

Förgun á affallsvatni Kröfluvirkjunar

Ásgrímur Guðmundsson

Greinargerð ÁsG-2001-02

Förgun á affallsvatni Kröfluvirkjunar

Inngangur

Umhverfismál eru ofarlega á baugi í umræðu sérstaklega í tengslum við framkvæmdir eins og orkuöflun. Í raun hefur þessi umræða átt sér stað í tengslum við slíkar framkvæmdir alla tíð, en áherslur eru nú verulega breyttar. Nauðsynlegt er að gera grein fyrir öllum þeim áhrifum sem fyrirsjáanleg orkuöflun getur valdið. Dæmi um það eru jarðvarmavirkjanir sem framleiða rafmagn. Þær láta frá sér affallsvatn, bæði frá skiljum og þéttivatn frá kæliturnum. Magnið er háð stærð virkjunar og eðli vökvans sem notaður er. Við Kröflu er meginhluti vökva þess sem tekinn er úr jarðhitasvæðinu með hátt vermi, sem þýðir hátt orkuinnihald og fer þar að leiðandi 80-100 % beint inn á hverfla virkjunarinnar. Til þess að ná fram sem bestri nýtingu þá var Kröfluvirkjun hönnuð með tveimur þrýstiprepum, sem þýðir að vökvinn er fyrst skilinn við háan þrýsting (7,6-bar-y) og síðan fer affallið í gegnum lágþrýstiskilju (1,5 bar-y). Hönnunin gekk út frá áætluðum forsendum sem ekki reyndust vera til staðar þegar nýting hófst. Það varð til þess að bora þurfti sérstakar holur fyrir lágþrýstihlutann. Vermi vökvans í þeim er tiltölulega lágt þannig að aðeins 10-15 % vökvans nýtist en afgangur fer beint í frárennsli. Í hönnunarforsendum var gert ráð fyrir að frárennsli frá 55 MW virkjun mundi verða um 0,6 m³/s af 100°C heitu vatni.

Nokkuð fór á annan veg en ætlað var í upphafi við byggingu Kröfluvirkjunar. Jarðhitakerfið reyndist vera mjög flókið til vinnslu auk þess hófust Kröflueldar í lok árs 1975 og stóðu yfir í 9 ár. Við það varð hluti kerfisins ónothæfur vegna innspýtingar kvikugasa, sem urðu þess valdandi að sýrustig lækkaði í stórum hluta væntanlegs vinnslusvæðis auk þess sem gasstyrkur í gufu jókst verulega á enn stærra svæði. Þetta leiddi til þess að aðeins önnur af tveimur vélum var sett niður og var ekki komin í full afköst fyrr en 1984. Þá höfðu verið boraðar 24 holur.

Árið 1996 var ákveðið að ljúka við Kröfluvirkjun með því að setja niður vél 2 og bora eftir gufu til þess að fullnægja þörfinni. Boraðar voru holur 27-34 ásamt því að endurvinnna holu KJ-16.

Eins og gefur að skilja þá breyttust áætlanir verulega miðað við fyrirfram gefnar forsendur. Hvað varðar affallsmál þá var skiljuvatnið umtalsvert minna eða um 100-150 l/s og var það látið renna út í Hlíðardalslækinn án nokkurra athugasemda. Samt voru vangaveltur um það hvort ekki væri rétt að dæla vatninu niður í jarðhitakerfið m.a. til að bæta gæði jarðhitavökvans og minnka væntanlegan niðurdrátt. Hér á eftir verður gerð grein fyrir hugmyndum og tillögum um förgun affallsvatns í tímans rás.

Tillögur um förgun affallsvatns 1974-1999

Við undirbúning að byggingu Kröfluvirkjunar var ljóst að mikið frárennsli mundi verða frá orkuverinu. Í því tilefni var tekin saman álitserð sem ber nafnið “Um mengunarhættu vegna affallsvatns frá gufuvirkjun við Kröflu eða Hverarönd” (1). Megin niðurstöður voru sem hér segir “*Niðurstöður þessarar álitserðar eru þær að losna megi við vatnið með því að láta það síga niður í Búrjellshraun en byrja jafnframt rannsóknir til að fylgjast með því, hvort hættu sé á, að frárennslisvatnið geti valdið skaða á Mývatni. Komi í ljós, að slík hættu sé fyrir hendi, þarf að grípa til gagnráðstafana. Það er hægt að gera síðar, án þess að breyta neitt þeim manvirkjum, serm gerð eru í fyrstu; einungis þarf þá að bæta við nýjum manvirkjum. Nægur tími mun gefast til aðgerða áður en til mengunar á Mývatni kæmi.*” Þessu fylgdi síðan frekari rökstuðningur.

Í skýrslu Orkustofnunar um niðurstöður rannsóknaborana 1974 (2) er sagt í ágripi “*Lagt er til að affallsvatni verði veitt í uppistöðulón í Þríhyrningadal í hálsinum vestan við Leirbotna, þar sem*

útfellingar yrðu við hæga kólnun og brennisteinsvetni ryki burt. Útfallið úr lóninu rynni síðan suður Hlíðardal að vesturjaðri Búrfellshrauns, og hyrfi í hraunin.”

Í upphafi árs 1976 var gefin út skýrsla sem ber nafnið “Vatnasvið Hlíðardalslækjar og affallsvatn frá Kröfluvirkjun” (3). Þar eru skoðaðir ýmsir möguleikar á förgun affallsvatns með tilliti til (i) hættu á mengun Mývatns, (ii) breytinga á Hlíðardalslæk, (iii) umhverfisbreytinga, (iv) áhrifa geymslutíma í lóni á skaðlega eða spillandi eiginleika vatnsins, sem úr því rennur, eða sígur niður úr því, (v) tæknilegra vandamála við affallsvatns í lónið, (vi) staðsetningar háspennulínu og fleiri mannvirkja. Ekki var beinlínis komist að niðurstöðu. Þar komu m.a. fram hugmynd um lón þar sem núverandi gryfjur eru vegna efnistöku fyrir framkvæmdir á Kröflusvæðinu.

Árið 1981 tók Trausti Hauksson saman greinargerð um hugsanlegar tilraunir með niðurdælingu í Kröflu (4). Þar veltir hann fyrir sér möguleikum á annars vegar niðurdælingu vatns úr holum KG-8 og KW-2 í holu KG-10, og hins vegar niðurdælingu frárennslis skiljustöðvar í holu KJ-6 undir þrýstingi lágþrýstiskilju. Hann reynir að meta áhrif frá þessum framkvæmdum og hvaða skilyrði þurfi að uppfylla til þess að verkið verði framkvæmanlegt. Í framhaldi af því stakk hann upp á nauðsynlegum mælingaum og lagði fram tillögur.

Á Hrafnáþingi um stöðu Kröfluvirkjunar 29.-30. apríl 1982 (5) benti Guðmundur Böðvarsson á að niðurdæling gæti haft afgerandi áhrif á vinnslueiginleika og ætti það sérstaklega við um svæði sem hefði lélega leiðni og ríkjandi sprungukerfi eins og Kröflusvæðið. Það ýtti undir umræðu um niðurdælingu í holu KG-10 til þess að bæta jarðhitakerfið.

Í erindi Guðmundar Böðvarssonar á Hrafnáþingi Kröfluvirkjunar 2-3. mars 1983 (6) um líkanreikninga vegna framtíðar vinnslugetu Kröfluhola og áhrifa vegna niðurdælingar, kom eftirfarandi fram “*Líkanið hefur verið notað til að spá fyrir um framtíðarhegðun vinnsluholanna (rennslis og enthalpiu), svo og tæmingu jarðhitakerfisins. Helstu niðurstöður eru að rennislækkun holanna vegna þrýstifalls í kerfinu verði frekar lítil eða um 1-4% á ári. Flestar holur sýna rennislækkun sem nemur aðeins 1-2% á ári. Nokkrum vinnsluholum má bæta við á núverandi vinnslusvæðum og er helst mælt með vesturhluta Leirbotnasvæðis (Röraplan o.s.frv.) svo og við Hveragil. Búast má við að gufugeymir myndist í kerfinu á næstu 10 árum. Stærð hans byggist að miklu leyti á fjölda og staðsetningu nýrra vinnsluhola. Hafa má áhrif á stærð og staðsetningu gufugeymisins með niðurdælingu.*” ennfremur segir “*Líkanið hefur einnig verið notað við athuganir á áhrifum niðurdælinga á hegðun hola og tæmingu kerfisins. Tvö tilfelli voru athuguð, annars vegar niðurdæling í holu 10 og hins vegar niðurdæling í holu 10 og 12. Áhrif niðurdælinganna eru þau að rennslis holanna eykst mjög en enthalpian lækkar að sama skapi. Áhrif niðurdælinganna á gufurennslis eru því lítil sem engin. Teorítískir reikningar hafa einnig sýnt þessi skammtíma áhrif niðurdælingar, en benda hins vegar til þess að langtíma áhrif niðurdælingar í tveggja fasa sprungukerfi valdi mikilli aukningu á heildarorkuvinnslu hola.*”

Skoðuð var niðurdæling á Hvíthólasvæðinu 1984 (7). Hugmyndin var að dæla niður affalli frá holum KJ-21 og 22 niður í KJ-23 eftirfarandi eru niðurstöður skoðunarinnar: “*-Hóla KJ-23 getur í mesta lagi tekið við 15-20 kg/s af vatni. -Hóla KJ-23 er stutt frá vinnslusvæði og væri því ráðlegt að reikna lauslega hugsanleg áhrif niðurdælingar til kælingar jarðhitageymisins. -Ópalmettun vatns, sem skilið er við 11 bar-a, er við 10-12 bar-a frá holu KJ-21, við 5-6 bar-a úr blöndu frá KJ-21 og KJ-22 (5+3), en 1-2 bar-a frá KJ-22. -Hætta er á kalsítútfellingum við niðurdælingu. -Til greina kemur að dæla eingöngu úr KJ-22 í KJ-23, þar sem affallsvatn þaðan er álika mikið og viðtökugeta KJ-23, og minni hætta er á kísilútfellingum ef KJ-21 er ekki með. -Fylgjast þarf með þrýstingi, hitastigi, varmainnihaldi og lekt holanna, auk þess sem gera þarf ferlunarprófanir, eftir að niðurdæling hefst.*”

Á Hrafnáþingi 1.-2. nóv. 1984 (8) kom fram í erindi Benedikts Steingrímssonar um framtíðar gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun, að einn möguleika við öflun lágþrýstigufu væri sem hér segir. “*Niðurdæling í neðri hluta Leirbotna eða Suðurhlíðar. Líkanreikningar hafa sýnt að niðurdæling hefði í för með sér lækkun á varmainnihaldi og aukningu á lágþrýstigufu. Háþrýstigufa breytist hins vegar ekki.*” Jafnframt kom fram í pallborðsumræðum á sama þingi hjá Valgarði Stefánssyni eftirfarandi. “*Niðurdæling gæti hreinsað kvikugös úr kerfinu. Hugsanlega mætti eftir hreinsun holu KG-10 dæla niður í hana.*”

Í lok árs 1988 tók Halldór Ármannsson saman greinargerð sem ber nafnið “Um niðurdælingu í holu KJ-22 í Kröflu” (9). Þar reifar hann hugmyndina ásamt því hvernig best er að fylgjast með áhrifum á jarðhitakerfið. Sérstaklega skoðaði hann hvaða ferilefni væri best að nota við þessa aðgerð og bar saman kosti ýmissa efna og gerði lauslega kostnaðaráætlun. Tekið var mið af fenginni reynslu hér á landi.

Í upphafi árs 1989 kom út skýrslan “Niðurdælingartilraunir í holu KJ-22 – Tillögur og kostnaðaráætlun”(10). Þar er fjallað um sama efni og Halldór árinu áður, en ítarlegar farið ofan í efnasamsetningu vökvans og útfellingahættu auk þess sem lögð var fram framkvæmdar og kostnaðaráætlun.

Í desember 1991 var birt skýrsla um hermireikninga á Hvíthólum, sem ber nafnið “Krafla – Þrívíð hermum fyrir vinnslusvæðið á Hvíthólum” (11). Þar er bent á að niðurdæling skiljuvökva úr holu KJ-21 í holu KJ-22 komi til að lækka vermið. Það leiðir síðan af sér að auka þarf massatöku til að viðhalda sama gufumagni.

Í greinargerð Orkustofnunar 1992 (12) var horft á gufubúskapinn við þáverandi aðstæður og hvað væri nausynlegt að gera áður en lagt væri út í stækkun Kröflustöðvar upp í 60 MW_e. Meðal annars var því velt upp hvort ekki væri löngu tímabært að hefja niðurdælingu. Helstu kostir sem tilgreindir voru eru:

- Bæta við massa í kerfið og halda uppi þrýstingi.
- Auka massatöku úr kerfinu eða viðhalda ákveðinni massatöku.
- Auka varmanám úr berginu.
- Losna við affallsvatn vegna umhverfissjónarmiða.
- Koma í veg fyrir landssig vegna massatöku.

Hola KJ-26 var boruð 1991 og komu fram sýrueinkenni eftir upphleypingu og stuttan blástur miðsumars 1992. Þá var brugðið á það ráð að dæla niður í hana vatni sem var upphaf að niðurdælingartilraunum inn á svæðinu (13 og 14).

Árið 1995 var tekin saman skýrsla um affallsvatn frá Kröfluvirkjun og var þar sésrtaklega lögð áhersla á niðurstöður athugana á holu AB-02 í Búrfellshrauni (15). Verkefnið var hluti af umfangsmiklu samvinnuverkefni orkufyrirtækjanna og Orkustofnunar undir formerkinu “Rannsóknir á áhrifum jarðhitavinnslu á umhverfið”. Í stuttu máli er um þær niðurstöður að segja að-engin ummerki affallsvatns Kröfluvirkjunar var þar að merkja.

Valgarður Stefánsson gerði merka úttekt á stöðu þekkingar og reynslu í þessum málum, er náði til 44 jarðhitasvæða víða um heim (16). Niðurstaða hans er sú að niðurdæling sé einhver sú flóknasta af öllum fylgiaðgerðum jarðhitanytingar. Þar ræður mestu vandi er tengist efnasamsetningu vatnsins, staðsetningu og dýpi hola 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.

Sumarið 1998 var rifjuð upp staða mála varðandi losun affallsvatns í Kröflu (17). Því var velt fyrir sér hvort ástandið væri viðunandi og einnig hvort og hvernig mætti bæta það. Næsta skref var eðlilegt framhald en það var ákvörðun um niðurdælingu á Hvíthólum. Tekin var saman greinargerð þar um “Krafla - Förgun skiljuvatns frá Hvíthólasvæði með niðurdælingu í holu KJ-22” (18). Undir lok ársins skilaði Raunvísindastofnun Háskólans Landsvirkjun tveimur skýrslum um förgun affallsvatns í Kröflu. Annars vegar “Fræðilegt mat á aðstæðum fyrir útfellingu steinefna úr vatninu” (19). Hins vegar “Tillögur um förgun affallsvatns frá Kröflustöð” (20). Í beinu framhaldi af undirbúningi að niðurdælingu á Hvíthólum var því verki hrundið af stað og stóð niðurdæling yfir frá haustinu 1999 og fram á vor 2000. Megin niðurstöður voru þær að ekki er ráðlegt að dæla þar niður með því fyrirkomulagi sem viðhaft var og er gerð nánari grein fyrir því í skýrslu sem verið er að vinna.

Árið 1999 birtist athyglisverð grein um niðurdælingu (21). Þar er m.a. komið inn á það mikilvæga atriði hverju niðurdæling í háhitasvæði getur áorkað og hversu vandasöm hún getur verið.

Tillögur um losun affallsvatn úr Kröflu 2001

Eins og fram hefur komið var gert ráð fyrir 600 l/s affallsvatni frá Kröfluvirkjun miðað við 60 MW_e framleiðslu. Þegar á reyndi voru eðliseiginleikar jarðhitageymisins nokkuð frábrugðnir því sem upphaflegar forsendur gengu útfrá. Aðeins tæplega þriðjungur eða innan við 200 l/s renna frá virkjuninni við núverandi aðstæður. Meira en helmingur af núverandi affallsvatni tengist sérstökum lágþrýstiholum, sem þurfti að bora sérstaklega til að uppfylla hönnunarforsendur vélbúnaðarins. Ef horft er til stækkunar um 40 MW_e þá er vermi (orkuinnihald) vökvans hátt sem leiðir af sér háa nýtingu og mjög lítið affall í gegnum skiljur. Tillögur liggja m.a. fyrir um að nýta betur varmann með t.d. að bæta við frárennslisvirkjun. Magn affallsvatnsins verður það sama á eftir en hiti þess verður að minnsta kosti kominn niður í 80 °C.

Hugmyndir um förgun affallsvatns hafa einkum verið þrjúþættar:

- Losun á yfirborði og láta vatnið hripa niður í gropið yfirborðið eins og nú er gert.
- Bora grunnar holur (200-500 m djúpar) til að losna við vökvann.
- Dæla vökvannum niður í jarðhitakerfið m.a. til að bæta vinnsluna.

Auk þess geta allar þessar aðferðir farið saman að einhverju leyti.

Innan nýtingasvæða Kröfluvirkjunar eru áform um að hefja niðurdælingu í holu KJ-26 í þeim tilgangi að losna við hluta af affallsvatninu og jafnframt að bæta eiginleika jarðhitakerfisins. Ef sú framkvæmd sýnir jákvæðar niðurstöður þá má búast við að allt að helmingur af núverandi affallsvatni verði dælt þar niður til framtíðar lítið.

Hugsanlega má láta hluta affallsvatnsins renna út í Hlíðardalslækinn til þess að viðhalda að einhveju leyti núverandi ástandi.

Bora niðurdælingarholur við lek misgengi og sprungur sunnan við öskjujaðarinn.

Heimildir:

1. Guttormur Sigurbjarnarson, Haukur Tómasson, Jónas Elíasson og Stefán Arnórsson 1974: Álitsgerð – Um mengunarhættu vegna affallsvatns frá gufuvirkjun við Kröflu eða Hverarönd. Orkustofnun, OS-JHD/7427-OS-ROD/7421, 16s.
2. Kristján Sæmundsson, Stefán Arnórsson, Karl Ragnars, Hrefna Kristmannsdóttir og Gestur Gíslason 1975: Krafla – Skýrsla um niðurstöður rannsóknarborana 1974. OS-JHD/7506, 47s.
3. Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson 1976: Vatnasvið Hlíðardalslækjar og affallsvatn frá Kröfluvirkjun. OS-JHD-7602, 13s.
4. Trausti Hauksson 1981: Hugsanlegar tilraunir með niðurdælingu í Kröflu 1981. Greinargerð OS-TH-81/01; 4s.
5. Guðmundur Böðvarsson 1982: Vinnslugeta Kröflusvæðissins. Hrafnæping um stöðu Kröfluvirkjunar, haldið 29. og 30. apríl 1982. Rafmagnsveitur ríkisins Kröfluvirkjun.
6. Guðmundur böðvarsson 1983: Líkanreikningar á framtíðar vinnslugetu Kröfluhola og áhrifum vegna niðurdælingar. Hrafnæping um stöðu Kröfluvirkjunar, haldið 2. og 3. mars 1983,. Rafmagnsveitur ríkisins Kröfluvirkjun, bls. 116-147.
7. Benedikt Steingrímsson og Halldór Ármannsson 1984: Krafla – Um niðurdælingu affallsvatns á Hvíthólasvæði. OS-84026/JHD-08 B, 14s.
8. Benedikt Steingrímsson 1984: Framtíðargufuöflu fyrir Kröfluvirkjun. Hrafnæping um stöðu Kröfluvirkjunar, haldið 1. og 2. nóv. 1984,. Rafmagnsveitur ríkisins Kröfluvirkjun, 20s.

9. Halldór Ármannsson 1988: Um niðurdælingu í holu KJ-22 í Kröflu. Greinargerð OS-HÁ-88/05, 2s.
10. Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson 1989: Niðurdælingartilraun í holu KJ-22 – Tillögur og kostnaðaráætlun. Unnið fyrir Landsvirkjun, Kröflustöð, 8 s.
11. Helga Tulinius og Ómar Sigurðsson 1991: Krafla – Þrívíð hermun fyrir vinnslusvæði á Hvíthólum. OS-91046/JHD-07, 37s.
12. Ásgrímur Guðmundsson 1992: Krafla – Staða og horfur í rannsóknum og gufuöflun í nóvember 1992. Greinargerð OS-ÁsG-92/15, 23s.
13. Halldór Ármannsson, Grímur Björnsson og Ásgrímur Guðmundsson 1993: Krafla, hola KJ-26 – Upphitun, upphleyping og blástur. OS-93033/JHD 16B, 35s.
14. Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson 1995: Borholumælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 1994. OS-95024/JHD-17B, 62s.
15. Halldór Ármannsson 1995: Um affallsvatn frá Kröfluvirkjun – Niðurstöður athugana á holu AB-02, Búrfellshrauni. Samvinnuverk Orkustofnunar og Landsvirkjunar, OS-95-046/JHD-30B, 14s.
16. Stefánsson, V., 1997: Geothermal reinjection experience. Geothermics, 26, 99-130.
17. Einar Tjörvi Elíasson, Halldór Ármannsson, Kristján Sæmundsson, Knútur Árnason og Benedikt Steingrímsson 1998: Förgun heits affallsvatns frá Kröfluvirkjun. Greinargerð OS-E TE/HA/KS/KÁ/BS/002-1998, 5s.
18. Ásgrímur Guðmundsson og Trausti Hauksson 1998: Krafla – Förgun skiljuvatns frá Hvíthóla-
svæði með niðurdælingu í holu KJ-22. Greinargerð OS-ÁsG-TH-98/03, 5s.
19. Stefán Arnórsson og Auður Andrésdóttir 1998: Förgun affallsvatns frá Kröflustöð – Fræðilegt
mat á aðstæðum útfellingu steinefna úr vatninu. Raunvísindastofnun HÍ, RH 17-98, 47s.
20. Stefán Arnórsson 1998: Tillögur um förgun affallsvatns frá Kröflustöð. Raunvísindastofnun
HÍ, RH 18-98, 14s.
21. Axelsson, G. and Stefánsson, V. 1999: Reinjection and Geothermal Reservoir Management –
Associated Benefits. Workshop of Geothermal Energy 1999, Ljubljana Slovenia, 21.