



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

BAKKAHLAUP ÖXARFIRÐI

Hola BA-03

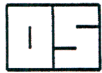
Borun, jarðlög og mælingar

Guðmundur Ómar Friðleifsson, ROS
Bjarni Richter, ROS
Kjartan Birgisson, ROS
Arnar Hjartarson, ROS
Steinar Þór Guðlaugsson, ROS
Grímur Björnsson, ROS
Sverrir Þórhallsson, ROS
Þórir Sveinbjörnsson, JB hf.

Unnið fyrir Íslenska orku ehf.

2000

OS-2000/058



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Verknr. 8-630674

Guðmundur Ómar Friðleifsson, ROS
Bjarni Richter, ROS
Kjartan Birgisson, ROS
Arnar Hjartarson, ROS
Steinar Þór Guðlaugsson, ROS
Grímur Björnsson, ROS
Sverrir Þórhallsson, ROS
Þórir Sveinbjörnsson, JB hf

BAKKAHLAUP ÖXARFIRÐI

Hola BA-03

Borun, jarðlög og mælingar

Unnið fyrir Íslenska orku ehf.

OS-2000/058

Nóvember 2000

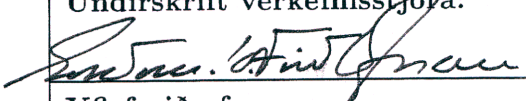
ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

Akureyri: Glerárgötu 36, 600 Ak. - Sími 463 0957 - Fax 463 0998

Netfang os@os.is - Heimasíða <http://www.os.is>



Skýrsla nr: OS-2000/058	Dags: Desember 2000	Dreifing: <input type="checkbox"/> Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð til 12/2005
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: BAKKAHLAUP ÖXARFIRÐI HOLA BA-03 Borun, jarðlög og mælingar	Upplag: 30	
	Fjöldi síðna: 20	
Höfundar: Guðmundur Ómar Friðleifsson (OS), Bjarni Richter (OS), Kjartan Birgisson (OS), Arnar Hjartarson, Steinar Þór Guðlaugsson, Grímur Björnsson (OS) Sverrir Þórhallsson (OS), Þórir Sveinbjörnsson (JB ehf.)	Verkefnisstjóri: Guðmundur Ó. Friðleifsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Borverk, heildarsamantekt	Verknúmer: 8-630674	
Unnið fyrir: Íslenska orku ehf.		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni er gerð er grein fyrir borun holu BA-03 við Bakkahlaup í Öxarfirði og þeim rannsóknum sem gerðar voru meðan á borun stóð. Holan, sem var boruð með jarðbornum Aza, er staðsett um 2 km norðan við holu BA-02 á mæni svokallaðs háviðnáms hryggjar. Áætlað bordýpi var 700 m. Borverkið hófst 18. september og verklok voru 20. október á 29. verkdegi. Í 1. áfanga var borað fyrir öryggisfóðringu frá 5 í 82 m dýpi, í 2. áfanga borað fyrir vinnslufóðringu frá 82 í 260 m dýpi og í 3. áfanga var boraður vinnsluhluti frá 260 í 704 m dýpi sem er lokadýpi holunnar. Niðurstöður ummyndunargreiningar kollvarpa hugmyndum um að háhitasvæði leynist í sandinum við holu BA-03. Engin merki eru um háhitasteindina epidót neðan 500 m dýpis í BA-03 eins og í holu BA-02 og engin vísbending um að hiti hafi nokkurn tíma farið yfir 100°C þar. Undir Bakkahlaupi og á svæðinu þar norður af er lítið háhitasvæði, rétt um 10% af þeirri stærð sem vonast hafði verið eftir.		
Lykilorð: Öxarfjörður, borhola, jarðlög, ummyndun, mælingar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: GÓF	

EFNISYFIRLIT

1. Inngangur	3
2. Gangur Borunar	3
2.1 Áfangi 1: Borun fyrir yfirborðsfóðringu frá 4-82 m dýpi	3
2.2 Áfangi 2: Borun fyrir vinnslufóðringu frá 82-265 m dýpi	3
2.3 Áfangi 3: Borun vinnsluhluta frá 265-704 m dýpi	3
3. Jarðlög	5
3.1 Mælingar í borun	5
3.2 Jarðlög og ummyndun í 1. 2. og 3 áfanga	5
3.3 Mat á niðurstöðum jarðlaga og ummyndunargreininga	11
4. Borholumælingar	12
4.1 Mælingar í 1., 2. og 3. Áfanga	12
4.2 Vatnsæðar, hiti og gæfni BA-03	13
5. Helstu niðurstöður og hugsanlegt framhald rannsókna	16
5.1 Helstu niðurstöður og tenging við holu BA-02	16
5.2 Óloknum verkum í holum BA-02 og BA-03	16
5.3 Framhald háhitarannsókna í Kelduhverfi og Öxarfirði	18
Töflur:	
Tafla 1 Fóðringarskýrsla 1. Áfanga	6
Tafla 2 Fóðringarskýrsla 2. Áfanga	7
Tafla 3 Yfirlit yfir borholumælingar	12
Tafla 4 Vatnsæðar	13
Myndir:	
Mynd 1 Gangur borunar BA-03	4
Mynd 2 Jarðlög og mælingar í borun	8-9
Mynd 3 Jarðlög og jarðlagamælingar í borun	14-15
Mynd 4 Hitamælingar í vinnsluhluta BA-03	17
Mynd 5 Jarðlagasamanburður á holum BA-03 og BA-02	19
Mynd 6 Áætluð stærð jarðhitasvæðis með yfir 200°C hita á 500 m dýpi	20

1. INNGANGUR

Íslensk orka ehf. tók ákvörðun um að bora holu BA-03 niður í 700 m dýpi, að fenginni niðurstöðu úr borholu BA-02, sem boruð var í 1962 m dýpi sumarið 1999. Holan er staðsett um 2 km norðan við holu BA-02, á mæni svokallaðs háviðnáms hryggjar. Borverkið var boðið út skamkvæmt Verk- og útboðslýsingu (OS-2000/008) og voru Jarðboranir hf með hagstæðasta tilboðið og fengu verkið. Væntanlegum verktökum var boðið að bjóða í tvær gerðir af borholum, annars vegar miðað við um 8" vinnslufóðringu og hins vegar miðað við um 10" vinnslufóðringu. Stærri gerðin varð fyrir valinu.

Borunina mátti framkvæma að vetri til eða sumri. Óhagstæð veðráttu síðastliðið vor og mikill vatnagangur í Jökulsá á Fjöllum síðastliðið sumar tafði verkið fram á haust. Vinna við gerð vegslóða frá holu BA-02 að BA-03 hófst ekki fyrr en í september og borverkið sjálft þann 18.9.2000. Jarðborinn Azi var notaður til verksins.

2. GANGUR BORUNNAR

Yfirlit yfir gang borunar er sýnt á mynd 1.

2.1 Áfangi 1: Borun fyrir öryggisfóðringu frá 5-82 m dýpi

Fyrsti verkdagur Aza var 18. september, 2000. Þá var mætt á staðinn og byrjað á því að grafa 18 ¾" leiðirör niður í 5,2 m dýpi, koma stálkjallara fyrir og ganga frá borplani. Borun með 17 ½" krónu hófst síðan 22. september og lauk þann 24. í 82 m dýpi. Gel var notað við borunina. 14" fóðring var síðan soðin niður og steipt föst með 9,5 tonnum af sementi. Steypa kom ekki upp. Steypuborð fannst á 17 m dýpi. 1" röri var slakað niður utan með fóðringu og síðan steipt aftur þann 26. sept. úr 2 tn af sementi. Gel kom upp en ekki steypa. Steipt var í 3. sinn daginn eftir, og þá úr 1,6 tn af sementi. Steypa kom upp. Þá var holuloka og öryggislokum komið á holuna. Fóðringarskýrsla er sýnd í töflu 1.

2.2 Áfangi 2: Borun fyrir vinnslufóðringu frá 82-260 m dýpi

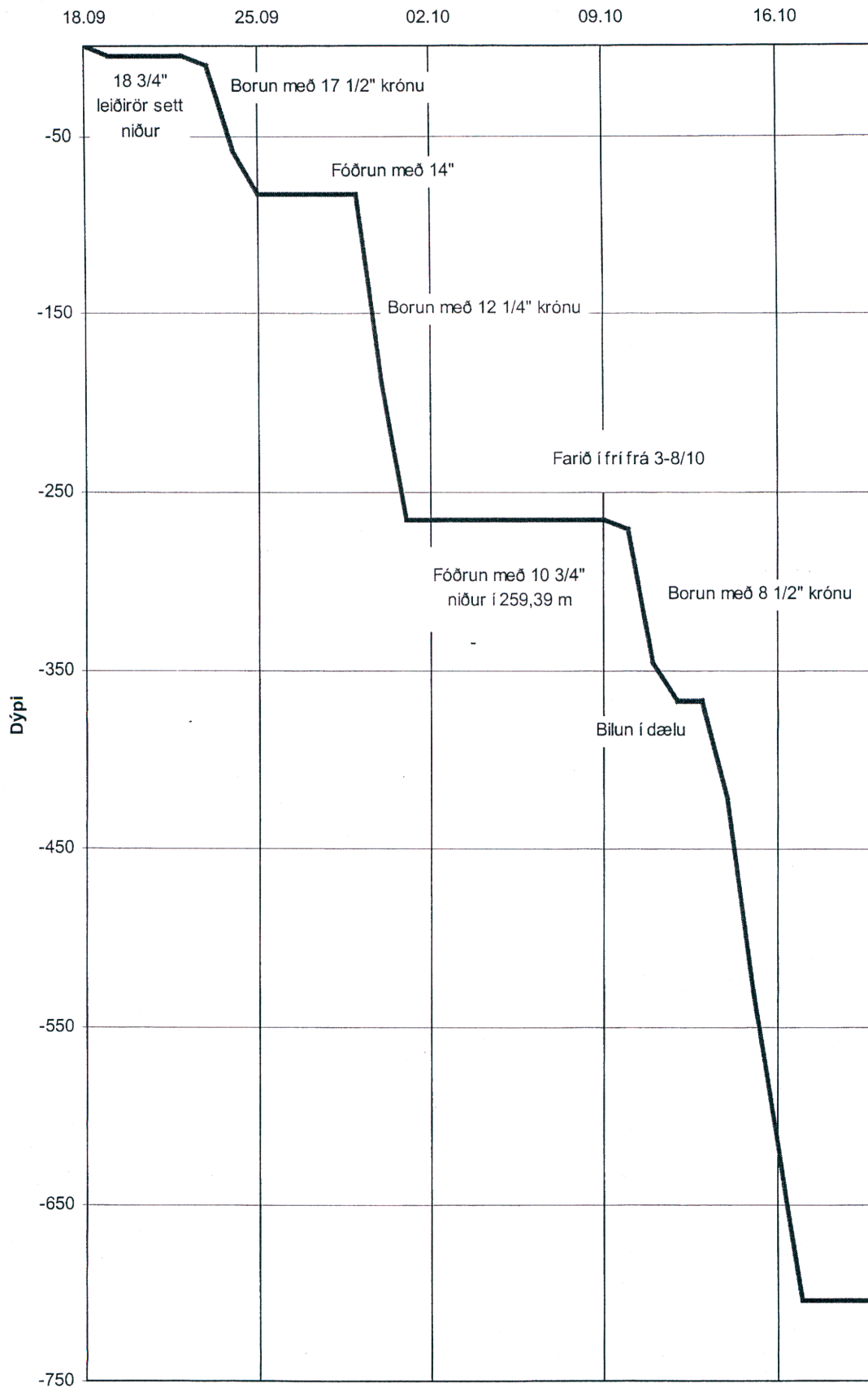
Borun með 12 1/4" krónu hófst að kvöldi 28. september á 11. verkdegi. Borað var á vöktum. Borun lauk í 265 m dýpi tveimur dögum síðar. Tvær stýringar voru hafðar í streng. Borun gekk áfallalaust og ekki varð vart við skoltap eða skolaukningu. Mjög hart berg var í 180-200 m dýpi. Hitnun á geli í hringferð niður og upp holu var auk þess lítil, frá 21°C í 24°C á 180 m dýpi og úr 27°C í 35°C er hætt var.

Þá stóð til að jarðlagamæla holuna, en hún reyndist stífluð í rúmlega 100 m dýpi. Því var farið með borsteng niður og hún hreinsuð í 130 m dýpi. Heilmikill skápur var neðan við fóðringarenda. Að mælingum loknum var holan fóðruð með 10 ¾" soðinni fóðringu, og fóðringin síðan steipt mánudaginn 2. október, á 15. verkdegi. Steipt var úr 17 tn af sementi. Steypa kom upp, seig síðan um 2 m. Fyllt var upp utan með að vanda, og 10" flangs síðan soðinn á fóðringuna. Fóðringarendi er í 259,6 m dýpi miðað við drifborð. Fóðringarskýrsla er sýnd í töflu 2.

2.3 Áfangi 3: Borun vinnsluhluta frá 260-704 m dýpi

Borverk hófst að nýju sunnudagin 8. október eftir nokkurra daga frí. Smátöf varð vegna uppsetningar á öryggislokum, en síðdegis á mánudag var komið niður úr fóðringunni. Borun gekk hratt og vel niður í rúmlega 330 m dýpi, fyrir utan nokkra tíma tafir vegna bilana, og var meðalborhraði um 8 m/klst á þessum kafla. Þar neðan við harðnaði berg og dró úr borhraða. Á miðvikudagskvöldið bilaði bordæla og hlaust af henni um 2 sólarhringa töf. Borun gekk síðan áfallalaust og lauk henni í 704 m dýpi

BA-03 BORGANGUR



Mynd 1. Gangur borunar BA-03.

síðdegis mánudaginn 16. október. Þá var tekið til við jarðlagamælingar og lauk þeim daginn eftir. Lítið sem ekkert skoltap/-aukning mældist í borun, en ásýndarmat benti þó til smá aukningar.

Til stóð að örva holuna með ádælingu og rennslisprófun. Áður þurfti þó að breyta búnaði á holutoppi. Fyrirhugað var að skera flangsins af holunni og lengja 10" rörið upp úr kjallaranum og setja nýjan og minni holuloka þar. Þegar til átti að taka, var holan sléttfull í öryggisloka og í bullandi sjálfrennsli á holuloka. Því var ákveðið að skilja 10" holulokann eftir á holunni, og ráðstafanir gerðar til að ganga frá holunni í prófunarhæfu ástandi. Prófunarbúnaður á holu BA-02 var tekinn niður og honum breytt þannig að hæfði holu BA-03. Lauk þessum aðgerðum síðdegis fimmtudaginn 19. október. Verklok voru á 29. verkdegi daginn eftir. Borverkið stóð því yfir í tæpar 5 vikur.

Mælingabíll mætti síðan aftur á borstað föstudaginn 20. október, til að hitamæla holuna fyrir og eftir rennslisprófun. Þá var jafnframt gerð viðnámsmæling, sem ekki hafði tekist í fyrstu atrennu vegna bilunar í mælitækjum. Hún tókst, en ekki nifteinda- og gammamæling. Skrúfað var frá holunni kl. 15:20, og var holan fljót að komast í stöðugt rennsli. Kl. 17 var hiti 68°C og um 70°C kl 19. Rennsliskari var komið undir kl 20:40 og holan opnuð aftur kl 21:15. Rennsli fór umsvifalaust í svipað magn og fyrr. Fylgst var með því í um ½ tíma og rennslið mælt á V-yfirfalli á 10 mín. fresti. Reyndist það alveg stöðugt með vatnshæð í 16,5 cm, sem svarar til 15 l/s rennslis. Holan var skilin eftir í sjálfrennsli og verður svo næstu mánuði.

3 JARÐLÖG

3.1 Mælingar í borun

Fylgst var með hita á borleðju og skolvatni í öllum áföngum verksins, og hitagildi skráð reglulega í vinnsluhluta. Borsvarf var tekið á 2 m fresti að vanda og borhraði skráður í borskýrslur. Síritandi mælar voru ekki tengdir við borinn. Skoltap eða skolvatnsaukning var metið jöfnum höndum í öllum áföngum verksins. Skemmst er frá því að segja að lítilsháttar skoltap virðist, skv. hitamælingum gerðum eftir borun, hafa verið til staðar í borun vinnsluhlutans, en ekki í borun fyrir fôðringum. Skráð gögn eru sýnd með jarðlagasniðnu á mynd 2. Í lok borunar var holan sléttfull í öryggisloka er tekið var saman og í bullandi sjálfrennsli á holuloka. Hitamælingar eftir borun sýna hins vegar vatnsæðar sem hafa tekið við köldu skolvatni meðan á borun stóð.

3.2 Jarðlög og ummyndun í 1. 2. og 3 áfanga

Svarf var greint jöfnum höndum á borstað meðan á borun 2. og 3. áfanga stóð. Svarfið er greint í svarfsmásjá og metið og sundurgreint með augunum, eins og venja er á borstað. Nákvæmari greiningar í röntgentækjum og bergfræðismásjám eru gerðar síðar í samræmi við áætlaða þörf á slíkum greiningum. Í dagskýrslum var gerð grein fyrir helstu jarðlögum og breytingum í þeim með vaxandi dýpi, svo og ummyndun. Hér eru jarðlagagreiningar teknar saman og stiklað á stóru varðandi jarðlög og ummyndun. Jarðlaga- og ummyndunargreiningar eru síðan bornar saman við jarðlög og ummyndun í holu BA-02.

Á mynd 2 er sýnt jarðlagasnið 1. 2. og 3 áfanga, ásamt þeim mælingum sem bormenn framkvæmdu og einni hitamælingu sem gerð var í borlok.

Efst í holunni var borað í ósamlímdan sand alla leið niður í 106 m dýpi. Yfirborðsfóðringin hefði þurft að ná niður úr honum. Gróðurleyfar sjást í sandinum næst yfirborði niður fyrir 30 m dýpi. Í 18 m dýpi vottar fyrir samlímingarefni í sandinum, úr kalsíti, en að öðru leyti sjást varla nokkur jarðhitamerki. Fínefnið úr sandinum skolast allt burt úr svarfsýnunum, og eftir verður misgrófkorna sandur.

Verk nr. 29139	Hola nr. B.A3	Borstaður Bakkahlaup.	Bor A2i	Verkkaupi Íslenskt Orka.
Vidd holu 17 1/2	Dýpt holu mv. drifborð 82.0	Fóðring nr. 2	Fóðrun framkv. dags. 25.09.00	Útyilt af p.5

Hóuldýpt frá flangsi 80.4 m. Fóðringardýpt f. fl. 82.6 m				RÖRATALNING					
FÓÐRING	Gerð	5 L B 3753		LENGD	NR	MS	ALLS m		
	Þyngd	Pöntun nr.		9,18	1		9,18		
	Utarmál	355,6	Innamál						
			Veggþykkt	8 mm	9,17	2		18,35	
	Tengi	Súða		9,18	3		27,53		
	Flangs			9,18	4		36,71		
	Stungutengi			9,18	5		45,89		
	Skór			9,18	6		55,07		
Miðjustíllar	stk	Steyputappar	stk.	9,18	7		64,25		
STEYPING	Steypa 1, þurrfeini	9500 kg		9,18	8		73,42		
	Tæfni	0 kg	Eðlisþ. steypu	1,82	Steypingartími	min.	9,18	9	82,60
	Steyputæki	Solimec dala		9,17	8		73,42		
	Steypa kom upp	<input checked="" type="checkbox"/> Já <input type="checkbox"/> Nei	Eðlisþ. steypu upp		9,18	9		82,60	
	Eftirdæling	magn	6600	litrar	tími	min.			
FRÁGANGUR	Steypa 2, þurrfeini								
	Dýpi á steypu utan röra	18.0 m							
	Steypt utan með eftir	12	kdt.	Skorð ofan af eftir	14	kdt.			
	Steypa, þurrfeini	7500 kg							
Dýpi á steypu í röri	65	m	Steypa boruð eftir	kdt.					
ATHUGASEMDIR									
Sett niður 3/4" rör á milli									
fóðringa í 18 ritar seipt í									
dimmis áföngum.									

Jarðboranir hf. Útgáfa 2.0. Dags. 21.08.1996. Samþykkt af framkvæmdastjóra

Blað 1 af 2

Tafla 1. Yfirborðsfóðring.

29131	BA3	Bakkahláup.	RZC	Islenzka Orka.
Vidd hollu 12 1/4"	Dýpt hollu mv. drifborð 265.0	Fóðring nr. 3	Fóðrun framkv. dags. 01.10.00	Útlyft af P.S

Holludýpt frá flangi 265.0 m. Fóðringardýpt f. fl. 259.6 m		RÖRATALNING			
		LENGD	NR	ALLS m	
FÓÐRING	Gerð				
	Þyngd				
	Útanmál 10 3/4" Innanmál				
	Tengi Suða.				
	Flangi 10" 300				
	Stungutengi Já				
	Skór Já				
Miðjustíllar 0 stk.	Steyputappar 0 stk.				
STEYPIG	Steypa 1, þurrefni 17900 kg	11.45	6	66.27	
	Tarefni 0 kg Eðlisþ. steypu 1.74 Steypingartími min.	10.49	7	73.41	
	Steyputæki Solime dala.	11.48	8	92.33	
	Steypa kom upp <input checked="" type="checkbox"/> Já <input type="checkbox"/> Nei Eðlisþ. steypu upp 1.74	11.38	9	103.71	
	Eftirdæling: magn 600 litrar tími min.	11.42	10	115.13	
Steypa 2, þurrefni 1770 kg	11.44	11	126.57		
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra 2 m	11.46	12	138.03	
	Steypt utan með eftir 12 kst. Skorið ofan af eftir 12 kst.	10.95	13	148.98	
	Steypa, þurrefni 200 kg	11.49	14	160.47	
	Dýpi á steypu í röri m Steypa boruð eftir 4 dagar frá	11.57	15	171.96	
		10.32	16	182.28	
ATHUGASEMÐIR					
Skorið af fóðringu 2 m		9.95	17	192.23	
		11.40	18	203.63	
		11.00	19	214.63	
		10.47	20	225.10	
		10.35	21	235.45	
		10.15	22	245.60	
		10.59	23	255.19	
		0.76	24	264.95	
		10.75	25	274.70	
		10.72	26	284.42	
		0.40	27	294.82	

arðboranir hf. Útgáfa 2.0. Dags. 21.08.1998. Samþykkt af framkvæmdastjóra

Tafla 2. Vinnslufóðring.

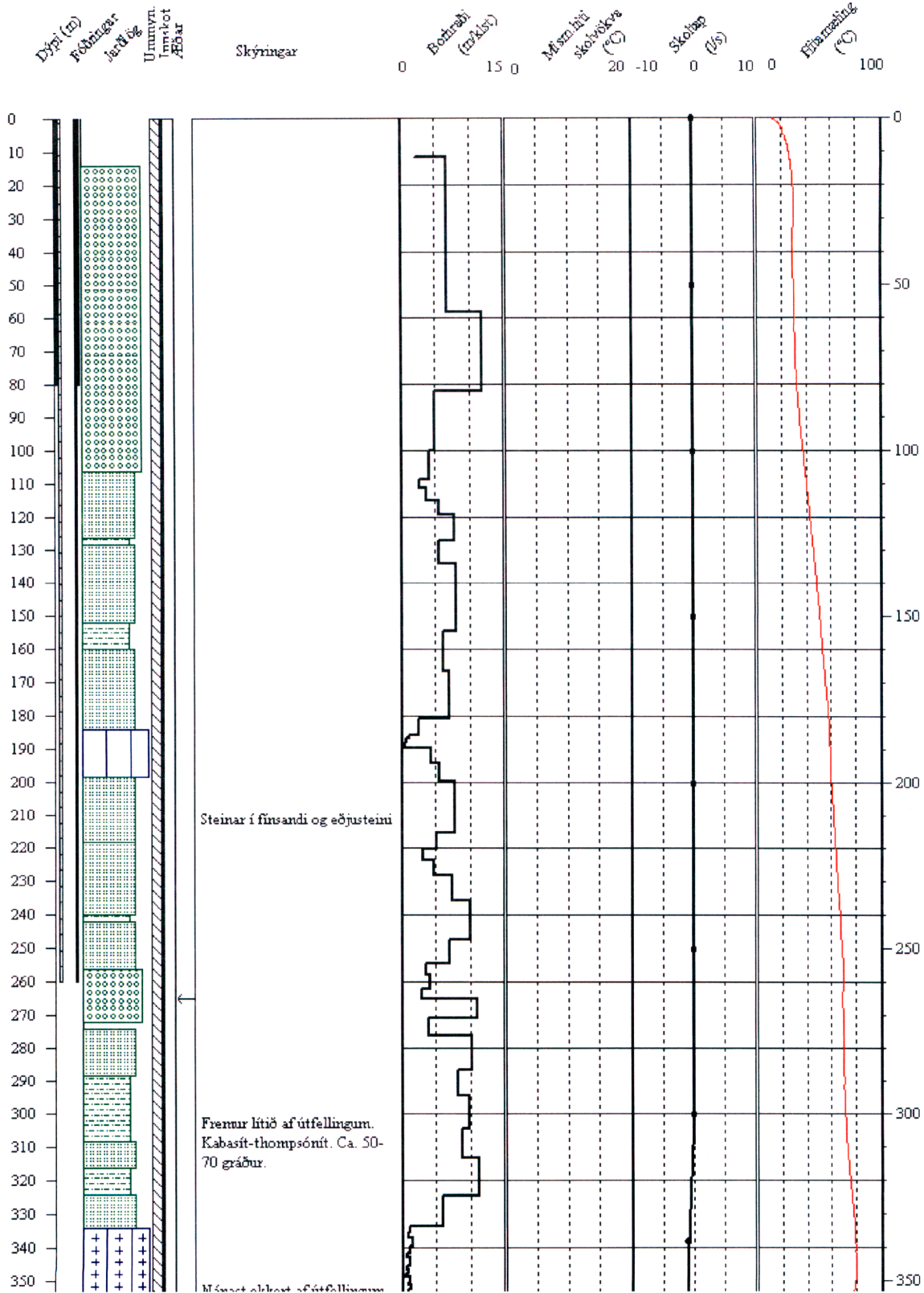


Staður: Öxarfjörður
Holunafn: BA-03

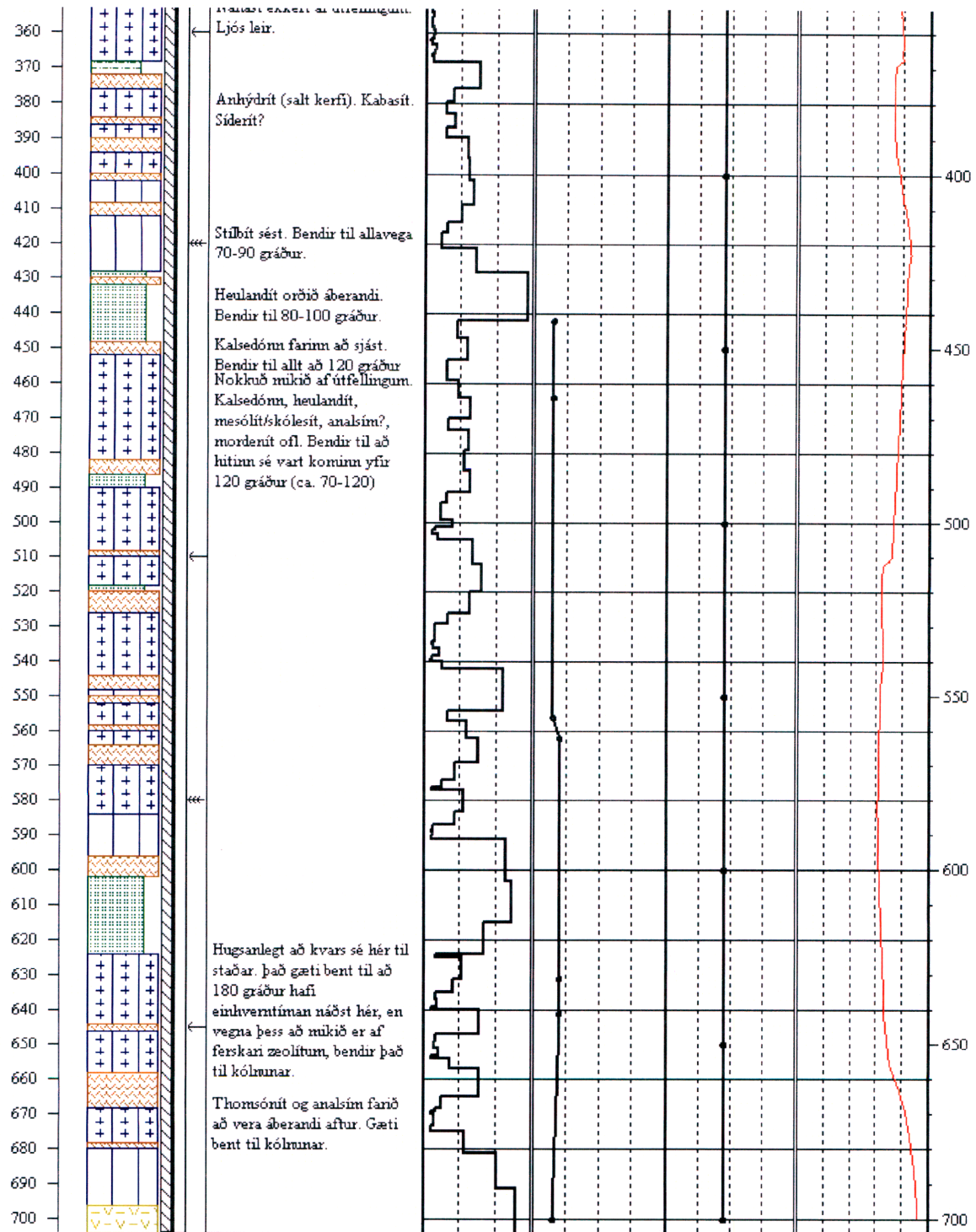
Bor: Azi
Dýptarbil: 0-704

Skolvökvi: vatn
Verkluti: Vinnsluhluti

Verknúmer: 8-630-674
Starfsmenn: goff/br



Dýpi (m) Röðningar Jarðlag Ummyn. Innskot Aðrar Skýringar 0 Botnsæði (gráður) Mismunur skólóðs (°C) Skólóð (°C) Eðruháttur (°C)



Berggerðir

- Hraunlagakargi
- Fin-meðalkorna basalt
- Meðal-grófkorna basalt
- Túffínt set
- Eðjustein
- Sandsteinn
- Möl og steinar
- Svarf vantar

Vatnsæðar

- Lítil æð
- Meðal æð
- Stór æð

Ummynndunarstig

- Engin ummyndun
- Lítil ummyndun
- Meðal ummyndun
- Mikil ummyndun

Mynd 2. Jarðlög og mælingar í borun

Kornasamsetning í lausa sandinum, sem eftir er í svarfsýnunum, gefur því ekki alrétta mynd af efninu, en efst er sandurinn fremur grófkorna niður í 25 m. Þaðan er heldur finni sandur niður í tæplega 50 m dýpi, síðan grófari sandur aftur niður í 60 m, og loks finkorna sandur niður í 106 m. Þar tekur við samlímdur sandsteinn.

Sandsteinninn frá 106 m dýpi niður í um 150 m dýpi er úr finsandi með mismiklu magni af silti (ennþá finna efni sem við köllum eðjustein, og spannar kornastærðarbilið frá silti í leir). Frá rúmlega 150 m niður í 184 m er setið finkornóttara og að hluta úr eðjusteini. Frá 184 m niður í 200 m dýpi var borað í mjög þétt, fín-meðalkorna ólivín-þóleiit. Stöku ólivín dill sést. Hraunið er nær alveg blöðrulaust og var mjög hart í borun, einkum efri hluti þess. Í 192 m virðast vera lagskil í hrauninu, sem sjást í stöku kargalegri svarfkornum, og var hraunið mýkra undir borkrónu þar neðan við. Aðeins bar á glerjuðum kornum neðst í laginu. Ummyndun er sáralítill í öllu setinu ofan 200 m, svo og í hraunlaginu. útfellingar sjást varla ofan hraunlagsins, en í því sjálfu sést vottur af smásprungufyllingum húðaðar kabasíti. Kabasít er lághitazeólíti sem myndast á hitabilinu 20-70°C.

Hér má staldra við og bera saman jarðlög í holu 3 við holu 2. Í BA-02 náði ósamlímdur sandur í u.þ.m. 30 m dýpi, en síðan nánast samfeldur sandsteinn niður í 130 m dýpi, misgrófur í korni og litillega ummyndaður. Þar neðan við tók við finkornóttara set (eðjusteinn) með einhverju af skeldýraleyfum. Náði það niður á 200 m dýpi. Hraunlag sást ekki í BA-02, og ummyndun í henni er umtalsvert meiri en í BA-03.

Í BA-03 tekur við sansteinn neðan hraunlagsins í 200 m. Hann er úr finsandi með siltlinsum og mismiklu af basaltvölum, sumum úr dílóttu basalti. Setið er ekki jökulbergslegt að sjá. Þetta lag nær niður í 218 m dýpi. Þar neðan við er dekkri túffríkur finsandur, hvítýrjöttur af útfellingum sem líklega eru ópall (kísill). Setið er lagskipt, úr finsandi með siltlinsum, og nær niður í 256 m. Þar neðan tekur við grófkorna sandsteinn með steinum, illa samlímt, og er hluti setsins úr uppbrotnu rofnu seti. Magn grágrýtissteina jókst í svarfinu er neðar dró og stefndi hugsanlega í hraunlag. Hætt var í 265 m dýpi fyrir fóðringu, enda ekki meira fóðringarefni til á borstað. Þetta var hins vegar slæmur staður til að hætta í sökum þess hve bergið var losaralegt, hugsanlega vel lekt, og eins víst að steypa gæti þurft í lagið í borun næsta áfanga. Grágrýtissandurinn hélt áfram í vinnsluhluta holunnar og nær niður í 276 m eða þar um bil. Vatnsæð sást í hitamælingu í þessu lagi, en það kann að vera eitthvað þettað af steypu neðan fóðringarinnar.

Ummyndun neðan 200 m dýpis er heldur meiri en ofar. Ummyndunarsteindir eru úr kalsíti, hvítum ópall/kísli, kabasíti, og smektíti. Aðeins vottar fyrir pýriti. Neðan 276 m tekur við finsandur fyrst og síðan hálfgerður eðjusteinn úr finsandi og silti neðan 290 m niður í 332 m dýpi. Bergið er úr mjúku ljósgráu finkorna efni sem malaðist nánast í duft undir krónu. Skeldýraleyfar kunna að finnast í þessu seti, ætlað skeljabrot sást í sýni úr 326 m dýpi, og brot úr kalkrörsormi sást í einu skolkorni í svarfsýni af 340 m dýpi. Afgerandi jarðlagabreyting verður hins vegar á 334 m dýpi, því þar er komið niður úr setlögnum niður í hraunlagastafla. Áður en honum er lýst má vikja aftur að samanburði við holu BA-02.

Í BA-02 tók lagskiptur sandsteinn við neðan 200 m dýpis, misgrófur ásýndum og sýnilega myndaður í orkurikara umhverfi en eðjusteinninn ofan við, trúlega í árósum. Neðan 300 m dýpis tók svo aftur við rólegra setmyndunarumhverfi. Setið frá yfirborði niður á 370 m dýpi var hvergi mikið ummyndað að sjá, en þó vel samlímt. Á rúmlega 200 m dýpi sást talsvert meira magn af jarðhitaútfellingum í einu sýni en annars staðar, í gropnum sandsteini. Af þessu má sjá að holunum svipar mjög saman á umræddu dýptarbili.

Efsta hraunlagið nær frá 332 m niður í 368 m og er því 26 m þykkt. Hraunið var mjög hart í borun og datt borhraði niður úr um 10 m/klst í setinu niður í tæplega 1 m/klst í hrauninu. Samskonar þykkt hart

hraunlag var í BA-02 frá 368-398 m, um 30 m þykkt. Tengingin þar á milli gæti varla verið áreiðanlegri, og er fínkorna set yfir hrauninu á báðum stöðum. Eðlilegt er að miða við botn á hraunlaginu og ætla að misgengið milli holnanna sé um 30 m. Líklegt er að misgengið sé samsíða öðrum sprungum og misgengjum í Kröflusprungustykkinu og stefni NA-lægt. Jafnframt er líklegt að það liggja einhvers staðar um hitasvæðið við kartöflugarðana, og að hitauppstreymið tengist því. Í niðurstöðukaflanum er gert ráð fyrir að svo sé. Væri misgengið framlengt suðurávið, endaði það í svokölluðu Hólsmisgengi sem hreyfðist í Kröflueldum, einkum í skjálftanum 1978. Hitavirkni á yfirborði jókst á jarðhitasvæðinu en engin sprunga sást á yfirborði við kartöflugarðana. Mikil hreyfing varð hins vegar á Hólsmisgenginu við þjóðveginn í Kelduhverfi.

Þar sem örugg tenging er nú kominn milli holna BA-03 og BA-02, þarf litlum tíma að eyða í lýsingar á einstökum hraunlögum í BA-03. Helstu leiðarlög eru hins vegar nokkur setlög sem fundist höfðu í holu BA-02. Þau finnast öll 20-30 m ofar í holu BA-03. Þessi yngsti hluti hraunlagastaflans kann að vera frá ísöld, en engin greinileg jökulbergslög fundust í þessari holu frekar en í holu 2.

Ummyndun hraunlagastaflans í holu BA-03 er hins vegar mjög ólík ummyndun í holu 2. Engar háhitasteindir fundust í holu BA-03, epidót o.fl. háhitasteindir fundust hins vegar neðan um 500 m í holu BA-02. Í holu BA-03 einkennist ummyndunin af lághitasteindum. Kabasít og thomsónít eru ofan 400 m dýpis, en stilbít, heulandít, mesólít/skólesít, og analsím sjást neðan 400 m, ásamt kalsedón (kísill). Þessar steindir myndast við hita milli 70-100°C, og etv. örlítið hærri hita. Neðst í holunni fór aftur að bera á thomsóníti ásamt analsími sem getur bent til að hiti sé viðsnúinn þar líka svipað og í holu BA-02 neðan 500 m dýpis. Það skýrist með hitamælingu eftir að holan hefur jafnað sig eftir borun.

Á mynd 3 eru jarðlagamælingar sýndar með jarðlagasniðinu. Jarðlagamælingarnar eru óleiðréttar, en aðeins lagfærðar. Samræmi milli jarðlaga og mælinga er ágætt að sjá án þess að mikið verði um fjallað. Gerð er grein fyrir boruholumælingum í kafla 4.

3.3 Mat á niðurstöðum jarðlaga- og ummyndunargreininga

Niðurstæða ummyndunargreiningar kollvarpar hugmyndum um að háhitasvæði leynist í sandinum nærri BA-03. Sú hugmynd byggði á svokölluðu háviðnámi undir lágvinámi, sem skv. viðnámskortum átti að byrja í rétt um 500 m dýpi í holu BA-03. Háviðnámið var talið geta tengst breytingu í bergummyndun sem verður við hita ofan 240-250°C. Við þann hita breytist svokallaður blandlagaleir í klórít og háhitasteindin epidót fer að myndast. Í holu BA-02 sást þessar steindir neðan um 500 m dýpis, en í holu BA-03 eru engin merki um þær neðan 500 m, og heldur engin örugg vísbending um að hiti hafi nokkurn tímann farið yfir 100°C þar. Útbreiðsla háviðnáms undir lágviðnámi gefur því engan veginn rétta mynd af stærð hugsanlegs háhitasvæðis tengdu hitasvæðinu við Bakkahlaup. Þó niðurstæðan sé neikvæð hvað varðar áform Íslenskrar orku ehf. um hugsanlega háhitanýtingu, er hún einkar jákvæð í því að vera jafn afdráttarlaus og raun ber vitni. Markmiðið með borun holu BA-03 heppnaðist því ágætlega. Tilgangurinn var að komast að hvort háhitauppstreymisrás lægi langs eftir háviðnáms hryggnum. Því fer einfaldlega fjarri og eftir stendur lítið kólnandi háhitasvæði undir Bakkahlaupi og þar norður af undir kartöflugörðunum, etv. rétt um 10 % af þeirri stærð sem vonast hafði verið eftir í ljósi viðnámsmælinganna. Í kafla 5 er áætluð stærð svæðis með hita yfir 200°C á 500 m dýpi metin um 1 km². Útbreiðsla háhitasteindarinnar epidóts er eitthvað meiri, metin um 4 km² á sama dýpi, en það kann að vera ofmat miðað við dýpi, en líklegt á 1 km dýpi og neðar. Þessar hugleiðingar o.fl. eru dregnar saman í niðurstöðukafla skýrslunnar.

4 BORHOLUMÆLINGAR

4.1 Mælingar í 1., 2. og 3. áfanga

Engar hita- eða jarðlagmælingar voru gerðar meðan á borun fyrir yfirborðsfóðringu í BA-03 stóð. Kom það til af tvennu eins og í holu BA-02. Reiknað var með lausum og hrungjörnum sandi efst í holunni, notkun þykkar gelblöndu til skolunar, og því markmiði að stytta tíman sem mest milli borunar og steypingu fóðringar.

Hiti í geli var lágur meðan borað var fyrir fóðringu. Engin ástæða var því til að hitamæla með handrúllumæli fyrir fóðringu.

Í 2. áfanga var upphitunarmæling í borstreng gerð með handrúllu á 260 m dýpi fyrir uppteikt borkrónu. Eftir uppteikt var jarðлага- og hitamælt fyrir fóðringu að hefðbundnum hætti.

Í 3. og síðasta áfanga, vinnsluhluta holunnar, voru mælingar með hefðbundnum hætti, en N-N og gammamælingar náðust ekki vegna bilunar í mælipróbu. Yfirlit yfir jarðlagamælingar er sýnt í töflu 3.

Tafla 3. Yfirlit yfir mælingar.

Mælingar		Tegund-dagsetning	Tími	Dýptarbil
XY-vídd	upp	XY200010010520	05:20-05:46	259.73-9.87
Hiti	niður	H200010010558	05:58-06:08	0-261.79
NN & nat gamma	niður	NG200010010646	06:46-07:02	8.5-261
NN & nat gamma	upp	NG200010010702	07:02-07:28	261-0
Viðnám	niður	V200010010841	08:41-08:52	57,13-261,7
Viðnám	upp	V200010010852	08:52-09:02	261,48-80,12
Hiti	niður	H200010170343	03:40-04:20	0 - 704 m
Hiti	niður	H200010201405	14:00-15:30	0 - 700 m
Viðnám	upp	vidn200010201810	17:30-18:30	700-0 m
Hiti	niður	H200010201910	19:00-20:00	700 -0 m
XY-vídd	upp	XY20001017650	6:50-7:47	687,63-0 m

Mælingarnar eru teiknaðar upp ásamt jarðlagasniði, fóðringum og staðsetningum á æðum á mynd 3. Viðnámsferlarnir eru teiknaðir lógarithmiskt til að sjá betur breytingar á viðnámi þar sem það er lágt. Mælingarnar eru óleiðréttar fyrir holuvídd og dýptarleiddréttung var ekki gerð.

Fóðraði hluti holunnar var fremur víður (12,5-14”). Við slíkar aðstæður getur verið erfitt að ná góðum jarðlagamælingum í geli. T.d. er vitað að gæði nifteindamælingarinnar rýrna mjög í viðum holum og erfitt getur reynst að koma viðnámspróbunni niður í gegnum borleðu sökum þess hve létt hún er. Hér að neðan er aðeins farið yfir tilgang hvernar mælingar.

Mæling á náttúrulegri gammageislun bergs hefur einkum nýst hér á landi til að greina á milli súrs og basíks bergs. Lágt gamma bendir til lágs kísilinnihalds, eins og raunin er með mælinguna fyrir fóðringu áfanga. Þar kemur greinilega fram að setið er að uppruna úr basalhraunlögum og basísku móbergi. Þrír toppar neðarlega gefa visbendingu um aukningu í ummyndun, en einmitt á þessu bili er hvítýrjött, dökkt og einleitt basalttúff ráðandi berggerð. Ofan þess og neðan er setið sundurleitara.

Nifteindamælingar eru notaðar til að ákvarða poruhluta eða holrými í bergi. Það sama á við um nifteindamælingar í geli eins og gammamælingar, að þær deyfast. Þrátt fyrir það gefur nifteindamælingin ágætar vísbendingar um háan poruhluta í setlögnum. Þegar komið er niður í þétt hraun á um 184 m dýpi lækkar poruhlutinn skyndilega (hækkað gildi). Mælingarnar eru annars einsleitar.

Viðnám gegn rafleiðni jarðlaga getur gefið vísbendingar um berggerð og þéttleika, sem og leiðni útfellinga í jarðhitakerfum. Laus jarðlög og illa kristallað berg (móberg) hafa tiltölulega lítið viðnám gegn rafleiðni. Hins vegar hefur þétt og vel kristallað berg mun hærra viðnám. Aðferðin er því hentug til að greina á milli einstakra jarðlaga, svo og jarðlagamyndana. Viðnámsmælingar í 2. áfanga eru ómarktækar að sjá. Mælingar í vinnsluhlutanum tókust hins vegar vel. Þar er greininlega gott samræmi á milli svarfgreininga og viðnámsmælinga. Hátt viðnám mælist í hraunlögum en lágt í setlögum og millilögum.

Loks eru víddarmælingar gerðar til að kanna ástand holuveggja, og til að geta áætlað steypumagn við föðringar. Holuveggir mega heita sléttir bak við föðraða hlutann, enda var þar borað með geli sem ekki var hreinsað út fyrir en að steipt var. Holuvidd í vinnsluhluta er 217-250 mm. Einn áberandi skápur er þó á 280-330 m dýpi, enda var þar borað í fremur fínkornótt lin jarðlög sem skoluðust út meðan borað var. Víddarmæling nýtist einnig við ákvörðun á poruhluta bergs ásamt nifteindamælingunni, en víddarleiðrétting er ekki gerð hér.

Jarðlagamælingarnar eru bornar saman við jarðlagasniðið. Samræmi reynist vera ágætt á milli þess og mælinganna (mynd 3). Þar sem ekki hefur verið dýptarleiðrétt vegna mismunandi flutningshraða svarfs upp úr holunni, o.fl., má sjá kerfisbundið ósamræmi milli bergs og mælinga eftir því sem dýpi eykst. Í lokaskýrslum eru yfirleitt leiðrétt fyrir slíku ósamræmi eftir kúnstarinnar reglum.

Loks eru það svo hitamælingar sem mestu skipta í jarðhitaholum. Óþarft er að fjölyrða um gagnsemi þeirra. Hitamælingar gefa að sjálfsögðu hitaástand holu til kynna á hverjum tíma, og eru því einkar gagnlegar til að staðsetja lekastaði eða vatnsæðar í borholum. Niðurstöður allra hitamælinga í vinnsluhluta BA-03 eru sýndar á mynd 4, þar sem föðraði og óföðraði hluti holunnar er jafnframt gefinn til kynna.

4.2 Vatnsæðar, hiti og gæfni BA-03

Hitamælingarnar sýna að a.m.k. 6 vatnsæðar eru í holunni í vinnsluhluta. Smáar vatnsæðar eru sýndar með grænum lit en þær stóru með rauðleitum lit á myndinni. Litlu æðarnar eru fjórar. Sú efsta rétt undir föðringu í 260-270 m dýpi, sú næsta er í um 360 m dýpi. Þá kemur stór æð nærri 420 m dýpi, þá lítil í 510 m og svo önnur stór nærri 580 m dýpi, og loks er smáæð á 640-650 m dýpi.

Tafla 4. Vatnsæðar.

Lítill	260-270 m
Lítill	360 m
Stór	420 m
Lítill	510 m
Stór	580 m
Lítill	640-650 m

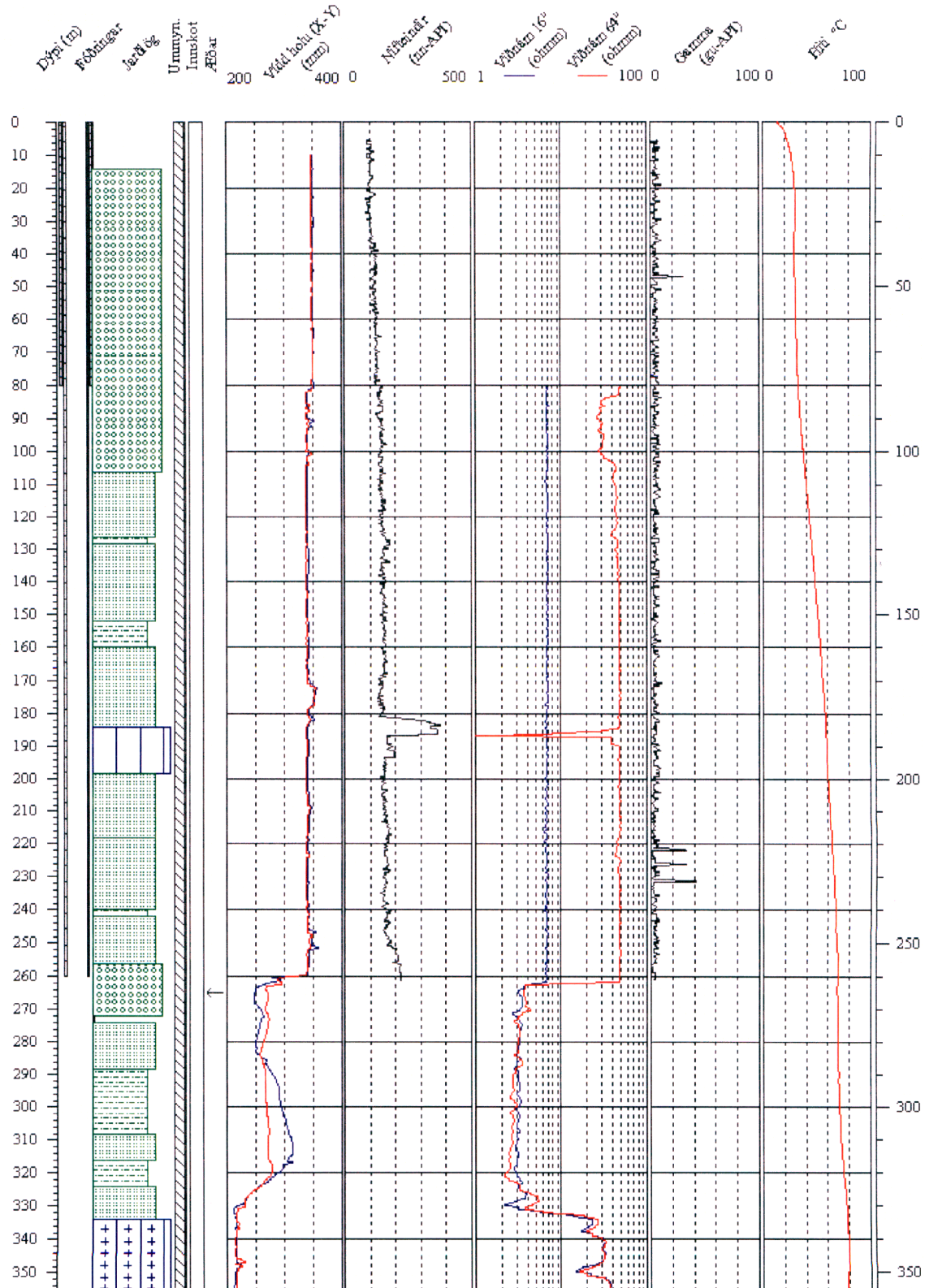


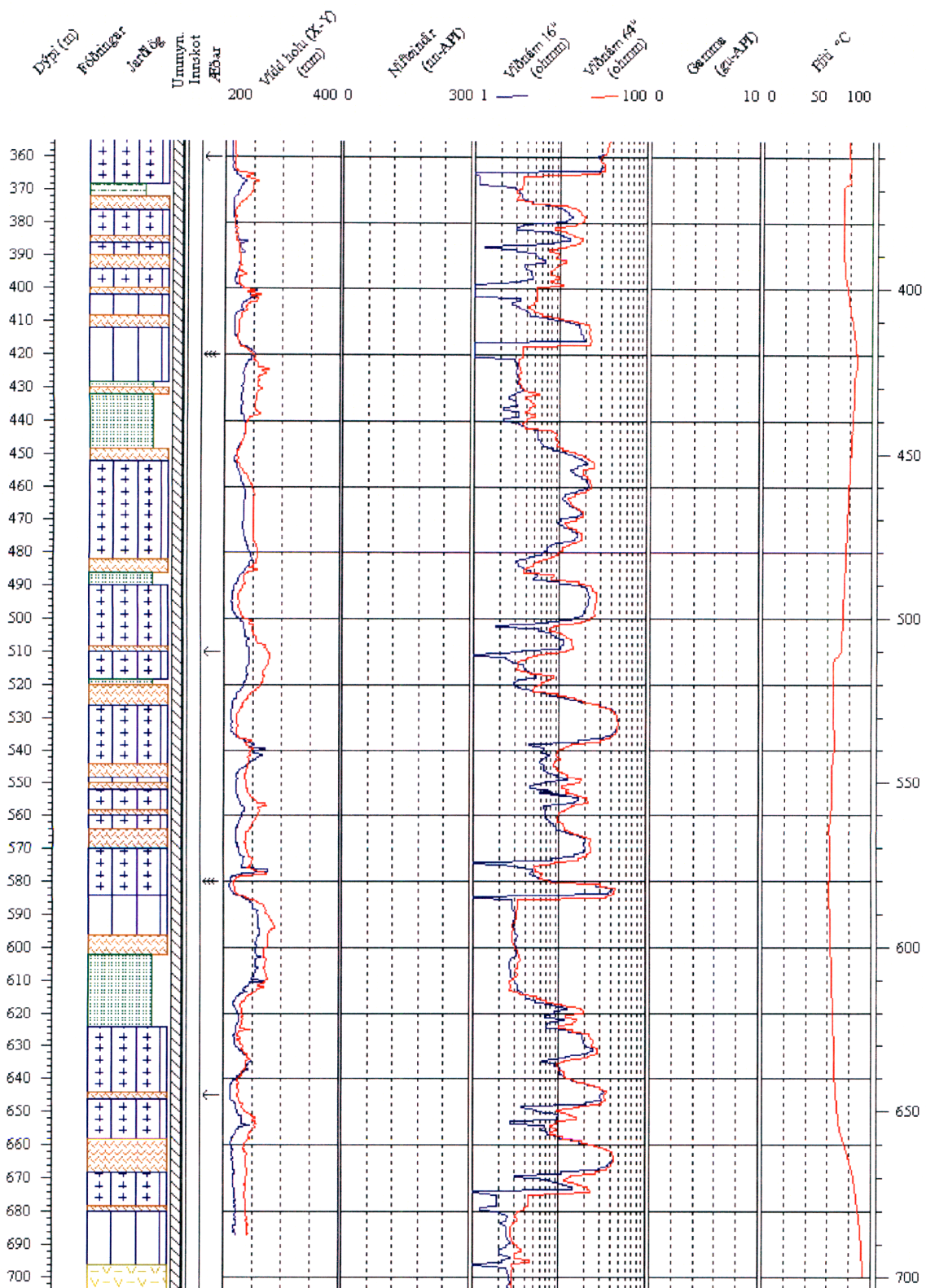
Staður: Óxarförður
Holunafn: BA-03

Bor: Azi
Dýptarbil: 0-704

Skolvökvi: vatn
Verkhliuti: Vinnsluhliuti

Verknúmer: 8-630-674
Starfsmenn: gof/br





Mynd 3. Jarðlög og jarðlagamælingar í borun.

Rauði hitaferillinn sýnir svo ástand holunar rétt eftir að hún er kominn í sjálfrennsli. Hún er heitust í botni, um 95°C. Síðan eru tvær stóru vatnsæðarnar sem spila saman, og eru á þeim tíma að skila hluta af skolvatni sem hefur farið út í stóru æðarnar. Upp úr holunni renna á þeim tíma um 17 l/s af rúmlega 70°C heitu vatni. Holan hefur verið í sjálfrennsli síðan 20. október, og hefur verið fylgst með henni á um 10 daga fresti. Vatnshiti var fljótlega kominn upp í 80,5°C og hefur haldist svo síðan með um 18 l/s sjálfrennsli. Vatnssýni var tekið á plastbrúsa og sent í seltugreiningu til ROS. Það reyndist vera hálfaltur sjór. Nánar verður gerð grein fyrir rennslisprófun, hita og seltu síðar, en taka þarf gott vatnssýni eftir kúnstarinnar reglum þegar holan er örugglega komin í jafnvægi. Þá þarf jafnframt að hitamæla holuna í botn til að sjá endanlegan hitaferil.

Holu BA-02 ætti jafnframt að hitamæla á sama tíma niður á um 700 m dýpi, til að komast að því hver hámarkshiti er utan við fóðringuna. Til þess þyrfti holan að hafa fengið að standa lokuð í nokkrar vikur, svo sem verið hefur að undanfögnu.

5 HELSTU NIÐURSTÖÐUR OG HUGSANLEGT FRAMHALD RANNSÓKNA

5.1 Helstu niðurstöður úr borun BA-03

Ummyndunargreining kollvarpar hugmyndum um að háhitasvæði leynist í sandinum við BA-03. Sú hugmynd byggði á svokölluðu háviðnámi undir lágvinámi, sem skv. viðnámskortum átti að byrja í rétt um 500 m dýpi í holu BA-03. Háviðnámið var talið geta tengst breytingu í bergumyndun sem verður við hita ofan 240-250°C. Við þann hita breytist svokallaður blandlagaleir í klórít og háhitasteindin epidót fer að myndast. Í holu BA-02 sáust þessar steindir neðan um 500 m dýpis, en í holu BA-03 eru engin merki um þær neðan 500 m, og heldur engin örugg vísbending um að hiti hafi nokkurn tímann farið yfir 100°C þar.

Útbreiðsla háviðnáms undir lágviðnámi gefur ekki rétta mynd af ætlaðri stærð háhitasvæðis tengdu hitasvæðinu við Bakkahlaup. Þó niðurstaðan sé neikvæð hvað varðar áform Íslenskrar orku ehf. um hugsanlega háhitanýtingu, er hún jákvæð í því að vera jafn afdráttarlaus og raun ber vitni. Markmiðið með borun holu BA-03 var að komast að hvort háhitauppstreymisrás lægi langs eftir háviðnáms-hryggnum. Svo reyndist ekki vera.

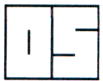
Eftir stendur lítið kólnandi háhitasvæði undir Bakkahlaupi og þar norður af, etv. rétt um 10 % af þeirri stærð sem vonast hafði verið eftir í ljósi viðnámsmælinga. Áætluð stærð svæðis með hita um 200°C á 500 m dýpi er nú metin um 1 km². Útbreiðsla háhitasteindarinnar epidóts er eitthvað meiri, etv. um 4 km² á sama dýpi.

Ná má í um 200°C heitt vatn með grunnum borholum á jarðhitasvæðinu við Bakkahlaup, sem hvað hita varðar svipar helst til jarðhitans í Hveragerði. Útbreiðslu hitasvæðisins til suðurs neðan 1 km mætti kanna betur með TEM-viðnámsmælingum og hugsanlega með hitastigulsholum.

5.2 Óloknum verkum í holum BA-02 og BA-03

BA-02:

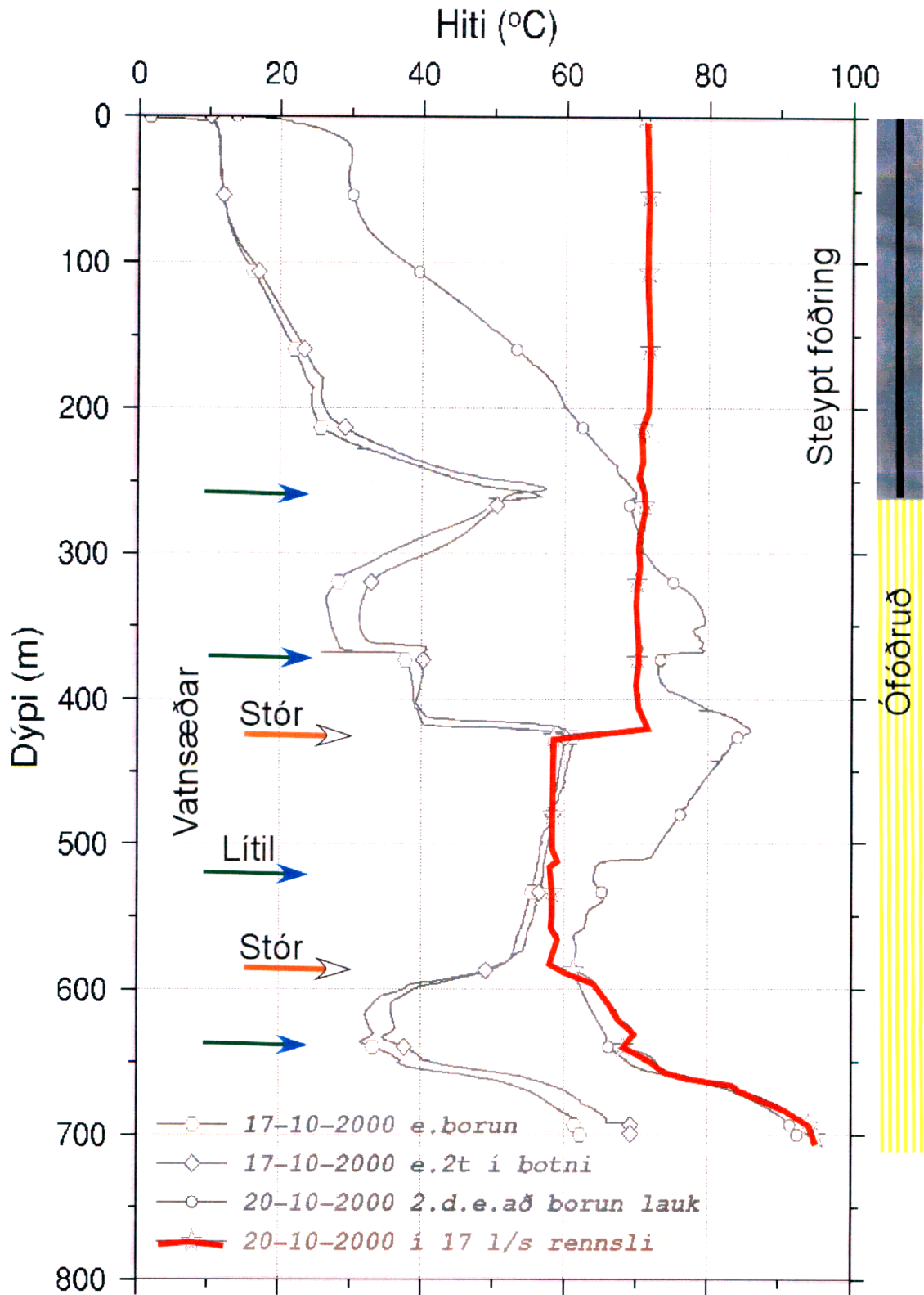
- 1) Mæla endanlegan hita í efstu 700 m holu BA-02 efti að holan hefur staðið lokuð í a.m.k. 2 mánuði.
- 2) Ljúka áfangaskýrslu 4 um upphleypingu, blástur, mælingar og efnagreiningu vatns, gufu og gass úr holunni.
- 3) Lokaskýrslu um holuna (verður sameinuð í eina lokaskýrslu um báðar holurnar).



01-nóv-2000

grb s=62543

Ytribakki BA-03 Við Bakkahlaup Norður-Píngeyjarsýsla



Mynd 4. Hitamælingar í vinnsluhluta BA-03.

BA-03:

- 1) Mæla endanlegan hita í holu BA-03 eftir u.þ.b. tveggja mánuða rennsli og taka vatn- og gassýni á sama tíma. (Þetta má sameina í eina ferð ásamt hitamælingu í BA-02).
- 2) Fylgjast með hita og rennsli í BA-02 þangað til á 2 vikna fresti, og taka sýni á plastflösku í hverri ferð.
- 3) Lokaskýrslu um báðar holur.

5.3 Framhald háhitarannsókna í Kelduhverfi og Öxarfirði

Háhitasvæðin eru tvö, bæði kólnandi. Annað er við *Bakkahlaup* í Kelduhverfi, hitt er við *Skógalón* í Öxarfirði.

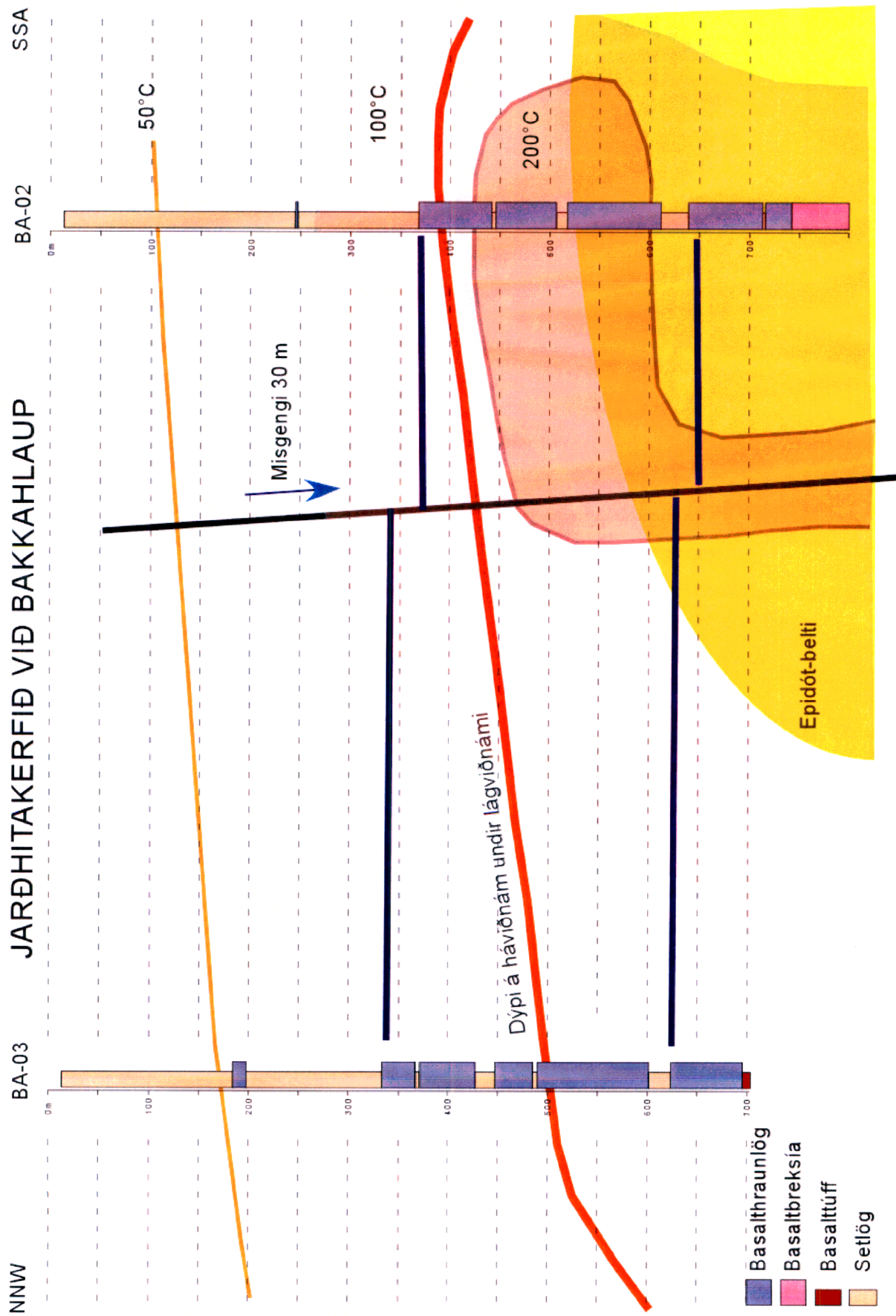
Hæsti hiti er um eða yfir 200°C og bæði svæðin eru mjög vatnsgæf og svipar helst til jarðhitans í Hveragerði hvað hita og rennsli varðar.

Stærð svæðanna með 200°C hita er illa þekkt. Úr því mætti etv. bæta með TEM-mælingum. Rétt er þó að hafa niðurstöðu hitamælinga í BA-02 í huga. Hún er öll í epidót-ummyndunarbelti neðan 500 m dýpis, en er rétt rúmlega 100°C heit neðan 600-700 m dýpis niður á botn í 1830 m.

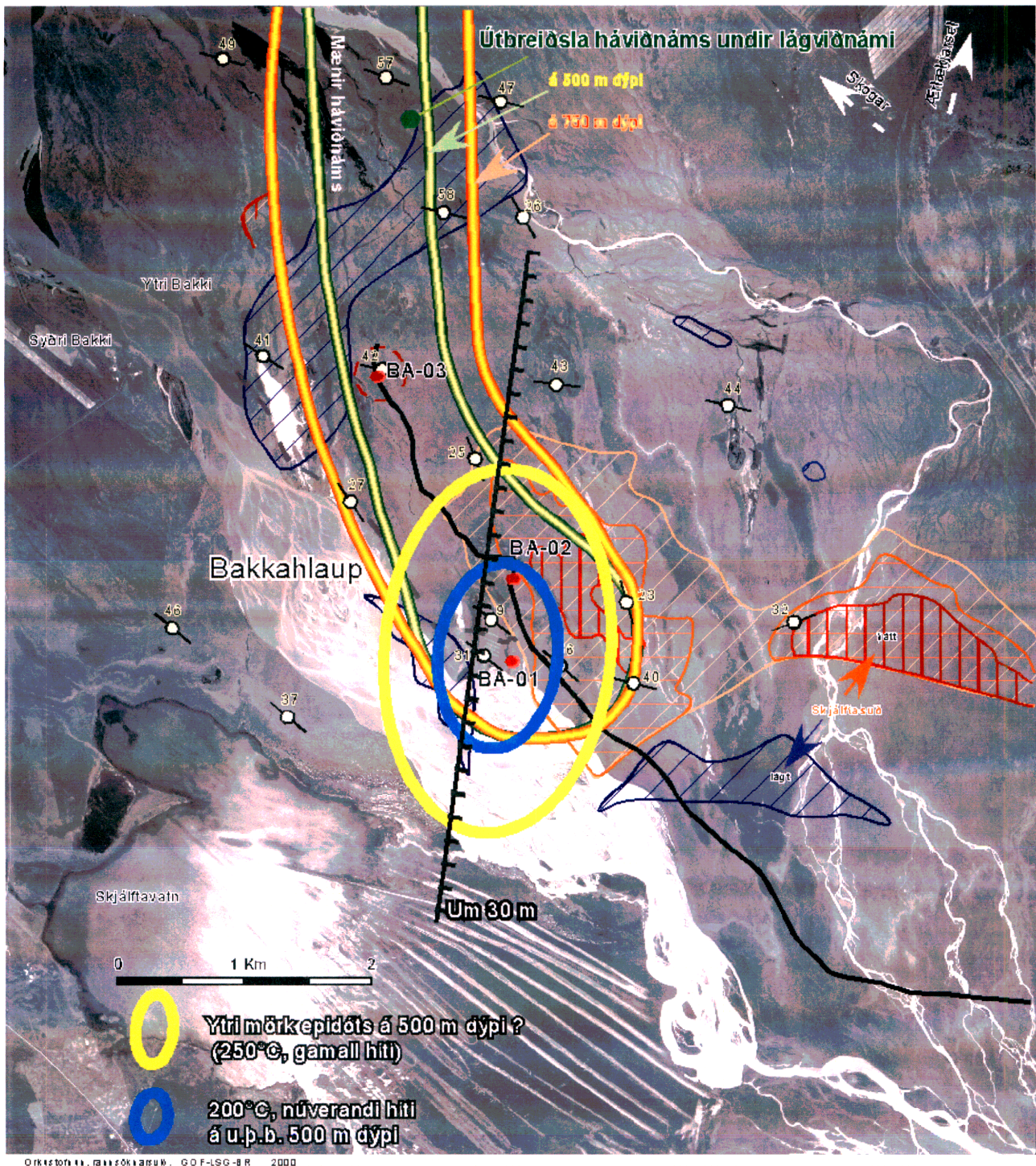
500-700 m djúpar borholur virðast duga til að ná um 200°C heitu vatni við Bakkahlaup, þar sem heita vatnið breiðist lárétt út frá tiltölulega þröngri uppstreymisrás. Dýpsta holan við Skógalón er rúmlega 400 m, og hiti í henni er um 150°C. Efnahitamælar gefa til kynna að þar sé djúpvatnshiti á bilinu 160-220°C.

Eðlilegt næsta skref er að bora 700-1000 m djúpar borholur í miðju hvors svæðis til að staðfesta hámarkshita.

Útbreiðslu Bakkahlaupssvæðisins til suðurs, neðan 1 km dýpis, má kanna með TEM-mælingum og hugsanlega með hitastigulsholum.



Mynd 5. Jarðlagasamanburður á holum BA-02 og BA-03



Mynd 6. Áætluð stærð jarðhitasvæðis við Bakkahlaup með yfir 200°C hita á 500 m dýpi, í ljósi niðurstaðna úr borholum BA-02 og BA-03. Líklega útbreiðsla gamallar 250°C epidót-jafnhitalínu er sýnd ásamt hugsanlegri legu 30 m misgengis sem er á milli BA-02 og BA-03. Staðsetning borholna er sýnd, vegir (heil svört lína) og vegslóðar (slitin svört lína), viðnámsmælingar (númeraðar), útbreiðsla háviðnámskjarna á 500 m og á 700 m dýpi undir lágviðnámi, og dreifing "skjálftasúðs" á 1800 m dýpi.