

Förgun heits affallsvatns frá Kröfluvirkjun

**Einar Tjörvi Elíasson, Halldór Ármannsson, Kristján
Sæmundsson, Knútur Árnason, Benedikt Steingrímsson**

Greinargerð ETE-HÁ-KS-KÁ-BS-98-02



Greinargerð

Förgun heits affallsvatns frá Kröfluvirkjun

Lýsing á aðstæðum

Vísað er í minnispunkta númer 88 frá VGK hf., sem lagðir voru fram á hönnunarfundi um Kröfluvirkjun þann 4. maí 1998 í tengslum við umfjöllun er varðar förgun affallsvatns frá virkjuninni.

Öllu affallsvatni frá Kröfluvirkjun er fargað á yfirborði og hefur verið allt frá því að rekstur virkjunarinnar hófst fyrir tuttugu árum. Vaxandi afl frá Kröfluvirkjun hefur eðlilega haft í för með sér umtalsverða aukningu þess. Aukningin hefur orðið hlutfallslega meiri vegna lágs vermis í lágþrýstiholum þeim, sem boraðar voru til þess að auka hlutfall lágþrýstigufu til virkjunarinnar, og á þetta sérstaklega við um borholu KJ-28.

Afallsvatn fellur til á tveimur stöðum þ.e. í skiljustöðinni í Leirbotnum og frá skiljunni á Hvíthólum.

Í skiljustöðinni kemur affallsvatnið um 120°C heitt frá lágþrýstiskiljum við um 1 bar þrýsting. Vatnið streymir út í niðurgrafinn vatnshljóðdeyfi og sýður af sér gufu niður í um 100°C. Þaðan streymir vatnið síðan eftir lækjarfarvegi í uppistöðulón og sameinast þar lækjunum úr Grænegili og Hveragili. Lónið var gert fyrir um 15 árum, til þess að safna vatni í skolvatnsveitu fyrir boranir á svæðinu. Lækurinn frá lóninu streymir síðan suður Hlíðardalinn. Vatnsmagnið frá skiljustöðinni er nú um það bil 125 kg/s alls.

Á Hvíthólum er rennsli holu KJ-21 skilið við um það bil 10 bar þrýsting sem samsvarar um 185°C. Vatnið frá skiljunni er leitt í hljóðdeyfi austan við Kröfluvegin og sýður þar af sér gufu niður í um 100°C. Gufan er losuð þar út í andrúmsloftið en vatninu frá hljóðdeyfinum veitt út í Hlíðardalslækinn og sameinast þar með m.a. vatninu frá Leirbotnum. Frá Hvíthólum fellur til vatnsmagn sem nemur um 20 kg/s.

Vatnsmagnið, sem nú er fargað frá Kröfluvirkjun beint í Hlíðardalslækinn, nemur því nálægt 145 kg/s. Það veldur því að lækurinn er orðinn svo heitur að af honum eimar langleiðina niður dalinn, alls um 6 km leið. Einnig eru líkur á að lækurinn verði jafnvel ennþá heitari, þegar leysingavatns hættir að gæta. Hvatt er til þess að hitastig lækjarvatnsins verði mælt reglulega á nokkrum völdum stöðum á leið þess niður dalinn. Pollarnir (tjarnirnar) við jaðar Búrfellshrauns norðan og sunnan Þjóðveggar, þar sem lækurinn hverfur ofan í hraunið, hafa og vaxið við hið aukna rennsli í þær. Alteins mun þykja að tjörnunum óþryði, þótt þegar sjáist nokkurt fuglalíf við þær. Búast má við athugasemdum náttúruverndar- og ferðafrömuða, vegna verndargildis svæðisins og vinsælda þess meðal ferðafólks.

Mikilvægt er að fá haldgóða mynd af áhrifum affallsvatnsins frá Kröfluvirkjun á grunnvatn svæðisins og hvert affallsvatnið leitar. Máli skiptir hvort það leitar í Mývatn í einhverjum mæli, og þá í hve miklum mæli það skilar sér þangað og hve lengi það er á leiðinni.

Í sumar hefjast að nýju rannsóknir á Kröflu- og Mývatnssvæðinu. Beinast þær að rannsókn á afdrifum affallsvatnsins, sem fargað er á yfirborði á þessum tveimur svæðum. Verkefnið verður unnið af sérfræðingum á Rannsóknarsviði Orkustofnunar og sumarfólki frá Landsvirkjun. Verkinu er stjórnað af Orkustofnun og hlýtur styrk frá Rannsóknaráði Íslands.

Uppifjun

Viðnámsmælingar (Freyr Þórarinsson og Bára Björgvinsdóttir, 1980) voru gerðar til mats á hæð grunnvatns og ferilprófanir til rannsókna á rennislisleiðum grunnvatns á Kröflu- og Mývatnssvæðinu á árunum 1980-1983 (Þóroddur F. Þóroddsson og Guttormur Sigurbjarnarson, 1983). Þær gáfu mikilvægar upplýsingar um rennsli og rennislisleiðir grunnvatns á svæðinu. Síðarnefndu rannsóknirnar beindust fyrst og fremst að rannsókn á afdrifum affallsvatns frá Kísiliðjuni. Rannsóknin beindist einnig að afdrifum affallsvatns frá Kröfluvirkjun og var í tengslum við hana boruð grunn rannsóknahola í Búrfellshrauni. Ferilefni voru síðan sett niður í svelginn, þar sem affallsvatnið frá virkjuninni leitar ofan í hraunið. Niðurstöður voru ekki mjög nákvæmar en gáfu vísbendingar um rennislisleiðir grunnvatns í vestur hluta svæðisins. Orkustofnun hefur og gert tillögur að frekari og nákvæmari kortlagningu grunnvatnsborðs með viðnámsmælingum, nánar tiltekið Schlumberger mælingum, en það er gömul og velreynd aðferð til mælinga á viðnámi í jörðu. Aðferðin er einkar vel til þess fallin að kanna vatnsborð á litlu dýpi (Knútur Árnason, 1998).

Förgun affallsvatns frá jarðhitavirkjunum um borholur í jörðu niður (hér eftir nefnd niðurdæling) er alls ekki ný af nálinni, og árangurinn á heimsvísu er mjög misjafn. Niðurdæling mun fyrst hafa verið tekin í notkun árið 1975 í Ahuachapán El Salvador, að undirlagi Sveins Einarssonar, verkfræðings. Seint á áttunda áratugi aldarinnar komust vísindamenn að þeirri niðurstöðu að rétt skipulögð dæling affallsvatns niður í jarðhitageyminn aftur gæti reynst mikilvirk aðgerð til mótvægis dvínunar á vökvaprygtingi í jarðhitasvæðum, sem jafnan er samfara nýtingu þeirra.

Valgarður Stefánsson gerði merka úttekt á stöðu þekkingar og reynslu í þessum málum, er náði til 44 jarðhitasvæða víða um heim (Stefánsson 1997). Niðurstaða hans er sú að niðurdæling sé einhver sú flóknasta af öllum fylgiaðgerðum jarðhitanytingar. Þar ræður mestu vandi er tengist efnasamsetningu vatnsins, staðsetningu og dýpt á holum til niðurdælingar, þannig að ekki leiði til kólnunar í vinnsluholum, en hæfileg endurheimt hins fargaða vatns lukkist. Endurheimt fargaðs vatns úr vinnsluholum er mælikvarði á aukna varmavinnslu úr berginu. Lausnirnar eru margar og verður, af eðlilegum ástæðum, ekki fjallað um þær hér.

Í þessari greinargerð skal reynt að svara þeim spurningum sem fram er varpað á framangreindu minnisblaði og gera tillögur um meðhöndlun affallsvatns í Kröflu bæði til langs og skamms tíma litið.

Helstu markmið

Það er engan veginn augljóst hvernig fargað verður þetta miklu affallsvatni svo vel sé, og verður hér fjallað um nokkra þá möguleika sem helst þykja til greina koma. Aðgerðir varðandi förgun affallsvatns frá Kröfluvirkjun eru aðallega af þrennum toga:

- 1) Förgun sem fyrst og fremst miðar að því að losna við frárennsli frá skiljustöð í Leirbotnum og á Hvíthól. Förgun innan Kröfluöskjunnar niður um allt að 1.000 m djúpar borholur gæti jafnframt gegnt því hlutverki að hlaða efrakerfi Leirbotna með vatni í stað þess sem unnið er úr kerfinu.

- 2) Niðurdæling affallsvatnsins frá skiljustöð í Leirbotnum niður í neðra Kröflukerfið, þ.e. aðgerð til þess að koma vökva með heppilegri efnasamsetningu niður í kerfið þar sem súr gasríkur vökvi hefur torveldað vinnslu.
- 3) Djúp niðurdæling sem fyrst og fremst hefur þann tilgang að viðhalda vökvaþrýstingi í vinnslusvæðinu.

Markmið þessi eru lögð til grundvallar þeim tillögum sem hér verða settar fram.

Helstu möguleikar á förgun

Yfirborðsförgun í Þríhyrningadal: Einkum var horft til þess möguleika að dæla öllu affallsvatni í uppistöðulón í Þríhyrningadal, þegar unnið var að undirbúningi Kröfluvirkjunar. Gert var ráð fyrir að kísill mundi falla úr vatninu og setjast til í lóninu. Kísilsnautt vatnið átti síðan annað hvort að leiða í sérstakar niðurfalsholur, eða í opnar sprungur á svæðinu.

Grunnförgun í Hlíðardal innan Kröfluöskjunnar: Hér er um að ræða aðgerð, er beinist fyrst og fremst að því að farga affallsvatninu um borholur ofan 1 km dýpis. Engar borholur eru tiltækar í dag til þessa og verður því að bora þær. Staðsetning á slíkum holum nærri skiljustöðinni í Leirbotnum er ekki talinn góður kostur. Nokkrar holur hafa verið boraðar á þessu svæði (holur KW-1, KJ-6, KJ-28 og KJ-29). Holur þessar hafa allar verið mjög þéttar í efstu 1.000 m, nema hvað holur KJ-28 og KJ-29 lentu hvor um sig í einni mjög lekri æð. Æðarnar eru taldar tengjast sprungusveimnum, sem liggur suðvestur yfir Leirbotna austanverða (Leirbotnasprungunni) í átt að Hvíthólum og er einn megin vatnsleiðari svæðisins. Dæling affallsvatns beint í þennan leiðara mun skila sér rակleiðis í vinnsluholur, kæla þær og skaða afköst þeirra.

Samkvæmt viðnámsmælingum má búast við því að lekt sé lítil lengra suður frá skiljustöð, þ.e. sunnan uppistöðulóns. Góð lekt gæti þó fundist teygi Leirbotnasprungan sig svo langt til suðurs. Getgátur eru jafnvel uppi um að sprungan geti teygt sig allt til Hvíthóla. Finnist góð sprunga á þessu svæði, og verði niðurdælingarhola boruð þar, er því hugsanlegt að niðurdælingin skili sér beint til Hvíthóla. Af þessum sökum verður að fara gætilega í slíka aðgerð. Jafnframt þarf að kanna í hermílkaninu af svæðinu hver áhrif slíkrar aðgerðar gætu orðið, áður en lagt er í kostnaðarsamar boranir.

Önnur möguleg staðsetning á slíkum holum innan Kröfluöskjunnar, er sprungukerfið þar sem stöðvarhúsið stendur. Sprungurnar sunnan við vinnubúðirnar eru t.d. heppilegur staður. Þessar sprungur eru taldar leiða náttúrlegt afrennsli frá efrakerfinu. Því er minni hætt á því að niðurdæling í þær skammhleypi affallsvatninu yfir í vinnsluholur.

Niðurdæling utan Kröfluöskjunnar: Einkum eru taldir koma til greina tveir möguleikar á niðurdælingu í sprungur um nokkur hundruð metra djúpar holur. Fyrri möguleikinn felst í að bora holu eða holur rétt við Hlíðardalslækinn á móts við Sandabotnaskarð (t.d. við Skarðsel). Vitað er um gömul misgengi á svæðinu, en lekt þeirra er óviss. Hinn möguleikinn er að leiða Hlíðardalslækinn eða hluta hans skáhallt yfir dalinn neðan (eða ofan) Hvíthóla og farga vatninu í borholur við misgengin (Grunnaskurð) vestan við dalinn.

Niðurdæling á Hvíthólum: Á Hvíthólum fellur til 185°C heitt vatn, sem nú er fleygt beint í Hlíðardalslæk. Það er tiltölulega einfalt mál að leiða þetta vatn beint í holu KJ-22, sem í dag er einungis notuð til þess að fylgjast með þrýstingi í Hvíthólum. Holan er skáhol, er tengist Hvíthólakerfinu um sprungur er hún sker á nálægt 600 m dýpi. Neðri hluti holunnar teygir sig niður og út í sprungur, sem liggja í suður-norður stefnu vestan Hvíthóla. Vökvi, sem dælt yrði í holuna, færi trúlega að mestu út í þessar sprungur um neðri æðarnar í holunni. En eitthvað af því færi þó einnig út um æðina í 600 m og kæmi fram í vinnsluholu KJ-21. Við borun reyndust djúpu æðarnar í holu KJ-22 taka við öllu, þegar litlu magni var dælt (reyndar rann þá inn um 600 m æðina). Við aukna ádælingu fór 600 m æðin einnig að

taka við vatni. Þessi gögn þarf að skoða og ákvarða við hvaða ádælingarmagn rennsli út í 600 m æðina hófst. Samkvæmt minni var það nálægt 20 l/s. Jafnframt þarf að fara fram mat á efnaeiginleikum vatnsins með tilliti til útfellingahættu.

Engin þessara aðgerða tekur á niðurdælingu með langtímasjónarmið í huga, en hún hlýtur að vera aðgerð gegn dvínun þrýstings í jarðhitasvæðinu. Áður en slík niðurdæling getur átt sér stað þarf að gera ýmsar prófanir, sem miða að því að leysa ýmis tæknileg vandamál tengd niðurdælingu svo sem útfellingarvanda, millistreymi, o.fl. Í lok árs 1998 liggur fyrir nýtt vel prófað hermilíkan, sem nýtist mjög vel við mat á áhrifum niðurdælingar. Jafnframt nýtist það til ákvörðunar á staðsetningu, dýpt og fjölda hola til niðurdælingar.

Niðurdæling í neðra Kröflukerfið: Slík förgun hefur tvíþættan tilgang. Í fyrsta lagi þann að dæla vökva með heppilega efnasamsetningu niður í jarðhitakerfið, þar sem súr gasríkur vökvi hefur torvelað vinnslu. Hinn tilgangurinn er svo förgun vökvans af yfirborði. Tilraunir voru gerðar með slíka dælingu í holu KG-26. Holan var þá hálfstífluð og tók einungis við nokkrum sekúndulítrum. Hola KG-26 var hreinsuð haustið 1996 og opnaðist holan við það. Hún er hins vegar ekki nægilega öflug til að nýtast virkjuninni sem vinnsluhola. Sjálfsgagt er því að kanna möguleika á því að leiða (eða dæla) vatni frá lágþrýstiskiljunum í Leirbotnum beint í holuna.

Einkum þarf að athuga þrennt í þessu sambandi:

- (1) Hversu greiðlega KG-26 tekur við vökva. Strax eftir hreinsun mun hún hafa tekið við einhverjum tugum sekúndulítra;
- (2) Mæla hæðarmun skiljustöðvar og holutopps KG-26. Þetta sker úr um hvort dæla þurfi vatninu í holuna eða hvort skiljuþrýstingurinn geti drifið það;
- (3) Gera efnafræðiúttekt á vatni frá lágþrýstiskiljum með tilliti til útfellinga.

Tillögur

Tillögur Orkustofnunar eru tvíþættar, þ.e. grunnförgun utan Kröfluöskjunnar og niðurdæling innan öskjunnar:

Grunnförgun

- 1. Förgun um 100 – 200 m djúpar holur austan til í Hlíðardal:** Hlíðardalurinn hefur myndað stóra leiru neðan Hvíthóla milli Dalbjalls og undirhlíða Halaskógsfjalls. Leiran er mynduð af framburði Hlíðardalslækjarins eftir Vítisgosið (1724). Hún er nú gróin kjarri og sér hvergi í hraunið undir (frá því um landnám). Neðan leirunnar er hraunið með reglulega löguðum hryggjum (svigðum). Neðan við Skarðsel rennur lækurinn austan við leiruna meðfram stóru misgengi. Færsla á því virðist hafa verið lítil eftir ísöld. Hraunið sem lagðist í dalinn fyrir um 1100 árum og síðan framburður lækjarins hafa lagst að því og hylja brotið þannig að færsla verður ekki ákvörðuð með vissu. Fullyrða má þó að misgengið er stórt (tugir metra). Það gæti reynst vel lekt þótt færslan sé að mestu tilkomin á ísöld (fyrir meira en 10.000 árum). Hinsvegar eru jarðlögin, sem það sker, nokkuð ummynduð og hafa tapað miklu af sinni upphaflegu lekt. Sprungan leiðir inn á austasta hluta Námafjallssvæðisins. Vel er hugsanlegt að farga megi hluta affallsvatnsins með því að veita því niður um sprunguna.
- 2. Förgun um 100 – 200 m djúpar holur vestan til í Hlíðardal:** Grunniskurður nefnist stórt misgengi (um 20 m), með verulegri gliðnun er liggur utan í Dalbjalli að austan og gengur suður á Námafjall. Hreyfing á því hefur mest öll átt sér stað eftir ísöld. Það er því líkast til mjög lekt. Bergið er jafnframt ferskt, bólstraberg efst en síðan hraunlög og

