

Jarðhitalegt eftirlit í Kröflu

**Ásgrímur Guðmundsson, Knútur Árnason**

**Greinargerð ÁsG-KÁ-98-02**

## Jarðhitalegt eftirlit í Kröflu

### *Inngangur*

Það verða að teljast tímamót í sögu Kröfluvirkjunar þegar hún verður loksins keyrð á fullum afköstum eða 60 MW með báðar vélar full lestaðar gufu. Í raun er verið að tala um tvö-þreföldun á afköstum þar sem gert er ráð fyrir að lengja árlegan rekstartíma. Á slíkri stund er rétt að yfirfara eldri áætlanir um rekstur á öllum þáttum tengdum virkjuninni. Mikilvægt er að gera sér grein fyrir því jafnvægi sem þarf að vera milli annars vegar varma- og massatöku úr svæðinu og hins vegar forðabúri svæðisins og innstreymi í það. Öflugasta aðferðin er að eiga gott líkan af jarðhitasvæðinu sem hermir eftir ástandi þess eins vel og það er þekkt. Líkanið er notað til að spá fyrir um væntanlegar breytingar samfara vinnslu. Eftirlitsmælingar eru síðan bornar saman við vinnsluspár byggðar á líkaninu. Ef misræmi verður þar á getur þurft að kvarða líkanið eða hluta þess á nýjan leik. Gott líkan leiðir af sér trúverðugar og áreiðanlegar vinnsluspár.

Hér á eftir eru lagðar fram hugmyndir um hvernig standa skuli að rekstrareftirliti jarðhitasvæðis Kröfluvirkjunar, sem jafnframt er orkuforðabúr virkjunarinnar.

Eftirliti við Kröfluvirkjun má skipta í tvo megin þætti. Annars vegar holubundið eftirlit, sem tengist áhrifum vinnslu á einstakar holur. Hins vegar svæðisbundið eftirlit, sem nær yfir allt jarðhitasvæðið eða einstaka hluta þess og hvernig það bregst við vinnslu. Megin tilgangurinn er að fylgjast með orkuforðanum, hvernig svæðið og einstakar holur bregðast við þeirri massatöku, sem þarf til 60 MW rafmagnsframleiðslu allt árið um kring. Mælingarnar eru síðan bornar saman við spár byggðar á vinnslulíkani og er það í stöðugri endurskoðun. Grundvallarstærðir í þessu sambandi eru: Niðurdráttur (þrýstilækkun) og hitabreytingar (kæling, hitnun) í jarðhitakerfinu, suða (vatn/gufa í bergi), afköst borhola, og breytingar á efnainnihaldi jarðhitavökvans (gasmagn og uppleystum efnun). Í samræmi við það má skipta eftirlitinu upp sem hér segir:

- ⇒ Mælingar á hita og þrýstingi.
- ⇒ Afkastamælingar borhola.
- ⇒ Athuganir á efnainnihaldi holuvökva.
- ⇒ Mælingar á gufu og vatni í gufuveitunni.
- ⇒ Gagnaskráning vegna vinnslu.

### ***Mælingar á hita og þrýstingi***

Mælingar á hita og þrýstingi eru grundvallarmælingar í eftirliti á jarðhitasvæðum. Mikilvægt er að skipuleggja þær þannig í upphafi, að fá megi samanburðarhæfar mælingar á milli ára. Val á mæliholum er ekki háð því hvort þær eru í notkun heldur frekar að þær séu inni á vinnslusvæðum og betra að þær standi ónotaðar. Kosturinn við það er að engin svokölluð holubundin áhrif koma fram í mælingum. Þessi skilyrði eru ekki alltaf fyrir hendi og þá er næst besti kosturinn valinn, þ.e. mælt í vinnsluholum sem hafa þann eiginleika að vera fljótar að ná jafnvægi eftir blástur. Aðrar holur eru mældar eftir því sem nauðsyn krefur á hverjum tíma. Tíðni mælinga hefur verið nokkuð regluleg á undanförunum árum. Hiti og þrýstingur hafa verið mældir í tilteknum eftirlitsholum einu sinni á ári, en vegna aukinnar vinnslu getur verið rétt að auka mælingar tímabundið. Hér á eftir er

listi yfir Kröfluholur og ástand þeirra. Tiltekið er holudýpi og borár og hvort holan er í vinnslu eða ekki:

*Tafla 1 Borholur í Kröflu.*

Hola Nr.	Boruð ár	Dýpi (m)	Ástand
KW-1	1974	1138	Ónýt
KW-2	1974	1204	Ónýt og steipt í toppinn
KG-3	1975	1740	Ónýt og steipt í toppinn
KG-4	1975	2002	Ónýt (Sjálfskaparvíti)
KG-5	1975	1299	Nothæf (lágbrýstigufa)
KJ-6	1976	2000	Mælingarhola
KJ-7	1976	2165	Ónýt og steipt í toppinn
KG-8	1976	1658	Ónýt og steipt í toppinn
KJ-9	1976	1280	Vinnsluhola
KG-10	1976	2082	Mælingarhola
KJ-11	1976	2217	Vinnsluhola
KG-12	1978	2222	Vinnsluhola
KJ-13	1980	2050	Leggurinn lokaður
KJ-13b	1983	1780	Vinnsluhola
KJ-14	1980	2107	Vinnsluhola
KJ-15	1980	2097	Vinnsluhola
KJ-16	1981	1981	Leggurinn lokaður, var mælingarhola
KJ-16a	1997	2159	Vinnsluhola
KJ-17	1981	2190	Vinnsluhola
KJ-18	1981	2215	Mælingarhola
KJ-19	1982	2150	Vinnsluhola
KJ-20	1982	1823	Vinnsluhola
KJ-21	1982	1200	Vinnsluhola
KJ-22	1983	1877	Ekki notuð
KJ-23	1983	1968	Var mælingarhola, er stífluð á tæpl. 100 m dýpi
KG-24	1988	1400	Vinnsluhola
KG-25	1990	2105	Ekki nothæf í núverandi ástandi
KG-26	1991	2127	Ekki nothæf í núverandi ástandi
KJ-27	1997	1771	Vinnsluhola
KJ-28	1996	1003	Vinnsluhola
KJ-29	1997	2103	Vinnsluhola
KJ-30	1997	2054	Vinnsluhola
KJ-31	1997	1440	Vinnsluhola
KJ-3A	1983	985	Ekki nothæf í núverandi ástandi

Eins og fram kemur á listanum hér að ofan þá eru fimm holur sem hafa verið notaðar sem mælingaholur, þar af eru tvær ekki nýtanlegar til síns brúks lengur. Hola KJ-16 var endurunnin og verður nýtt í framtíðinni til gufuframleiðslu, en KJ-23 er stífluð á tæplega 100 m dýpi og væri full ástæða til að hreinsa hana. Einstaka holur eru nýtanlegar tímabundið til mælingaefirlits og verður það að ráðast af aðstæðum hverju sinni hverjar verða fyrir valinu. Í töflu 2 hér á eftir er áætlun um eftirlitsmælingar fyrir árið 1998. Þar er gert ráð fyrir að tvöfalda mælingafjölda frá fyrra ári úr svonefndum mælingaholum. Ennfremur er gert ráð fyrir mælingum í holum KJ-9 og KG-24 sem eru tiltölulega fljótar að ná sér eftir blástur, og síðan holu KG-26 sem er ekki í notkun um þessar mundir en nær niður í neðra kerfið.

Tafla 2. Áætlun um eftirlitsmælingar 1998:

Hola Nr.	Hítamæling (m)	Þrýstimæling (m)	Vatnsborð	Aths.
KJ-6	1200 x 2	1200 x 2	Tíðar mælingar	
KJ-9	1200	1200		
KG-10	800 x 2	800 x 2	Tíðar mælingar	
KJ-18	2100 x 2	2100 x 2	Tíðar mælingar	
KJ-22	1800 x 2	1800 x 2		
KJ-23	1900	1900		þarf að hreinsa með bor
KG-24	1200	1200		
KG-26	2000	2000		

### Afkastamælingar borhola

Það hefur lengi verið föst venja í Kröflu að aflmæla holur þegar þær eru teknar út úr rekstri eða settar inn. Lagt er til að viðhalda þessu fyrirkomulagi. Best er að aflmæla sem oftast. Aflmælingar eru einu beinu mælingarnar á massatöku úr svæðinu og þar af leiðandi grundvallaratriði fyrir allt mat og reikninga að þær séu alltaf skráðar. Oft má áætla massatöku með því að fylgjast með toppþrýstingi og bera það saman við áður gerðar aflmælingar. Starfsmenn Kröfluvirkjunar sinna þessum mælingum að mestu, en auk þess eru allar holur aflmældar þegar efnainnihald borholuvökvans er athugað.

### Athuganir á efnainnihaldi holuvökva

Mjög mikilvægt er að efnaeftirlit borholuvökva sé vel skipulagt og virkt. Sýnataka á borholuvökva hefur verið regluleg frá því holur fóru að blása á Kröflusvæðinu, en misjafnlega hefur verið staðið að því. Til að byrja með var sýnataka nokkuð tíð mörg sýni voru tekin á ári. Það var eðlilegt þegar horft er til þess að Kröfluvirkjun var fyrsta stórframkvæmdin hér á landi í virkjun háhitasvæða og fylgdi því viss þróunarvinna. Auk þess bættust við að eldsumbrot, sem hófust í lok árs 1975 og stóðu fram í september 1984, höfðu veruleg áhrif á samsetningu jarðhitavökvans og mismunandi mikið eftir stöðum. Eftir að áhrif frá kviku dvínuðu hefur verið dregið úr efnaeftirliti og hefur að jafnaði sá háttur verið hafður á að taka heilsýni úr öllum blásandi holum einu sinni á ári. Gefnar hafa verið út eftirlitsskýrslur um niðurstöður greininga einu sinni á ári.

Ástæða er til að halda áfram að taka úr öllum blásandi holum heilsýni einu sinni á ári og jafnframt að taka samsætusýni fyrir vetni og súrefni. Einnig er lagt til að fylgst verði nánar með þremur holum, einni á hverju vinnslusvæði. Vægi holu getur ráðið þar um hver verður fyrir valinu. Velja þarf þá til greininga nokkur efni, sem eru næm fyrir breytingum í jarðhitageyminum. Eins og staðan er nú þá er mælt með að skoða nánar eftirfarandi holur:

- Holu KJ-21 í Hvíthólum vegna mikilvægi hennar fyrir virkjunina.
- Holu KG-24, sem endurspeglar breytingar í efrihluta Leirbotna og þá kólnun sem gæti orðið
- Holu KJ-30 sem gefur hugsanlega upplýsingar fyrir suður- og vesturhlíðar Kröflu.

### Mælingar á gufu og vatni í gufuveitunni.

Reglulega hefur verið fylgst með meðburði og gasi í gufu fram til þessa í Kröfluvirkjun og þarf að halda því áfram að sama marki enda mikilvægt að gæði borholuvökvans séu sem mest. Mælingar á meðburði í gufuveitunni og gasstyrk í gufu fyrir framan vél hafa verið í höndum starfsmanna virkjunarinnar og hefur það gefist vel. Tíðni mælinga er nokkuð mikil. Meðburðarsýni þarf að taka og mæla einu sinni á dag og styrk gass í gufu einu sinni í viku. Stækkun virkjunarinnar kallar ef til vill á örari mælingar á gasstyrk meðan skoðuð er mismunandi samkeyrsla hola inn á vélarnar.

## **Gagnaskráning vegna vinnslu.**

Gagnaskráning er lykill að góðum rekstri jarðvarmvirkjunar. Öll gögn þurfa að vera aðgengileg þeim aðilum sem þurfa að nota þau. Flokkun gagna hefur fram til þessa farið eftir innihaldi. Núverandi skráning er á tveimur eða þremur stöðum. Allar hita- og þrýstismælingar eru í gagnagrunni Orkustofnunar. Öll efnafræðigögn og aflmælingar eru geymdar í tölvu Kröfluvirkjunar og hjá Kemíu sf. Ekki er mér kunnugt um hvernig skráning annarra gagna er háttað.

Auka þarf samvinnu þeirra aðila sem koma að eftirlitsmælingum þannig að sameiginleg greinargerð um stöðu og ástand svæðisins liggja fyrir eigi sjaldnar en annað hvert ár. Jafnframt því er rétt að skila árlegu yfirliti um hvern eftirlitsþátt.

## **Svæðisbundið eftirlit**

Eftirlit á jarðhitasvæðinu sem kennt er við Kröflu og næsta nágrenni er fólgið í því að kanna breytingar sem verða á því vegna vinnslu og svo náttúrulegar breytingar. Erfitt getur verið að greina þar á milli en almenn umræða um umhverfismál gerir kröfur til þess að upplýsingar af þessu tagi liggja fyrir. Fram til þessa hefur verið fylgst með gasstyrk í gufuaugum og um leið lagt sjónrænt mat á breytingar. Þessi aðferð er góð svo langt sem hún nær en eðlilegt er að skoða gagnrýnisaugum hvort hún eigi að vera óbreytt til langs tíma eða hvort aðrar betri leiðir eru mögulegar. Sömu sögu má segja um landmælingar sem hafa verið gerðar eða svo nefndar fallmælingar. Þær voru tíðar á eldsumbrotatímanum en strjálari á eftir. Söstu mælingar voru árin 1989 og 1995. Í kjölfar fallmælinganna var oft þyngdarmælt, en þær mælingar voru lengi vel illa marktækar á massatöku vegna jarðvarmavinnslu úr Kröflusvæðinu sökum truflana frá kvikuhreyfingum.

Í útgáfu eru umfangsmiklar samantektarskýrslur um þær hæðar- og þyngdarmælingar sem gerðar hafa verið á Kröflusvæðinu til þessa. Sú samantekt er góður grunnur til að byggja eftirlitsmælingar í framtíðinni á. Þar sem jarðhræringum vegna eldvirkni er að mestu lokið, standa vonir til þess að í framtíðinni verði hægt að beita hæðar- og þyngdarmælingum til að fylgjast með breytingum vegna vinnslu.

Komin er til sögunnar ný aðferð til að fylgjast með hæðarbreytingum, sem byggir á SAR (Synthetic Aperature Radar) gervitunglamælingum. Þessi aðferð er mun ódýrari en eldri mælingar því að einungis þarf að kaupa árlega radargervitunglamyndir af svæðinu og bera saman við eldri myndir. Talið er að það kosti um 100 þkr árlega að vinna kort sem sýnir stærð og útbreiðslu hæðarbreytinga milli ára. Þessi aðferð er það ný af nálinni að rétt er talið að staðreyna niðurstöður hennar með hefðbundnum fallmælingum eða GPS-hæðarmælingum á um fimm ára fresti (fall- og þyngdarmælingar voru síðast gerðar á Kröflusvæðinu árið 1995).

Áætlanir hafa verið gerðar um langtímaeftirlit með hæðar- og þyngdarbreytingum á vinnslusvæðum Hitaveitu Reykjavíkur og Hitaveitu Suðurnesja. Þar er gert ráð fyrir að nota SAR-mælingar til að fylgjast með breytingum milli ára. Ennfremur er gert ráð fyrir að GPS-mælingar leysi hefðbundnar fallmælingar af hólmi til að staðreina SAR-mælingarnar á um fimm ára fresti. Heð þessu móti er talið hægt að fá mun ýtarlegri og samfeldari upplýsingar en áður var hægt og með mun minni kostnaði.

Auk hæðar- og þyngdarmælinga kemur sterklega til greina að taka, á nokkurra ára fresti, ljósmyndir og innrauðar hitamyndir til að fylgjast með breytingum í hita og öðrum ummerkjum á yfirborði.