

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Jarðhitadeild  
GREINASAFN

32/1977

RANNSÓKN OG NÝTING JARÐHITA

eftir

Stefán Arnórsson

OS JHD 7733

Des. 1977

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

RANNSÓKN OG NÝTING JARÐHITA

eftir

Stefán Arnórsson

INNGANGUR

Þegar fjallað er um undirbúning að nýtingu jarðhita og vinnslu hans, gætir ýmissa sjónarmiða um hlutverk rannsókna og á hvaða stigi undirbúnings og/eða framkvæmda þeim sé lokið. Í þessari skýrslu er reynt að skýrgreina hlutverk rannsókna, sem varða jarðhitanytingu, sérstaklega að því er tekur til jarðvísinda og gufuöflunar á háhitasvæðum.

Verkefni, sem innifela í sér undirbúning að nýtingu jarðgufu (eins og annarra náttúruauðlinda) má kalla óvissuverkefni. Þau ein-kennast af því að afla þarf upplýsinga, sem miða að því að eyða óvissunni og grundvalla fjárhagslegar og tækniforsendur fyrir vinnslu. Þessi upplýsingaöflun er rannsóknin. Eftir að jarðhita-svæði hefur verið tekið í nýtingu, þarf enn rannsókna við, af því að óvissa ríkir um hvernig jarðhitakerfið breytist við nýtinguna og afla þarf upplýsinga um þessar breytingar til að haga vinnslunni á sem skynsamlegastan hátt og finna út hvort svæðið standi undir frekari nýtingu síðar.

Við jarðhitarannsóknir - sem í öðrum óvissuverkefnum - hefur það sjónarmið oftast verið ríkjandi að afla upplýsinga nauðsynar nýtingu í þrepum, þannig að upplýsingasöfnun sé í hámarki og kostnaður í lágmarki fyrir hvert þrep.

Á grundvelli þessa sjónarmiða er verkið unnið í áföngum. Að loknum hverjum áfanga er tekin ákvörðun um tilhögun þess næsta, uns full-nægjandi grundvöllur hefur fengist til að taka ákvörðun um nýtingu.

Vegna tiltölulega mikils undirbúningskostnaðar fyrir gufunýtingu - mest vegna borana - og óvissu um vinnslueiginleika jarðhitasvæða, nema að undangengnum langtímaprófunum á borholum, hefur það sjónar-mið verið áberandi, að byrja virkjun í smáum stíl og auka nýtinguna síðar, eftir því sem reynslan gefur tilefni til. Þetta sjónarmið kemur t.d. fram hjá Armstead o.fl. (1974)\*, í skýrslu OS um jarð-gufuaflstöð frá júní 1972 (bls. 23). Í skýrslu Orkustofnunar: Áætlun um rannsókn háhitasvæða, frá ágúst, 1969 (bls. 5), kemur

\* Geothermics, V.4, bls. 41-52.

fram ákveðið sjónarmið hvernig rannsókn skuli undibúa jarðhitasvæði til virkjunar. Hér á eftir verður einstökum rannsóknaráföngum - eða þrepum - lýst, er miða að gufuvinnslu, og þeir tengdir ákvarðanatöku.

## 1. RANNSÓKN Á YFIRBORÐI

Hún felur í sér jarðfræðilega kortlagningu, athugun á efnainnihaldi í hverum og gufuaugum, jarðeðlisfræðilegar mælingar (rafleiðnimælingar, segulmælingar og hugsanlegar þyngdar- jarðsveiflu- og skjálftamælingar). Jarðfræðikortlagning gefur upplýsingar um útbreiðslu virks og útkulnaðs jarðhita, tengsl hans við jarðmyndanir og sprungur, sem leyfir mat á útbreiðslu neðanjarðar og eðli vatnsæða. Jarðefnafræði veitir óbeinar upplýsingar um hitastig og rennsli neðanjarðar. Viðnámsmælingar veita óbeina vitneskju um útbreiðslu heits vatns og bergs (niður á 1000 m dýpi og meira), segulmælingar um útbreiðslu bergs, sem hefur ummyndast fyrir áhrif jarðhita. Þyngdar- og jarðsveiflumælingar veita óbeinar upplýsingar um gerð jarðlaga niður á tiltölulega mikið dýpi (yfir 1000 m).

Niðurstöður mælinga og athugana á yfirborði eru túlkaðar og reynt að tengja þær í eina mynd. Þessi mynd eða "módel" af jarðhitakerfinu er lögð til grundvallar við staðsetningu og ákvörðun um dýpi fyrstu rannsóknarborhola.

## 2. RANNSÓKNARBORANIR

Þær veita fyrstu beina vitneskju um hita, vatnsæðar og jarðlög, sem borað er í. Á grundvelli þessara niðurstaða ber að endurskoða fyrri túlkanir á yfirborði og endurnýja eða betrubæta myndina - módelið - af jarðhitasvæðinu.

Rannsóknarboranir veita fyrstu upplýsingar um rennsli og gufumagn úr einstökum holum og hvernig rennsli breytist með þrýstingi á holunni og hvernig og hversu rennslið minnkar með tíma. Sömuleiðis um útfellingarvandamál. Rannsóknarboranir gefa og vitneskju, sem til þarf við hönnun vinnsluhola, svo sem fóðringardýpi.

Ekki er hægt að gefa neina fasta viðmiðunarreglu um fjölda rannsóknar-

hola. Hann er háður því, hvenær upplýsingar eru það öruggar að mati eða samkvæmt túlkun jarðhitafræðinga að ráðast megi út í vinnsluboranir.

Rannsóknarborholur eins og þær, sem hér er miðað við, eru um 1000 metra djúpar og tekur orðið fyrst og fremst til þess hvernig holan er hönnuð. Árangur rannsóknarborana niður á þetta dýpi getur orðið sá, að reyna skuli að bora dýpra og afla með því beinna upplýsinga um jarðhitakerfið neðan þess dýpis. Fyrir svo djúpa borun er naumast um annað að ræða en hanna holuna á sama hátt og vinnsluholu.

Samhliða rannsóknarborunum, eða jafnvel fyrr, er tímabært að gera forkönnun á hagkvæmni gufuaflsstöðvar af einni eða fleiri stærðum og setja af stað athuganir, er varða umhverfismál. Á þessu stigi skal nota niðurstöður hagkvæmnikönnunar við mat á því, hvort borunum skuli fram haldið eða ekki. Eðlilega hlýtur hagkvæmnikönnun að byggja að nokkru á gefnum forsendum og frekari rannsókn með borunum stefnir að því að fá betri upplýsingar til að grundvalla þessar forsendur og lagfæra þær eftir því sem við á. Að sjálfsögðu skal endurnýja upplýsingar og notfæra þær niðurstöður ásamt vitneskju um jarðhitasvæðið til ákvörðunar um framhald borana.

### 3. BORUN VINNSLUHOLA (FYRRI ÁFANGI).

Fyrstu borholur, sem hannaðar eru eins og vinnsluholur, hafa verið nefndar reynsluholur. Nafnið höfðar til þess, að þessum holum er ætlað að veita upplýsingar með langtíma prófunum um gufumagn, rennsliseiginleika, fjarlægð milli hola, útfellingar, tæringu og fleira. Niðurstöður slíkra prófana og mælinga veita þær upplýsingar sem þarf til að besta (optimize) val á túrbínunum, og inntaksprýsting á þær, staðsetningu stöðvarhúss, gerð gufuveitu og meðhöndlun affallsvatns. Ákvarðanir um þetta val og tímasetningu framkvæmda skal miðast fyrst og fremst við árangur reynsluborana.

Ekki er unnt að gefa neina reglu um hversu mikill hluti gufu skuli fást úr reynsluborholum miðað við þörf áætlaðrar virkjunar, þegar

ákvörðun er tekin. Hún ákveðst hverju sinni af því hversu vel hefur gengið að afla gufu og hversu vel jarðhitafræðingar telja sig skilja eðli jarðhitakerfisins. Eftir því sem minna er borað er meiri óvissa varðandi hönnunarforsendur. Auðsætt er, að án slíkra borana og prófana á holunum liggja nauðsynlegar forsendur til hönnunar ekki fyrir. Jarðhitafræðingar, sem þurfa að láta í té rökstudda umsögn um vinnslueiginleika svæðisins geta það naumast, fyrir en 50-75% gufunnar hefur fengist.

#### 4. VINNSLUBORANIR (SÍÐARI ÁFANGI).

Þessar boranir miða að því að afla frekari gufu á þekktu borsvæði eftir að ákvörðun um virkjun hefur verið tekin.

#### 5. UMRÆÐA.

Sú leið að afla fyrst upplýsinga með óbeinum mælingum og bora síðan í áföngum, leiðir að sjálfsögðu til þess, að allur undirbúningur að byggingu jarðgufuaflstöðvar er tímafrekur. Það er fyrst og fremst sparnaður og öryggi, sem næst með því að hafa undirbúningstíma langan, en líka er hugsanlegt, að fullnægjandi árangur náist ekki, nema að undangengnum tímafrekum rannsóknum til að afmarka vinnslusvæði innan ákveðins jarðhitasvæðis. Ýmissa grundvallarupplýsinga má afla á tiltölulega ódýran hátt af fleiru en einu svæði og nota svo þessar upplýsingar þótt óbeinar séu, við val á ákveðnu svæði eða svæðum til frekari rannsókna. Ástæða er til að benda á, að úrvinnsla mælinga og borana er tímafrek og yfirleitt erfitt að áætla með nokkurri vissu þann tíma, sem tekur eftir að mæling eða borun er unnin. Slíkt er eðli óvissuverkefna, þar sem um er að ræða söfnun á upplýsingum og ekki er vitað fyrirfram hvers konar vitneskja kemur fram við söfnun upplýsinganna, eða hvort niðurstaða mælinga verður sú, að þörf sé frekari upplýsinga.

Annar þáttur, sem tímafrekur er, varðar prófanir á reynsluholum.

Þessar prófanir innifela í sér langtíamælingar á rennsli, hvort og hvernig hlutfall vatns og gufu í einstökum holum breytist með tíma, hvernig hiti og þrýstingur niðri í holunni breytist, hvort og hvernig efnainnihald vatns breytist, hver vatnsgengi jarðlaganna er og hvort útfellingar eigi sér stað eða, að vatn/gufa sé tærandi. Út frá mælingum á holunum eru gerð reiknilíkön af svæðinu og stuðst við þau varðandi ákvörðun um fjarlægð milli hola. Samanlagt rennsli reynsluhola við mismunandi mótþrýsting, sýnir hversu mikið gufumagn fæst við mismunandi þrýsting og eru þessar upplýsingar þær, sem einna mestu máli skipta við val á inntaksþrýstingi á túrbínur. Við val á þessum inntaksþrýstingi ætti einnig að styðjast við útkomu reiknilíkana um hvernig þrýstingurinn í holunni minnkar með tíma. Að fenginni reynslu verður varla annað séð en 2-3 ár líði frá upphafi reynsluborana til þess að úrvinnslu sé lokið og forsendur liggi fyrir um hönnun og hagkvæmi jarðgufuafstöðvar. Þetta sjónarmið er vissulega ekki nýtt, sbr. skýrslu jarðhitadeildar Orkustofnunar. Áætlun um rannsókn háhitasvæða frá 1969, bls.5.

Það er hinn tiltölulega mikli kostnaður við borun reynsluholu og óvissan að taka ákvörðun um stóra virkjun, þegar ekki er búið að afla gufunnar, sem hefur skapað það sjónarmið, að virkja beri háhitasvæði í áföngum og byrja með sem allra minnsta virkjun (10-15MW), sem kostnaðarlega þykir aðgengileg og stækka síðan þessa virkjun eftir því sem reynslan og hagkvæmni gefa tilefni til.

TILVITNANIR:

Sveinbjörn Björnsson (1969). Áætlun um rannsókn háhitasvæða;  
fjölrituð skýrsla Orkustofnunar, ágúst 1969.

Jarðgufuaflstöð: Frumáætlun um aflstöð með tilliti til virkjunar  
í Námafjalli eða Kröflu; fjölrituð skýrsla Orkustofnunar, júní, 1972.

Armstead, H.C.H., Gorham, H.L. og Müller, H. (1974) Geothermaics  
v.4, bls. 41-52.