

ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

HOLUBRÉF

Nr. 7

77.10.25

1. INNGANGUR.

Í þessu Holubrési verður stuttlega lýst þeirri mynd eða líkani, sem nú virðist sennilegust af jarðhitasvæðinu við Kröflu. Unnið er að samantekt á núverandi vitneskju um svæðið, sem mun birtast síðar í skýrsluformi. Hér verður því aðeins stiklað á stóru, en að öðru leyti er vísað til komandi skýrslu um þetta mál.

Fyrst verður hér brugðið upp einfölduðu líkani af jarðhitasvæðinu og síðan rakin ýmis atriði sem styrkja þetta líkan, en einnig minnst á þau atriði, sem falla ekki að líkaninu. Að lokum eru svo taldar upp ýmsar afleiðingar sem þetta líkan hefur í för með sér.

2. EINFÖLDUÐ MYND AF JARÐHITASVÆÐINU VIÐ KRÖFLU.

Við samantekt á þeim mælingum og athugunum sem gerðar hafa verið á jarðhitasvæðinu við Kröflu verða flest atriði skýrð með því að gera ráð fyrir að tvö kerfi séu til staðar. Efra kerfi með hreinum vatnsfasa og hitastig 210-220°C. Þetta kerfi nær niður á ca 1200 m dýpi. Neðan við þetta vatnskerfi er svo annað kerfi mun heitara 320-340°C. Þetta neðra kerfi er í suðu, þannig að í berginu er blanda af vatni og gufu. Í neðra kerfinu er einnig mikið magn af koldíoxíði (CO₂), í efra kerfinu er hins vegar mun minna af CO₂. Ekki er vitað hversu djúpt niður neðra kerfið nær, en það er a.m.k.

dýpra en dýpstu borholur á svæðinu (2,2 km). Efri mörk neðra kerfisins koma fram á mismunandi dýpi, og virðist vera grynnt á þetta kerfi í námunda við Hveragil, en dýpka á það til vesturs. Ef teiknað er snið frá holu KG-8 að Hveragili, fæst sú mynd sem sýnd er á mynd 1. Efra kerfið er hringrásakerfi (konvektion) og athuganir á gasi benda til að uppstreymissvæði efra kerfisins sé við Hveragil, en niðurstreymi sé við holu KG-8. Grynnt er á neðra kerfið í holum KW-1, KG-5 og KJ-9. Þar er "veggurinn" á milli kerfanna innan við 100 m þykkur. Eðlilegt er því að áætla að aðal varmauppstreymi frá neðra kerfinu sé einnig í námunda við Hveragil, en þar er auk þess mesta hveravirknin á svæðinu.

3. TVÖ JARÐHITAKERFI Í KRÖFLU.

Allmargar athuganir liggja fyrir sem styrkja þá mynd að tvö aðskilin jarðhitakerfi séu í Kröflu. Skulu hér nokkur atriði nefnd:

- a) Grunnar holur, svo sem KW-2, KG-8 og KJ-9 fyrir dýpkun, taka inn vatn með heildarentalpíu 200-230 kcal/kg. Kísilhiti þessa vökva er í samræmi við mældu entalpíu. Eftir 150 m dýpkun á holu KJ-9 er heildarentalpía vökvans 280-300 kcal/kg. Eftir að neðri hluti holu KG-10 lokaðist af lækkaði heildarentalpía þeirrar holu úr ca 300 kcal/kg í 225 kcal/kg. Djúpar holur, svo sem KJ-6 og KJ-7 hafa háa (300-500 kcal/kg) entalpíu, en kísilhiti samsvarar ekki vökva með þeirri entalpíu. Á mynd 2 er sýnt samband milli mælds kísilhita og samsvarandi hitastigs vökva útreiknað frá heildarentalpíu holanna.
- b) Efnasamsetning á borholuvökva er mjög mismunandi. Þannig er t.d. magn CO₂ 50-100 sinnum meiri í neðra kerfinu en í efra kerfi.
- c) Hitamælingar sýna marktæka breytingu á ca 1200 m dýpi.
- d) Blásturseiginleikar holu KJ-11 eru þannig að hægt er að láta holuna blása með aðeins efra kerfið virkt. Ef meira er opnað fyrir holuna verður neðra kerfið einnig virkt og taka þá afköst holunnar stökkbreytingu.
- e) Eldgos á Leirhnjúkssprungunni í apríl og september 1977 orsökuðu þrýstingsaukningu í efra kerfinu í Kröflu, en ekki í neðra kerfinu.

Hitamælingar gerðar í holum KG-5 og KJ-9 sýndu að samfara þessari þrýstibreytingu kólnuðu holurnar niður, þannig að vatn úr efra kerfi rann niður í neðra kerfið.

4. SUÐA Í BERGI.

Þrjú atriði styrkja þá skoðun að neðra kerfið í Kröflu sé í suðu og að þar sé því blanda af gufufasa og vatnsfasa í berginu.

- a) Hlutfall milli gufu og heildarrennslis úr holum KJ-6 og KJ-7 hefur mælst 0.5-0.7. Til þess að ná svo háu hlutfalli verður annað hvort jarðhitavökvinn að vera mjög nálægt krítisku hitastigi (373°C), eða að gufufasi sé í bergi.
- b) Hitamælingar gerðar í holum, sem eru að hitna upp hafa sýnt að hitastig í vatnsfylltri holu getur farið upp fyrir þann suðumarkshita sem ákvarðast af þrýstingi í holunni (og í berginu þegar mæling var gerð). Til þess að vatnið í holunni geti orðið yfirhitað verður að vera fyrir hendi gufa í berginu.
- c) Þær holur í Kröflu, sem taka vatn og gufu úr neðra kerfinu, fá einnig allar eitthvað vatn úr efra kerfinu. Ekki hefur reynst unnt að segja til um hvaða hlutföll eru milli kerfa í hverri holu og þess vegna ekki hægt að segja til um eðli neðra kerfisins (hitastig, entalpiu, efnasamsetningu). Hins vegar er hægt út frá kísilhita, hitastigi á efra kerfi og heildarentalpiu í hverri holu að reikna fyrir gefið hitastig á neðra kerfi hlutfall milli kerfa og einnig gufuhlutfall og entalpiu í neðra kerfinu.

Mynd 3 sýnir nokkrar niðurstöður þessara reikninga. Þar kemur greinilega í ljós að innstreymi úr neðra kerfi í holum KJ-6, KJ-7, KG-10 og KJ-11 er að hluta til í gufufasa. Einnig kemur í ljós að framleiðsla gufu úr efra kerfinum er tiltölulega lítið af heildargufumagni holanna.

5. JARÐLÖG.

Á mynd 4 er sýnt einfaldað jarðlagasnið gegnum sömu borholur og mynd 1 er byggð á. Einungis er um að ræða mjög grófa mynd, þar sem margar

holanna falla langt út úr sniðinu gegnum KG-8 og KW-1. Við samanburð á mynd 1 og 4 sést að neðri mörk efra kerfis á mynd 1 falla allvel saman við efri mörk innskotamyndunar. Einnig er nokkuð áberandi að þar sem mörkin milli kerfanna eru talin vera þynnst eru allsamfelldar syllur úr þéttu basalti efst í innskotamynduninni. Á því svæði, þar sem mörkin eru talin ná yfir nokkur hundruð metra kafla eru innskotslögín ekki eins samfelld efst í innskotamyndun. Neðar í innskotamyndun eru í holu KG-10 (og KG-4) nær samfelld innskotslög neðan 1700 m dýpis, en dreifðari í holum KJ-7 og KJ-11. Innskotsbergglög eru mun þéttari og ógegndræpari, en hraunlög og móberg. Rennsli í gegnum slík lög er að verulegu leyti um sprungur. Syllur og gangar geta myndað nær óvatns-geng skil í jarðhitakerfinu og haft veruleg áhrif á hringstreymi vatnsins.

Jarðlagaskipan í Kröflu er þannig ekki ímótsögn við þá einföldu mynd sem dregin var upp í kafla 2.

6. UMMYNDUN.

Ummyndun berggrunnsins á Kröflusvæðinu ber þess ekki merki að þar hafi um langan aldur verið virk tvö aðskilin kerfi með skörpum skilum í hitastigi. Ummyndunarmynstur í efstu 1200 m berggrunnsins bendir til jafnt vaxandi hita með dýpi. Ummyndun bendir einnig til þess að hámarkshiti hafi verið yfir 220°C þegar ummyndunin átti sér stað. Að hluta til gæti ummyndunarmynstur að sjálfslögðu verið "steingert" frá fyrra hitaástandi í berggrunninum. Við hitastig yfir 200°C í vel gegndræpu bergi mundu þó leirsteindir bregðast fljótt við breyttum hitaskilyrðum. Er talið ósennilegt að mörg ár liðu án þess að merki endurskreiðrar ummyndunar leirsteinda sæjust í berginu. Nokkur merki slíkrar endurskreiðrar ummyndunar sjást reyndar á um 800-1200 m dýpi í flestum borholum frá 1976, en ekki í borholum frá 1975. Einkum er þessi munur áberandi á milli hola KG-4 og KG-10. Þennan mun væri eðlilegt að túlka þannig að átt hefði sér stað kæling á berginu á 800-1200 m dýpi á þessum tíma.

Við áætluð mörk efra og neðra jarðhitakerfis eykst mjög tíðni innskotsbergлага. Innskotsbergglö er mjög lítið gegndræpt. Ummyndunarsteindir

Í því eru oft ekki í jafnvægi við ríkjandi hita. Þúast mætti þó við að í sprungufyllingum í því í neðra kerfi mynduðust aðrar gerðir ummyndunarsteinda en í efra kerfi vegna hinna skörpu skila í hitastigi. Slík skörp breyting í ummyndunarmynstri sést ekki.

Athuganir á ummyndun berggrunns Kröflusvæðis falla því ekki vel inn í þá mynd sem lýst var í kafla 2.

7. SAMANDREGNAR NIÐURSTÓÐUR.

Sú mynd sem hér hefur verið dregin upp af jarðhitasvæðinu við Kröflu, er í samræmi við hita- og þrýstimælingar gerðar í blásandi og lokuðum holum. Myndin er einnig í samræmi við túlkun efnagreininga á borholuvökva. Jarðlagaskipan berggrunnsins sýnir nokkuð samræmi við myndina, og er a.m.k. ekki í mótsögn við heildarmyndina. Hins vegar fellur ummyndunarmynstur berggrunnsins ekki vel að myndinni.

8. AFLEIÐINGAR.

Sé gengið út frá ofangreindri mynd af jarðhitakerfi í Kröflu hefur þessi vitneskja áhrif á frekari aðgerðir á svæðinu. Hér skulu rakin nokkur atriði:

- a) Útfellingar í borholum í Kröflu eru tvenns konar. Í efra kerfinu eru útfellingar kalk (aðallega kalsít) en í neðra kerfinu eru útfellingar allflókin efnasambönd sem að mestu eru kísill, járnsúlfíð, járnoxíð auk illa afmarkaðra járn-kísil sambanda og kalsíumsúlfati. Losna má við kalkútfellingar með því að fódra efra kerfið. Hins vegar er ekki ljóst á þessu stigi málsins hvemig skynsamlegast verður brugðist við útfellingum í neðra kerfinu.
- b) Fódra verður af efra kerfið í Kröflu við frekari boranir á svæðinu. Tilgangurinn með slíkri aðgerð er bæði að sneiða hjá kalkútfellingum en einnig til þess að komast hjá rennsli milli kerfa í holunni. Slíkt millirennsli getur haft í för með sér óstöðugleika í rekstri.

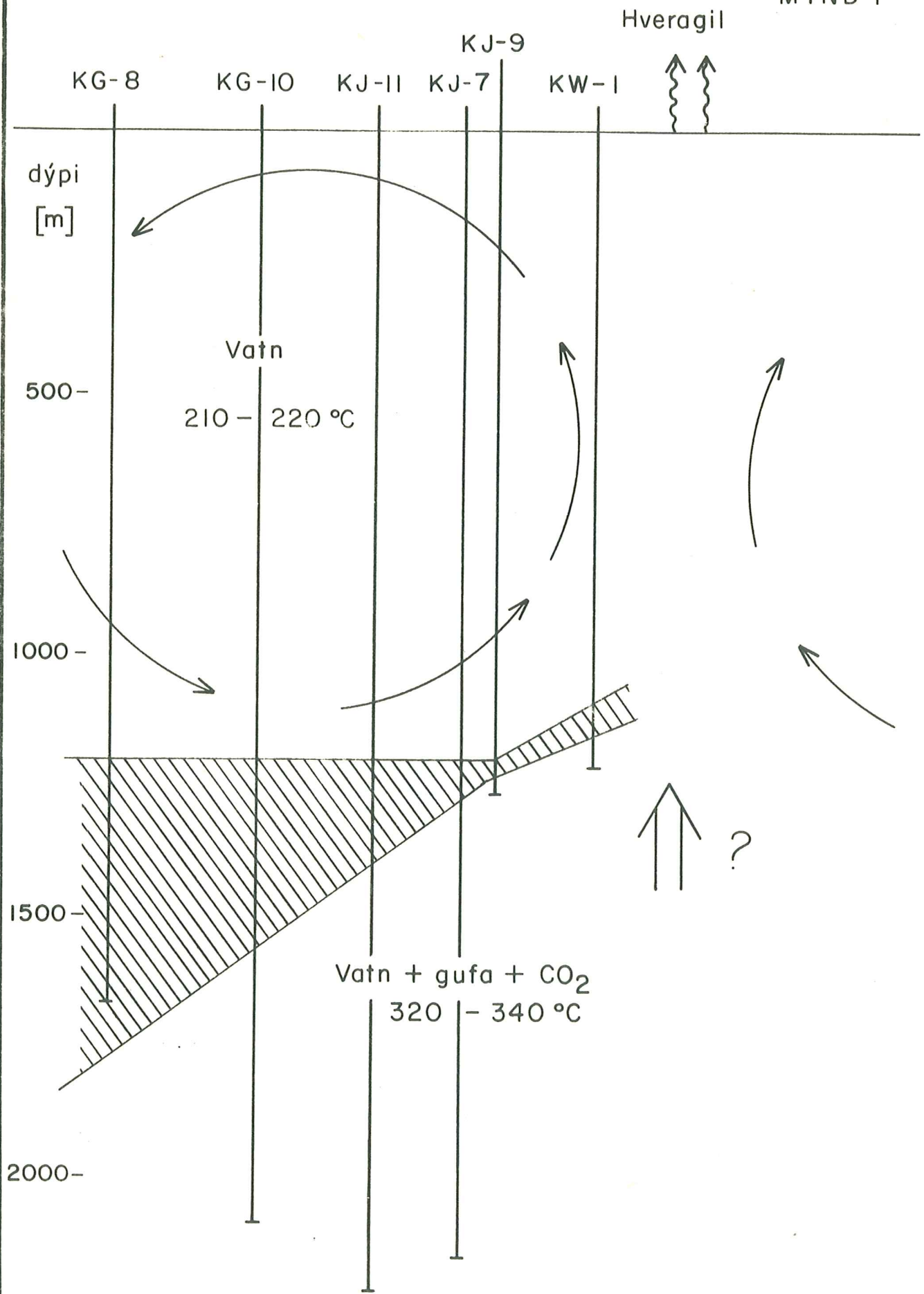
- c) Frekari boranir á Kröflusvæði ættu næst að beinast að suðurhlíðum Kröflu, þ.e. austan við núverandi borsvæði. Rök fyrir þessari ályktun eru:
- Grynnt á neðra kerfið.
 - Uppstreymissvæði neðra kerfis trúlega við Hveragil.
 - Meiri von á hreinum neðra kerfis vatnsfasa þar sem uppstreymi er ört.
 - Ef gasmagn í neðra kerfi er tengt kvikuhreyfingum í vestri gæti efnasamsetning jarðhitavökvans verið hagstæðari austan við megin uppstreymissvæðið.

Valgarður Stefánsson
Hrefna Kristmannsdóttir
Gestur Gíslason



Einfölduð mynd af Kröflusvæðinu

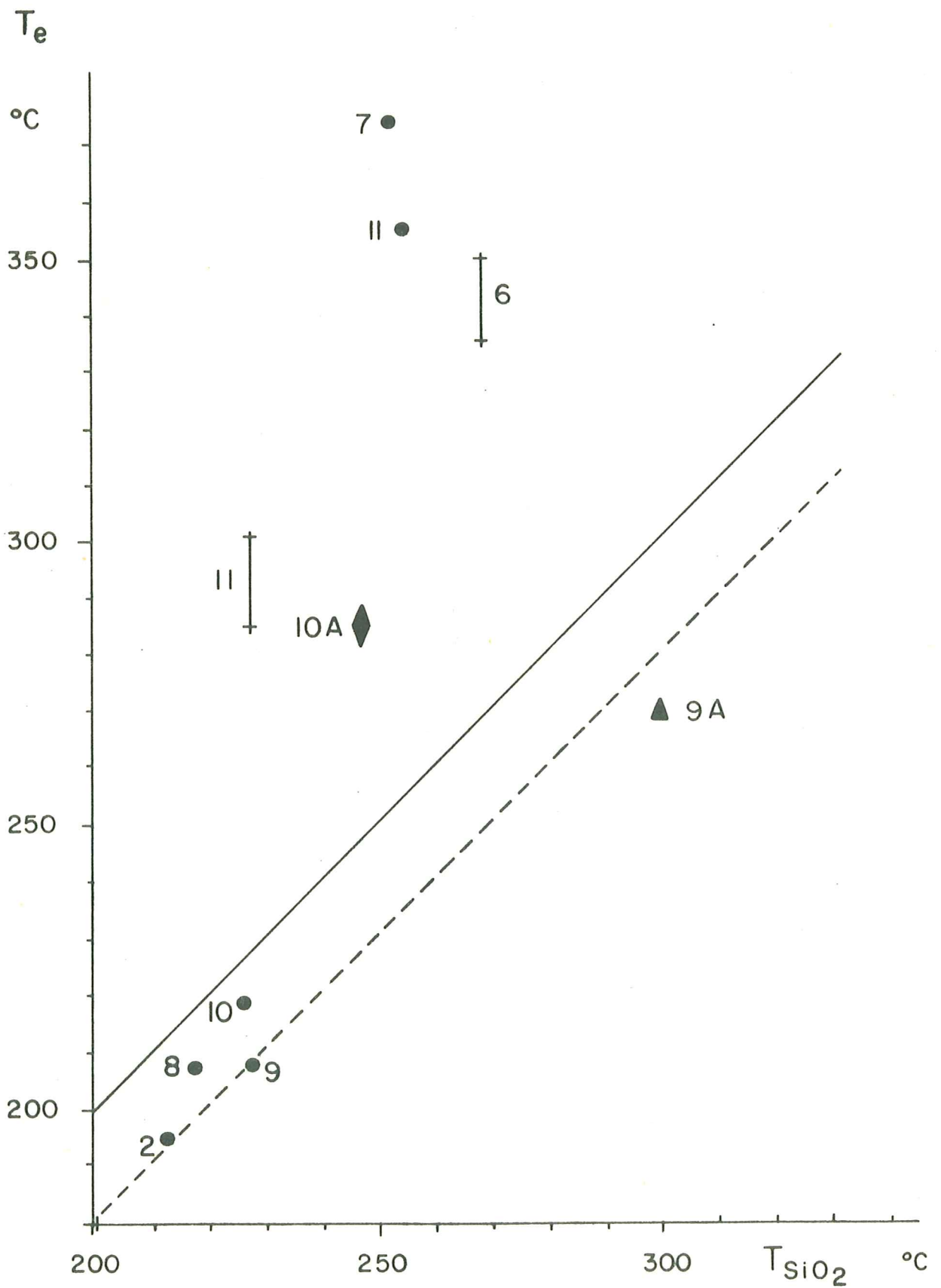
MYND I





Samband kísilhita og entalpíuhita

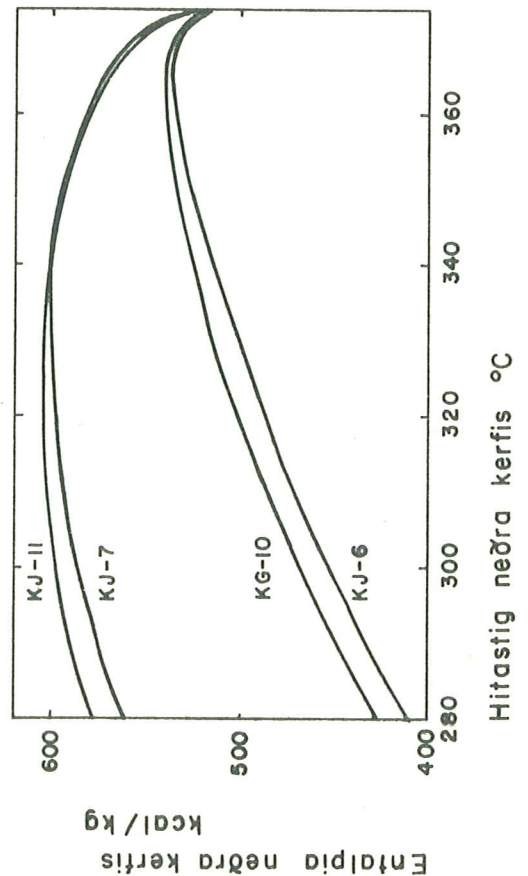
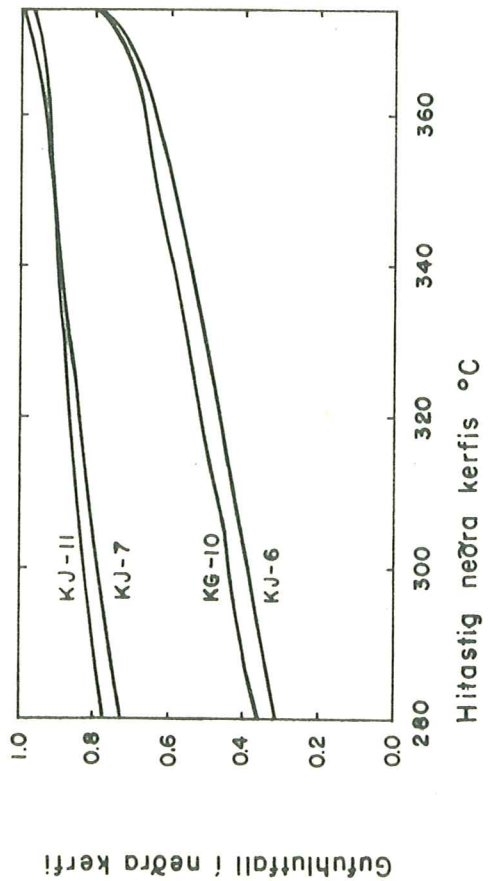
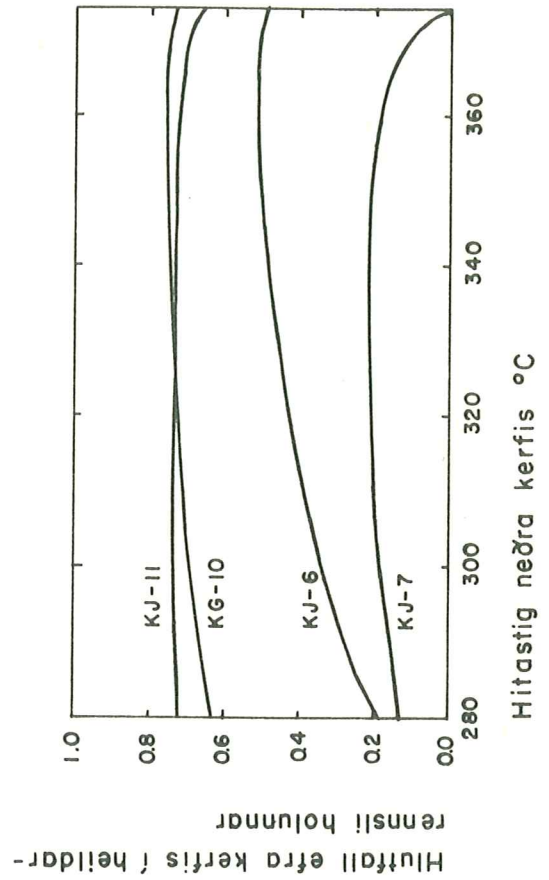
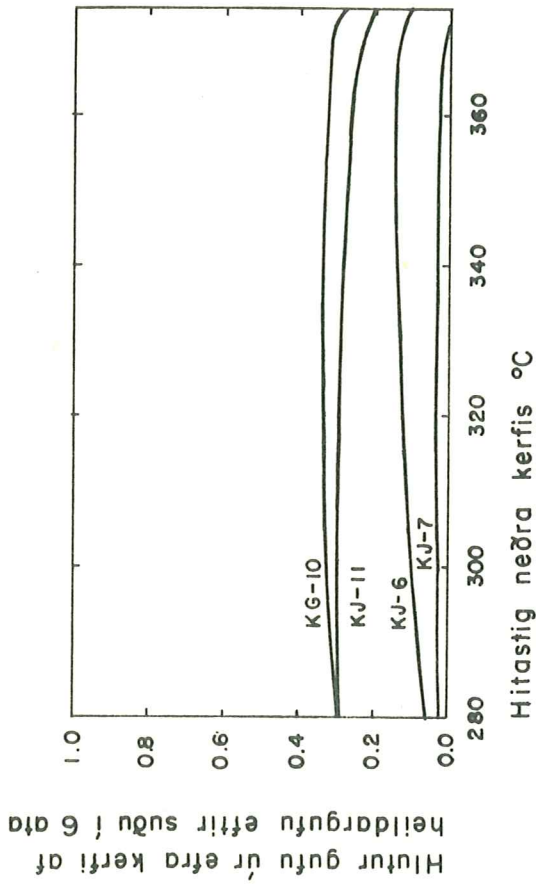
MYND 2





Hitaástand neðra kerfis í Kröflu

MYND 3





Gróf tenging milli helstu berg-
myndana, sem borholur KG-8-KW-1 skera

MYND 4

