

ORKUSTOFNUN

JBR

BORANIR Í KRÖFLU 1976

Motto:

Við skulum aldrei nota fengna reynslu.

1. skrif Í.J.
2. " V.S.
3. " J.T.
4. " Í.J.

Hér eru nokkur atriði sem gætu hugsanlega aukið verulega gufuafli borholanna í Kröflu.

Hola KG-8

Borun KG-8 er nú lokið í 1.658 m dýpi. Holan er fódruð í 547m með 9 5/8" casing. Engar stórar vatnæðar komu fram í borun, en nokkrar smáæðar. Stærsta æðin, ca 10 l/mek, var í 1115 m dýpi. Talavert brun myndaðist þar og var ákveðið að steypa í hana.

Þú ákvörðun var órlaugarík, því 1115 vatn tapaðist eftir steypinguna og við lok borunar var skoltaplað aðalnu um 2 l/mek.

Eftir skolon í hollan dag, er taplað einu aðalnu um 4 l/mek.

Ég tel að réttast væri, að setja pakkara í holuna í ca 1000-1100 m dýpi og dæla vatni í neðsta hluta holunnar og frelsta þessu að opna æðar þar.

Þessa þökkun þarf að gera áður en fódur er með götuðu rörinum.

Eftir að fódurinn er kominn í holuna, er ekki lengur hægt að dæla vatni á toppinn.

Með pakkara má e.t.v. opna æðar neðst í holunni, sem ekki opnast við dælingu á holutoppinn.

Eins og staðan er nú í gufuöfluninni, finnst mér að ekki megi láta þennan möguleika ónotaðan.

Útlit er fyrir að hola KG-8 muni gefa svipað og KJ-6 eða ca 2 MW, sem er lélegur árangur og hæpið að það borgi sig að leggja leiðslu upp á fjall til að sækja þá gufu. Við verðum því að gera allt sem hægt er til að fá sem mesta gufu úr hverri holu. Þökkun fyrir fódurinu gæti opnað æðar í neðsta hluta KG-8 sem ekki gefa gufu ef ökkert er gert.

Það er sjálfsagt að dæla vel í holutoppinn eftir fódurinu, en það opnar helst æðar ofar í holunni.

Hola KJ-6

Eftir borun KJ-6 var ljóst, að hún var ekki líkleg til stórræða og hefur það nú sannast. Enda þótt hitastig sé við suðumark alveg í botn, gefur hún aðeins um 20 tonn af gufu á klst við 6.2 ato eða ca 2 MW.

Það eina sem hægt er að gera til að auka afköst holunnar er að dæla í hana köldu vatni. Þetta má gera þannig, að fyrst sé notuð lítill stimpildæla til að kæla holuna, nægilega rólega svo fódurinn kólni hægt. Þegar holan er orðin þrýstingslaus, má tengja vatnsleiðsluna beint á holutoppinn, láta renna í hana og fylgjast með hve miklu vatni hún tekur við.

Tilgangurinn með þessu er að reyna að vikka þær æðar sem nú eru í holunni, með því að kæla bergið svo að það dragist saman. Þenslustuðull bergtegunda er um $2 \cdot 10^{-5}$ eða um 2mm pr m við 100°C kælingu (eða hitun)

Þetta þýðir að kæling um 100°C á 100m kafla í holunni veldur styttingu sem nemur 20cm. Hér er því um að ræða mjög áhrifaríka aðferð til að vikka þær sprungur, sem fyrir eru í berginu. Holan tekur örugglega við talsverðu vatnsmagni á þennan hátt og eru því góðar líkur til að auka megi gufumagnið talsvert með þessari aðferð. Það er alls ekki útilokað að gufumagnið tvöfaldist svo, að hún gefi 4 MW á eftir.

Það má einiskis láta ófrelstað við að reyna að ná eins mikilli gufu og hægt er. Þetta er eitt af því sem gæti haft áhrif í þá átt. Ég tel hæfilegt að dæla í holuna ca 6000-8000 tonnum af vatni.

Hér eru nokkur atriði sem getu hugsanlega aukið verulega gufuafl borholanna í Kröflu.

Hola KG-8

Borun KG-8 er nú lokið í 1.658 m dý-1. Holan er fóðruð í 54/m með 9 5/8" casing. Engar stórar vatnsæðar komu fram í borun, en nokkrar smáæðar. Stærsta æðin, ca 10 l/sek, var í 1115 m dýpt. Talsvert brun myndaðist þar og var ákveðið að steypa í hana.

Þú ákvörðun var órlagarík, því lítið vatn tapaðist eftir steypinguna og við lok borunar var skoltapið aðeins um 2 l/sek.

Eftir skolun í hollan dag, er tapið enn aðeins um 4 l/sek.

Ég tel að réttast væri, að setja pakkara í holuna í ca 1000-1100 m dýpi og dæla vatni í neðsta hluta holunnar og freista þess að opna æðar þar.

Þessa þökkun þarf að gera áður en fóðrar er með götuðu rörinum.

Eftir að fóðringin er komin í holuna, er ekki lengur hægt að ~~setja pakkara~~ nota ~~þökkun~~ pakkara, aðeins hægt að dæla vatni á toppinn

Með pakkara má e.t.v. opna æðar neðst í holunni, sem ekki opnast við dælingu á holutoppinn.

Eins og staðan er nú í gufuöfluninni, finnst mér að ekki megi láta þennan möguleika ónotaðan.

Útlit er fyrir að hola KG-8 muni gefa svipað og KJ-6 eða ca 2 MW, sem er lélegur árangur og hæpið að það borgi sig að leggja leiðslu upp á fjall til að sækja þá gufu. Við verðum því að gera allt sem hægt er til að fá sem mesta gufu úr hverri holu. Þökkun fyrir fóðringu gæti opnað æðar í neðsta hluta KG-8 sem ekki gefa gufu ef ekkert er gert.

Það er sjálfsagt að dæla vel í holutoppinn eftir fóðringu, en það opnar helst æðar ofar í holunni.

Hola KJ-6

Eftir borun KJ-6 var ljóst, að hún var ekki líkleg til stórræða og hefur það nú sannast. Enda þótt hitastig sé við suðumark alveg í botn, gefur hún aðeins um 20 tonn af gufu á klst við 6.2 ato eða ca 2 MW.

Það eina sem hægt er að gera til að auka afköst holunnar er að dæla í hana köldu vatni. Þetta má gera þannig, að fyrst sé notuð lítil stimpildæla til að kæla holuna, nægilega rólega svo fóðringin kólni hægt. Þegar holan er orðin þrýstingslaus, má tengja vatnsleiðsluna beint á holutoppinn, láta renna í hana og fylgjast með hve miklu vatni hún tekur við.

Tilgangurinn með þessu er að reyna að vikka þær æðar sem nú eru í holunni, með því að kæla bergið svo að það dragist saman. Þenslustuðull bergtegunda er um $2 \cdot 10^{-5}$ eða um 2mm pr m við 100°C dælingu (eða hitun)

Þetta þýðir að kæling um 100°C á 100m kafla í holunni veldur styttingu sem nemur 20cm. Hér er því um að ræða mjög áhrifaríka aðferð til að vikka þær sprungur, sem fyrir eru í berginu. Holan tekur örugglega við talsverðu vatnsmagni á þennan hátt og eru því góðar líkur til að auka megi gufumagnið talsvert með þessari aðferð. Það er alls ekki útilokað að gufumagnið tvöfaldist svo, að hún gefi 4 MW á eftir.

Það má einskis láta ófreistað við að reyna að ná eins mikilli gufu og hægt er. Þetta er eitt af því sem gæti haft áhrif í þá átt. Ég tel hæfilegt að dæla í holuna ca 6000-8000 tonnum af vatni.

Hola KG-3

Fyrst eftir borun, var KG-3 mjög öflug gufuhola, en um svipað leyti og gosið varð í Leirhnjúk s.l. vetur, minnkaði gufumagnið mjög mikið (úr 80 tonn/h í ca 15 t/h). Það má eiginlega segja það sama um KG-3 og um KJ-6, að það einu sem hægt er að gera til að auka afköstin aftur, er að dæla í hana köldu vatni og reyna að opna æðar með kælingu. Þetta ætti að gera ef kæling KJ-6 sýnir árangur.

Hola KJ-7 og dýpkun KG-5

Borun holu KJ-7 virðist atla að gefa góðan árangur. Tapló í borun var um 14 l/nek og eftir nokkurn í tapan bólarhring er nokkurtapíð 41 l/nek. Það er ekki ástæða til að gera neinar sérstakar ráðstafanir til að auka þetta tap, heldur setja fóðringuna í og dæla svo á toppinn á eftir.

Að fengnum þessum árangri í KJ-7 er full ástæða til að dýpka KG-5 og ganga frá góðringu í henni. Þar ætti árangurinn að vera tryggur, því samband er á milli þessara tveggja hola. Dýpkun og frágangur KG-5 ætti því að verða næsta verkefni Gufubors. Á meðan væri hægt að útbúa næsta borplan á sléttunni eða neðst í brekkunni þar sem búíð er að bora með höggbor. Það er mjög óæskilegt að bora næst aðra holu uppi á efra svæði eftir árangursleysi KG-8.

Borplanið um 100m suður af KG-4 er tilbúið fyrir Gufuborinn og mun vera atlað sem næsta verkefni.

Ég tel vafasamt að treysta um of á árangurinn af borun þar, einmitt vegna nálægðar KG-4. Ef beint samband fæst við æðar þær sem gefa gufuna í KG-4, má reikna með að hún verði eins konar öryggislöki fyrir nýju holuna, þannig að ekki fáiast nægur þrýstingur á holutoppinn fyrir háþrýstigufuna (minnst 10 ato).

Nú er aðeins hægt að bora eina holu í viðbót með hvorum bor á þessu ári, og dýpka holu KG-5 ef það er gert strax.

Það er ekki rétt að geyma það þangað til síðast, því allir flutningar eru auðveldir núna og það má nota kjallarann frá í fyrra án breytinga.

27. Sept. 1976

Frólaug Jónsson

Athugasemdir við tillögur í.J. um aðgerðir í Kröflu.

760929

Valgarður Stefánsson

1. Þegar hrun kom í KG-8 á 1110-1115 m dýpi voru þrjár möguleikar athugaðir.
 - A. Bora holuna áfram með geli.
 - B. Hætta borun og fóðra.
 - C. Steypa í hrunkaflann og bora áfram.

Möguleiki A var talinn illfrankvæmanlegur vegna hins takmarkaða magns af geli sem til er í landinu og eins af því að borinn er ekki vel í stakk búinn að kæla gelið. Ekki var heldur ljóst hvort bormenn hefðu við að blanda geli í kerið ef holan tæki við 10-15 l/s

Möguleiki B var allmikið ræddur, en helstu annmarkar á þeim valkosti voru að skoltöp í borun á bilinu 550-1100 m voru ekki mikil, og því full ástæða að freista þess að bora holuna í hönnunardýpt sem er 1500-1600 m. Auk þess náðist ekki að hreinsa hrunið með geltappa, ^{Svo} fódurrör hefðu aldrei komist lengra en niður á hrunhrúguna. Slíkur frágangur á holu hefði eflaust gert holuna óvinnsluhæfa sakir grjótflugs og sandblásturs.

Möguleiki C var valinn bæði vegna þeirra annmarka sem möguleikar A og B hafa en þó einkum og sér í lagi vegna þess að þessi kostur er yfirleitt valinn þegar holur hrynja í borun. Gildir það bæði um háhita- og lághitaholur.

Ákvörðun um að steypa í hrunkaflann í holu KG-8 tóku starfsmenn JHD í samráði við reynda bormenn. Enginn yfirmanna JBR var í Kröflu þegar þurfti að taka ákvörðun um aðgerðir vegna hruns í holu KG-8.

2. Skoltap í holu KG-8 er mun meira en í.J. getur um í skrifum sínum. Þann 76-09-26 var skoltap um 10 l/s og að morgni 76-09-27 var skoltap orðið 23 l/s. Tillögur í.J. eru dagsettar 76-09-27.

3. Í.J. leggur enn til að settur verði pakkari í holu KG-8 á 1000-1100 m dýpi og pakkað á holuna áður en raufuð fóðurrör eru sett í holuna. Þegar Í.J. kom með þessa tillögu í síðustu viku hafði ég samband bæði við K.R. og S.Ben. Það var samdóma álit okkar þriggja að þessi aðgerð kæmi ekki til greina. Ég ætla ekki að reyna að tíunda af hverju K.R. og S.Ben. drógu þessa ályktun, en ástæðan fyrir skoðun minni á þessu máli er fyrst og fremst hætta á hruni við pökkun. Miðað við þá reynslu sem fengist hefur við pakkanir á svipuðu bergi og er í Kröflu má fullyrða að ef tekst að sprengja út berg með pökkun eru meiri líkur á að hrun myndist en að holan standi. Þar sem auk þess var ætlunin að pakka á þann stað í holunni sem orðið hafði vart við erfiðan hrunkafla sýnist mér að sú áhætta sé tekin að eyðileggja holuna alveg með þessum aðgerðum. Af tvennu illu sýnist mér skárara að eiga holu sem skilar litlu afli en eyðileggja holu vegna vanhugsaðra aðgerða við borun.
4. Setninguna: „Eftir að fóðringin er komin í holuna, er ekki lengur hægt að dæla vatni á toppinn“ hjá Í.J. ber eflaust að líta á sem prentvillu.
5. Eftir að borun holu KG-8 lauk hefði e.t.v. verið þorandi að fara með undirrymra á bilið 1110-1115 m til þess að létta fyrir að á þessu bili að koma inn í holuna. Undirryming er mun vægari aðgerð við holu en pökkun og þess vegna umhugsunarefni í þessu sambandi. Ég ræddi þennan möguleika við Í.J., en honum var ekki kunnugt um að það væri til undirrymari í landinu. Mér var hins vegar kunnugt um að þetta tæki er til, en hafði laskast. Ég gerði ráð fyrir að tækið væri enn í lamasessi. Í viðræðum við Sv.Sch. kom svo í ljós 76-09-28 að til voru varahlutir í undirrymarann, svo hægt hefði verið að nota hann í holu KG-8. Núna harma ég það að ég skyldi ekki athuga þennan möguleika betur.
6. Varðandi þá undirstrikuðu fullyrðingu Í.J. að: „Eins og staðan er nú í gufuöfluninni, finnst mér að ekki megi láta þennan möguleika ónotaðan“ get ég aðeins sagt að mér finnst það mikið ábyrgðarleysi og ævintýramennska að halda fram í alvöru að pakka eigi í opna holu á háhitasvæði.

7. Varðandi dælingu á KJ-6 er það að segja, að þessi möguleiki hefur lengi verið á dagskrá, en ákvörðun hefur ekki verið tekin endanlega ennþá. Þau atriði sem einkum þarf að athuga eru þenslukraftar sem verka jafnt á fóðurrör sem berg. Þegar byrjað er að kæla holuna kólna steypu fóðurrörin mun fyrr en steypan og bergið utan við. Viss hætta er því á að steypa fóðringin fari í sundur. Það er alls ekki útilokað að gufumagnið tvöfaldist - það er heldur ekki útilokað að það myndist myndarlegur leirhver. Þessi atriði þarf að veða og meta áður en ákvörðun er tekin í þessu máli.
8. Dæling á KG-3 gæti vel komið til greina, en áður en það er gert finnst mér rétt að reyna að finna út hvers vegna aflið í þessari holu hefur minnkað. Dæling á holur er í sjálfu sér ekki undrameðal sem lækna hvað sem er. Ef aflminnkunin stafar t.d. af útfellingum held ég að aðrar aðgerðir en dæling kæmu að betri notum.
9. Ástæðan fyrir því að Gufubor byrjaði ekki á því að dýpka holu 5 nú í sumar var sú, að skynsamlegt þótti að bora KJ-7 fyrst til þess að hægt væri með skynsemi að ákvarða hversu djúpt ætti að dýpka holu 5. Þau skoltöp sem fram hafa komið í KJ-7 segja ekkert um þetta atriði. Þegar KJ-7 hefur hitnað samilega neðan til er hægt að taka ákvörðun um hversu djúpt á að bora KG-5. Þess vegna er ekki tímabært að fara í dýpkun holu 5 núna.
10. Líkur eru á að samband sé milli KJ-7 og KG-5. Þetta samband getur verið til góðs eða ills. Ef holurnar „stela“ hvor frá annarri gæti svo farið að KG-5 yki ekki við gufumagnið umfram það sem KJ-7 kemur til með að gefa.
11. Það er rangt hjá Í.J. að hægt sé að nota kjallarann á holu 5 frá í fyrra án breytinga. Öryggislokar borsins eru fleiri nú en í fyrra og þess vegna verður að hækka kjallarann áður en holan er dýpkuð.

12. Tilgangur næstu holu Gufubors á efra svæði er að freista þess að ná í vatn á miklu dýpi. Sú hola verður fóðruð í 800-900 m. Sú reynsla sem fengist hefur við borun KG-8 verður því varla notuð sem rök með eða móti þeirri staðsetningu.

13. Sú framkvæmdaáætlun um boranir sem unnið hefur verið eftir á þessu ári virðist hafa verið sæmilega aðhæfð aðstæðum, og engin meiri háttar göt hafa komið fram ennþá.

Tillögur Ísleifs Jónssonar er mjög virðingarverð ábending, en að mínum dómi eru hugmyndirnar of götóttar til þess að hafa áhrif á framkvæmdamatann.

Athugasemdir J.T. við lið 1 og 3 í athugasemdum V.S. við tillögur Í.J. um aðgerðir við Kröflu.

1976-10-04

1. V.S. segir að yfirleitt sé sá kostur valinn að steypa í hrunkafla í holum. Ég hef ekki orðið var við að nein slík almenn regla sé til í því sambandi. Helsta reglan, sem við (J.T. og Þ.Th.) höfum notað er sú, að þegar hrun verða í holum þá er farið eftir vatnsgæfni holanna, hvort hætt er við holuna eða steyppt í hana og reynt að halda áfram. Ef hola er orðin samilega vatnsgæf er hætt við svo búið, annars er reynt að steypa og bora dýpra.
2. Hrun í þrýstiprófunum er fremur sjaldgæfur atburður (sjá nánar í fylgiskjali (þrýstiprófanir).

ÞRÝSTIPRÓFANIR

1976-10-04

J.T./sv

Hvað er þrýstiprófun? Með þrýstiprófun er átt við þær aðgerðir, sem breyta þrýstiástandi í holu til að auka vatnsgæfni hennar. Þetta er hægt á tvennan hátt. Með því að skapa undir- eða yfirþrýsting í holunni eða hluta hennar. Undirþrýsting í holunni er hægt að skapa með dælingu og er t.d. oft gert í Mosfellssveit með loftdælingu. Einnig skapast mikill undirþrýstingur í háhita-holum þegar þær eru látnar blása.

Yfirþrýstingur er skapaður með því að dæla vatni niður í holuna og auka þannig þrýstinginn í holunni. Við getum skipt þessum prófunum í tvennt, þ.e., þegar notaður er pakkari, þá er þrýst aðeins á hluta holunnar og þegar dælt er á holutopp, þá er þrýst á alla holuna fyrir neðan fóðurrörið. Í Mosfellssveit er notaður pakkari við þrýstiprófanir og holunni skipt í tvö bil í hverri pökkun, þannig að dælt er bæði undir og ofan á pakkarann. Skapast þá tvö bil í holunni, þ.e. bilið frá fóðurrörsenda og bilið frá pakkaranum og niður í botn á holunni.

Árangur af þrýstiprófunum.

Um árangur af þrýstiprófunum í Mosfellssveit vil ég vísa til J.T. og Þ.Th. 1975. Þar er tafla yfir árangur af þrýstiprófunum af þeim holum, sem nú er búið að þrýstiprófa í Mosfellssveit á þeim tíma, sem þessi greinargerð til San Francisco þingsins var samín. Síðan þá hefur verið notuð áfram þrýstiprófunartæknin með ágætum árangri, t.d. í síðustu holunni, MG-35, var 7 l/s vatnstap í lok borunar með 70-80 m vatnsborðshækkun, en eftir þrýstiprófunina var hægt að dæla ofan í holuna um 70 l/s með um 5 m vatnsborðshækkun. Um árangur af þrýstiprófunum annars staðar hefur ekki verið eins mikið vitað og hefur ekki verið eins mikið gert af því eins og í Mosfellssveit. Þrýstiprófanir á minni borunum hafa verið tiltölulega litlar. Auk þess hefur árangur af þeim verið illa mældur og yfirleitt lítið verið skrifað um þær prófanir.

Litlu borarnir eru miklu aflminni tæki til þrýstiprófana en stóru borarnir (Jötunn og Dofri). Þeir hafa bæði aflminni dælur og grennri stangir. Þarf því að gera sérstaka athugun á því hvernig væri hægt að bæta tækjakost þeirra svo hægt væri að gera árangursríkar þrýstiprófanir með þeim. Þó ekki sé búið að framkvæma nema tiltölulega fáar þrýstiprófanir utan Mosfells-sveitarsvæðisins tel ég samt að draga megi nokkrar almennar ályktanir af þeim gögnum, sem fyrir liggja.

Líklegt er að árangursríkt sé að þrýstiprófa í kvarterum svæðum (bergi), sérstaklega þar sem mikið er af holufyllingum. Þrýstiprófanir á tertíer svæðum eru öllu óvissari og er ljóst að þar þarf mun hærri þrýsting en á kvarteru svæðunum.

Þrýstiprófanir á háhitasvæðum eru líklegar til að gefa góða raun, en lítið hefur verið gert af því hingað til og hefur þá verið dælt á holutopp. Rökin fyrir því að þrýstiprófanir á háhitasvæðum séu líklegar til að gefa góða raun eru eftirfarandi:

Bergið á háhitasvæðunum ætti að vera svipað kvartera berginu eða jafnvel enn betra að brjóta það niður en kvartera bergið og gefa sig við tiltölulega lítinn þrýsting.

Hitabensla í berginu ætti að hjálpa til að skapa sprungur.

En þá er það spurning hvort hægt er að nota pakkara til þrýstiprófunar á háhitasvæðum. Ég tel að ekki sé hægt að útiloka það, en það verða að vera nokkur skilyrði uppfyllt til að pakkari verði notaður og einnig yrði að vera til allmiklar birgðir af pökkurum, því líklegt að miklu meira myndi eyðileggjast af pökkurum á háhitasvæðum. Skilyrði (1) er að hægt sé að kæla holurnar niður fyrir pakkarastað og kæla þær helst niður fyrir 60°C og halda þeim köldum þangað til pakkað er. Einnig (2) væri æskilegt að hægt væri að kæla holuna eitthvað fyrir ofan pakkarann, þ.e.a.s., holan þarf að taka við einhverju vatni einhvers staðar fyrir ofan pökkunarstaðinn. Æskilegustu skilyrðin eru því að það séu tvær æðar, önnur fyrir ofan pakkarann og hin fyrir neðan. Þær mega gjarnan vera litlar, það virðist yfirleitt ekki þurfa mikið vatn til að kæla niður háhitaholur, þegar búið er að kæla þær vel með hringdælingu. Að sjálfsgöðu er það einnig skilyrði að til sé gott jarðlag til að pakka í, en það skilyrði þarf allsstaðar að vera til þar sem

pakkari er notaður. Það er ekki hægt að pakka í hvaða jarðlag sem er, það verður að vanda mjög til pökkunarstaðarins.

Hrun í þrýstiprófunum.

Ef meta á hrun í þrýstiprófunum verður fyrst að gera sér grein fyrir því hvað átt er við með hruni. Hrun í borun er aðallega tvenns konar, þ.e., í fyrsta lagi að lagið, sem verið er að bora í, hrynur á borkrónuna, hrynur jafnóðum saman og borað er í gegnum það. Í öðru lagi næst borsvarfið ekki upp úr holunni vegna skápa-myndunar.

Hrun í þrýstiprófun (pökkun) má skilgreina á mismunandi vegu og mætti greina í sundur þrenns konar hrun til að losa um efni eins og holuvegginn eftir að borun holunnar lýkur:

- 1) Í fyrsta lagi, jarðlag fellur saman og lokar holunni á sama stað og jarðlagið er í holunni. Þegar talað er um hrun í holu eftir borun er oftast átt við þess konar hrun.
- 2) Í öðru lagi hrynur efni úr veggjum holanna og lokar holunni fyrir neðan jarðlagið sem hrynur úr. Slíkt hrun er hægt að kalla tappahrun eða hrun tappa.
- 3) Í þriðja lagi hrynur efni úr veggjum holunnar niður í botn á holunni og hækkar botn holunnar. Slíkt hrun er hægt að kalla botnfall og er nær aldrei kallað hrun í sambandi við þrýstiprófanir. Hrun (1) er mjög sjaldgæft í þrýstiprófunum. Í Mosfells-sveit hafa verið þrýstiprófaðar 32 holur. Engin hefur hrunið samkvæmt skilgreiningu (1), en í tveimur holum, MG-28 og MG-35, hefur orðið tappahrun. Báðir þessir hruntappar voru í stölluðum holum eða rétt fyrir neðan stallinn í holunni. Þessar stallaholur eru 311 mm víðar ofan til en 245 mm víðar neðan til. Búið er að bora 14 stallaholur. Botnfall hefur orðið í flestum holum, sem hafa verið þrýstiprófaðar, allt frá nokkrum metrum og upp í nokkra tugi metra eða meir. Einkum hefur botnfallið verið áberandi eftir að farið var að bora stallaðar holur. Einnig er áberandi að botnfallið er meira í holum þar sem notað hefur verið mikið af sagi til að þétta holurnar í borun. Í ákvarðanatöku um dýpi holanna er alltaf gert ráð fyrir nokkru botnfalli, þannig að reynt er að bora að minnsta kosti 100 m niður fyrir neðstu að í holunni. Í aðeins eitt skipti hefur veruleg vatnsæð lokast að slíku botnfalli, var

það í MG-22, sem samt er ein af bestu holunum á Mosfellssveitar-
svæðinu. Botnfall hefur einnig orðið í holum, sem ekki hafa verið
þrýstiprófaðar, einkum háhitaholum. T.d. var yfir 100 m botnfall
í holu 8 á Reykjanesi, en þar var einnig notað mikið af sagi til
að þétta holuna í borun.

Nokkrar þrýstiprófanir hafa verið framkvæmdar utan Mosfellssveitar
og hafa þær gengið misjafnlega. Er mönnum kannske efst í huga
þrýstiprófun á holunum, sem Jötunn hefur borað á Litla-Landi í
Ölfusi og holu LJ-6 við Syðra-Laugaland. Hóla 1 við Litla-Land
í Ölfusi hrundi í borun (sjá H.K. o.fl. 1976). Þrýstiprófun kom
því ekki hruninu af stað í þeirri holu, því það var komið áður,
en eitthvað hefur hrunið aukist við þrýstiprófunina. Í holu LJ-6
við Syðra-Laugaland var mikil skápamyndun í borun og var svo mikið
botnfall í borun í holunni að hætt var við borun holunnar (sjá H.K.
og A.B. 1976). En það var samt sem áður ákveðið að þrýstiprófa
holuna og nota þakka vegna þess að það var álitin eina leiðin
til þess að holan gæti orðið það vatnsgæf að hún yrði nothæf, en
vitað var fyrirfram að botnfall í holunni myndi aukast og jafnvel
að eitthvert tappahrún yrði. Sú varð einnig raunin, það varð
tappahrún í holunni, sem reyndist auðvelt að ná, en fyrir neðan
1174 m dýpi virðist hafa verið hrun af (1) gráðu og var holan
ekki hreinsuð lengra niður. Hefði ekki orðið óhapp við upptekt
á borstöngum upp úr holunni er mjög líklegt að þessi hola hefði
orðið nýtanleg vatnshola og er því fullkomlega réttlátanlegt að
þrýstiprófa holur þó að dýpi holunnar verði minna en upphaflegt
bordýpi, ef þær verða samt sem áður nothæfar sem vatnsgefandi holur.

Samantekt.

Hrunhætta í þrýstiprófun er lítil. En ef hrun er byrjað í holu
áður en hún er þrýstiprófuð eykst hrunið við þrýstiprófunina.
Það er þó vel réttlátanlegt að þrýstiprófa holur, sem eru með
skápamyndun, en má þó búast við að tappahrún verði í holunni.
Það ætti þó ekki að valda neinum teljandi erfiðleikum.

Ég tel að vegna hrunhættu mætti nota mun hærri þrýsting en hingað
til hefur verið notaður í þrýstiprófunum. Líklegt er, að þegar
farið verður að gera mikið af þrýstiprófunum í tertíeru bergi
þurfi að nota mjög háan þrýsting.

Að bora út hrun.

Að bora út hrun (1) er meiri háttar aðgerð og mjög óvíst um árangur.

Að bora út hruntappa (2) er einföld aðgerð og virðist ekki vera neinum sérstökum erfiðleikum bundið. T.d. hruntapparnir í holu MG-28 og MG-35 voru 4 1/2 og 8 m langir og gekk vel að bora þá út. Botnfall eftir þrýstiprófun er látið eiga sig, jafnvel þó að það sé 100-200 m.

RITSKRÁ

Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 1976. Hóla 1 við Litla-Land í Ölfusi, borun jarðlög og þrýstiprófanir. Skýrsla jarðhita-deildar OSJHD 7606.

Hrefna Kristmannsdóttir og Axel Björnsson, 1976. Borun við Syðra-Laugaland, greinargerð um holu LJ-6. Skýrsla jarðhita-deildar OSJHD 7629.

Jens Tómasson og Þorsteinn Thorsteinsson, 1975. Use of Injection Packer for hydrothermal Drillhole Stimulation in Iceland. Second United Nations Symposium of the Development and Use of Geothermal Resources. San Francisco, U.S.A., May 20-29. 1975.

Tillaga mín um að nota pakkara í holu KG-8 í Kröflu áður en raufuð fóðurrör voru sett í hana hefur fengið slæma dóma. Í athugasemdum við tillögur mínar segir Valgarður Stefánsson, eðlisfræðingur: "mér finnst það mikið ábyrgðarleysi og ævintýramennska að halda fram í alvöru að pakka eigi í opna holu á háhitasvæði". Ég tel þessa skoðun ranga og illa rökstudda og vonast til þess að ég geti hér á eftir skýrt málið nægilega til að þessi ótrú-eigi ekki eftir að koma í veg fyrir notkun þessarar tækni á háhitasvæðunum hér heima.

Tillögur mínar voru skrifaðar í Kröflu 23.-25. september og miðast því við þær aðstæður sem þá voru, en ekki 27 september þegar þær voru vélritaðar. Holan var þá þétt neðan við 1200 m en tók við um 4 l/sek þar fyrir ofan. Þetta tap jókst síðar við aukna kælingu holunnar með köldu vatni. Hugmynd mín var sú að setja pakkara í ca 1000- 1050 m dýpi. Velja þar öruggt hraunlag til pökkunar og dæla svo í neðri hluta holunnar. Aðalatriðið var að loka af efri hluta holunnar svo opna mætti æðar í neðri hluta hennar. Sérstaklega hafði ég í huga að opna vatnsæðina í 1115 m þar sem hrunið varð í borun og aðrar æðar sen kynnu að vera neðar í holunni. Eftir að raufuðu rörin eru komin í holuna er ekki hægt að pakka í holunni til að loka af hluta hennar og opna í botninn. Það er því alveg óvíst að hægt sé að opna æðar neðantil í holunni með dælingu frá holutoppi. Í athugasemdum V.S. eru engin rök gegn þessari pökkun önnur en fullyrðingin að holan muni hrynja og eyðileggjast. Með réttri framkvæmd pökkunar má tryggja það að ekki sé meiri hætta á hruni á háhitasvæði en öðrum svæðum þar sem pökkun er nú fastur liður í frágangi á borholum. Þau rök, sem einnig hafa heyrst, að þetta hafi aldrei verið gert áður, eru engin rök. Þetta var gert í Kenya sumarið 1975 með góðum árangri í holu með 304°C í 1650 m dýpi. Pakkað var þrisvar í holunni.

Það eru aðeins 9 ár síðan fyrsta holan var gerð virk með pakkara, holan við Hlíðardalsskóla haustið 1967. Það væri illa farið ef ótrú sérfræðinga á árangri af nýjungum verður til þess að ekki verði notaður holupakkari til að auka afköst gufuhola á háhitasvæðunum hér heima, þegar líkur benda til að þökkun geti verið gagnleg.

FRAMKVÆMD PÖKKUNAR.

Sumar holurnar sem boraðar hafa verið í Kröflu t.d. KJ-6 og KG-8 hafa verið þéttar allan tímann sem borað var neðan fóðringar. Allar æðar, með örfáum undantekningum þó, hafa þétzt af bor-svarfinu jafnóðum svo að skoltap er næstum ekkert í borun. Við skolun eftir að borun er lokið eykst skoltapið hægt og þar af leiðandi verður kæling lítil á holuvegg og berginu í kringum holuna. Þegar svona stendur á er líklegt að pökkun og dæling undir þrýstingi í neðsta hluta holunnar geti verið gagnleg. Tilgangurinn er þá að opna æðar í neðsta hluta holunnar svo að hægt sé að kæla hana alveg að botni með dælingu á holutoppinn á meðan fóðring er soðin saman og sett í holuna. Á þennan hátt gætu einnig opnast gufuæðar sem annars væru ekki nothæfar og þetta getur þannig aukið afköst holunnar varanlega. Helstu rökin á móti þessari hugmynd eru þau að þetta hafi aldrei verið gert á háhitasvæði og að hætta sé á því að holan hrynji. Varðandi það að aldrei hafi verið pakkað í holu á háhitasvæði má benda á að það var gert í Kenya sumarið 1975, eins og áður var getið. Varðandi hrunchættu má segja að hún er ekki alltaf meiri á háhitasvæðum. Það skiptir öllu máli að fara rétt að við pökkun. Það þarf sérstaklega að gæta þess að hleypa ekki háum pökkunarþrýstingi of snögglega, slíkt þolir engin hola í þéttu bergi. Ef lokað er fyrir rennslið um leið og dæling er stöðvuð og þrýstingur látinn lækka smám saman eftir því hve bergið er lekt, er lítil hætta á hruni.

Eftirfarandi atriði ætti að athuga þegar pakkað er:

1. Velja hraunlag sem líklegt er til að geta haldið pakkaranum vel og þolað þrýstingsmun sem verður yfir pakkarann.
2. Dæla rólega fyrst og fylgjast vel með hve mikið vatn fer niður og auka það þegar leki eykst í holunni neðan við pakkarann.

- Þegar dæling er stöðvuð skal loka fyrir bakrennsli úr slöngunum til að koma í veg fyrir að holuveggurinn brotni inn og hrynjli.

Ef þessi háttur er hafður á tel ég mjög litla hættu á að hola hrynjli við þökkun, jafnvel þótt bergið sé ótraust og mikið ummyndað.

Ef þökkun heppnast þannig að æðar opnast neðarlega í holunni er auðvelt að kæla hana með köldu vatni frá toppinum og halda henni kaldri á meðan fóðring er sett í hana, jafnvel þótt það taki langan tíma. Þetta er trygging fyrir því, að hægt sé að dæla vatni í opna holu nægilega langt niður í hana til að tryggja að hún geti alls ekki gosið á meðan á fóðringu stendur. Á meðan fóðringin er sett í holuna er nauðsynlegt að halda yfirþrýstingi í holunni umfram vatnsþrýstinginn í berginu. Þetta er auðvelt með köldu vatni ef jarðvatnsborð á borstað er undir borplani. Holur með bakþrýsting frá nærliggjandi fjöllum þarf stundum að kæfa með leðju, en það er óvanalegt ástand.

Notkun pakkara getur auðveldað að halda holu kaldri í botn og auk þess getur þökkun aukið varanlega afköst gufuholu með því að víkka þröngar æðar.

Notkun holupakkara getur því verið gagnleg við vissar aðstæður og er það ekki eingöngu háð hitastigi jarðhitasvæðisins. Það hlýtur því aðeins að vera tímaspursmál, hvenær við notum pakkara við borun á háhitasvæðum.