



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

Kalkútfellingar í borholum í Kröflu

**Tálmun útfellinga með
efnaíblöndun**

**Trausti Hauksson, Kemíu sf
Sverrir Þórhallsson, Orkustofnun
Ásgrímur Guðmundsson, Orkustofnun**

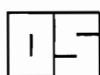
Unnið fyrir Landsvirkjun

1999

OS-99033



Skýrsla nr: OS-OS-99033	Dags: Maí 1999	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: KALKÚTFELLINGAR Í BORHOLUM Í KRÖFLU Tálmun útfellinga með efnaíblöndun		Upplag: 40
		Fjöldi síðna: 48
Höfundar: Trausti Hauksson, Kemfú Sverrir Þórhallsson, OS Ásgrímur Guðmundsson, OS		Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson
Gerð skýrslu / Verkstig: Samantekt upplýsinga. Tillögur um úrlausn		Verknúmer: 8-630665
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni er fjallað um kalkútfellingar í borholum og leiðir til þess að draga úr aflýrnun sem því fylgir. Sérstaklega er rætt um þetta vandamál í Kröflu en þar er það tengt holum KJ-9 og KJ-28 í Leirbotnum, sem vinna vökva úr svokölluðu efra kerfi. Þar er berghitinn 200-240°C en yfirleitt verða slíkar útfellingar í holum sem taka inn 150 til 250°C heitt jarðhitavatn. Settar eru fram tillögur um lausn sem felst í að tálma útfellingar með efnaíblöndun og lengja þannig árlegan rekstrartíma og auka rekstraröryggi. Einnig er gerð tillaga um ákveðið íblöndunarefni, Nalco 1340 HP, og nauðsynlegan tækjabúnað auk áætlunar um kostnað við rekstur hans. Áætlað er að um 200 kg af tálma þurfi á mánuði í hvora af holunum tveim (KJ-9 og KJ-28).		
Lykilorð: Krafla, borholur, kalkútfellingar, efnaíblöndun	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: ÁS	



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 8-630665

Trausti Hauksson, Kemíu sf
Sverrir Þórhallsson, Orkustofnun
Ásgrímur Guðmundsson, Orkustofnun

Kalkútfellingar í borholum í Kröflu

Tálmun útfellinga með efnaíblöndun

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-99033

Maí 1999

EFNISYFIRLIT

	bls	
1 INNGANGUR.....	5	
2 KALKÚTFELLINGAR Í KRÖFLUHOLUM.....	6	
2.1 Yfirmettun vegna suðu.....	6	
2.2 Hreinsun útfellinga.....	7	
3 EFNAÍBLÖNDUN	10	
3.1 Tálmun kristalvaxtar	10	
3.2 Virkniminnkun kalsíums	12	
3.3 Virkniminnkun karbónats.....	12	
3.4 Áhrif kalktálma á frárennslisvatn.....	13	
3.5 Söluaðilar kalktálma	13	
4 TÆKJABÚNAÐUR	16	
4.1 Hárpípa og sakka	16	
4.2 Spil og holutoppsbúnaður.....	17	
4.3 Dælur og efnablöndun	17	
5 NIÐURSTÖÐUR	19	
5.1 Stofnkostnaður	19	
5.2 Rekstrarkostnaður	21	
6 HEIMILDASKRÁ	22	
VIÐAUKI 1	Hola KJ-9 í Leirbotnum	25
V1.1	Borun og fóðrun	27
V1.2	Hiti og þrýstingur.....	27
V1.3	Afköst	28
V1.4	Efnasamsetning borholuvökva	30
VIÐAUKI 2	Hola KJ-28 í Leirbotnum	33
V2.1	Borun og fóðrun	35
V2.2	Hiti og þrýstingur	35
V2.3	Afköst	36
V2.4	Efnasamsetning borholuvökva	37
VIÐAUKI 3	Nalco 1340 HP (MSDS)	39

TÖFLUSKRÁ

		bls
Tafla 1	Hreinsanir holu KJ-9	8
Tafla 2	Hreinsanir holu KJ-28	8
Tafla V1.1	Hallamælingar í holu KJ-9	27
Tafla V1.2	Hola KJ-9. Efnasamsetning djúpvatns	30
Tafla V2.1	Hola KJ-28. Efnasamsetning djúpvatns	37

MYNDASKRÁ

		bls
Mynd 1	Kalkmettun í holum KJ-9 og KJ-28.....	7
Mynd 2	Staðsetning kalktappa í holu KJ-9	9
Mynd 3	Tillaga að tækjabúnaði fyrir íblöndun kalktálma	20
Mynd V1.1a	Hola KJ-9. Toppbrýstingur	29
Mynd V1.1b	Hola KJ-9. Heildarstreymi	29
Mynd V1.1c	Hola KJ-9. Vermir	29
Mynd V1.2a	Hola KJ-9. Kísilstyrkur í vatni.....	31
Mynd V1.2b	Hola KJ-9. Koldíoxíðstyrkur í gufu.....	31
Mynd V1.2c	Hola KJ-9. Kalsíumstyrkur í vatni.....	31
Mynd V2.1	Hola KJ-28. Afkastaferill	36

1 INNGANGUR

Kalkútfellingar í borholum og aflrýrnun af þeirra völdum er algengt vandamál við virkjun jarðhita. Þær verða í borholum, sem taka inn kalkmettað jarðhitavatn, sem sýður á leið upp holuna.

Yfirleitt eru þessar útfellingar mestar í holum sem taka inn 150 til 250 °C heitt jarðhitavatn. Á Íslandi hafa slíkar útfellingar t.d. orðið í borholum í Hveragerði og Svartsengi (Arnórsson, S. 1989).

Í Kröflu taka flestar borholurnar vatn úr jarðhitakerfi sem er 300 °C heitt eða heitara. Undantekning frá því eru nokkrar grunnar holur sem taka vatn úr svokölluðu efra kerfi í Leirbotnum. Þar er berghitinn um 200 til 240 °C og hafa kalkútfellingar orðið í sumum þeirra (Ármansson, H. 1989). Sérstaklega hafa þær átt sér stað í holum nálægt Hveragili en þar er vökvinn gasríkari og súrari en annars staðar á Kröflusvæðinu.

Útfellingar hafa svo vitað sé stíflað holur KG-5, KJ-9 og KJ-28 en hola KG-24 sem vinnur svipaðan vökva hefur ekki stíflast. Líkur eru á að hola KW-1 og KW-2 hafi stíflast en hola KG-8, sem er fjærst Hveragili, ekki.

Hola KJ-9, sem boruð var 1976-1977, hefur stíflast nær árlega af kalkútfellingum, sem hreinsaðar hafa verið með bor. Kostnaður vegna þessa hefur verið umtalsverður eða um 20 aurar á hverja kWst. Til viðbótar kemur orkutap vegna þess að afl holunnar er minna í nokkrar vikur fyrir hreinsun og taka þarf holuna úr vinnslu á meðan hún er hreinsuð. Síðastliðin 3 ár hefur hola verið hreinsuð með sýrupvotti og hefur það minnkað kostnað við hreinsun í um 2 auru á kWst.

Hola KJ-28, sem boruð var 1996 og var tengd haustið 1997, stíflaðist eftir árs rekstur og var hreinsuð með bor haustið 1998. Kostnaður vegna árlegrar hreinsunar er áætlaður um 11 aurar á hverja kWst og til viðbótar kemur orkutap vegna minni afkasta og styttri vinnslutíma.

Í þessari skýrslu eru settar fram tillögur að lausn sem lengir árlegan rekstrartíma og eykur rekstraröryggi hola KJ-9 og KJ-28.

Þekkt er að íblöndun útfellingatálmandi efna í borholur hefur reynst vel í þessu sambandi. Í skýrslunni er tekið saman yfirlit um þá reynslu. Jafnframt eru teknar saman helstu upplýsingar um holur KJ-9 og KJ-28 og birtar í viðauka 1 og 2.

Að síðustu er lögð fram tillaga að íblöndunarefni og þeim tækjabúnaði sem til þarf ásamt kostnaðaráætlun um uppsetningu búnaðarins og rekstur hans.

2 KALKÚTFELLINGAR Í KRÖFLUHOLUM

2.1 Kalkyfirmettun vegna suðu

Kalsít, sem er ein kristalgerð kalsíumkarbónats (kalks), er ein af einkennis-útfellingum efra kerfisins í Leirbotnum og greinist það í miklu magni í svarfi allt niður að 1000 m dýpi eða þar sem skilin eru milli efra og neðra kerfis (Hjalti Franzson o.fl, 1996). Það er því edlilegt að gera ráð fyrir því að djúpvatn í efra kerfi sé í jafnvægi við kalsít þegar það streymir inn í holuna.

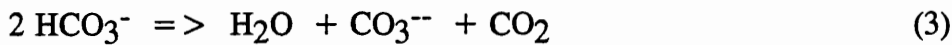
Leysni kalsíts ræðst af eftirfarandi efnavægi:



og ritast jónamargfeldi þessa efnavarfs þannig:

$$Q = (\text{Ca}^{++}) (\text{CO}_3^{--}) \quad (2)$$

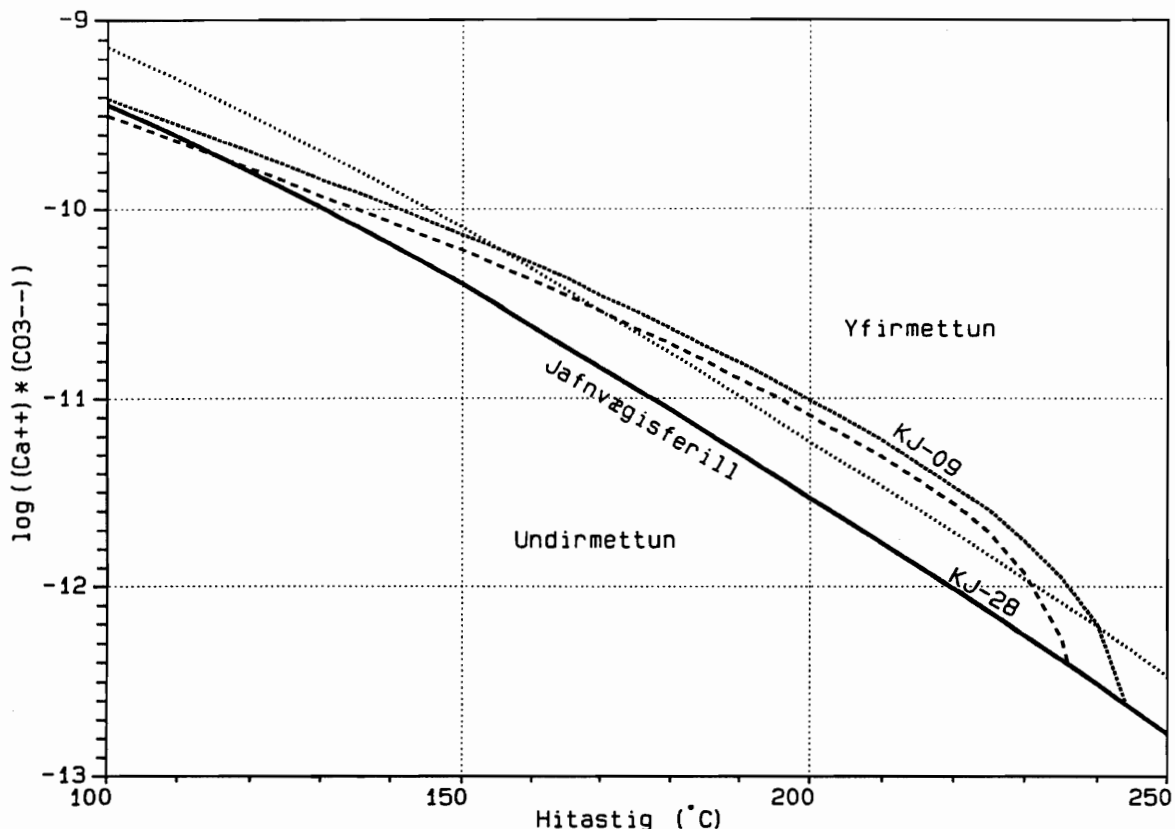
Við efnajafnvægi er jónamargfeldið jafnt leysnimargfeldi kalsíts (K_{sp}), sem er háð hitastigi. Þegar vatnið byrjar að sjóða í holunni rýkur uppleyst koldíoxíð (CO_2) yfir í gufufasann. Við það leitar eftirfarandi efnajafnvægi til hægri og styrkur karbónatjóna (CO_3^{--}) í vatninu eykst.



Aukinn karbónatstyrkur hækkar jónamargfeldið og vatnið verður yfirmettað og kalsít fellur úr lausn.

Á mynd 1 er sýnt jónamargfeldi kalsíumkarbónats ($\log Q$, reiknað með VDATA forritinu (Trausti Hauksson 1995)) í vatni sem sýður á leið upp holur KJ-9 og KJ-28. Jónamargfeldið er sýnt sem brotinn ferill. Reiknað er með að vatnið sé mettað í berggrunninum og er reiknaður styrkur basa í djúpvatni leiðréttur til þess að uppfylla það skilyrði. Á myndinni sést hvernig jónamargfeldið hækkar hratt þegar vatnið byrjar að sjóða og vatnið verður yfirmettað þ.e. verður hærra en leysnimargfeldi kalsíts ($\log K_{sp}$). Ferillinn sveigir að mettunarferlinum þegar vatnið kólnar við suðuna en verður aldrei undirmettað. Samkvæmt þessu ætti útfelling að eiga sér stað upp eftir allri holunni. Svo er þó ekki.

Hugsanleg skýring er að afgösun vatnsins sé takmarkandi og að koldíoxíð nái ekki að rjúka úr vatninu, nema að hluta til, á leiðinni upp holuna. Einnig er þekkt að allnokkra yfirmettun þarf til þess að útfelling byrji. Reynolds frá nokkrum jarðhitasvæðum á Íslandi bendir til þess að yfirmettun ($\log Q - \log K_{sp}$) þurfi að vera meiri en 0,3 til þess að útfelling eigi sér stað (Bai Laping, 1991). Þessi lína er sýnd á mynd 1 (punktalína) og má ráða af myndinni að útfelling ætti að hætta við 170 °C í holu KJ-28 og við 152 °C í holu KJ-9.



Mynd 1. Kalkmettun í holum KJ-9 og KJ-28

2.2 Hreinsun útfellinga

Hola KJ-9 hefur stíflast nær árlega af kalkútfellingum, sem hreinsaðar hafa verið með borun. Kalktappinn í holu KJ-9 hefur verið ofarlega í 9 5/8" fódningunni á 150 til 250 metra kafla. Dýpi niður á útfellinguna í hreinsiborunum hefur verið um 300 m eins og sýnt er á mynd 2 og tappinn hefur náð rétt niður fyrir 500 m dýpi.

Magn vatns og gufu sem hægt hefur verið að taka úr holunni milli hreinsana á síðustu árum hefur verið um 700 til 800 þúsund tonn (sjá töflu 1). Undantekningar voru árin 1993 til 1995 en þá voru rekstrartímabilin óvenju stutt og holan ekki hreinsuð fyrr en við lok síðara tímabilsins árið 1995. Samtals voru tekin 1100 þúsund tonn úr holunni á þessum tveimur tímabilum.

Áætlað er að um 5 tonn af útfellingum falli úr vatninu, sem streymir um holu KJ-9, áður en 221 mm víð fódringin stíflast og holan þarfnast hreinsunar. Vinnsla milli hreinsanna hefur verið um 700 til 1.100 þúsund tonn. Þetta samsvarar um 5 mg af kalki úr hverju kílógrammi vatns (5 mg/kg).

Sumarið 1995 var reynt að hreinsa holu KG-5 með ádælingu vatns, sem í var blandað gasríkri háþrýstigufu og EDTA lausn. Sú tilraun gaf nokkuð góðan árangur og hefur holan verið nýtt síðan. Þá var ákveðið að reyna slíkt einnig í holu KJ-9 sumarið 1996. Aðferðin var endurbætt eftir tilraunir þar sem leysnihraði kalks úr holu KJ-9 var mældur. Víddarmæling fyrir og eftir hreinsunina sýndi að aðgerðin hreinsaði holuna að mestu þrátt fyrir að ekki hafi gefist nægur tími til þess að láta renna á holuna allan þann tíma sem áætlað var, vegna þess hve sumarstoppið var stutt. Kolsýruhreinsunin entist

293 daga, en þá höfðu verið tekin úr holunni 670 þúsund tonn af vatni og gufu. Holan dugði því heldur skemur heldur en eftir venjulega borun.

Hola KJ-9 var síðan hreinsuð með saltsýru sumarið 1997, en sú aðferð er fljótvirkari en kolsýruhreinsun. Holan var ekki víddarmæld eftir þessa hreinsun en 6" karfa gekk niður á 600 metra dýpi.

Haustið 1998 var holan hreinsuð á ný með sýru í tveimur atrennum, því eftir fyrri hreinsunina gekk erfiðlega að tengja holuna inn á háþrýstiveitu. Þrátt fyrir það var enn erfitt að reka holuna á háþrýstiveitu. Hugsanlegt er talið að aukinn niðurdráttur vegna stórauðinnar vinnslu úr efra kerfinu valdi því en ekki útfellingar í holunni. Holan var því tengd inn á lágþrýstiveitu.

Hola KJ-28 var hreinsuð í blæstri haustið 1998 eftir vinnslu í rúmlega eitt ár. Yfirlit yfir hreinsunina er sýnt í tölu 2. Tappinn náði frá 512 m dýpi og niður á 732 m.

Svipað magn af útfellingum þarf til þess að stífla holu KJ-28 og holu KJ-9 en suðan í henni er í leiðaranum sem er 221 mm að innanmáli eins og fódning holu KJ-9. Vinnsla fram að hreinsun 1998 var 1.800 þúsund tonn sem samsvarar um 3 mg af kalki úr hverju kílógrammi eða tæplega helmingi minni útfellingarhraði en í holu KJ-9.

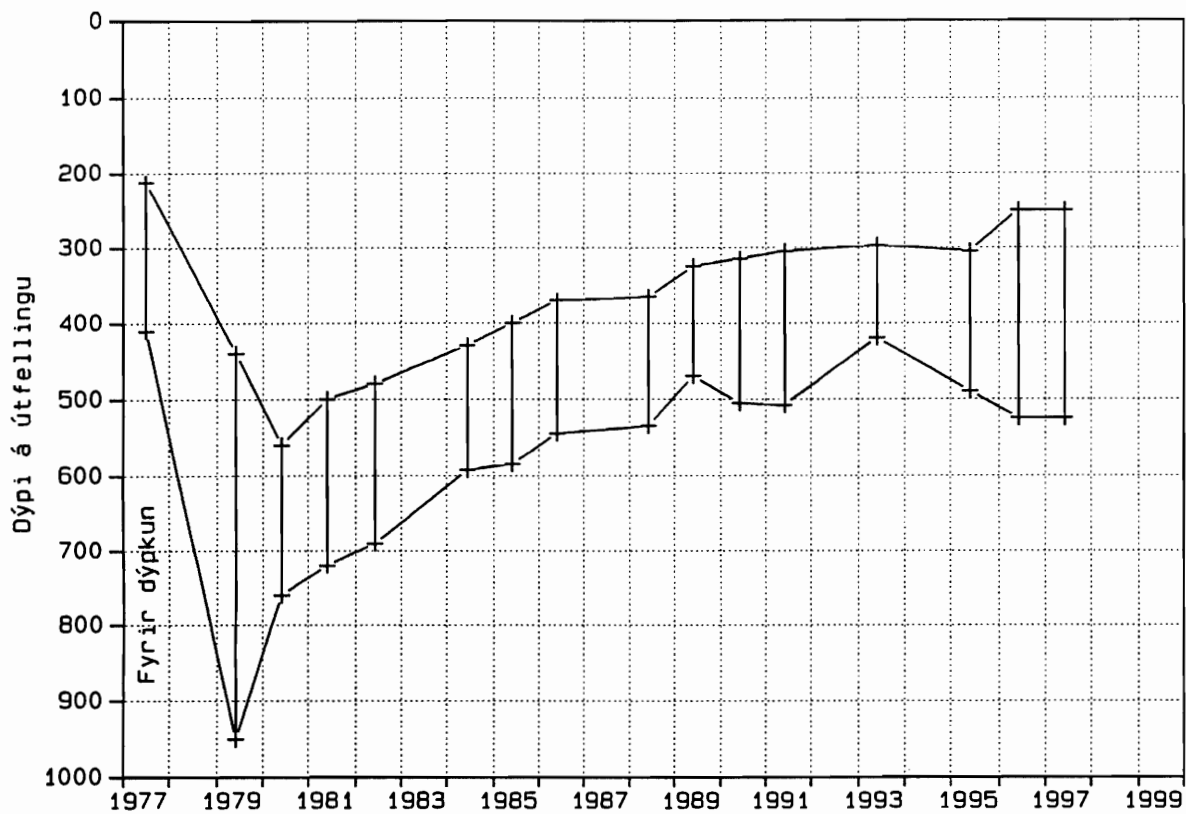
Tafla 1. Hreinsanir holu KJ-9

Ár	Kalktappi (m)	Aðgerð	Vinnsla eftir hreinsun (dagar)	(ktonn)
1990	314-506	Útborun	289	790
1991	304-507	Útborun	227	780
1993	298-421	Útborun	464	1.120
1995	305-490	Útborun	237	650
1996	250-525 *)	Kolsýra	293	670
1997	250-525 *)	Saltsýra	317	825
1998	ekki mælt	Saltsýra		

*) Víddarmæling

Tafla 2. Hreinsanir holu KJ-28

Ár	Kalktappi (m)	Aðferð	Vinnsla eftir hreinsun (dagar)	(ktonn)
1997		Upphleypling	380	1,800
1998	512-732	Útborun		



Mynd 2. Staðsetning kalktappa í holu KJ-9

3. ÍBLÖNDUNAREFNI

Tvær meginleiðir eru mögulegar til þess að hindra kalkútfellingar með efnaþblöndun. Í fyrsta lagi er hægt að hindra kristalvöxt og samloðun kalkagnanna sem eru að myndast. Í öðru lagi er hægt að minnka virkni þeirra jóna sem mynda útfellinguna þ.e. kalsíums (Ca^{++}) og karbónats (CO_3^{--}) og lækka þar með jónamargfeldið og draga úr yfirmettun.

3.1 Hindrun kristalvaxtar

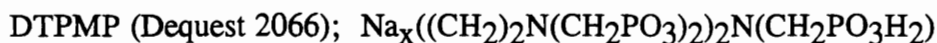
Þegar vatn verður yfirmettað af kalsíti fellur kalsíum og karbónat úr lausn og myndar reglulegan kalsítkristal. Þetta gerist þannig að jákvæðar kalsíumjónir og neikvæðar karbónatjónir festast til skiptist á yfirborð kristalsins. Aðeins fáir virkir staðir á hverri kristalögn taka við nýrri jón og slétt yfirborð kristalsins þekst einu atómlagi í einu.

Efni sem bindast yfirborði kalsítkristals, sem er að vaxa, trufla reglubundinn vöxtinn og hindra hann. Styrkur slíkra efna, sem nefnast tálmar (inhibitor), þarf ekki að vera mikill til þess að ná þessari virkni og oft næst góð virkni með minni styrk en 1 ppm (einn miljónasti, mg/kg).

Tálmar eru oft notaðir til þess að hindra kalkútfellingar úr ketilvatni og kælivatni en fyrstu tilraunir með notkun þeirra í jarðhitaholum voru gerðar fyrir um 20 árum (Vetter et al 1979).

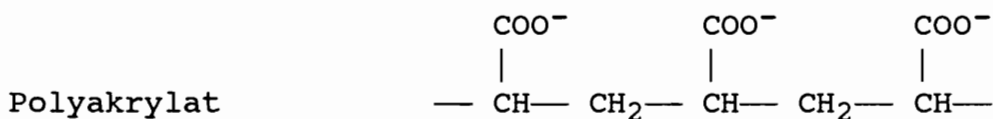
Lífræn fosfatsambönd (fosfónat) bindast kalsíumjónum á yfirborði kristalsins og eru mjög áhrifarík við að tálma vexti kalsíts. Dæmi um efnaþblöndur af þessari gerð eru t.d. Dequest og Sequion.

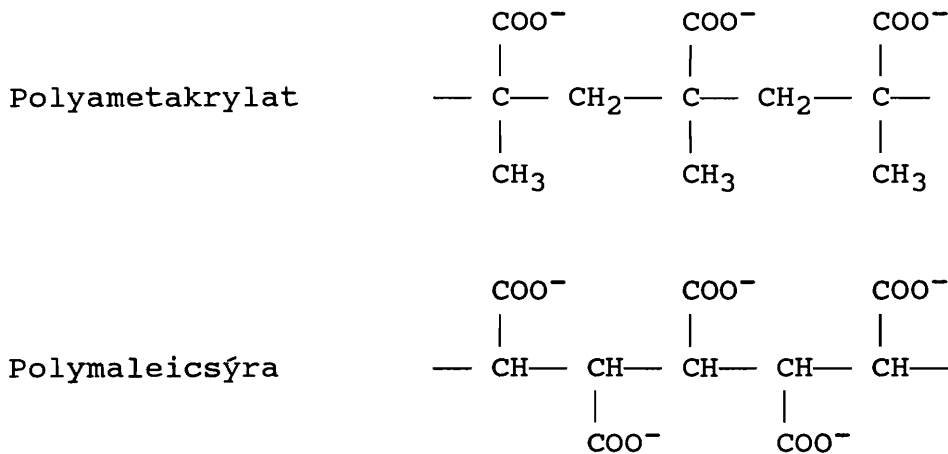
Nokkrar gerðir af fosfónötum eru fáanleg og eru byggingarformúlur tveggja Dequest efna eftirfarandi:



Fosfónöt eru ýmist seld sem sýrulausn, sem er tærandi við háan hita, eða basískar lausnir sem í hefur verið blandað natríum hydroxíði. Hætta er á að fosfónöt brotni niður við háan hita og verði óvirk eða myndi fosfat sem síðan getur myndað kalsíumfosfat útfellingar.

Önnur gerð tálma eru fjölliður með virkum sýruhópum s.s. karboxyl ($-\text{COOH}$) hópum sem við köllum hér fjölsýrur. Dæmi um slík efni eru polyacrylat, polymethacrylat og polymaleicanhydride (polymaleicacid). Bygging efnanna er eftirfarandi:





Fjölsýrurnar festast á kalsíumkristalnum en teygja sig út úr honum og trufla skipulagðan kristalvöxt svipað og fosfónöt. Þær eru neikvætt hlaðnar sem veldur því að kristalagnirnar hrinda hver annarri frá sér. Mikilvægt er að lengd fjölliðurnar sé rétt til þess að fá fram þessa virkni. Ef þær eru of langar geta þær brúað bilið milli agnanna og aukið útfellingarhraðann í stað þess að minnka hann. Ef fjölliðurnar eru stuttar verður virknin ekki nægileg.

Dæmi um efnablöndur í þessum flokki eru Millsperse (polymaleic anhydride, PMA) Flocon (polycarboxylic acid) og Nalco 1340 (polyacrylat, PA). Einnig eru á markaðnum efnablöndur sem innihalda bæði polykarboxylat og fosfónat. Dæmi um slík efni er PERFORMAX (polyacrylate, polymaleic anhydride og fosfónat).

Eins og fyrr segir er hætt á að efnin brotni niður þegar þau hitna upp í þann hita sem er á jarðhitavatni djúpt í jarðhitaholum og að virkni þeirra minnki. Flest efni hafa verði þróuð til notkunar í ketilvatni við lægri hita en er í jarðhitaborholum. Til þess að velja tálma sem hentar fyrir jarðhitanotkun hefur þurft að gera tilraunir við hærri hita en áður þekktist.

Tilraunir sýndu að Dequest 2066 (fosfónat) var mjög áhrifaríkt jafnvel í litlum styrk og hitun í 210 °C hafði ekki áhrif á virknina (Corsi et al 1985). Önnur efni sem prófuð voru og reyndust síðri voru Ecostabil (fosfónat), Ecopol (polyacrylamide), Nadar (fosfónat), Flocon (polycarboxylic acid) og Chelone (fosfónat).

Samanburður á virkni polyakrylata (PA) og polymaleic anhydrid (PMA) sýndu að PMA var virkast ef þess var gætt að mólþungi fjölliðanna væri um 5000 g/mól (Vaska and Kellogg, 1989).

Í tilraun þar sem borin voru saman efni frá fjórum söluaðilum kalktálma í Bandaríkjunum kom í ljós að Dequest 2060 (fosfónat) var virkasta efnið en Nalco 1382 (polyacrylat) kom næst. Efni frá Drew (Polymaleic anhydride) og Betz reyndust síður (Osborn et al 1990). Dequest 2060 efnið reyndist erfitt í meðförum vegna þess hve það var tærandi.

Tilraunir á jarðhitasvæðum hafa verið gerðar þar sem kalktálum frá nokkrum söluaðilum var dælt í holur í breytilegu magni og virknin mæld með því að efnagreina styrk kalsíums í vatninu sem upp kemur. Því hærri sem styrkur kalsíums er í vatninu sem upp kemur þeim mun betur virkar efnið.

Á Dixie Walley svæðinu í Nevada voru efni frá þremur framleiðendum reynd, en allir höfðu haldið fram sínum efnum sem bestum. Öll efnin gáfu fulla virkni í 5 ppm styrk en efnin frá Nalco (N-1340 og N-1382, PA) héldu virkninni við lágsta styrk en efnin frá Drew (Millsperse 802, PMA og Drewperse 747B, PA) og Betz (GCP-188 og DG-1357 polyacrylat og fosfónatblanda) misstu virknina þegar styrkurinn minnkaði

niður fyrir 4 ppm. Svo virtist þó sem sum efnanna væru útþynnt með vatni og ef tekið var tillit til þess virtust öll efnin gefa svipaðan árangur óháð styrk.

Á Kawerau svæðinu á Nýja Sjálandi var efnið SURFLO RD3056 valið til notkunar í 260 °C heitri holu eftir umfangsmiklar tilraunir á rannsóknastofu (Robson et.al, 1990). Efnið gaf nokkurn árangur jafnvel í 1 ppm styrk en afköst holunnar minnkuðu þó áfram vegna útfellinga en hægar en fyrr.

Á Coso svæðinu í Kaliforníu var polymaleic anhydrið valið því annað efni sem reynt var (polyakrylat/terpolymerblanda, Nalco 1382) átti til að brotna niður og stífla hárpípuna. Fosfónöt voru ekki reynd (Lovekin, J.W. 1990). Full virkni náðist með 2,5 til 5 ppm styrk en ekki var reynt að minnka hann meira en það vegna púlsandi rennslis úr holunum.

Millsperse 822 (PMA) var reynt á Intermountain svæðinu í Utha með góðum árangri (Monette et. al 1991). Hiti vatnsins sem streymdi inn í holuna var 212 °C og var efninu dælt í holuna á 1060 m dýpi. Millsperse 822 hefur verið notað í allt að 70 jarðhitaholum við hita frá 130 til 270 °C (N. Kellogg, pers. uppl.). Efninu er yfirleitt dælt í gegnum ryðfrí rör (316) niður á 500 til 1200 m dýpi.

Á Miravalles svæðinu í Costa Rica eru notaðir tveir tálmar Nalco 1340 (polyacrylic sýra) og Aquaquest 305E (Natriumpolyacrylat) og er styrkurinn 0,5 til 1,5 ppm (Antonio Yock Fung, pers. uppl.).

Dequest 2066 hefur reynst best af fosfónötum þegar þau voru prófuð við lágan hita en Dequest 2006 betur í tilraunum við 236°C (K.Kuczynski, pers. uppl.). Dequest 2006 hélt 90% af virkni eftir tvær klst við 234 °C og pH 7. Til þess að komast hjá myndun kalsíum fosfats er mælt með því að byrjað sé að skammta lítið magn og það síðan aukið þar til viðunandi árangur næst.

Dequest efnin komplexbinda stál og eru því tærandi. Ekki er mælt með geymslu þeirra í flátum úr kolstáli eða ryðfríu stáli.

Eins og fyrr segir þarf lítinn styrk tálma til þess að stöðva myndun kalkútfellingar og fer magnið eftir yfirmettun. Nægilegur styrkur er yfirleitt á bilinu 0,5 til 10 ppm af óþynntu efni. Þar sem styrkur kalsíums í Kröfluholum er lítill og útfellingarhraði ekki með því mesta sem þekkist þá ætti magnið að vera í minna lagi, jafnvel ekki meira en 0,5 til 1,5 ppm.

3.2 Virkniminnkun kalsíums

Virkniminnkun kalsíums (Ca^{++}) er hægt að ná fram með íblöndun efna sem mynda komplex með kalsíumjóninni (mýking) og eru nokkur efni þekkt sem bindast henni. Kalsíumstyrkur í vatninu í Kröflu er ekki mjög mikill og þarf því ekki mikið magn af mýkingarefnum til þess að hafa áhrif á yfirmettunina.

Fosfatsambönd (Polyfosföt) koma til greina í þessu sambandi. Hætta er þó á að kalsíumfosfat falli út sem fast efni og er ekki mælt með notkun þess við háan hita.

Polyfosfat er notað með góðum árangri til þess að hindra kalkútfellingar úr lághitavatni á Suðureyri við Súgandafjörð. Það virkar bæði sem mýkingarefni og tálmandi efni og að auki varnar það tæringu vegna myndunar járnfosfathúðar á yfirborði stálsins.

EDTA myndar komplex með kalsíum og er notað til þess að mýkja vatn (sequestering) og til þess að leysa upp kalkútfellingar. EDTA brotnar niður við háan hita og því ekki ráðlegt til notkunar við þann hita sem er í holum KJ-9 og KJ-28.

Þessi aðferð hefur svo vitað sé ekki verið notuð í háhitaholum til þess að hindra kalkútfellingar en EDTA var notað við hreinsun holu KG-5 og reyndist vel. EDTA er mun dýrara en saltsýra og hefur því ekki verið notað áfram í þeim tilgangi í Kröflu.

Ekkert bendir til þess að EDTA sé hagkvæmari aðferð til þess að hindra kalkútfellinguna en notkun tálma.

3.3 Virkniminnkun karbónats

Virgni karbónats (CO_3^{--}) minnkar ef sýrustigið er lækkað með íblöndun sýru. Til greina kemur að nota sterka sýru eins og t.d. saltsýru eða brennisteinssýru. Einnig kemur til greina að nota kolsýru eða aðra veika sýru eins og maurasýru eða sítrónusýru.

Reikningar sýna að mikla kolsýru þarf til þess að eyða yfirmettuninni í holunni því kolsýran rýkur úr vatninu við suðuna. Þessi aðferð kemur því ekki til greina fyrir holur KJ-9 og KJ-28 því svo mikla kolsýru er ekki að fá með auðveldum hætti í Kröflu.

Til þess að eyða yfirmettun þarf um 40 mg/kg af brennisteinssýru fyrir holu KJ-28 eða um 95 tonn á ári miðað við 70 kg/s heildarrensli. Fyrir holu KJ-9 þarf um 80 mg/kg eða 109 tonn á ári miðað við 40 kg/s heildarrensli. Brennisteinssýra er ekki dýr en meðhöndlun sterkrar sýru er varasöm og erfitt getur reynst að koma henni niður í holunna og verður að nota plasthúðuð stálrör til þess að koma í veg fyrir tæringu, en slík rör eru ekki almennt fáanleg.

3.4 Áhrif kalktálma á frárennslisvatn

Efni sem dælt er í blásandi borholur kemur upp um holuna og berst með vatnsfasa í gegnum skiljustöð Kröflustöðvar og endar í Hlíðardalslæk, nema skiljuvatninu sé dælt niður aftur. Taka verður tillit til umhverfisáhrifa þegar efni er valið.

Sýruíblöndun er væntanlega besti kosturinn út frá umhverfissjónarmiðum. Vatnið frá virkjuninni er basískt og sýruíblöndunin mun í mesta lagi lækka sýrustigið um 0,5 pH stig, úr pH 9,5 í 9,0. Ef brennisteinssýra er notuð eykst súlfatstyrkur lítilsháttar en hann verður langt innan við æskilegt hámark.

Efni sem innihalda fosfór (fosfónöt) brotna niður og munu auka fosfórstyrk í Hlíðardalslæk. Það getur haft áhrif á þörungavöxt í læknum og er e.t.v. ekki æskilegt þó ekki sé um ofgnótt fosfats í vatninu eða jarðveginum sem lækurinn rennur um. Fosfónöt eru ekki talin skaðleg umhverfinu í þeim styrk sem sem ráðlagður er.

Fjölsýrur brotna niður í vatn og koldíoxíð fyrir tilstuðlan baktería. Það gerist þó á nokkrum vikum og munu efnin því berast niður eftir Hlíðardalslæk í einhverjum mæli áður en þau eyðast. Þau geta e.t.v. haft áhrif á þörungagróður í læknum en efnin eru ekki talin skaðleg umhverfinu í þeim styrk sem sem ráðlagður er.

EKKI eru fyrirsjáanleg vandkvæði af völdum efnanna í sambandi við varmavinnslu úr vatninu í varmaskiptum. Líklegra er að þau muni hindra útfellingar í varmaskiptum að einhverju marki og vera til bóta í því sambandi.

Ef frárennslisvatninu verður dælt niður í borholur eins og áætlanir eru um munu efnin hindra kalkútfellingar í dælubúnaði og niðurdælingarholum. Virgni tálma mun ekki endast lengi eftir niðurdælingarvatnið kemst í snertingu við berg vegna þess að kalk og aðrar steindir í berginu munu draga þau að sér. Sýring vatnsins er til bóta með tilliti til væntanlegrar niðurdælingar því sýra verður frárennslisvatnið í Kröflu til þess að hindra kalkútfellingar þegar því verður dælt niður og það hitnar á ný í berggrunninum.

3.5 Söluáðilar efna

Haft var samband við þrjá söluáðila kalktálma, sem fjallað hefur verið um í greinum

um prófanir og reynslu í sambandi við jarðhitanýtingu, þ.e. Nalco, Drew og Solutia (áður Monsanto). Fyrirtækin eru með skrifstofur um allan heim og var fyrirspurnum beint til aðalskrifstofu þeirra. Þær voru sendar áfram til söluskrifstofa þeirra í Evrópu sem hafa með Ísland að gera. Sendar voru fyrirspurnir um efnin Nalco 1340, Millspers 822 og Dequest 2066. Þessi efni reyndust ekki öll fánleg í Evrópu og var því í tveimur tilfellum boðið upp á önnur efni sem seld eru í Evrópu í þessum tilgangi.

Þegar gengið var frekar eftir því var hægt að fá tilboð í Nalco 1340 frá Bandaríkjunum en það efni er notað á Miravalles svæðinu.

Dequest efnin var hægt að fá í Evrópu en söluaðili efnanna mælti frekar með notkun Dequest 2006 en Dequest 2066 byggt á þeirra tilraunum við háan hita.

Fengnar voru upplýsingar frá söluaðilunum um eðliseiginleika efnanna sem og um öryggisatriði í sambandi við meðhöndlun og umhverfisáhrif förgunar þeirra.

Eftirfarandi efni voru boðin.

Dequest 2006

Aminotri(methylene phosphonic acid) 38 - 42%

Eðlisþyngd 1390 - 1450 kg/m³

Umhverfishætta: lítil

Frýs við -16 °C

Sýrustig (pH) 10 - 11 (1% lausn)

Ráðlagður styrkur 2 - 10 ppm

Verð USD 1,35/kg CIF Reykjavík (10 tonn) (99 kr/kg)

Nalco 95DO066

Polymaleic acid 30 - 60%, Maleic acid 1 - 5%

Frýs við -10 °C

Sýrustig (pH) < 2

Eðlisþyngd 1170 kg/m³

Umhverfishætta: lítil

Ráðlagður styrkur 1 - 5 ppm

Verð USD 4,95/kg ExW Liverpool (362 kr/kg)

Nalco 1340 HP

Polyacrylate

Frýs við -32 °C

Sýrustig (pH) 4,1

Eðlisþyngd 1110 kg/m³

Umhverfishætta: lítil

Verð USD 4,95/kg FOB New York (362 kr/kg)

Ráðlagður styrkur 2 - 10 ppm

Drewspers 747A

Polycarboxylic acid 40 - 55% (Acrylic copolymer)

Frýs við < 4 °C

Sýrustig (pH) 1

Eðlisþyngd 1173 kg/m³

Umhverfishætta: lítil

Ráðlagður styrkur 0,5 - 10 ppm

Verð SEK 42/kg FOB Gautaborg (369 kr/kg)

Dequest efnið er lang ódýrast en fjölsýrurnar frá Nalco og Drew eru á sambærilegu verði. Upplýsingar frá framleiðanda Dequest efnanna benda til þess að það sé tærandi fyrir ryðfrítt stál (Solutia 1992).

Nalco 1340 efnið er útpýntara en Nalco 95DO066 efnið og þarf því meira af því til þess að ná sömu virkni. Það er því í raun allt að 50 % dýrara.

Drewsperser 747A er samkvæmt upplýsingum framleiðanda sama efni og Millsperser 815 og Millsperser 822 er sama efni og Millsperser 815 en þynnt 1:9.

Þar sem ekki voru í öllum tilfellum boðin nákvæmlega sömu efni og reynd hafa verið með góðum árangri á öðrum jarðhitasvæðum þá er ekki hægt að taka endanlega afstöðu til þeirra nema eftir prófun þeirra í Kröflu. Þetta er sérstaklega mikilvægt vegna þess að mólþungi fjölsýranna getur haft áhrif á virkni þeirra en nákvæmar upplýsingar um eiginleika efnanna fást ekki.

Lagt er til að til að byrja með verði notað efni sem reynist vel í jarðhitavirkjunum annars staðar. Þegar íblöndunin er farin að ganga snurðulaust verður hægt að skoða betur hvort önnur efni sem eru ódýrari eða auðveldara að útvega skili sama eða betri árangri.

Með því að mæla kalkstyrkinn í holuvatninu má á fljótlegan hátt skera úr um virkni þeirra og velja síðan það efni sem er hagkvæmast til áframhaldandi notkunar.

4. TÆKJABÚNAÐUR

Tálmanum þarf að koma um 100 m niður fyrir suðuborð í blásandi holu. Útfelling í holu KJ-9 hefur á síðustu árum náð niður á um 500 til 550 m dýpi og í holu KJ-28 á um 730 m dýpi. Þræða þarf því um 7 til 800 m langt rör (hárpípu) í holurnar og nægir að innra þvermál þess sé um 4 mm til þess að dæla 5 til 10 l/klst af tálma-blöndu. Reynslan hefur sýnt að vanda þarf hönnun búnaðar og smíði hans og allan frágang ef tryggja á hnökralausa íblöndun.

4.1 Hárpípa og sakka

Flestir kalktálmar eru tærandi fyrir venjulegt stál við 230 til 240 °C hita og því nauðsynlegt að velja hárpípu úr ryðfríu efni. Einnig þarf að taka tillit til efnaeiginleika jarðhitavatsinsins sem umlykur pípuna.

Hárpípan er gerð úr heildregnu stálröri um 4-6 mm í þvermál sem undið er ofan af kefli og hengt í holuna. Þyngja þarf pípuna með sökku til þess að hún vöðlist ekki upp holuna í blæstri og hún þarf að vera nægilega sterk til þess að þola núning t.d. við hengistykki eða annars staðar þar sem misfellur eru í holunni.

Ýmsar útfærslur og hárpípur úr mismunandi efnum hafa verið reyndar í jarðhita-holum en með misjöfnum árangri.

Hárpípa úr 1/4" Incoloy 825 var reynd á Kawerau svæðinu á Nýja Sjálandi eftir tilraunir þar sem tæringarþol Incoloy 825 og SS 316L stáls var prófað (Robson et al, 1990). Á hárpípuna var fest sakka, 204 kg þung, 6 metra löng og 75 mm digur. Sökkutengið var úr Hastelloy C-276 sem tengdist mótþrýstingsloka úr Monel. Hann hafði það hlutverk að koma í veg fyrir að tálmaausnin næði að sjóða í hárpípunni á leið niður holuna. Þessi búnaður reyndist vel.

Á Latera og Cesano svæðunum á Ítalíu tærðist hárpípan að innan vegna áhrifa tálmans (Dequest 2066). Hárpípan var úr Incoloy 800 og var tæringarhraðinn allt að 6 mm á ári. Gerðar voru tilraunir með hárpípu úr öðrum efnum og reyndust Hastelloy C-4 og teflonklædd Incoloy 825 pípa best (Pieri et al 1989).

Á Intermountain svæðinu í Utha var notað 1/4" hárpípa úr ryðfríu stáli til þess að flytja Millsperser 822 blöndu (Monette et. al 1991).

Á Miravalles svæðinu í Costa Rica er notað 1/4" ryðfrítt stál 316L og Incoloy (Antonio Yock Fung, pers. uppl.). Sakkan er úr sama efni og 100 til 200 kg þung.

Á Coso svæðinu í Kaliforníu var þróuð ný tækni þar sem grönn hárpípa úr ryðfríu stáli (SS 316L) er þrædd innan í ytra rör úr kolstáli (Lovekin, J.W. 1990). Þessi aðferð varð fyrir valinu vegna þess að óvarin hárpípan átti það til að slitna að því er talið var vegna núnings á stöðum þar sem misfellur voru í holunni.

Tvöfalt rör hefur marga kosti. Hárpípa úr ryðfríu stáli þolir tærandi íblöndunarefnið en ytra rörið úr kolstáli þolir brennisteinsvetnisríkan borholuvökvan betur en ryðfrítt stál. Styrkur ytra rörsins kemur í veg fyrir að núningur slíti rörið og stífleikinn verður meiri þannig að síður er hætt á að rörið vöðlist upp holuna og ekki er þörf á sökku.

Á enda röranna er festur blöndunarstútur úr ryðfríu stáli sem skrúfast í ytra rörið og tengist við innra rörið með ryðfríu háþrýstingstengi. Stundum er sett stýring framan á blöndunarstútinn.

Með því að nota tvöfalt rör opnast möguleiki á eftirliti með þrýstingi í holunni. Köfnunarefni er þrýst inn á milli hárpípunnar og ytra rörsins og sleppur út um það niður við blöndunarstútinn. Þrýstingur köfnunarefnisins er mældur en hann verður sá sami og er í holunni við blöndunarstútinn. Slíkar upplýsingar eru gagnlegar því þær

gefa til kynna hvar suðuborðið er í holunni og einnig fást upplýsingar um niðurdrátt í kringum holuna.

Ef ytra rörið fer að leka ætti það að koma fram í lægri köfnunarefnisþrýsting sem auðveldar eftirlit með rörinu í holunni.

4.2 Spil og toppbúnaður

Til þess að koma hárpípunni niður holuna þarf spil og pakkdós. Hárpípuna er hægt að setja niður um toppflangs og þarf þá að framlengja toppinn allt að 6 metra upp til þess að koma fyrir sökku.

Ef notað er tvöfalt rör er ekki þörf á sökku og opnast þá möguleiki á að þræða rörin skáhallt inn í holuna t.d. í gegnum þenslustykki undir aðaloka eins og gert er á Coso svæðinu. Þetta hefur þann kost að holulokarnir eru áfram virkir og minni fyrirferð verður á toppbúnaðinum.

Æskilegt er að spil sé staðsett að staðaldri við holuna þannig að hægt sé að draga rörið úr holunni með skömmum fyrirvara til eftirlits ef eitthvað kemur uppá t.d. ef þrýstingur utan með röri sýnir að ytra rörið lekur.

Spilið þarf að geta lyft a.m.k. 800 metrum af hárpípu eða tvöföldu röri. Miðað við 1/4" ryðfría hárpípu þarf lyftigetan að vera a.m.k 200 kg en ef rörið er tvöfalt og ytra rörið 1 1/4" með veggþykkt 0,095" verður lengjan um 1000 kg. Ef hún er undin upp á spil sem er með 1,5 m kjarna og 1,4 m breitt verður ytra þvermál rúllunnar um 1,7 m.

4.2 Dælur og efnablöndun

Til þess að lágmarka flutningskostnað verður að nota eins sterka lausn af kalktálma kostur er. Reynslan erlendis sýnir að varasamt getur verið að dæla efnunum fullsterkum í gegnum hárpípuna vegna hættu á kökun og stíflun (Benoit W.R. 1990). Efnin verður því að þynna á staðnum. Hæfileg þynning er 1 á móti 9. Til þynningar verður helst að nota afjónað og síað vatn.

Sumir kalktálmar hafa lágt sýrustig og hlutleysa getur þurft sýruna á staðnum með lút til þess að minnka tæringu.

Efnin þola fæst frost og eftir útþynningu mega þau ekki frjósa. Byggja þarf yfir blöndunar- og dælubúnaðinn og hita þarf hárpípuna þar sem hún er óvarin.

Miðað við að styrkur af fullsterku efni í holuvatninu verði 1 ppm í holu KJ-28 og 2 ppm í KJ-9 þarf um 200 lítra af efni á mánuði í hvora holu. Dæla þarf þá um 2000 lítrum af 1:9 blöndu á mánuði (2,8 l/klst) og eru hæfileg dæluafköst miðað við það um 1 til 5 l/klst.

Ef notuð er hárpípa með innra þermál um 4 mm þá tekur það blönduna um 3 til 4 klst að berast 800 m niður holuna (um 0,06 m/s). Þrýstifall vegna rennslismótstöðu verður innan við 1 bar en þrýstingur vegna vatnshæðar allt að 40 bör. Blandan rennur því að sjálfu sér á holuna nema haldið sé á móti. Þó verður að yfirvinna mótþrýsting vegna gufuþrýstings sem verður sá sami og holutoppsþrýstingurinn. Dæluþrýstingur ætti ekki að verða hærri en 10 barg fyrir holu KJ-9 en um 4 barg fyrir holu KJ-28.

Mikilvægt er að dæling efnanna sé stöðug og að ekki komi til rekstrarstöðvunar. Því þarf að fylgjast vel með dælingunni. Rennsli úr blöndunartanki þarf að mæla reglulega með sérstöku mæliglasi sem sett verður á leiðsluna frá tanki að dælum.

Fylgjast þarf með þrýstingi inn á hárpípu. Nauðsynlegt er að allur búnaðurinn sé tvöfaldur þannig að hægt sé að hreinsa síur og þjónusta dælubúnað án þess að stöðva

íblöndunina.

Ef dæling stöðvast í langan tíma er hætt á að efnin falli út í hárpípunni og hún stíflist og eyðileggist. Möguleiki þarf því að vera á útskolun pípunnar með afjónuðu vatni ef stöðva þarf dælingu.

Til þess að fylgjast með virkninni er rétt að mæla styrk kalsíums í vatninu sem kemur upp holuna með reglulegum hætti. Það er hægt að gera á staðnum með logaljósmæli eða títrun.

5. NIÐURSTÖÐUR

Nokkuð ítarleg skoðun fór fram á því sem ritað hefur verið um íblöndun kalktálma í jarðhitaholur. Mest reynsla hefur fengist á svæðum í Bandaríkjunum, sérstaklega Coso svæðinu í Kaliforníu en einnig er þessi tækni notuð í Costa Rica og á Azoreyjum. Haft var samband við aðila í Miravalles í Costa Rica og fregnir fengnar af þeirra reynslu. Einnig var haft samband við söluaðila tækjabúnaðar sem þjónusta jarðhitavirkjanir í Coso og þrjá helstu söluaðila kalktálma og ýmsar upplýsingar fengnar um tæki og efnablöndur sem þeir bjóða í þessum tilgangi.

Niðurstaða okkar og val á tækjabúnaði er sem hér segir:

Útbúnaður sem þarf að setja upp við holutopp er sýndur á mynd 3 og samanstandur af eftirfarandi:

- 1 Bygging yfir tæki, upphituð, rafmagn og vatn.
- 2 Skömmtunardælur, síur, afjónunarbúnaður og tankar.
- 3 Tvöfalt rör úr 1/4" 316L stáli innan í röri úr 1 1/4" kolstáli.
- 4 Spil með kjarna 1,5 m og a.m.k. 2 tonna togkrafti.
- 5 Sérsmíðað þenslustykki á holutopp með pakkdós.
- 6 Köfnunarefniskútur, öryggissturta, þrýstimælar o.fl.

Áætlað er að um 200 kg af tálma þurfi á mánuði í hvora holu. Ekki er hægt að segja nákvæmlega fyrir um magn efnis fyrirfram. Með því að mæla kalkstyrkinn í holuvatninu má á fljótlegan hátt skera úr um virkni efnisins og ákveða hæfilegt magn.

Lagt er til að Nalco 1340 HP tálmi verði reyndur fyrst. Seinna þegar íblöndunin er farin að ganga snurðulaust má kanna hvort Drewperse 747A gefur svipaðan árangur en það efni er ódýrara og auðveldara að útvega.

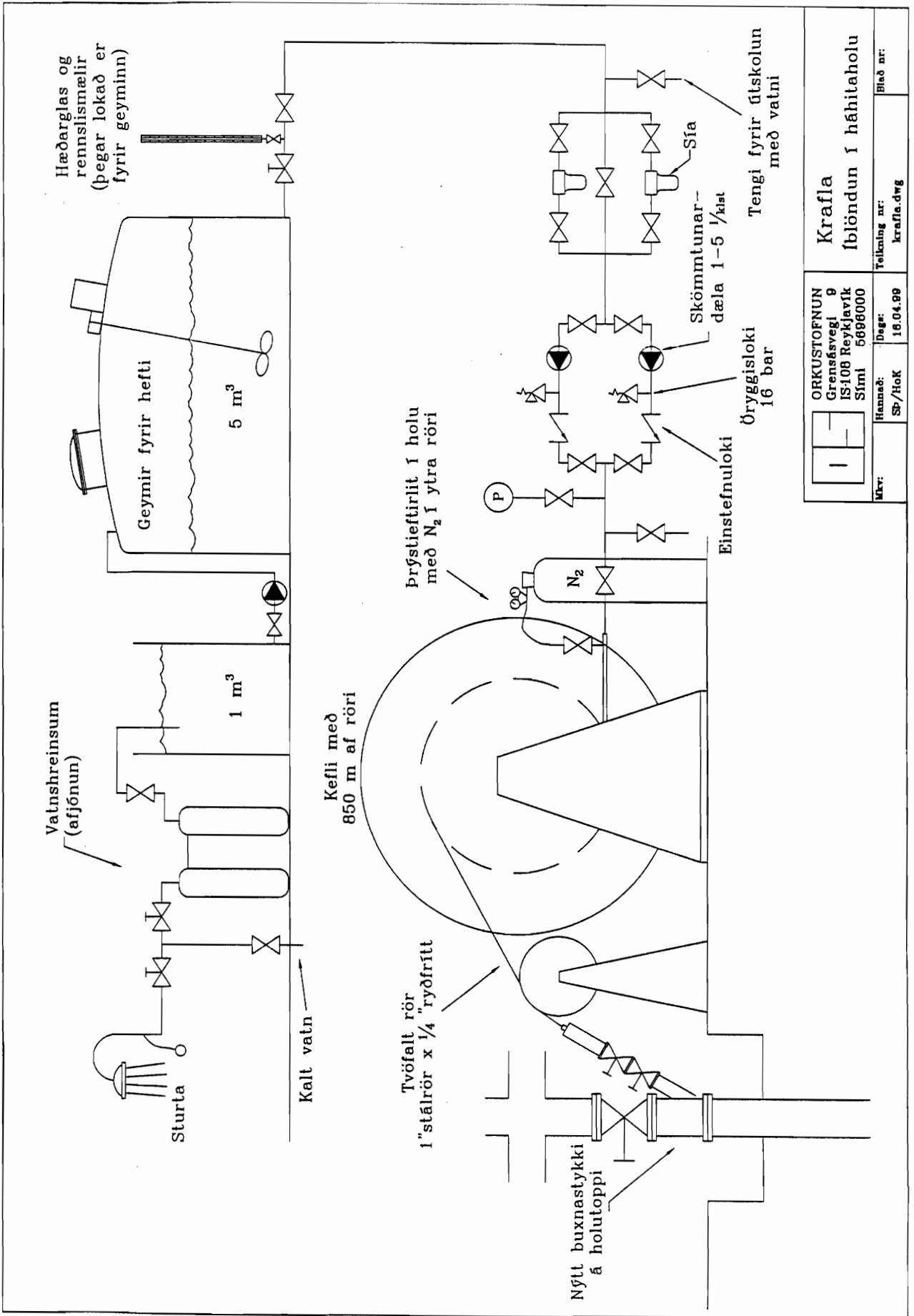
Upplýsingar frá framleiðanda um eðliseiginleika Nalco 1340 HP og um öryggisatriði í sambandi við meðhöndlun og umhverfisáhrif förgunar (Material Safety Data Sheet) eru birt í viðauka 3.

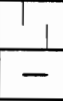
5.1 Stofnkostnaður

Gerð var áætlun um stofnkostnað sem sundurliðast þannig:

1	Bygging	1.000.000
2	Dælur o.fl.	700.000
3	Tvöfalt rör	1.000.000
4	Spil	1.000.000
5	Toppbúnaður	400.000
6	Hönnun	500.000
7	Ófyrirséð	400.000

	Áætlaður stofnkostnaður	5.000.000



	ORKUSTOFNUN Grensásvegi 9 IS-108 Reykjavík Sími 5696000		Tölkning nr: krafia.dwg	Blað nr:
	Mkv:	Hannað: SP/HoK	Daga: 16.04.99	Krafila Íblöndun í háhitahölu

Mynd 3 Tillaga að tækjabúnaði fyrir íblöndun kalktálma

5.2 Rekstrarkostnaður

Miðað við að endurnýja þurfi búnaðinn á fimm ára fresti og að 200 kg af efni þurfi á mánuði er árlegur rekstrarkostnaður á hvora holu eftirfarandi:

Tækjabúnaður	1.000.000
Efniskostnaður	1.000.000
Eftirlit/ráðgjöf	200.000

	2.200.000

Magn efnis sem þarf til þess að ná fullnægjandi virkni ræður nokkru um rekstrarkostnaðinn en miðað er við 1 ppm af efni í KJ-28 og 2 ppm í holu KJ-9 sem er í meira lagi. Líklegt er að hann verði minni þegar búid verður að stilla magnið af með prófunum í Kröflu.

Árlegur kostnaður fyrir íblöndun kalktálma og til samanburðar kostnaður vegna hreinsunar er eftirfarandi í kr:

	KJ-9	KJ-28
Kalktálmi	2.200.000	2.200.000
Hreinsiborun	5.000.000	5.000.000
Sýruhreinsun	600.000	600.000

Hola KJ-9 gefur um 3 MW rafafi og hola KJ-28 um 5 MW. Kostnaður vegna íblöndunar kalktálma áætlast um 8,4 aurar á hverja kílóvattstund fyrir holu KJ-9 en 5,0 aurar á kWst fyrir holu KJ-28.

Með því að viðhafa íblöndun tálma verður árleg afkastaminnkun og vinnslu-
stöðvun vegna kalkútfellinga úr sögunni. Þetta getur munað allt að einum viðbótar
vinnslumánuð á ári sem samsvarar um 2.200.000 kWst ávinningi fyrir holu KJ-9 og
3.600.000 kWst ávinningi fyrir holu KJ-28. Þessi ávinningur stendur undir kostnaði við
íblöndunina miðað við söluverð 1 kr á kWst.

6. HEIMILDASKRÁ

- Arnórsson, S. 1989. *Deposition of calcium carbonate minerals from geothermal waters*. Geothermics 18, 33-40.
- Ármannsson, H. 1989. *Predicting calcite deposition in Krafla boreholes*. Geothermics 18, 33-40.
- Ásgrímur Guðmundsson 1979. *Holubrэф nr 12*. Orkustofnun, Jarðhitadeild, 14 s.
- Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Halldór Ármannsson, Hilmar Sigvaldason, Jón Benjamínsson, Ómar Sigurðsson, 1983. *Krafla, hola KJ-9. Aflsaga, efnabreytingar og endurborun*. Orkustofnun OS-83075/JHD-13, 56 s.
- Ásgrímur Guðmundsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Jósef Hólmjárn, Ómar Sigurðsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Sverrir Þórhallsson, Sigurður Benediktsson, 1996: *Krafla. Borun holu KJ-28. 2. áfangi (70 - 392 m)*. Orkustofnun, 22s.
- Bai Liping, 1991. *Chemical modelling programs for predicting calcite scaling, applied to low temperature waters in Iceland*. UNU Geothermal Training Programme, Reykjavik, Iceland, Report 3, 1991, 45 s.
- Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson og Ómar Sigurðsson, 1997: *Krafla. Holur KJ-26, KJ-27 og KJ-28. Mælingar í upphitun og blæstri veturinn 1996-7*. Orkustofnun, 29 s.
- Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1995 *Borholumælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 1994*. Orkustofnun, 62 s.
- Benedikt Steingrímsson, Gestur Gíslason og Trausti Hauksson 1977. *Holubrэф nr 6*. Orkustofnun, Jarðhitadeild, 15 s.
- Benoit, W.R., 1990. *Development of a carbonate scale inhibition program at Dixie Valley, Nevada*. GRC Vol 14 Part II, pages 1567-1573.
- Corsi R., Culivicchi G., Sabatelli F., 1985. *Laboratory and field testing of Calcium Carbonate Scale Inhibitors* GRC, Vol 9 Part II, pages 239-244
- Hjalti Franzson, Ásgrímur Guðmundsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Jósef Hólmjárn, Ómar Sigurðsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Dagbjartur Sigursteinsson, 1996: *Krafla, hola KJ-28. Borun vinnsluhluta holunnar frá 392 m í 1003 m*. Orkustofnun, 20 s.
- Lovekin, J.W., 1990. *Control of calcium carbonate scale using concentric tubing at Coso geothermal field*. GRC, Vol 14, Part II, pages 1611-1617.

- Monette, J., Stock, R., Smith, W., 1991 *Prevention of downhole scaling at intermountain geothermal*. GRC, Vol 15, pages 387-390.
- Pieri, S., Sabatelli, F., Taramini, B., 1989. *Field testing of downhole scale inhibitor injection*. Geothermics, Vol 18, page 249-257.
- Osborn, E.L., Hirtz, P., Robinson Haizlip, J., 1990. *Scale inhibitor testing at East Mesa*. GRC, Vol 14, Part II, pages 1627-1635.
- Robson Q, Blair, A., Perlas, K., 1990. *Antiscalant injection trial at Kawerau geothermal field, New Zealand*. GRC, Vol 14, Part II, pages 1637-1643.
- Solutia, 1992. *Dequest 2000, Dequest 2010 Series of phosphonates*. Solutia Europe S.A., Technical Bulletin, 53-46 (G) ME-2 (11/92), 30 s.
- Trausti Hauksson, 1995: *VDATA 5.11. Eftirlit með jarðhitavinnslu, tölvuforrit, notkunarleiðbeiningar*. Kemía sf, 29 s.
- Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1999: *Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás sumarið 1998*. Landsvirkjun, Kröflustöð, 60 s.
- Trausti Hauksson, 1997. *Blástursprófun holu KJ-28 í Kröflu. Hiti, Þrýstingur, afköst og styrkur efna í vatni og gufu*. Landsvirkjun, Kröflustöð, 29 s.
- Vaska M., Kellog N. 1989. *Calcium carbonate scale control in geothermal wells*. GRC, Vol 13, pages 253-256.
- Vetter O.J. Campbell D.A., 1979. *Inhibitors in Geothermal Operations - Experiments with Dequest 2060 Phosphonate in East Mesa field*. LBL-DOE; LBL-9089, 56 pp.

VIÐAUKI 1
Hola KJ-9 í Leirbotnum

V1.1 Borun og fóðrun

Hola KJ-9 var boruð árið 1976 og var fjallað um borunina og fyrstu hreinasanir í Holubrési nr 12 (Ásgrímur Guðmundsson 1979). Fóðring var 13 3/8" og náði niður á 286 m dýpi en borað var með 12 1/4" krónu niður á 1101 m dýpi. Þar í var settur 7 7/8" leiðari. Holan var prófuð árið 1977 og reyndist afkastalítill. Ákveðið var því að fóðra holuna í botn og dýpka hana.

Leiðarinn var tekinn ur holunni og reyndist kalkútfelling hafa sest innan á hann á 260 til 410 m dýpi og mest á 290 m dýpi (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1977). Magn útfellingarinnar var mælt og reyndist vera um 1,1 m³ sem samsvarar um 9 mg af kalki úr hverju kg jarðhitavatns.

Eftir dýpkun 1977 var holan var fóðruð með 9 5/8" fóðurröri (ID 229 mm) niður á 1094 m og dýpkuð í 1263 m en góð æð kom fram á 1226 m dýpi. Holan var afkastamikil og var strax tekin í notkun haustið 1977. Fljótlega kom í ljós að holan vann bæði úr efra og neðra kerfi. Einnig varð fljótlega vart afkastaminnkunar en holan var í notkun fram á vor 1979 en þá minnkuð afköstin hratt. Holan var fyrst hreinsuð í júlí 1979 og síðan árlega til 1982. Eftir hverja hreinsun minnkuðu afköst holunnar.

Holan var endurboruð árið 1982 til þess að freista þess að skera dýpra sprungur þær sem holan vinnur úr og minnka þannig áhrif efrakerfis á holuna. Á ýmsu gekk við þá framkvæmd og er henni lýst í skýrslu um hana og eftirfarandi mælingar (Ásgrímur Guðmundsson o.fl. 1983). Ekki tókst að ná nema litlum bútum af leiðaranum úr holunni og skemmdist fóðringin á 175 m dýpi þegar reynt var að ná honum upp. Einnig voru fyrirstöður muldar úr fóðringunni á 328, 501, 510 og 535 m dýpi. Að endingu var borað út úr holunni á um 1100 m dýpi niður í 1280 m dýpi. Nýr 7 5/8" leiðari var settur í hana og stendur hann frá 1057 m niður á 1267 m dýpi.

Prepadæling sýndi að holan var ekki hálfdrættingur á við upprunalegu holuna og hitamælingar bentu til þess að samgangur við efrakerfið væri meiri en fyrir endurborun.

Holan var stefnumæld árið 1982 og reyndist hallinn nokkur eins og sýnt er í eftirfarandi töflu.

Tafla V1.1 Hallamælingar
í holu KJ-9

Dýpt (m)	Halli (°)
210	4,8
300	8,2
510	13,2
690	15,7
900	16,8
1120	24,3

V1.2 Hiti og þrýstingur

Hola KJ-9 hefur margoft verið hita og þrýstimæld og hafa mælingarnar birst í árlegum eftirlitsskýrslum. Berghitaferill gerir ráð fyrir 210 °C hita í efri hluta holunnar og að skilin milli efra og neðra kerfis séu á 1100 til 1150 m dýpi (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson 1995). Botnhiti er áætlaður við suðumark eða ríflega 300 °C.

Æðin á 1226 m dýpi var upphaflega nálægt 300 °C hita en hitinn lækkaði þegar holan byrjaði að blása vegna þess að hún dregur að sér kaldara vatn úr efra kerfi. Hitamælingarnar benda til þess að 240 °C heitt vatn hafi streymt um holuna á undanförunum árum og að suða byrji í holunni á 600 til 700 m dýpi.

Þrýstingur við aðalæðina á 1226 m dýpi var upphaflega um 90 bör og hefur lítið þreyst frá því holan fór í blástur árið 1977.

V1.3 Afköst

Afköst holu KJ-9 hafa verið mæld reglulega frá því hún var boruð fyrir 22 árum, en henni var fyrst hleypt í blástur í ársbyrjun 1977. Toppþrýstingur, heildarrensli og vermi er sýnt á myndum 1a, 1b og 1c.

Holan gaf fyrst eingöngu efrakerfisvatn og var vermi tæp 900 kJ/kg og heildarrensli um 20 kg/s.

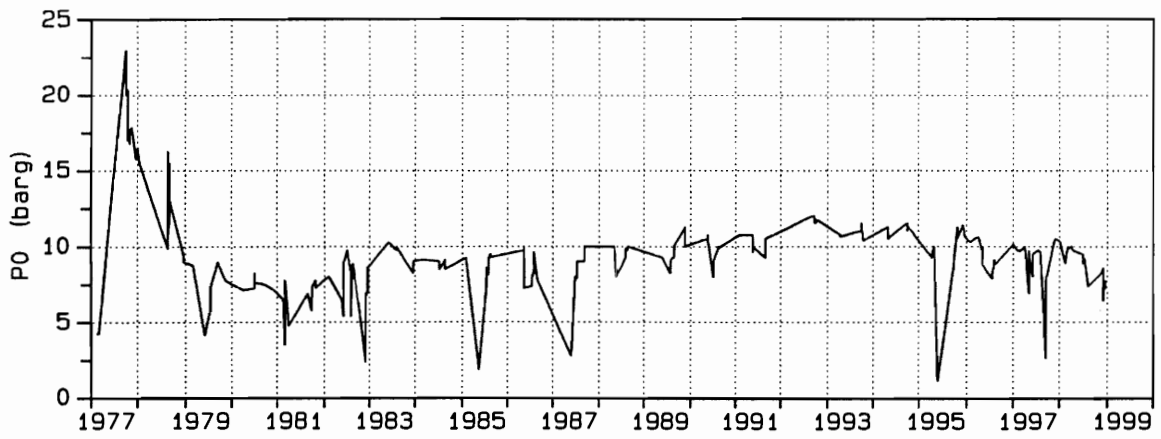
Síðla sumars 1977 var holan fóðruð í botn og dýpkuð. Eftir það gaf hún mun heitari vökva (1100 til 1200 kJ/kg) og voru heildarafköst hennar allt að 65 kg/s við 10 barg toppþrýsting.

Vorið 1979 var holan að lokast vegna útfellinga og var hún hreinsuð um sumarið. Hún náði svipuðum afköstum og nýboruð. Holan var síðan hreinsuð árin 1980, 1981 og 1982. Full afköst náðust aldrei aftur og vermi lækkaði niður í 1000 til 1100 kJ/kg en heildarrensli var um 30 til 40 kg/s við 10 barg toppþrýstin. Eftir hreinsun 1982 var holan talin óvinnsluhæf og því ráðist í að endurbora hana.

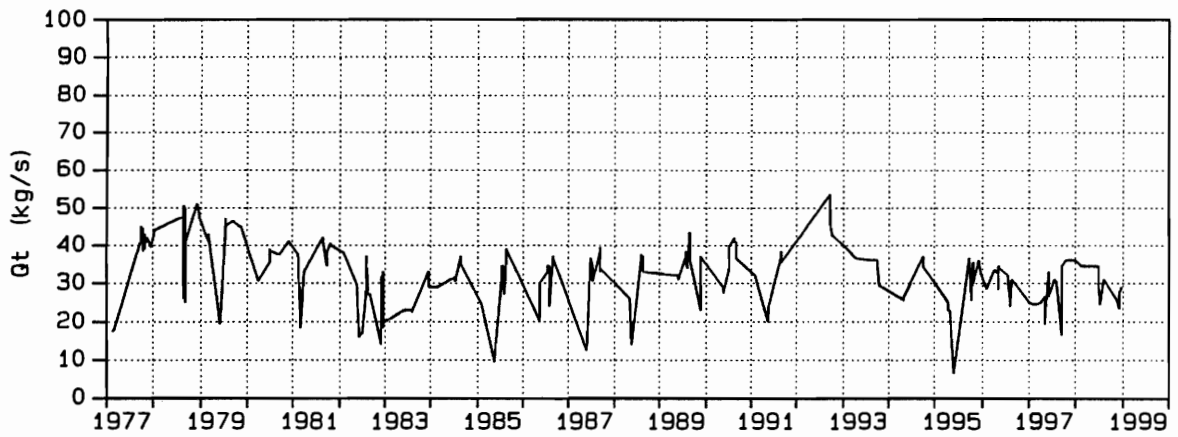
Endurborun bætti holuna lítið. Eftir það var holan hreinsuð árlega með borun. Undantekningar voru árin 1993 til 1995 en þá voru rekstrartímabilin óvenju stutt og holan ekki hreinsuð fyrr en að loknu því síðara. Árið 1996 var holan hreinsuð með kolsýruvatni og árin 1997 og 1998 var hún hreinsuð með saltsýru.

Frá endurborun 1982 og til 1993 jukust afköstin lítilega en eftir 1996 hefur aftur dregið úr þeim. Hugsanleg skýring er minnkandi niðurdráttur í Leirbotnakerfinu vegna minnkandi vinnslu, þar til eftir 1996 að vinnslan jókst aftur með tilkomu holu KJ-28.

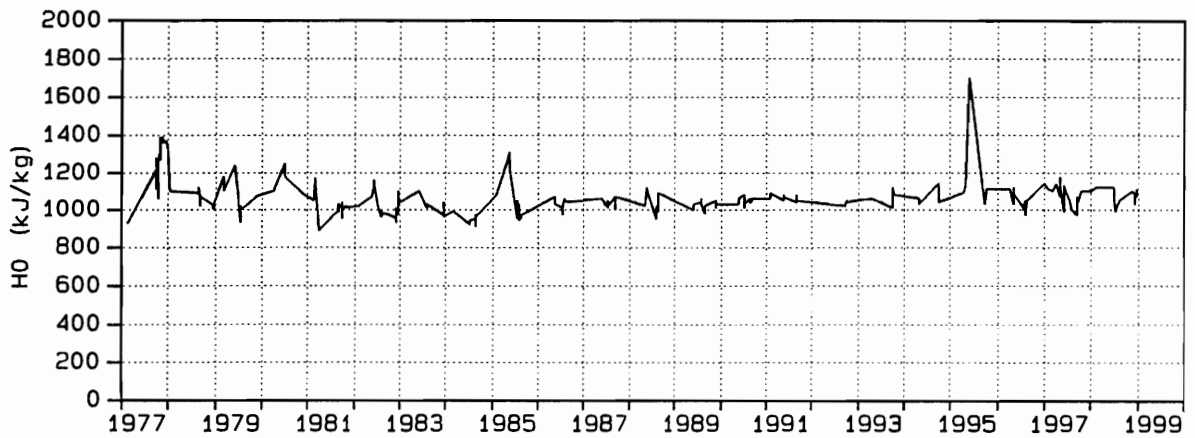
Að jafnaði hafa afköstin verið um 35 kg/s og þar af 9 kg/s gufa sem gefur um 3 MW rafmagns.



Mynd VI.1a Hola KJ-9, Toppþrýstingur.



Mynd VI.1b Hola KJ-9, Heildarstreymi.



Mynd VI.1c Hola KJ-9, Vermí.

V1.4 Efnasamsetning borholuvökva

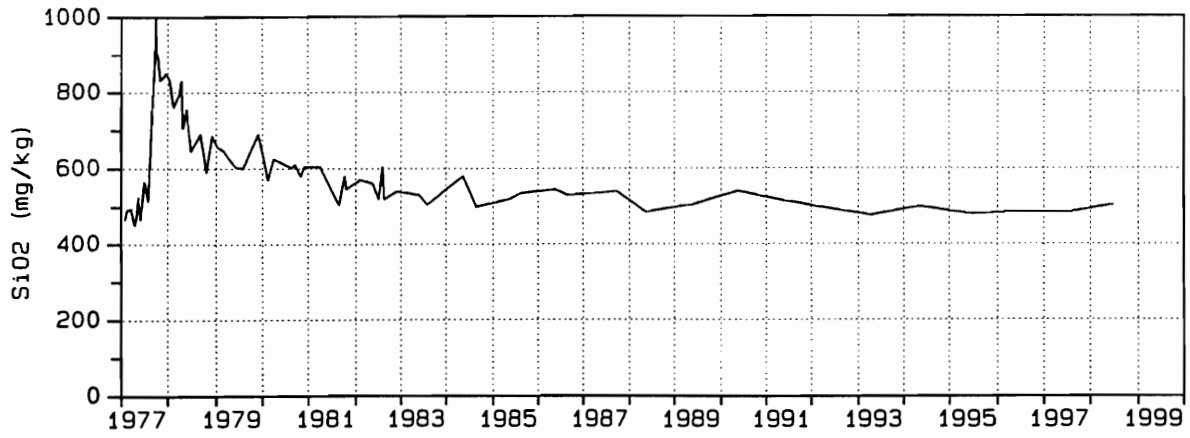
Á þeim 22 árum sem hola KJ-9 hefur verið í blæstri hefur verið tekinn fjöldi sýna af gufu og vatni úr holunni til efnagreininga. Á myndum 2 a,b og c er sýnt hvernig styrkur kísils, koldíoxíðs og kalsíums hefur breyst á tímabilinu. Strax eftir að hola var dýpkuð árið 1977 var kísilstyrkur mikill sem og koldíoxíðstyrkur. Kalsíumstyrkur var aftur á móti lítill. Fljótlega breyttist hola og áhrif efrakerfisvatns urðu meiri og þar með jukust kalkútfellingar í holunni. Endurborunin árið 1982 breytti hér litlu. Eftirfarandi tafla sýnir efnasamsetningu djúpvatns í holunni eins og það mældist sumarið 1998 (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson 1999).

Tafla V1.2 HOLA KJ-9
Efnasamsetning djúpvatns

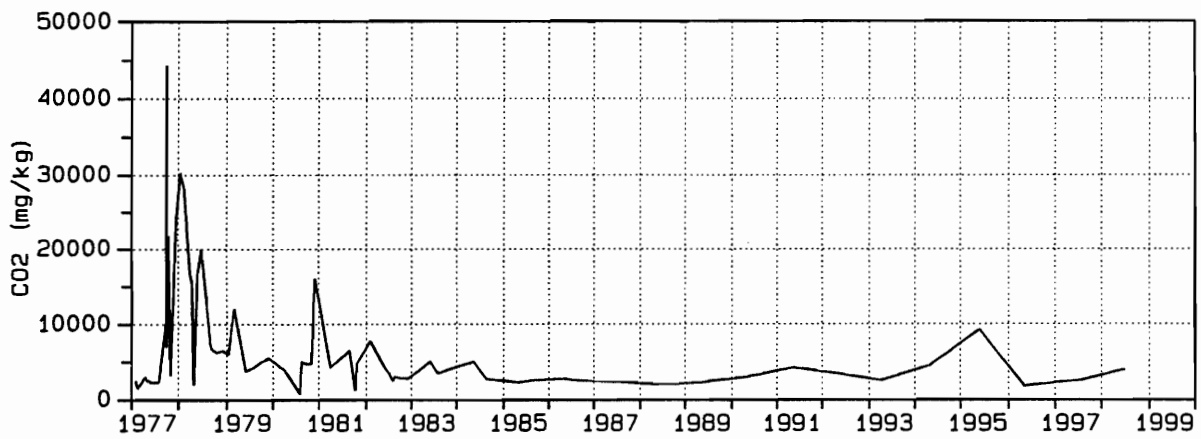
Dags 1998.06.24

Sýni 4034

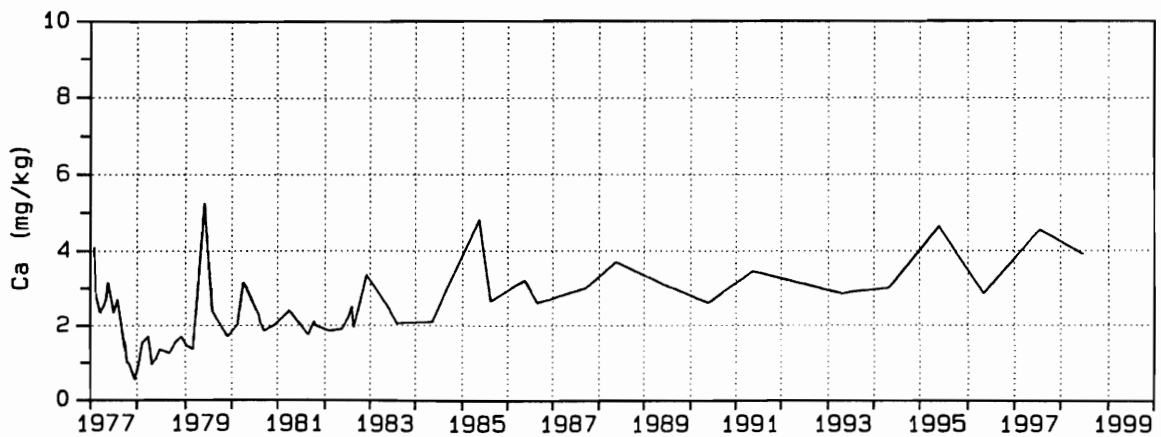
Qt	32	kg/s
H0	1063	kJ/kg
Psuða	35,7	barg
Tsuða	245	°C
Pgas	2,5	bar
pH/°C	5,90	/25,0
Basi (OH)	77	mg/kg
SiO2	422	mg/kg
Na	177	mg/kg
K	20	mg/kg
Ca	3,3	mg/kg
Mg	0,001	mg/kg
CO2	727	mg/kg
H2S	92	mg/kg
H2	1,6	mg/kg
N2	10,3	mg/kg
CH4	0,6	mg/kg
B	0,41	mg/kg
SS	0,0	mg/kg
SO4	203	mg/kg
Cl	20,3	mg/kg
F	0,65	mg/kg
Fe	0,02	mg/kg



Mynd VI.2a Hola KJ-9, Kísilstyrkur í vatni.



Mynd VI.2b Hola KJ-9, Koldíoxíðstyrkur í gufu.



Mynd VI.2c Hola KJ-9, Kalsíumstyrkur í vatni.

VIÐAUKI 2
Hóla KJ-28 í Leirbotnum

V2.1 Borun og fóðrun

Hola KJ-28 var boruð 1996 til þess að afla lágþrýstigufu fyrir stækkun Kröflu-stöðvar. Holan var staðsett í Leirbotnum og er forsendum staðarvalsins lýst í skýrslu um borun annars áfanga holunnar (Ásgrímur Guðmundsson o.fl. 1996). Þar er einnig sagt frá frágangi holunnar, en holan var fóðruð niður á 376 m með 13 3/8 tommu stálröri (315 mm ID).

Borun holunnar lauk 26. nóvember 1996 og var heildardýpi 1003 m. Í holuna var settur 9 5/8 tommu leiðari (221 mm ID), sem hangir frá 352 m dýpi niður á 974 m. Holan var lektarprófuð eftir borun og var lektin sú mesta sem mælst hefur í Kröflu (Hjalti Franzson o.fl, 1996).

V2.2 Hiti og þrýstingur

Samkvæmt hitamælingum í upphitun og blæstri fylgir berghiti suðumarksferli niður á 300 m dýpi og er þar um 220 °C. Frá 300 niður á 700 m dýpi er hitinn 220°C en hækkar þaðan upp í tæplega 300 °C á 1000 m dýpi (Benedikt Steingrímsson o.fl 1997).

Þrýstijafnvægi, þar sem þrýstiferill í kaldri holu og heitri skerast, kemur fram á rúmlega 800 m dýpi. Þar er aðalvatnsæð holunnar og stjórnar sú æð þrýstingi í henni (Benedikt Steingrímsson o.fl.1997).

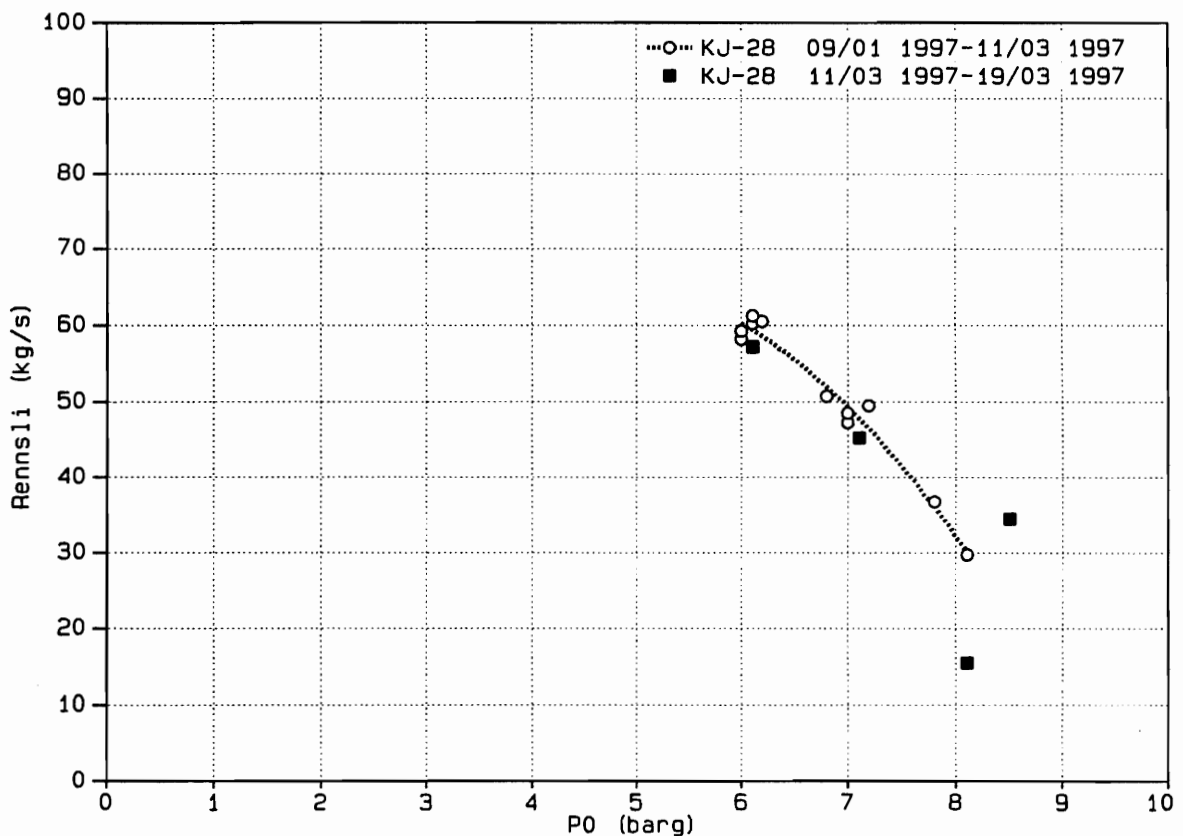
Holan var hita og þrýstimæld í blæstri þegar hún hafði blásið í 25 daga og kom í ljós að innstreymishitai var 234°C og að suða byrjaði í holunni á 400 m dýpi. Haldið var aftur af holunni þegar hún var mæld og var rennsli aðeins 30 kg/s. Reikna má með að suðuborðið sé dýpra, eða á allt að 6-700 m dýpi þegar fullopið er fyrir holuna.

V2.3 Afköst

Afkastaferill holunnar mældur fljótlega eftir upphleypingu er sýndur á mynd 3. Lögun ferilsins er dæmigerð fyrir svokallaða vatnsholu, þ.e. holu með suðuborð í holunni, og eru afköstin mjög háð toppþrýstingi. Toppþrýstingur var 6,0 barg þegar holan blés fullopin í gegnum 200 mm mælistút og gaf hún þá 60 kg/s heildarrensli. Ef afkastaferill holunnar er framlengdur í 3 barg má áætla að afköstin verði allt að 75 kg/s og þar af 16 kg/s lágþrýstigufa sem gefur um 5 MW rafmagns. Vermí mældist 1000 til 1130 kJ/kg og lokunarþrýstingur holunnar var 9,8 barg.

Sumarið 1998 mældist heildarrensli 48 kg/s við 5,2 barg toppþrýsting og vermi 1002 kJ/kg. Afköstin höfðu því minnkað um þriðjung frá fyrstu afkastamælingum.

Holan var hreinsuð um haustið 1998 og jukust afköstin við það og urðu svipuð og þegar hún var ný.



Mynd V2.1. Hóla KJ-28. Afkastaferill.

V2.4 Efnasamsetning borholuvökva

Hola KJ-28 er í stórum dráttum svipuð og aðrar grunnar holur á Leirbotnasvæðinu. Gasstyrkur í gufu er þó meiri en í öðrum grunnum holum sem og styrkur kísils en styrkur annarra efna í vatnsfasa svipaður (Trausti Hauksson 1997). Ekki voru sjáanlegar markverðar breytingar í styrk efna eftir árs blástur. Efnastykur í djúpvatni holunnar samkvæmt sýni sem tekið var sumarið 1998 er sýndur í töflu 3.

Tafla V2.1 Hola KJ-28
Efnasamsetning djúpvatns

Sýni 4033

Dags 1998.06.24

Qt	47,7	kg/s
H0	1002	kJ/kg
Psuða	28,3	barg
Tsuða	233	°C
Pgas	1,8	bar
pH/°C	6,00	/25,0
Basi	78,9	mg/kg
SiO2	386	mg/kg
Na	200	mg/kg
K	22	mg/kg
Ca	4,8	mg/kg
Mg	0,001	mg/kg
CO2	629	mg/kg
H2S	59,6	mg/kg
H2	0,50	mg/kg
N2	5,5	mg/kg
CH4	0,7	mg/kg
B	0,47	mg/kg
SS	0,3	mg/kg
SO4	233	mg/kg
Cl	21,9	mg/kg
F	0,56	mg/kg
Fe	0,05	mg/kg

VIĐAUKI 3
Nalco 1340 HP (MSDS)

630 305 2454

MATERIAL SAFETY DATA SHEET



PRODUCT

NALCO 1340HP SCALE INHIBITOR

Emergency Telephone Number

Medical (800) 462-5378 (24 hours)

(800) I-M-ALERT

SECTION 1 CHEMICAL PRODUCT IDENTIFICATION

TRADE NAME: NALCO 1340HP SCALE INHIBITOR

DESCRIPTION: An aqueous solution of a polyacrylate

NFPA 704M/EMIS RATING: 1/1 HEALTH 1/1 FLAMMABILITY 0/0 REACTIVITY 0 OTHER
0=Insignificant 1=Slight 2=Moderate 3=High 4=Extrema

SECTION 2 COMPOSITION/INGREDIENT INFORMATION

Our hazard evaluation of the ingredient(s) under OSHA's Hazard Communication Rule, 29 CFR 1910.1200 has found none of the ingredient(s) hazardous.

SECTION 3 HAZARD IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW:

CAUTION: May cause irritation to skin and eyes. Avoid contact with skin, eyes and clothing. Avoid prolonged or repeated breathing of vapor. Do not take internally.

Empty containers may contain residual product. Do not reuse container unless properly reconditioned.

PRIMARY ROUTE(S) OF EXPOSURE: Eye, Skin

EYE CONTACT: May cause irritation with prolonged contact.

SKIN CONTACT: May cause irritation with prolonged contact.

SYMPTOMS OF EXPOSURE: A review of available data does not identify any symptoms from exposure.

AGGRAVATION OF EXISTING CONDITIONS: A review of available data does not identify any worsening of existing conditions.

SECTION 4 FIRST AID INFORMATION

EYES: Flush with water for 15 minutes. Call a physician.

SKIN: Flush with water for 15 minutes.

INGESTION: Do not induce vomiting. Give water. Call a physician.

INHALATION: Remove to fresh air. Treat symptoms. Call a physician.

NOTE TO PHYSICIAN: Based on the individual reactions of the patient, the physician's judgment should be used to control symptoms and clinical condition.

CAUTION: If unconscious, having trouble breathing or in convulsions, do not induce vomiting or give water.

63C 305 2454

MATERIAL SAFETY DATA SHEET



PRODUCT

NALCO 1340HP SCALE INHIBITOR

Emergency Telephone Number

Medical (800) 462-5378 (24 hours)

(800) I-M-ALERT

SECTION 5 FIRE FIGHTING MEASURES

FLASH POINT: Greater than 200 Degrees F (PMCC) ASTM D-93

EXTINGUISHING MEDIA: This product would not be expected to burn unless all the water is boiled away. The remaining organics may be ignitable. Use water to cool containers exposed to fire.

UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARD: May evolve NOx under fire conditions. Containers exposed in a fire should be cooled with water to prevent vapor pressure buildup leading to a rupture.

SECTION 6 ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

IN CASE OF TRANSPORTATION ACCIDENTS, CALL THE FOLLOWING 24-HOUR TELEPHONE NUMBER (800) I-M-ALERT or (800) 462-5378.

SPILL CONTROL AND RECOVERY:

Small liquid spills: Contain with absorbent material, such as clay, soil or any commercially available absorbent. Shovel reclaimed liquid and absorbent into recovery or salvage drums for disposal. Refer to CERCLA in Section 15.

Large liquid spills: Dike to prevent further movement and reclaim into recovery or salvage drums or tank truck for disposal. Refer to CERCLA in Section 15.

SECTION 7 HANDLING AND STORAGE

Handling: Avoid contact with skin, eyes, and clothing.

Storage : Keep container closed when not in use.

SECTION 8 EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

RESPIRATORY PROTECTION: Respiratory protection is not normally needed since the volatility and toxicity are low. If significant vapors, mists or aerosols are generated, wear a NIOSH approved or equivalent respirator.

For large spills, entry into large tanks, vessels or enclosed small spaces with inadequate ventilation, a positive pressure, self-contained breathing apparatus is recommended.

VENTILATION: General ventilation is recommended.

PROTECTIVE EQUIPMENT: Use impermeable gloves and chemical splash goggles

630 305 2454

MATERIAL SAFETY DATA SHEET



PRODUCT

NALCO 134GHP SCALE INHIBITOR

Emergency Telephone Number
Medical (800) 462-5378 (24 hours) (800) I-M-ALERT

SECTION 8 EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION (CONTINUED)

When attaching feeding equipment or doing maintenance.

The availability of an eye wash fountain and safety shower is recommended.

If clothing is contaminated, remove clothing and thoroughly wash the affected area. Launder contaminated clothing before reuse.

HUMAN EXPOSURE CHARACTERIZATION: Based on Nalco's recommended product application and our recommended personal protective equipment, the potential human exposure is: MODERATE.

SECTION 9 PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

COLOR: Clear straw	FORM: Liquid	
DENSITY:	9.2 lbs/gal.	
SOLUBILITY IN WATER:	Completely	
SPECIFIC GRAVITY:	1.11 @ 60 Degrees F	ASIM D-1298
pH (NEAT) =	4.1	ASIM E-70
VISCOSITY:	15 cps @ 60 Degrees F	ASIM D-2983
FREEZE POINT:	-27 Degrees F	ASIM D-1177
BOILING POINT:	212 Degrees F @ 760 mm Hg	ASIM D-86
FLASH POINT:	Greater than 200 Degrees F (PMCC)	ASIM D-93

NOTE: These physical properties are typical values for this product.

SECTION 10 STABILITY AND REACTIVITY

INCOMPATIBILITY: Avoid contact with strong oxidizers (eg. chlorine, peroxides, chromates, nitric acid, perchlorates, concentrated oxygen, permanganates) which can generate heat, fires, explosions and the release of toxic fumes.

THERMAL DECOMPOSITION PRODUCTS: In the event of combustion CO, CO₂, NO_x may be formed. Do not breathe smoke or fumes. Wear suitable protective equipment.

SECTION 11 TOXICOLOGICAL INFORMATION

ACUTE TOXICITY STUDIES: Acute toxicity studies have not been conducted on this product, but acute studies have been conducted on a similar product. The results are shown below.

ACUTE ORAL TOXICITY (ALBINO RATS): LD50 = Greater than 5,000 mg/kg

ACUTE DERMAL TOXICITY (ALBINO RABBITS): LD50 = Greater than 2,000 mg/kg

699 305 2454

MATERIAL SAFETY DATA SHEET



PRODUCT NALCO 1340HP SCALE INHIBITOR
--

Emergency Telephone Number

Medical (800) 462-5378 (24 hours)

(800) I-M-ALERT

SECTION 11 TOXICOLOGICAL INFORMATION

(CONTINUED)

PRIMARY SKIN IRRITATION TEST (ALBINO RABBITS):

SKIN IRRITATION INDEX DRAIZE RATING: 0.0/8.0 Non-irritating

PRIMARY EYE IRRITATION TEST (ALBINO RABBITS):

EYE IRRITATION INDEX DRAIZE RATING: 2.7/110.0 Minimally irritating

HUMAN HAZARD CHARACTERIZATION: Based on our hazard characterization, the potential human hazard is: **LOW**

SECTION 12 ECOLOGICAL INFORMATION

AQUATIC DATA: Results below based on a similar product.

96 hour static acute LC50 to Bluegill Sunfish = Greater than 1,000 ppm

96 hour no observed effect concentration is 1,000 ppm based on no mortality or abnormal effects.

96 hour static acute LC50 to Rainbow Trout = Greater than 1,000 ppm

96 hour no observed effect concentration is 1,000 ppm based on no mortality or abnormal effects.

48 hour static acute LC50 to Daphnia Magna = Greater than 1,000 ppm

48 hour no observed effect concentration is 560 ppm based on no mortality or abnormal effects.

TOXICITY RATING: Essentially non-toxic

If released into the environment, see CERCLA in Section 15.

ENVIRONMENTAL HAZARD AND EXPOSURE CHARACTERIZATION: Based on our Hazard Characterization, the potential environmental hazard is: **LOW**.

Based on Nalco's recommended product application and the product's characteristics, the potential environmental exposure is: **HIGH**.

SECTION 13 DISPOSAL CONSIDERATIONS

DISPOSAL: If this product becomes a waste, it does not meet the criteria of a hazardous waste as defined under the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) 40 CFR 261, since it does not have the characteristics of Subpart C,

630 305 2454

MATERIAL SAFETY DATA SHEET



PRODUCT <p style="text-align: center;">NALCO 1340HP SCALE INHIBITOR</p>
--

Emergency Telephone Number

Medical (800) 462-5378 (24 hours)

(800) I-M-ALERT

SECTION 13 DISPOSAL CONSIDERATIONS

(CONTINUED)

nor is it listed under Subpart D.

As a non-hazardous liquid waste, it should be solidified with stabilizing agents (such as sand, fly ash, or cement) so that no free liquid remains before disposal to an industrial waste landfill. A non-hazardous liquid waste can also be incinerated in accordance with local, state and federal regulations.

SECTION 14 TRANSPORTATION INFORMATION

PROPER SHIPPING NAME/HAZARD CLASS MAY VARY BY PACKAGING, PROPERTIES, AND MODE OF TRANSPORTATION. TYPICAL PROPER SHIPPING NAMES FOR THIS PRODUCT ARE:

ALL TRANSPORTATION MODES : PRODUCT IS NOT REGULATED DURING TRANSPORTATION

SECTION 15 REGULATORY INFORMATION

The following regulations apply to this product.

FEDERAL REGULATIONS:

OSHA'S HAZARD COMMUNICATION RULE, 29 CFR 1910.1200:

Based on our hazard evaluation, none of the ingredients in this product are hazardous.

CERCLA, 40 CFR 117, 302:

Notification of spills of this product is not required.

SARA/SUPERFUND AMENDMENTS AND REAUTHORIZATION ACT OF 1986

(TITLE III) - SECTIONS 302, 311, 312 AND 313:

SECTION 302 - EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355):

This product does not contain ingredients listed in Appendix A and B as an Extremely Hazardous Substance.

SECTIONS 311 and 312 - MATERIAL SAFETY DATA SHEET REQUIREMENTS (40 CFR 370):

Our hazard evaluation has found that this product is not hazardous under 29 CFR 1910.1200.

Under SARA 311 and 312, the EPA has established threshold quantities for the reporting of hazardous chemicals. The current thresholds are: 500 pounds or

630 305 2454

MATERIAL SAFETY DATA SHEET



PRODUCT IFLCO 1340HP SCALE INHIBITOR
--

Emergency Telephone Number
 Medical (800) 482-5378 (24 hours) (800) I-M-ALERT

SECTION 15 REGULATORY INFORMATION (CONTINUED)

the threshold planning quantity (TPQ), whichever is lower, for extremely hazardous substances and 10,000 pounds for all other hazardous chemicals.

SECTION 313 - LIST OF TOXIC CHEMICALS (40 CFR 372):
 This product does not contain ingredients on the List of Toxic Chemicals.

TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT (TSCA):
 The chemical ingredients in this product are on the 8(b) Inventory List (40 CFR 710).

RESOURCE CONSERVATION AND RECOVERY ACT (RCRA), 40 CFR 261 SUBPART C & D:
 Consult Section 13 for RCRA classification.

FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ACT, CLEAN WATER ACT, 40 CFR 401.15 (formerly Sec. 307), 40 CFR 116 (formerly Sec. 311):
 None of the ingredients are specifically listed.

CLEAN AIR ACT, Sec. 111 (40 CFR 60), Sec. 112 (40 CFR 61, 1990 Amendments), Sec. 611 (40 CFR 82, CLASS I and II Ozone depleting substances):
 This product does not contain ingredients covered by the Clean Air Act.

STATE REGULATIONS:

CALIFORNIA PROPOSITION 65:
 This product does not contain any chemicals which require warning under California Proposition 65.

MICHIGAN CRITICAL MATERIALS:
 This product does not contain ingredients listed on the Michigan Critical Materials Register.

STATE RIGHT TO KNOW LAWS:
 The following ingredient(s) are disclosed for compliance with State Right To Know Laws:

Polyacrylate	Trade secret
Water	7732-18-5

INTERNATIONAL REGULATIONS:

This is not a WHMIS controlled product under The House of Commons of Canada Bill C-70.

630 305 2454

MATERIAL SAFETY DATA SHEET



PRODUCT

NALCO 1340HP SCALE INHIBITOR

Emergency Telephone Number

Medical (800) 462-5378 (24 hours)

(800) I-M-ALERT

SECTION 16 OTHER INFORMATION

None

SECTION 17 RISK CHARACTERIZATION

Due to our commitment to Product Stewardship, we have evaluated the human and environmental hazards and exposures of this product. Based on our recommended use of this product, we have characterized the product's general risk. This information should provide assistance for your own risk management practices. We have evaluated our product's risk as follows:

- * The human risk is: LOW.
- * The environmental risk is: LOW.

Any use inconsistent with Nalco's recommendations may affect our risk characterization. Our sales representative will assist you to determine if your product application is consistent with our recommendations. Together we can implement an appropriate risk management process.

This product material safety data sheet provides health and safety information. The product is to be used in applications consistent with our product literature. Individuals handling this product should be informed of the recommended safety precautions and should have access to this information. For any other uses, exposures should be evaluated so that appropriate handling practices and training programs can be established to insure safe workplace operations. Please consult your local sales representative for any further information.

SECTION 18 REFERENCES

Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, OH.

Hazardous Substances Data Bank, National Library of Medicine, Bethesda, Maryland (CD-ROM version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man, Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer.

Integrated Risk Information System, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (CD-ROM version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

630 305 2454

MATERIAL SAFETY DATA SHEET



PRODUCT

NALCO 1340HP SCALE INHIBITOR

Emergency Telephone Number

Medical (800) 462-5378 (24 hours)

(800) I-M-ALERT

SECTION 18 REFERENCES

(CONTINUED)

Annual Report on Carcinogens, National Toxicology Program, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Title 29 Code of Federal Regulations, Part 1910, Subpart Z, Toxic and Hazardous Substances, Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio (CD-ROM version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Shepard's Catalog of Teratogenic Agents (CD-ROM version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Suspect Chemicals Sourcebook (a guide to industrial chemicals covered under major regulatory and advisory programs), Roytech Publications (a Division of Ariel Corporation), Bethesda, MD.

The Teratogen Information System, University of Washington, Seattle, Washington (CD-ROM version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

PREPARED BY: William S. Utley, Ph.D., DAHT, Manager, Product Safety
DATE CHANGED: 05/13/92 DATE PRINTED: 04/12/99