

**Krafla. Niðurdæling í holu KG-26**

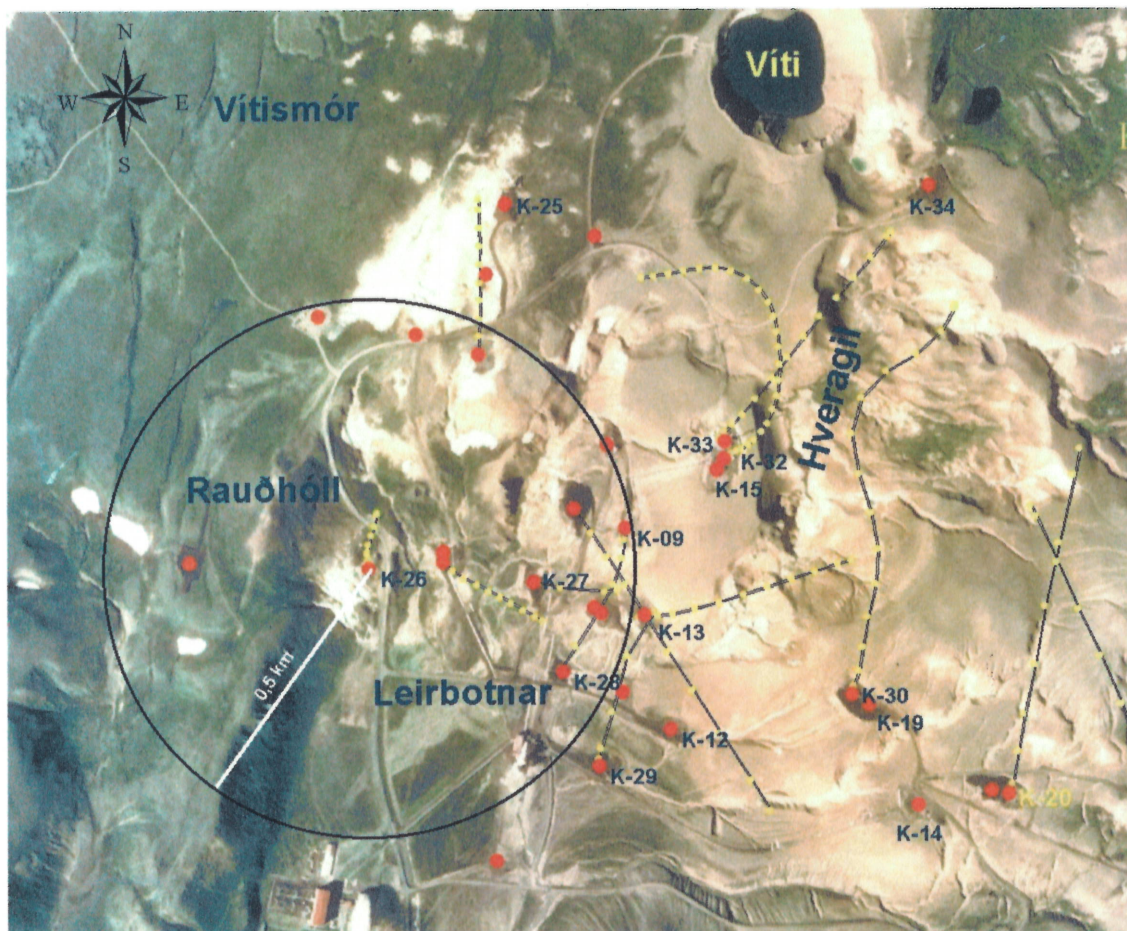
**Ásgrímur Guðmundsson, Ómar Sigurðsson,  
Benedikt Steingrímsson**

**Greinargerð ÁsG-Ómar-BS-2001-04**

## Krafla Niðurdæling í holu KG-26

### Inngangur

Hola KG-26 var boruð með Gufubor (Dofra) á árinu 1991 í tveimur áföngum. Fyrst var borað fyrir lágþrýstiprep virkjunarinnar niður á 1210 m í þeim tilgangi að kanna nýtingarmöguleika á dýptarbiliinu frá 300-1200 m. Lítil lekt reyndist vera á þessu dýptarbili og litla lágþrýstigufu að hafa. Því var sett niður vinnslufóðring á 1200 m dýpi og hún steypt. Holan var síðan dýpkuð undir lok ársins niður í 2127 m. Í lokin var holan örvuð eftir að borinn var farinn af henni. Borvatnsveitan var notuð og árangur síðan metinn. Upphitunartímabilið var óvenju langt enda ekki talin ástæða til að hleypa holunni upp í harða vetri. Holan var hita- og þrýstmæld fyrir hádegi þann 29. júní 1992 og skömmu eftir hádegi var henni hleypt upp. Eftir langan upphitunartíma var holan fljót að ná blástursjafnvægi. Fljótlega fór að bera á svörtum lit á vatninu og var þá brugðið á það ráð að snúa ferlinu við og dæla á holuna til að koma í veg fyrir tæringu og útfellingar við aðalæðarnar nærri holubotni.

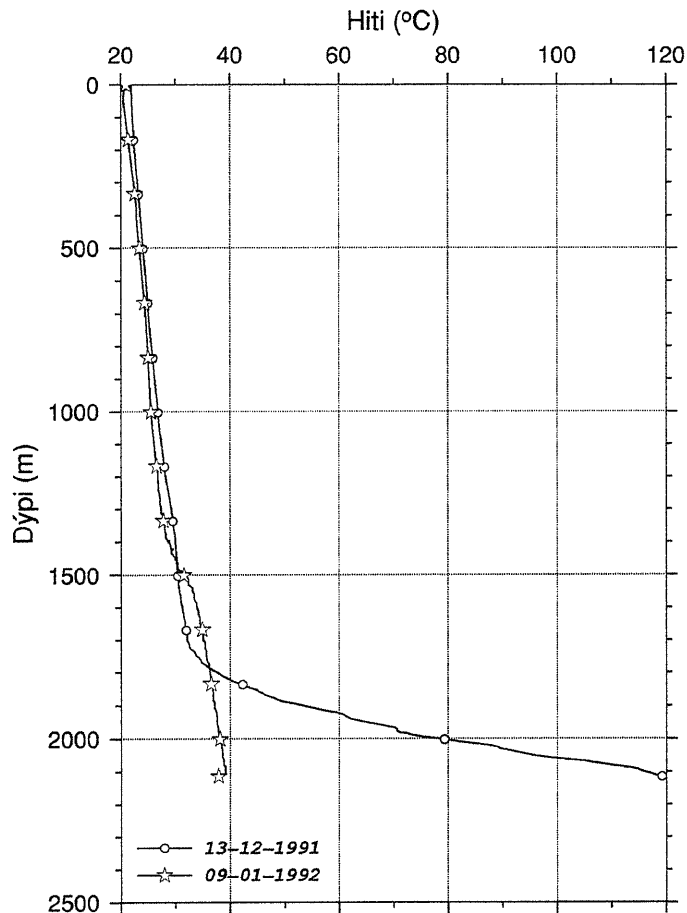


**Mynd 1.** Yfirlitsmynd af holu KG-26 og nærliggjandi borholum. Frávik frá holutoppi er sýnt með gulum þuktum tengdum með svörtum línum.

Hugmyndin um niðurdælingu í djúpkerfi Kröflu á þessum slóðum er ekki ný af nálinni heldur var verið að yfirfæra eldri hugmyndir frá 1981 og 1982, sem þá tengdust niðurdælingu í holu KG-10.

Ávinningur með niðurdælingu var talinn vera að skila hluta þess massa niður í kerfið sem tekinn var upp og jafnvel bæta gæði vökvans djúpt í jarðhitakerfinu með því að hækka sýrustig hans. Á mynd 1 sést hvar hola KG-26 er og afstaða til annarra hola. Holan er á bletti þar sem virkur jarðhiti er sýnilegur á yfirboði á nokkuð afmörkuðu svæði. Það sem gerði svæðið áhugavert var að engin merki um kvikuvirkni höfðu mælst í sýnum frá uppstreymi sem kallað hefur verið í heimsbókmenntunum “Auga við veg”. Uppstreymisstaðurinn er í litlum gíg rétt sunnan við holuna.

Árangur örvunar eftir að borun lauk kemur nokkuð skýrt fram á mynd 2 þar sem sýndar eru hitamælingar í ádælingu í borlok skömmu fyrir júl 1991 og eftir örvunaraðgerð í janúar 1992. Fyrri mælingin sýnir að ádælingin tapast út í æðar ofan 1800 m dýpis. Seinni mælingin sýnir rennslisferil niður í botn sem er óræk vísbending um að æðar niður við botn hennar hafi opnast við aðgerðirnar.



Mynd 2. Hitamælingar eftir borun og eftir örvun.

Haustið 1996 var Jötunn settur á holu KG-26 til þess að dýpka hana. Fyrst var holan hreinsuð innan í leiðara niður á um 2110 m dýpi, þrátt fyrir það tókst ekki að taka leiðarann upp úr holunni með því að beita afli borsins. Þá var fallið frá því að eiga frekar við holuna með þeirri tækni og aðferðum er í boði voru.

Hugmyndin um niðurdælingu í holu KG-26 verður að skoða sem tilraun til að bæta jarðhitakerfið, og gæti hún skilað sér til lengri tíma lítið í betri gæðum vökvans í djúpkerfi Vítismós og Leirbotna og betri endingu svæðisins.

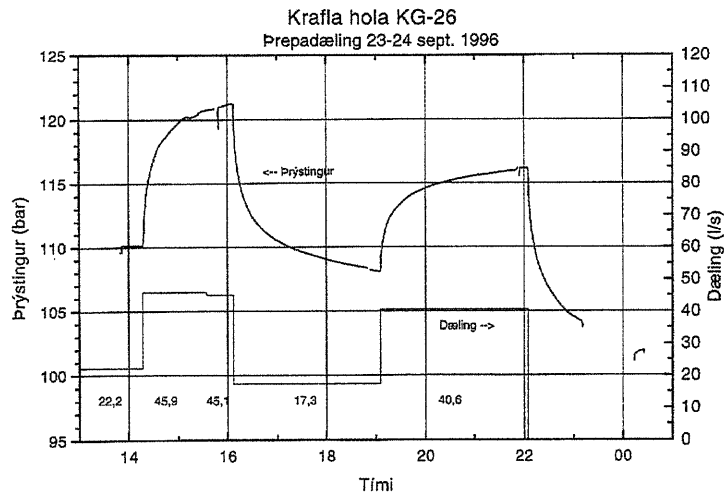
### Mat á lekt holu KG-26

Þegar hreinsun leiðara að innan var lokið 1996, var fest í hann og reynt að ná honum upp úr holunni. Leiðarinn reyndist óbifanlegur. Ekki var vilji fyrir að sprengja leiðarann í sundur eða hætta holunni á neinn hátt. Eftir að ljóst varð að leiðarinn losnaði ekki með togi var hafinn undirbúningur

að þrepaðælingu. Þrepaðælingunni var ætlað að kanna gæfni holunnar og hvort hreinsunin hafi opnað hana að nýju.

Byrjað var að mæla þrýsting niður á 1400 m dýpi í holunni, en það dýpi var notað sem viðmiðunardýpi eins og í samskonar mælingum við lok borunar holunnar í desember 1991 og í janúar 1992. Þegar þrýstímælir var settur niður um kl. 13, þann 23. september 1996, var 22,2 l/s dælt í holuna. Við þá dælingu fannst vatnsborð á 154 m dýpi miðað við drifborð Jötuns. Af stigli þrýstímælingarinnar er ljóst að í vatnssúlunni var töluvert loft sem gerði hana edlisléttari niður á rúmlega 500 m dýpi og gerði það að verkum að vatnsborð var þetta ofarlega í holunni. Ef þessarar léttingar hefði ekki gætt hefði vatnsborð verið á 240 m dýpi við þessa dælingu.

Þrepaðælingin hófst svo kl. 14:17 þann 23. september og lauk skömmu eftir miðnætti 24. september. Dælingu í holuna var breytt í þrepuum 45,1 l/s, 17,3 l/s, 40,6 l/s og að lokum var slökkt á dælingu. Hvert þrep varði í 2-3 klst. og má sjá framgang prófunarinnar á mynd 3. Truflanir voru á dælingu í fyrsta þrepinu. Einnig var dæling þá örflíð meiri en það vatnsmagn er barst að bornum, þannig að kar tæmdist á tæpum tveimur tímum. Önnur þrep gengu áfallalaust, en undir lok síðasta þrepsins var holan hitamæld frá 1400 m og til botns (2106 m). Við lok prófunarinnar var þrýstingur mældur frá 1400 m og upp holuna. Vatnsborð fannst á 337 m dýpi, þremur tímum eftir að slökkt var á dælingu og virtist það ótruflað af lofti.



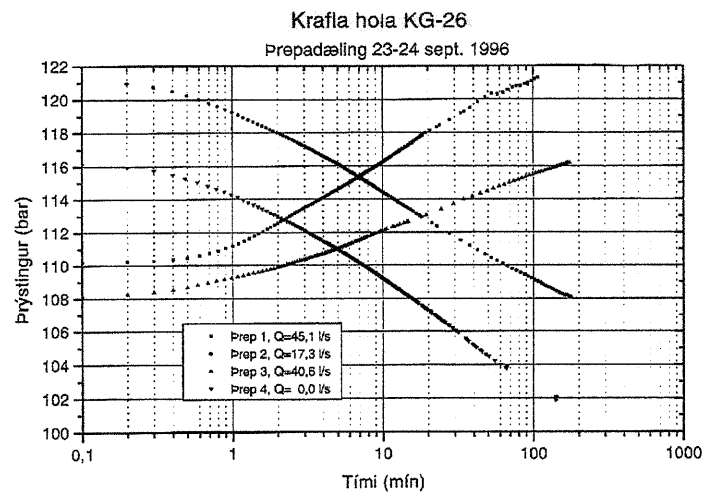
Mynd 3. Þrepaðæling eftir aðgerð 1996.

Mynd 4 sýnir nánar hegðun hvers dæluþreps og mynd 5 sýnir reiknaða nálgun við þrep 2 og 3 ásamt stuðlum fyrir vatnsleiðni (T), vatnsrýmd (S) og rennslitregðu (s). Af myndunum sést að þrýstingur breytist tiltölulega rólega þegar dælingu er breytt, einnig að breytingin virðist nokkuð línuleg þegar tímabreytingin er sett á lógaritmískan skala. Við nánari skoðun á gögnum virðast þau benda til sprunguháðs rennslis. Því voru gögnin nálguað með líkani fyrir kerfi með holrými bæði í sprungum og bergi (double porosity). Mjög góð nálgun fékkst milli gagna og líkans. Niðurstöður þeirrar nálgunar benda til að vatnsleiðnin sé um  $1,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$  og tregðustuðullinn um  $s = -1$ . Neikvæður rennslisstuðull bendir til lítillar rennslitregðu úti í jarðhitakerfinu milli sprungna sem fæða holuna og jarðhitakerfisins. Þá má einnig geta þess að vatnsleiðnigildið er í lægri kantinum og neðan þess meðaltals sem hefur fengist úr slíkum prófunum í holum í Kröflu.

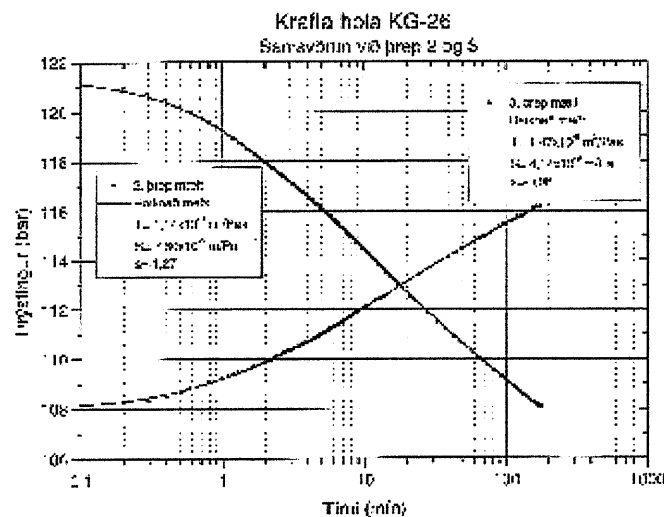
Tafla 1. Mat á lekt holu KG-26.

Dýpi holu (m)	Vatnsleiðni ( $\text{kh}/\mu$ ) ( $\text{m}^3/\text{Pas}$ )	Vatnsrýmd ( $\phi c_r h$ ) ( $\text{m}^3/\text{Pa}$ )	Tregðustuðull (s)	Skýringar
1570	$0,35 \times 10^{-8}$	$5,1 \times 10^{-8}$	-3,5	Í borun 1991
2127	$0,7-0,75 \times 10^{-8}$	$2,0-5,7 \times 10^{-8}$	-4,1	Eftir borun 1991
2127	$1,4 \times 10^{-8}$		-4,1	Eftir örvun 1991/92
~2110	$1,1 \times 10^{-8}$		-1	Eftir hreinsun 1996

Þegar eldri prófanir úr vinnsluhluta holu KG-26 eru athugaðar til samanburðar kemur í ljós að við borlok var vatnsleiðnin áætluð nokkuð minni en eftir aðgerð 1996. Eftir örvunarðagerðir kringum áramótin 1991-1992. var vatnsleiðnin áætluð svipuð og fékkst nú í ádæluprepi 3. Tregðustuðull var þá áætlaður nokkuð lægri en nú. Þá voru einnig gerðar svipaðar athugasemdir um að rennslistregðu gætti úti í jarðhitakerfinu í nokkurri fjarlægð frá holunni. Í stuttu máli bendir þessi samanburður til að vatnsleiðni við holuna eftir hreinsun 1996 hafi verið betri en í lok borunar, en hins vegar lakari en eftir örvunaðgerðir 1991/92. Mögulega eru færri sprungur opnar til holunnar eða að rennsli fer um minna flatamál. Þá var tregðustuðullinn hærri 1996 og benti það til að tengsl holunnar út í jarðhitakerfið hafi ekki verið eins greið og áður, enda væntanlegar einhverjar útfellingar nú í rennslistregðu/sprungum næst holunni. Fyrstu vísbendingar bentu því til að gæfni holunnar mundi verða nokkru lakari en við fyrri blástursprófun. Það var síðan staðfest með blástursprófun.



Mynd 4. Hegðun hvers dælupreps 1996.



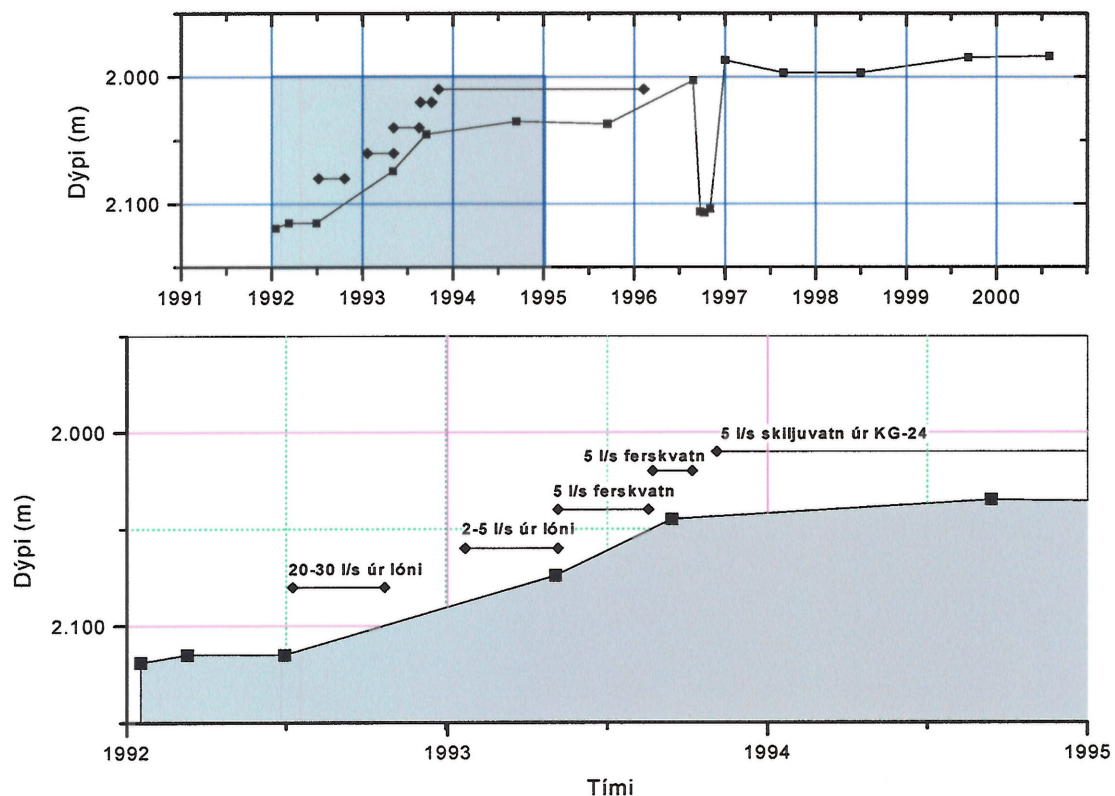
Mynd 5. Reiknuð nálgun við dæluprep 2 og 3 1996.

### Ádæling í holu KG-26

Frá því að hola KG-26 var boruð og fram að síðustu eftirlitsmælingum hafa átt sér stað breytingar á dýpi hennar eins og sést vel á mynd 6. Á tímabilinu 1992-1996 var dælt vatni í holuna. Í byrjun var vatnið fengið úr borlóni, en síðan úr ferskvatnsveitu og síðast frá skilju við holu KG-24. Á mynd 6 er sýnt yfirlit um dýpi holu KG-26 eins og það hefur mælst í eftirlitsmælingum, en jafnframt kemur fram á myndinni hvenær dælt var í holuna og hvaðan vatnið var fengið. Á myndinni er tekið fyrir

tímabilið frá 1992 fram að síðustu eftirlitsmælingu sumarið 2000. Leitað hefur verið skýringa hvers vegna holan grynntist. Ef tímabilið 1992-1995 er skoðað þá koma fram athyglisverðar breytingar (mynd 6). Holan grynntist milli mælinga og var það skýrt með óhreinindum, sem féllu út úr ádælingarvatninu. Sú skýring var sérstaklega nærtæk þegar litið er til þess að vatnið var tekið úr svonefndu borlóni, þar sem vatni af svæðinu var safnað, til notkunar þegar borframkvæmdir stóðu yfir. Um var að ræða blöndu af afrennsli frá skiljustöð, þéttivatni frá kæliturnum, afrennsli af jarðhitasvæðinu og úrkomuvatni.

Eftir dælingu á holuna frá 8. júlí til 21. október 1992 sást útfellingarskæni á holutoppi og við nánari athugun reyndist þetta vera kalsít ( $\text{CaCO}_3$ ). Þá var ádælingin stöðvuð tímabundið meðan ástandið var endurmetið. Haldið var áfram dælingu 21. janúar -7. maí 1993 með vatni úr borlóni, en aðeins voru notaðir 2-6 l/s eða 10-20 % af því sem áður var. Þá var skipt yfir í ferskt vatn úr veitunni frá Sandabotnum 23. ágúst -7. október sama ár. Eftir það var notað skiljuvatn frá holu KG-24 og rann það í holuna til 8. febrúar 1996.



Mynd 6. Breytingar á dýpi KG-26 með tíma og dæling í holuna eftir borun.

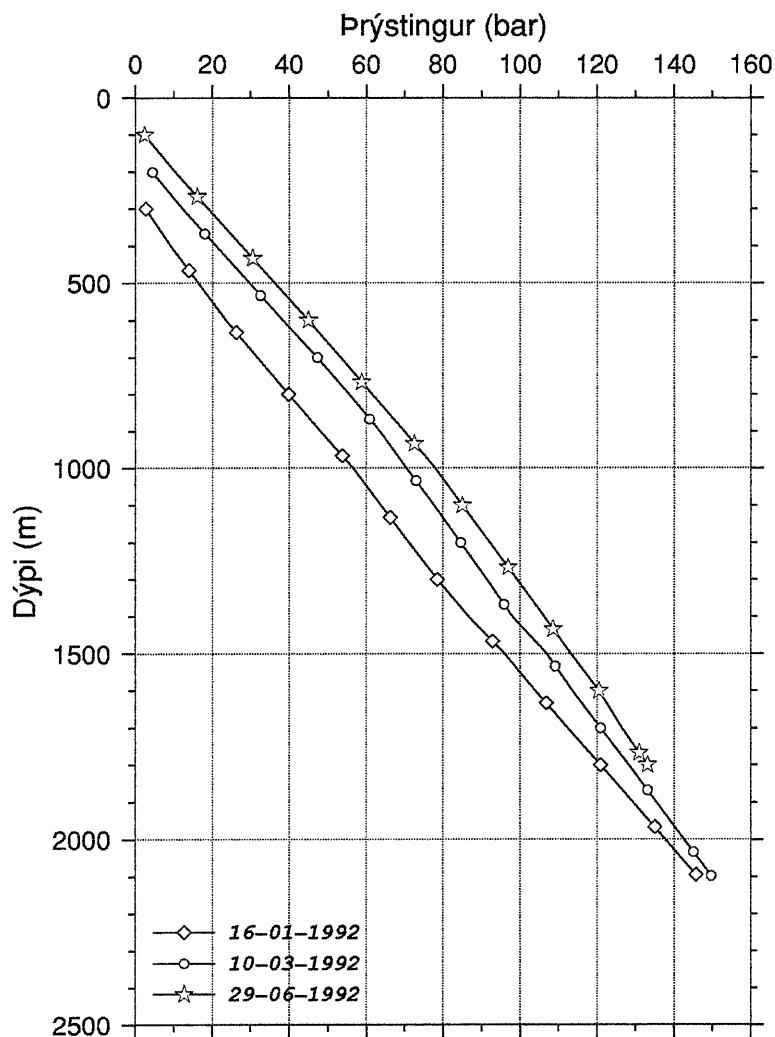
Fleiri skýringar geta verið til staðar á grynnkun holunnar en efnasamsetning vatnsins sem niður fór. Hugsanlega skiptir magnið sem niður fór ekki minna máli eins og lesa má út úr mynd 6. Ekki liggja fyrir neinar upplýsingar um að holan hafi grynnað á tímabilinu þegar dælt var í hana 20-30 l/s. Hún var ekki lóðuð á þessum tíma, en það var gert eftir að dælingin hafði verið minnkuð og þá fyrst varð vart við að hún hafði grynnað. Hámark skiljuvatnsins er niður fór var 5 l/s, þar sem holan tók ekki við meiru á þessum tíma. Þá ber að hafa í huga að skiljuvatnið var yfir 100°C heitt og því minni kæliáhrif og þar af leiðandi minna um kælisprungumyndun í tregleiðandi holu.

Sumarið 1996 mældist botn holu KG-26 á rúmlega 2000 m dýpi. Við hreinsun færðist botninn niður á rúmlega 2100 m, en eftir stutt blásturspróf undir árslok 1996 hefur botn holunnar ávallt lóðast á tæplega 2000 m.

## Mælingar á hita og þrýstingi

Í tengslum við borun og eftirlit hefur orðið til álitlegur gagnabanki hita- og þrýstimælinga úr holu KG-26 eins og sést í töflum 2 og 3. Mælingarnar varpa nokkuð skýru ljósi á ástand holunnar hverju sinni.

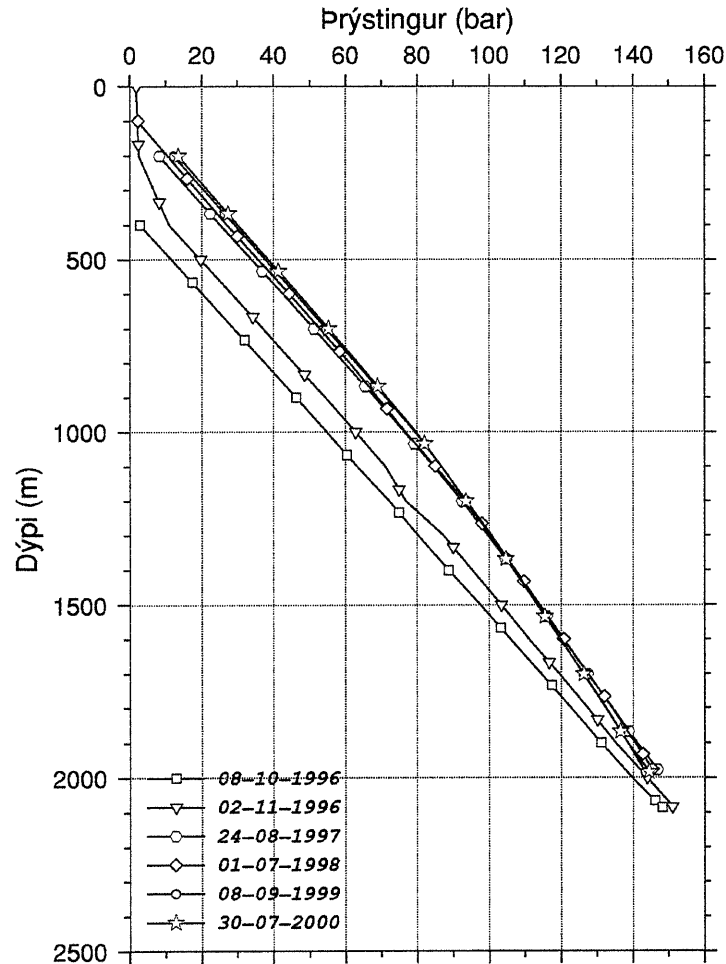
Til þess að sjá breytingar í holunni frá borun og fram að síðustu mælingum árið 2000 er gagnlegt að skoða nokkrar hita og þrýstimælingar. Í upphitunarmælingum eftir borun komu fram athyglisverðar niðurstöður. Þrýstiferlarnir á mynd 7 eru nokkuð samsíða og skerast ekki nema ef vera skyldi neðan við þáverandi botn holunnar, ef þeir eru framlengdir áfram niður. Almennt er búist við að skurðpunkturinn liggja þar sem besta æð holunnar er og stjórnar hún þá vatnsborðinu (þrýsting). Að sjá áætlaðan skurðpunkt neðan við boraðan botn er allsérstakt. Ein möguleg skýring er að samgangur sé við æð etv. nálægt 2.200 m dýpi. Önnur skýring er að mælingarnar skerist við botnæð þegar ferlunum hefur verið hliðrað um sem nemur skekkjumörkum mælinga. Hitamælingar á myndum 2, 9 og 10 gefa til kynna æð eða æðar við botn holunnar, og er það ákveðinn stuðningur við ofangreindar vangaveltur. Þegar holan tók að grynka vegna ádælingar var viðbúið að botnæðar hefðu stíflast. Því til stuðnings var greinileg tregða við ádælingu með tíma, en hafa verður þó í huga að heitara vatn var notað 1993-96, en dælt var í holuna við borlok.



Mynd 7. Þrýstimælingar í upphitun eftir borun KG-26.

Vegna fyrirhugaðrar endurvinnslu holunnar 1996 og síðar í tengslum við eftirlit voru gerðar fjölmargar hita- og þrýstimælingar. Þrýstimælingar á upphitunartímabilinu 1996 sýna sömu einkenni

og áður eftir að borun lauk. Síðan koma fram merkilegar breytingar í eftirlitsmælingum á árunum 1997-2000. Breytingarnar felast í því að ferlarnir skerast á um 1400-1500 m dýpi eða við æðar sem vitað er um frá því borun stóð yfir, en voru þá mun tregari en botnæðarnar. Það er ákveðin vísbending um að botnæðarnar séu stíflaðar og að nauðsynlegt verði að endurbora neðri hluta holunnar til að tengja hana við lekari æðar fyrir niðurdælingu.

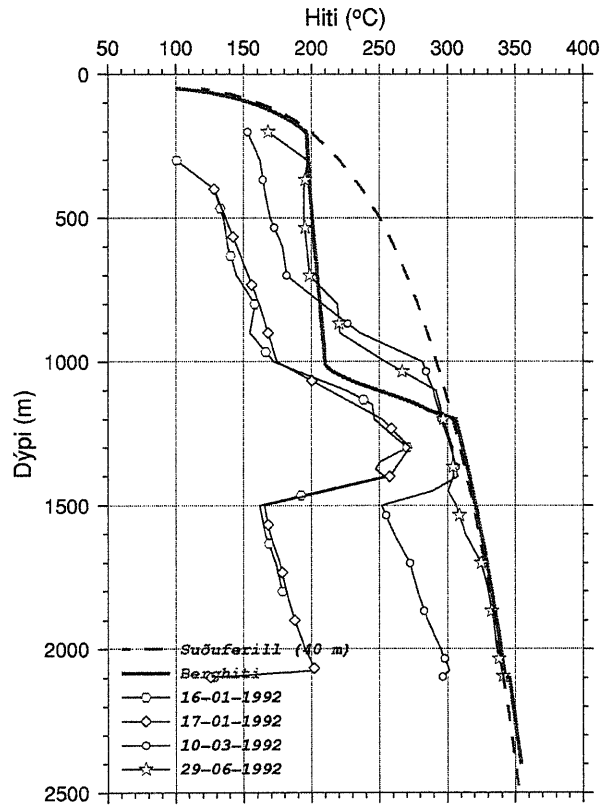


Mynd 8. Þrýstimælingar í KG-26 eftir endurvinnslu 1996.

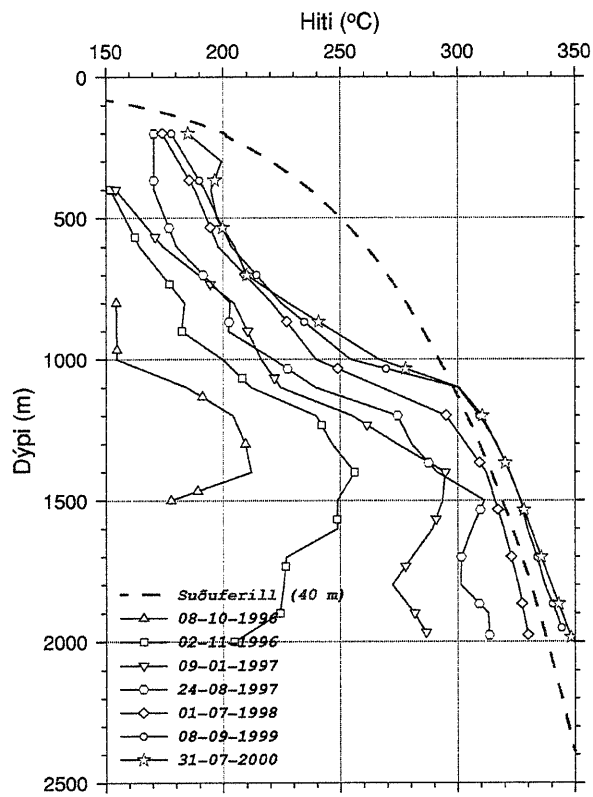
Til hliðsjónar eru sýndar á mynd 9 hitamælingar frá sama tíma og þrýstimælingar á myndum 7 og 8. Hitamælingarnar sýna nokkuð ákveðið skilin milli efri og neðri hluta á um 1000-1200 m dýpi. Ekki er möguleiki á rennsli milli efri og neðri hluta þar sem vinnslufóðring var steypst niður á 1200 m dýpi. Upphitunarhraði eftir borun er mismikill. Tiltölulega þéttur kafli er frá 1200-1400 m dýpi og hitnar hann þar af leiðandi hraðar vegna lítillar kælingar út í bergið meðan á borun stóð. Neðan við 1400 m hitnar holan á 6 mánuðum nokkurn veginn að suðumarksferli. Reiknaður berghiti, sem er byggður á fyrirliggjandi hitamælingum er sýndur ásamt suðumarksferli miðað við að vatnsborð sé á 40 m dýpi. Á upphitunartímabilinu má greina æðar neðan 1400-1600 m dýpis og er það í góðu samræmi við niðurstöður hitamælinga meðan á borun stóð. Ennfremur sjást botnæðarnar greinilega í upphitunarmælingunum og ljóst að þær eru við suðumarkshita, eða á bilinu 340-350 °C.

Hitamælingar eftir 1996 (mynd 10) eru í meginatriðum eins og á mynd 9 en upphitun er að einhverju leyti hægari neðan 1400 m dýpis. Það stafar að öllum líkindum af langvinnri kælingu frá borun. Eftir að holan hefur náð suðumarksferli færirst stjórnun á þrýstingi frá botnæðum upp til efri æða á um 1400-1500 m dýpi (mynd 8). Þessi breyting getur skipt sköpum varðandi niðurdælingu. Vísbendingar eru mjög sterkar um að botnæðar geti verið stíflaðar, og holan því orðin frekar treg og það vatnsmagn sem hægt er að dæla niður verði þar af leiðandi verulega minna en ráð er fyrir gert.





Mynd 9. Upphitun holu KG-26 eftir að borun lauk.



Mynd 10. Hitamælingar eftir tilraun til endurvinnslu 1996.

**Tafla 2. Þrýstingur í holu KG-26.**

Svunta (nr.)	Dagsetning	Mæliaðferð	dýpi (m)	dýpi (m)	Athugasemdir
11128	16.1.1992	A	300	2096	
11246	10.3.1992	A	200	2097	
12101	29.6.1992	A	100	1800	
12911	3.5.1993	A	1000	2050	"ád. 5 l/s" gaslykt úr holu
17329	4.7.1996	A	0	2003	Samsett úr tveimur mælingum
17675	23.9.1996	G	95	1450	Kvörðun niður
17683	24.9.1996	G	0	1400	
17569	8.10.1996	A	400	2087	Holan hefur verið á blæðing
17701	2.11.1996	A	0	2084	Smáþrýstingur á toppi en óm
18725	24.8.1997	A	200	1977	
20172	1.7.1998	A	100	1977	Dýptarmælir sýndi 9 m yfir
22347	8.9.1999	A	200	1985	Verksmiðjukvörðun notuð. Mæ
23766	30.7.2000	A	200	1983	Aflestur Þrýstings í botni

**Tafla 3. Hitamælingar í holu KG-26.**

Svunta	Dagsetning	Mæliaðferð	Dýpi (m)	Dýpi (m)	Athugasemdir
10918	11.11.1991	G	0	1205	Eftir uppteikt á leiðara
10919	17.11.1991	G	0	800	12 tímum eftir fyrstu steyp
10920	17.11.1991	G	0	800	13 tímum eftir fyrstu steyp
10922	17.11.1991	G	0	620	1.steypingu lauk kl 17:00 1
10923	17.11.1991	G	550	550	1.steypingu lauk kl 17:00 1
10924	17.11.1991	G	550	620	1.steypingu lauk kl 17:00 1
10925	17.11.1991	G	0	620	1.steypingu lauk kl 17:00 1
10926	18.11.1991	G	0	1150	2.steypingu lauk kl 18:30 1
11054	02.12.1991	G	0	1600	Borun stöðvuð kl. 13:35
11056	02.12.1991	G	0	1600	Borun stöðvuð kl. 13:35
11057	03.12.1991	G	0	1473	Haldið fullri m 20 l/s
11058	03.12.1991	G	0	1473	Haldið fullri m 20 l/s
11060	08.12.1991	G	0	1913	Útanádæling ca. 20 l/s
11062	08.12.1991	G	0	1913	Útanádæling ca. 20 l/s
11063	10.12.1991	G	0	2020	Útanádæling ca. 20 l/s frá
11065	10.12.1991	G	0	2020	Útanádæling ca. 20 l/s frá
11066	11.12.1991	G	0	2104	Útanádæling ca. 28 l/s
11068	11.12.1991	G	0	2104	Útanádæling ca. 28 l/s
11070	11.12.1991	G	614	2000	Útanádæling ca. 28 l/s stöð
11071	12.12.1991	G	0	2050	Útanádæling ca. 28 l/s stöð
11072	12.12.1991	G	70	2100	Útanádæling ca. 35 l/s kæli
11074	12.12.1991	G	500	2100	Útanádæling ca. 35 l/s kæli
11076	12.12.1991	G	114	2100	Útanádæling ca. 40 l/s;um s
11078	13.12.1991	G	0	2100	Útanádæling ca. 40 l/s;um s
11079	13.12.1991	G	0	2115	ádæling ca. 40 l/s;
11089	14.12.1991	G	4	2110	Fyrir niðursetningu á leiða
11093	15.12.1991	G	1500	2110	Dælingu (35 l/s) hætt kl 18
11094	15.12.1991	G	199	2110	Dælingu (35 l/s) hætt kl 18
11095	16.12.1991	G	159	2110	Dælingu (35 l/s) hætt kl 18

11148	09.01.1992	G	0	2115	Ádæling síðan 27/12 ca 43 l
11149	09.01.1992	G	1500	2115	Ádæling síðan 27/12 ca 43 l
11150	09.01.1992	G	1320	2115	Ádæling síðan 27/12 ca 43 l
11152	10.01.1992	G	160	1320	Ádæling síðan 27/12 ca 43 l
11116	16.01.1992	A	300	1800	Klukka gekk út í 1800 m dýp
11127	17.01.1992	A	400	2099	
11245	10.03.1992	A	200	2097	
12100	29.06.1992	A	200	2095	Hola staðið lokuð um tíma,
12909	03.05.1993	G	180	1000	"ád. 5 l/s" holan truflaðis
12910	03.05.1993	A	1000	2050	"ád. 5 l/s" gaslykt úr holu
15127	13.09.1994	A	1000	2015	Ádælingu 4 l/s hætt um háde
17330	04.07.1996	A	200	2003	Po féll úr 2.1 í 1.9 bar í
17518	24.08.1996	G	0	1161	Búið að renna á holuna í no
17521	26.08.1996	G	0	2003	Búið að renna á holuna í no
17672	20.09.1996	G	10	2089	27 l/s utanádæling
17674	20.09.1996	G	0	2085	27 l/s utanádæling Dæling a
17680	23.09.1996	G	1400	2106	Drepið á dælingu kl. 22:10
17681	23.09.1996	G	1400	2106	Drepið á dælingu kl. 22:10
17570	08.10.1996	A	800	1500	Holan hefur verið á blæðing
17768	02.11.1996	A	0	2084	Sleði gekk út í 1800 m. Sni
17895	09.01.1997	A	0	1967	Element tók ekki við sér í
18724	24.08.1997	A	200	1977	kvörðun skv. amerada forrit
20158	01.07.1998	A	200	1977	Dýptarmælir sýndi 6.3 m yfi
22348	08.09.1999	A	200	1985	Vatnsborð fundið út frá þry
23765	31.07.2000	A	200	1984	

### Tilgangur niurdælingar

Á síðasta áratug liðinnar aldar hafa umhverfismál fengið aukið vægi við uppbyggingu jarðvarma- vera sem og annarra mannvirkja. Í tengslum við það hefur m.a. verið lögð ríkari áhersla á að lágmarka öll áhrif orkuframleiðslu með jarðvarma á umhverfið. Þar með þarf að liggja ljóst fyrir í upphafi verks hvornig hægt er að bregðast við breyttum umhverfisaðstæðum, hvaða áhrif framkvæmdin hefur á umhverfið og hvaða mótvægisáðgerða er hægt að grípa til ef nauðsyn krefur. Við nýtingu jarðvarma til raforkuframleiðslu er ljóst að eitthvað verður að gera við frárennslu virkjunar eftir að vökvinn hefur farið gegnum vinnslurás. Magn frárennslis fer eftir orkuinnhaldi vökva þess sem tekinn er upp úr holunum og hvornig virkjunin nýtir hann. Í Kröflu hefur vökvinn að jafnaði hátt orkuinnihald, en það þýðir að gufuhlutinn er mjög hár og þess vegna lítið skiljuvatn. Við upphaflega hönnun Kröfluvirkjunar var gert ráð fyrir að ná hámarksnýtni úr jarðhitavökvanum með því að keyra hann gegnum tvíþrýstihverfla og var þá gengið út frá sérstökum hönnunarforsendum. Þær forsendur voru ekki til staðar þegar á reyndi, og leiddi það af sér að bora þarf sértstakar holur eftir lágvermi vökva fyrir lágþrýstihluta vinnslurásarinnar. Meginn hluti frárennslis virkjunarinnar er skiljuvatnið frá lágvermiholunum.

Niurdæling á jarðhitasvæðum er víða hluti af ferli vinnslurásar, en almennt er hún viðurkennd aðferð til að farga jarðhitavökva eftir nýtingu. Tilgangur niurdælingar getur verið margþættur og þar ber helst að nefna eftirfarandi:

- Bæta massa í kerfið í stað þess sem upp er tekinn 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 landsig vegna massatöku.

Auk ofangreindra atriða er möguleiki á því að bæta vinnsluhæfni vökva úr jarðhitakerfi með blöndun. Þær hugmyndir hafa nokkrum sinnum verið reifaðar vegna gufuöflunar í Kröflu og þá fyrst og fremst í þeim tilgangi að bæta vinnsluhæfni vökvans í jarðhitageyminum í djúpkerfinu undir Vítismó.

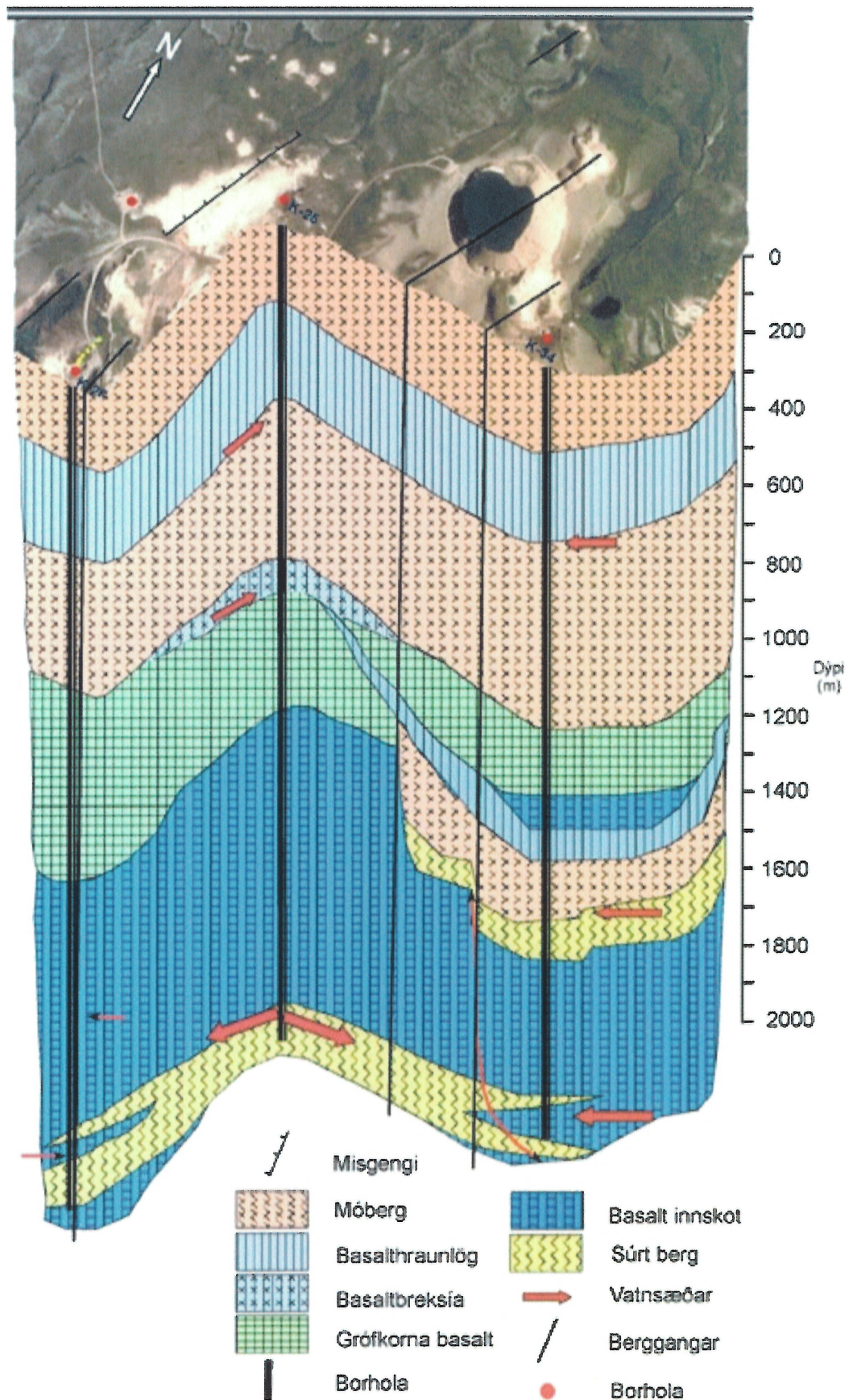
Frá því virkjunin tók til starfa hefur frárennslið runnið út í Hlíðardalslæk. Á þeim tíma hefur ekki verið kvartað undan því fyrirkomulagi. Frárennslið er umtalsvert minna en hönnunarforsendur gerðu ráð fyrir eða innan við þriðjungur. Það breytir ekki þeirri staðreynd að nauðsynlegt getur verið að farga vatninu á annan hátt, en það telst viðunandi að mati eiganda og matsaðila. Gerð var tilraun með niðurdælingu á Hvíthólum haustið 1999 og fram á vorið 2000. Megin niðurstöður voru þær að áhrif niðurdælingarinnar voru neikvæð fyrir vinnsluna með því fyrirkomulagi sem þar var viðhaft og var henni hætt vorið 2000.

Nú eru uppi hugmyndir um niðurdælingu á frárennslisvökva í holu KG-26. Landfræðilega virðist holan vera á heppilegum stað með tilliti til núverandi vinnslu (mynd 1). Holan er á vesturjaðri Leirbotnasvæðisins og væntanlega utan áhrifasvæðis núverandi vinnsluhola. Á mynd 11 eru sýndar í meginatriðum þær jarðlagamyndanir sem borholur skera í Leirbotnum (KG-26), undir Vítismó (KG-25) og undir Víti-Hveragilssvæðinu (KJ-34). Borholurannsóknir leiddu í ljós að holur KG-25 og 26 fóru í súr innskot af granófýrgerð neðan 1900-2000 m dýpis. Hóla KJ-34 sýnir aðeins þunn innskot nálægt 2000 m dýpi. Rökstuddur grunur er jafnframt um að þessa innskotagerð sé einnig að finna undir Víti. Sprengigígurinn Víti myndaðist 17. maí 1724 og þá komu upp meðal gosefna úr gosrásinni bergbrot sem fundust víða í Kröfluhlíðum og voru kölluð Kraflít. Þetta eru granófýr-hnyðlingar mjög líklega ættaðir úr áður nefndum granófýrinnskotum. Það gefur tilefni til að álykta að súra bergið hafi allmikla útbreiðslu. Um og neðan 2000 m dýpis var borað í öflugar æðar í öllum holunum eins og rauðar örvar sýna á mynd 11. Vandamál hefur verið með vinnslu úr þessum æðum með hefðbundnum aðferðum vegna lágs sýrustigs vökvans (pH~2-4). Hóla KG-26 er fódruð niður á 1200 m dýpi og er þar af leiðandi ólíklegt að niðurdæling hafi nokkur tengsl við jarðlög þar fyrir ofan, eða það svæði sem hefur verið kallað efrihluti Leirbotna. Áhrifasvæði niðurdælingarinnar samkvæmt upplýsingum um jarðlög og lekt kemur aðallega til með að verða opna æðakerfið um og undir 2000 m dýpi. Á bilinu frá 1400-1800 m dýpi eru tregari æðar, sem eru líklega lítið tengdar milli hola. Einfölduð mynd jarðlaga eins og mynd 11 sýnir segir ekki alla söguna heldur þarf að skoða jafnframt megin brotalínur og gossprungur. Ríkjandi brotastefna innan Kröfluöskjunnar er NNA-SSV, auk þess eru staðbundnari skerspennusprungur í ASA-VNV. Út við jaðra öskjunnar eru síðan til viðbótar áberandi bogasprungur. Borholurannsóknir hafa leitt í ljós að besta lektin er tengd sprungum. Þær munu því hafa áhrif á útbreiðslu vökvans, sem verður settur niður í holu KG-26, á þá leið að dreifing verður vafalaust ílöng í megin brotastefnu.

Áður en að niðurdælingu verði hrint í framkvæmd þurfa að liggja fyrir svör við tveimur grundvallarspurningum, sem eru í raun forsendur þess að verkefnið takist. Þær eru:

- Er efnainnihald vökvans, sem dæla á niður, innan þeirra marka að útfellingavandamál verði ekki til staðar.
- Sýna hermireikningar Kröflulíkansins jákvæð viðbrögð vegna niðurdælingar og þá um leið hversu miklu magni má dæla niður.

Ef svör við ofangreindum spurningum verða jákvæð þá liggur fyrir að hefjast handa við nauðsynlegan undirbúning, hvað varðar tengingu frá skiljustöð að holu KG-26. Til að byrja með þarf að þreifa sig áfram með magn þess skiljuvökva sem dælt verður niður. Á sama tíma þarf að skipuleggja umfangsmikið eftirlit til að fylgjast með hvort niðurdælingin verði merkjanleg í vinnsluholum Kröfluvirkjunar. Velja þarf ferilefni sem henta í hita yfir 300°C. Nota þarf annars vegar efni sem ferðast í gufufasa og síðan annað sem fylgir vatnsfasanum. Það útaf fyrir sig segir nokkuð til um skynsamlegt magn þess er dælt verður niður. Við upphaf þessarar tilraunar verður kannað hvernig jarðhitalíkanið af Kröflusvæðinu hermir eða bregst við mismunandi dælingu í djúpkerfið.



Mynd 11. Jarðlagaskipan undir Leirbotna-, Vítismós- og Vítis-Hveragilssvæðunum.

## Niðurlag

Við undirbúning niðurdælingar í holu KG-26 er ljóst að brugðið getur til beggja vona um hvort holan sé nægilega opin til að taka við því vatni, sem ráðgert er að dæla niður í hana. Ákveðnar vísbendingar eru um að holan sé nú ekki eins vel tengd þeim sprungum sem opnuðust eftir örvun að lokinni borun 1991 og eftir hreinsun 1996. Í upphafi niðurdælingar er þess vegna lagt til að dæla í holuna köldu vatni úr borlóni til að meta hvernig holan tekur við og til að örva lekt hennar áður en skiljuvatnið fer niður. Skiljuvatnið kemur síðan til með að kæla holuna áfram þrátt fyrir að vera yfir 100°C heitt, þar sem jarðhitageymirinn er yfir 300°C.

Ef holan reynist treg þá er það sterk vísbending um að botnæð sé stífluð, sem þýðir að meira en 100 m af efni séu ofan á æðinni. Reynist svo vera þá er ólíklegt að ádæling af köldu vatni muni rífa sig niður í gegnum botnfallið. Þó það sé tilraunarinnar virði þá er það nokkuð víst að hreinsa þurfi holuna og jafnvel dýpka um 200 m.