kanadisku jarðfræðistofnuninni til leitar að grunnvatni. Lýptarvirkun þessara tækja er um 200 m í jörðu og er líklegt að þau kemu að góðum notum við jarðhitaleit hér á landi, ef kanna stti stór landsvæði, þar sem jarðhiti er grynnra en 200 m.

K. Vozoff, Geoscience Inc., Massachusetts.

Vozoff hefur lengi starfað við háskólann í Alberta, Canada og stjórnað þar rannsóknum á rafleiðni berglaga með segulveiflum og jarðstraumum. Hefur hann smíðað taki til þessara mælinga, sem orðið hefur fyrirmynd að flestum slíkum tækjum í Canada. Vozoff starfar nú hjá Geoscience Inc., en þar er unnið að rannsóknum á rafleiðni berglaga, djúpt í jörðu.

G.V. Keller, prófessor við Colorado School of Mines.

Keller starfaði áður hjá U.S. Geol. Survey, Denver, Colorado og veitti þar forstöðu deild, sem vann að rannsóknum á rafeiginleikum bergs. Keller hefur þýtt margar bækur um rafleiðnimál úr rússnesku og nýlega skrifað ágæta kennslubók um þessi efni.

Að ráðstefnunni lokinni fylgdist undirritaður með Keller til Golden, Colorado og skoðaði rannsóknarstofu hans og tæki. Voru þar m.a. tæki til módeltilrauna fyrir rafleiðni- aðferðir, tæki til mælinga á rafeiginleikum bergsýnis- horna og tæki til rafleiðnimælinga djúpt í jörðu.

Keller hefur leitað að grunnvatni á Hawai með rafleiðni- aðferðum, en þar eru aðstæður að mörgu leyti svipaðar og á Íslandi. Ennfremur hefur hann staðsett bráðis berg grunnt í jörðu með þessum aðferðum.

Keller lét undirrituðum í té mikinn fróaleik og bauð aðstoð sína við undirbúning svipaðra mælinga hér á landi, ef á þyrfti að halda.

Ferð til Vancouver, Canada.

Dagana 27. til 30. nóv. fór undirritaður ásamt Gunnari Bðóvarsayni og F.S. Mathews í heimsókn til Próf. J.A. Jacobs, University of British Columbia, Vancouver, Canada.

Jacobs er mjög kunnur fyrir athuganir sínar á sveiflum í segulsviði jarðar og hafa samstarfsmenn hans reynt að hagnýta þessar segulsveiflur til ákvörðunar á raffleiðni bergs djúpt í jörðu. Hafa þeir kannad orsakir þessara sveifla, dreifingu þeirra í tíma og rúmi og truflandi áhrif, sem leiðni sjávar hefur á þessar sveiflur. Þessar athuganir eru nauðsynlegur undirbúningur undir ventanlega hagnýtingu aðferðarinnar.

Sýnd var segulsveiflumslitstöð á Westham Island og einnig teki, sem notuð eru við úrvinnslu línurita.

Meðal samstarfsmanna Jacobs er H.W. Desso, en hann hefur nýlega smíðað teki, sem hann notar til módeltilrauna fyrir raffleiðniaðferðir. Kynnti hann okkur þessi teki og helstu niðurstöður sínar. Bauðst hann jafnframt til að breyta módeli sínu í samræmi við íslenskar aðstæður og gæti hann þá sagt fyrir um árangur mismunandi aðferða.

3. Ályktanir

Það var almennt álit þeirra sérfræðinga, sem undirritaður átti tal við, að raffleiðniaðferðir sttu að geta komið að miklu gagni við leit að jarðhita á 500 - 3000 m dýpi. Það eru einkum 3 aðferðir, sem til greina koma:

- (1) Spanstraumsaðferð, með náttúrulegar sveiflur í segulsviði jarðar sem sviðsgjafa.
- (2) Spanstraumsaðferð, með spólu eða rafskaut sem sviðsgjafa.
- (3) Jafnstraumsaðferð, með rafskaut sem sviðsgjafa.

Þessar aðferðir eru náskyldar en beta þó upp galla hverrar annarrar og fer það eftir jarðfræðilegum aðstæðum, hver þeirra á bezt við hverju sinni.

Við byrjunarathuganir væri rétt að velja eina af þessum aðferðum en væri lagt í umfangsmiklar vafleiðni-mælingar, er líklegt, að allar aðferðirnar væri notaðar jöfnum höndum. Aðferðir (1) og (2) eru hentugar til mælinga á bergi, sem liggur undir illa leiðandi berglögum. Aðferð (3) er hins vegar betur fallin til mælinga á svæðum, þar sem yfirborðslög eru vel leiðandi.

Aðferð (1) hefur þann kost umfram hinar, að notaðar eru náttúrulegar sveiflur sem sviðsgjafi, og þarf því enga raforku né teki til sviðsmyndunar. Hér á landi eru sveiflur í segulsviði tíðar og stórar, og ætti það að auðvelda notkun þeirra til mælinga. Hins vegar verka sveiflur þessar truflandi á mæliaðferðir (2) og (3). Rafsvið frá rafskautum eða spólum verður að yfirgnæfa svið af völdum náttúrulegra sveifla, ef nothafar mælingar eiga að nást með þessum aðferðum.

Aðferð (1) virðist einföldust og ódýrust í framkvæmd, og er því eðlilegt, að hún væri notuð við byrjunarathuganir. Mælingar á sviði af völdum náttúrulegra sveifla með þessari aðferð gefu jafnframt nýtsamar upplýsingar um nauðsynlega sendiorku og næmleika tækja fyrir aðferð (2) og (3).

Við nat á stofnkostnaði tækja er nauðsynlegt, að þekktar séu kröfur um sendiorku, næmleika og fjölgæfni tækja, en líklegt er, að mörg tækjanna megi nota við allar aðferðir og þyrfti að taka tillit til þess við val þeirra.

Að svo komnu máli er einungis unnt að meta stofnkostnað lauslega. Stofnkostnaður tækja fyrir aðferð (1) mun vera um 500 þús. ísl.kr. en verð tækja fyrir aðferðir (2) og (3) nokkru hærri. Til samanburðar mætti nefna að 1000 m borun kostar um 1,5 til 2 milj. kr.

Helikostnaður með þessum aðferðum er eðlilega í nokkurri óvissu, en samkvæmt samanburði við jarðsveiflumælingar er líklegt, að hann verði um 5000 kr. á dag.

Sam dæmi um rannsóknarkostnað mætti nefna nýlega jarðhitaleit fyrir Akraneskaupstað. Borðar voru 3 rannsóknarborholur 100 m djúpar og nam borkostnaður 367 þús. ísl. kr. Líklegt er, að sambarilegar upplýsingar hefðu fengið með rafleisnimælingum á 7 malidögum og hefði kostnaður við þær mælingar numið 35 þús. kr.

Auk ofangreindra mæliaðferða gæti reynst hagkvæmt að koertleggja jarðhita úr lofti með flugaáferð Harringer Research Ltd. Átti þetta einkum við á landsvæðum, þar sem heitt vatn rennur undir hrauni eins og víða gerist á Suðurlandsundirlendi.

Lokaályktun

Ekki virðast neinin verulegir tæknilegir erfiðleikar á notkun rafleisnimælinga til jarðhitaleitar allt niður á 3000 m dýpi. Rannsóknir með þessum aðferðum yrðu mun ódýrari en rannsóknarboranir og mundu stórauka vitneskju um rennsli heits vatns í berggrunni landsins.

Þakkarorð

Undirritaður ferir Atlantshafsbandalagi, Menntamálaráðuneyti og Raforkumálaskrifstofu þestu þakki fyrir styrki og aðra fyrirgreiðslu vegna fararinnar.

Ennfremur vill hann sérstaklega þakka próf. Gunnari Böðvarseyni holl ráð og mikilsverða aðstoð meðan á námsferinni stóð.

Reykjavík, 10. janúar 1967

Sveinbjörn Björnsson

Kostnaðaryfirlit

Ferð og námsdvöl Sveinbjörns Björnssonar í Bandaríkjunum

3.10. - 9.12. 1966

<u>Kostnaður</u>	<u>Ísl.kr.</u>
Ferðir	42.170,48
Svalarkostnaður	<u>52.653,79</u>
	<u>Samtals 94.824,27</u>

Greiðsla kostnaðar

NATO-styrkur	40.000,-
Greitt af Raforkunáskrifstofu	<u>54.824,27</u>
	<u>Samtals 94.824,27</u>