



**ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið**

**Bakkahlaup Öxarfirði  
HOLA BA-02**

**Áfangaskýrsla 2  
Borun 4. áfanga**

**Bjarni Richter  
Guðmundur Ómar Friðleifsson  
Guðlaugur Hermannsson  
Kjartan Birgisson  
Sigvaldi Thordarson  
Sverrir Þórhallsson  
Sveinbjörn Þórisson**

**Unnið fyrir Íslenska orku ehf**

**1999**

**OS-99074**





**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 8-630 674

**Bjarni Richter, ROS**  
**Guðmundur Ómar Friðleifsson, ROS**  
**Guðlaugur Hermannsson, ROS**  
**Kjartan Birgisson, ROS**  
**Sigvaldi Thordarson, ROS**  
**Sverrir Þórhallsson, ROS**  
**Sveinbjörn Þórisson, JB hf**

## **BAKKAHLAUP ÖXARFIRÐI**

**Hola BA-02**

**Áfangaskýrsla 2**

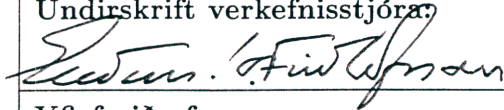
**Borun 4. áfanga**

**Unnið fyrir Íslenska orku ehf**

**OS-99074**

**September 1999**



<b>Skýrsla nr:</b> OS-99074	<b>Dags:</b> September 1999	<b>Dreifing:</b> <input type="checkbox"/> Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð til Sept. 2004
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> BAKKAHLAUP ÖXARFIRÐI HOIA BA-02 Áfangaskýrsla 2 Borun 4. áfanga	<b>Upplag:</b> 30	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 21	
<b>Höfundar:</b> Bjarni Richter (OS), Guðmundur Ómar Friðleifsson (OS), Guðlaugur Hermannsson (OS), Kjartan Birgisson (OS), Sigvaldi Thordarson (OS), Sverrir Þórhallsson (OS) og Sveinbjörn Þórisson (JB ehf)	<b>Verkefnisstjóri:</b> Guðmundur Ó. Friðleifsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Áfangaskýrsla, 4. áfangi borverks	<b>Verknúmer:</b> 8-630674	
<b>Unnið fyrir:</b> Íslenska orku ehf		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er gerð er grein fyrir fjórða áfanga í borun holu BA-02 við Bakkahlaup í Öxarfirði. Skýrslan er önnur af fjórum áfangaskýrslum ráðgjafa til verkkaupa um borverkið. Við borunina og rannsókn á holunni er í meginatriðum fylgt sérstaki hönnunarskýrslu þar um. Í þessum áfanga var borað fyrir vinnslufóðringu frá 370 m dýpi niður í 780 m dýpi. Tekin eru saman helstu atriði og gögn um borun og rannsókn á holunni á þessu dýptarbili. Fyrsti verkdagur var 11. september og áfanganum lauk með steypingu vinnslufóðringar og mælingum á holunni 21. september, á 37. verkdegi. Eins og venja er við borun háhitaholna var borsvarfi safnað á tveggja metra fresti og jarðlög og ummyndun greind eftir því, og jafnframt gerðar hefðbundnar borholumælingar, s.s. á upphitun, holuvídd, jarðlögum og steypingu. Einnig er fylgst sérstaklega með hugsanlegu gastreymi úr holunni m.t.t. þess hvort öflugös kunni að fynnast í jarðlögum. Verkkaupi er Íslensk orka ehf., en borunina annast Jarðboranir hf. samkvæmt verksamningi og rannsóknarþáttinn Rannsóknasvið Orkustofnunar samkvæmt samningi þar um.		
<b>Lykilord:</b> Öxarfjörður, háhitasvæði, borhola, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar, gas	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 	
	<b>Yfirfarið af:</b> GÓF	

## EFNISYFIRLIT

<b>1</b>	<b>Inngangur</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Gangur Borunar</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Jarðlög</b>	<b>7</b>
	3.1 Mælingar í borun	7
	3.2 Jarðlagagreining	7
<b>4</b>	<b>Borholumælingar</b>	<b>8</b>

### Töflur:

Tafla 1	Fóðringarskýrsla 4. Áfanga	5
Tafla 2	Yfirlit yfir mælingar í lok 4. Áfanga	8

### Myndir:

Mynd 1	Gangur borunar BA-02	4
Mynd 2	Yfirlit yfir síritamælingar í 4. Áfanga	10
Mynd 3	Jarðlög og mælingar í borun	11
Mynd 4	Jarðlög og jarðlagamælingar í borun	14
Mynd 5	Hitamælingar í stöngum og eftir uppteikt borstrengs	16
Mynd 6	Upphitun í stöngum á 757 m dýpi	17
Mynd 7	Jarðlagamælingar	18
Mynd 8	Útreikningar á steypumagni fyrir 9 5/8" fóðringu	19
Mynd 9	Hitamælingar fyrir og eftir steypumælingar	20
Mynd 10	Mælingar á steypubindingu	21

## 1 INNGANGUR

Skýrsla þessi er önnur af fjórum áfangaskýrslum sem samið var um að skila til verkkaupa, í samræmi við rannsóknarsamning. Í þessari áfangaskýrslu eru tekin saman helstu atriði og gögn um borun og rannsókn á holunni í fjórða áfanga borunarinnar, þ.e. borun fyrir vinnslufóðringu. Tildrögum verksins er nánar lýst í fyrstu áfangaskýrslu.

## 2 GANGUR BORUNAR

### Áfangi 4: Borun fyrir vinnslufóðringu frá 370 m í 780 m dýpi

Um kl. 19:30, laugardaginn 11-09-99 hófst niðursetning 12 1/4" krónu og var strengurinn kominn niður á steypu í um 339 metra dýpi. Kl. 23:45 hófst borun í steypu og var komið í stungustykki rétt eftir miðnætti. Komið var í berg um kl. 05:20 sunnudaginn 12-09-99. Þrýstiprófað var um kl 08:15, þá í 374 metra dýpi. Holan hélt 54-55 bar þrýstingi. Er það 10-15 bara lægri þrýstingur en áætlaður fargþrýstingur á sama dýpi.

Holan var hallamæld í 400, 500, 600 og 700 m og reyndist hallinn vera 1,8°, 1,9°, 1,4° og 2,0°.

Borun gekk mishratt fyrir sig, en fram kemur í borskýrslum að mishart sé undir krónunni. Ekki er getið um jarðlög að öðru leyti, enda jarðfræðingur á staðnum. Byrjað var að bora með vatni og þegar í ljós kom að verið væri að bora í hraunlagastafla var ákveðið að bora áfram með vatni í stað gels.

Í um 711 metra dýpi (um kl. 7:30, föstudaginn 17-09-99) varð vart við að hrúnið hafi á strenginn og sat hann fastur. Tók um 3 klst að losa strenginn og hífa upp fyrir hrúnið. Var þá blandað gel til að hreinsa holuna og var ákveðið að bora með geli það sem eftir var af áfanganum ef ske kynni að einhversstaðar leyndust hrungjörn jarðlög. Á hádegi, sama dag, var síðan ákveðið að skipta um svokallaða túttu, er þéttir meðfram strengnum, en hún var farin að leka.

Komið hafði verið upp "kjaftakerlingu" svokallaðri, en það er gagnasöfnunartæki sem safnar upplýsingum um dælingu, rennsli í "flowline", dæluþrýstingi og borhraða. Allt virtist þetta virka ágætlega, en finstilling á kerfinu er nauðsynleg.

Ekkert marktækt skoltap mældist í borun þessa áfanga. Fóðringardýpi var ákveðið í 780 metrum miðað við pall Sleipnis.

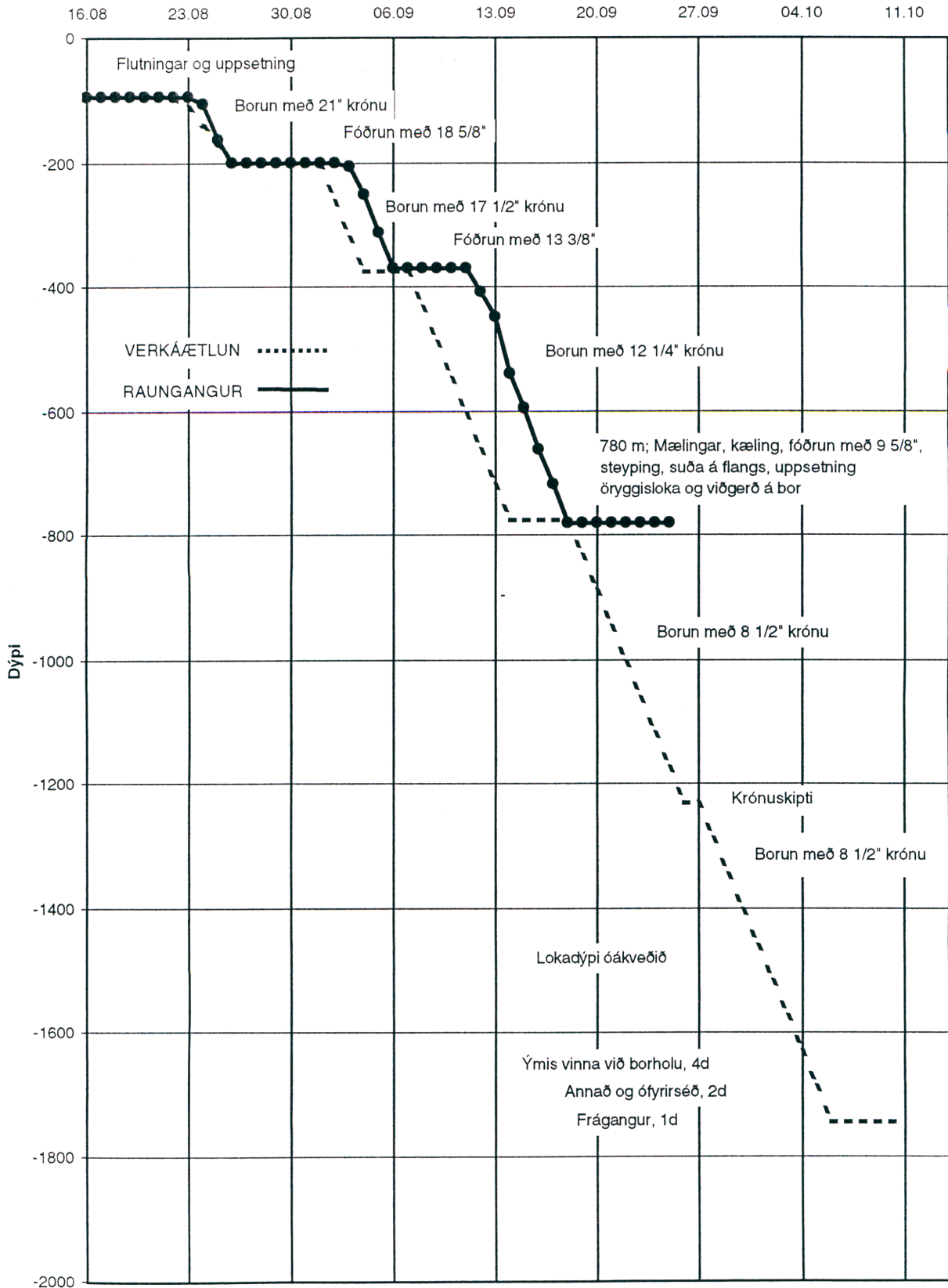
Að borun og skolun lokinni var holan kæld í 2 1/2 klst. Síðan var hitamælt í stöngum og upphitnun mæld í tvær klst. Reyndist upphitunin vera um 9°C/klst (sjá kafla 4). Ákveðið var að kæla í þrjár klst. áður en strengur yrði tekinn upp. Holan var síðan jarðlagamæld og lauk mælingum um kl. 17, 19. september.

Þá var tekið til við niðursetningu 9 5/8" skrúfaðrar fóðringar og í kjölfar þess var vinnslufóðringin steyppt þann 21. september, á 37. verkdegi. Steyping gekk vel og steypa kom upp, seig síðan nokkuð, en steyppt var í utanmeð úr um 2 tonnum. Alls fóru 52 tonn af þurrefni í steypinguna. Fóðringarskýrsla er sýnd í töflu 1. Tók það steypuna rúman sólarhring að harðna. Borun með 8 1/2" krónu (5. áfanga) hófst svo á 42. verkdegi, en tafir höfðu orðið í 2 daga vegna bilana á bornum.

## BA-02 VERKÁÆTLUN



## JARÐBORANIR HF




Mynd 1. Gangur borunar BA-02.





Tafla 1. Fóðrunarskýrsla 4. áfanga.

				FÓÐRUNARSKÝRSLA				Framhaldseyðublað nr. 68-051			
JARÐBORANIR HF											
Verk nr.		Hóla nr.		Borstaður		Fóðring nr.		Blaðsíða nr.			
28003		BA-02		Bakkahlaup		4		2			
RÖRATALNING				RÖRATALNING				RÖRATALNING			
LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m
12.95	29	x	384.62								
12.03	30		396.65								
12.48	31		409.13								
13.44	32	x	422.57								
13.35	33		435.92								
13.41	34		449.33								
13.05	35	x	462.38								
13.44	36		475.82								
13.70	37		489.52								
13.93	38	x	503.45								
13.59	39		517.04								
13.47	40		530.51								
13.51	41	x	544.02								
13.83	42		557.85								
13.19	43		571.04								
12.94	44	x	583.98								
13.63	45		597.61								
13.84	46		611.45								
13.52	47	x	624.97								
13.30	48		638.27								
13.13	49		651.40								
13.07	50	x	664.47								
13.43	51		677.90								
13.38	52		691.28								
13.53	53	x	704.81								
13.80	54		718.61								
13.92	55		732.53								
13.58	56	x	746.11								
0.76	57		746.87								
13.64	58	x	760.51								
13.87	59	x	774.38								
0.50	60		774.88								

### 3 JARÐLÖG

#### 3.1 Mælingar í borun

Sama formi hefur verið haldið á hinum ýmsu mælingum í borun og kemur fram í áfangaskýrslu 1 (Guðmundur Ómar Friðleifsson o.fl. 1999). Svarfi er safnað á 2 m fresti, borhraði, skoltap, dæling, dæluprýstingur o.s.frv. skráð.

Gagnaskráningartæki var sett upp og virðist ganga ágætlega að safna gögnum með því. Til stendur að bæta við tveimur nemum og verður það væntanlega gert í næsta áfanga verksins. Á mynd 2 er yfirlit yfir siritamælingar í 4. áfanga.

Gasgreiningar voru gerðar reglulega. Ekki hafa greinst gös eins og brennisteinsvetni og olíugös, þó að vottað hafi fyrir þeim síðarnefndu öðru hvoru.

#### 3.2 Jarðlagagreining

Svarf var greint jöfnum höndum á borstað meðan á borun 4. áfanga stóð. Svarfið er greint í góðu stækkunargleri (svarfsmásjá) og metið og sundurgreint, eins og venja er á borstað. Nákvæmari greiningar í röntgentækjum og bergfræðismásjám eru gerðar síðar í samræmi við áætlaða þörf á slíkum greiningum. Auk venjulegra svarfsýna voru tekin sérstök ómeðhöndluð sýni á 30 m fresti í þessari borun, til að greina heildarmagn lífrænna efna (TOC) í berginu, og nákvæmari greininga á olíuefnum ef ástæða er til. Sýnin voru tekin í loftþéttar málmdósir og dósunum komið í kæli á borstað.

Í dagskýrslum hefur verið gerð grein fyrir helstu jarðlögum og breytingum í þeim með vaxandi dýpi, svo og ummyndun. Hér verður því stiklað á stóru með beinni tilvísan í meðfylgjandi jarðlagasnið, en nákvæmari lýsing á heildarmyndinni látin biða lokaskýrslu.

Á mynd 3 má sjá jarðlagasnið af holu BA-02 frá 370 m og niður í 780 metra, ásamt mælingum er gerðar voru í borun. Borað var stöðugt í hraunlagastafla af þóleiit og ólivínþóleiit gerð. Greinilegt var að um hraunlög voru að ræða, því inn á milli voru linari, rauðoxuð, glerjuð og porótt lög, sem eru greinilega hraunakargar sem iðulega finnast í efsta hluta hrauna. Á einstaka stað má þó sjá millilög og á tveimur stöðum, 508-520 m og 618-640 m verða fyrir setlög. Þetta er sandsteinslög, nokkuð ummynduð og vel er hugsanlegt að þau séu mynduð á ísöld, allavega virðast þau ekki vera mynduð í sjó, heldur virðist sem um nokkuð vel sorteraðan ársand sé að ræða. Því væri vel hægt að ímyndað sér að um sanda, framan við jökul sé að ræða, líkt og það er við sjáum á Skeiðarársandi í dag. Jökulberg hefur ekki fundist í þessari holu enn sem komið er.

Ummyndunin virðist fara stigvaxandi eftir því sem neðar dregur. Kvarsnálar virðast fyrst koma fram á rúmlega 400 metra dýpi. Það bendir til að hitinn hafi á einhverju tímabili náð a.m.k. 180-200°C. Háhitazeólítinn wairakít kemur fyrst fram á um 460 metra dýpi, en það bendir til a.m.k. 200°C og epidót sést fyrst á rúmlega 500 metra dýpi, en það bendir til um 250°C. Á rúmlega 600 metra dýpi fer síðan að bera á kvars, wairakít og anhýdrít útfellingum eftir epidótinu. Það gæti bent til að jarðhitakerfið hafi kólnað eitthvað. Röntgengreiningar voru gerðar á útfellingum þeim er koma eftir epidótinu, og reyndust útfellingarnar vera kvars, anhýdrít og adularia.

Á mynd 4 eru jarðlagamælingar sýndar með jarðlagasniðinu. Jarðlagamælingarnar eru sýndar hráar og óleiðréttar. Þær verða samræmdar og leiðréttar fyrir vídd, seigju borholuvökva o.fl. og til nánari umfjöllunar í lokaskýrslu. Hér að neðan er hins vegar gerð grein fyrir borholumælingum sem gerðar voru meðan á borun 4. áfanga stóð.

#### 4 BORHOLUMÆLINGAR

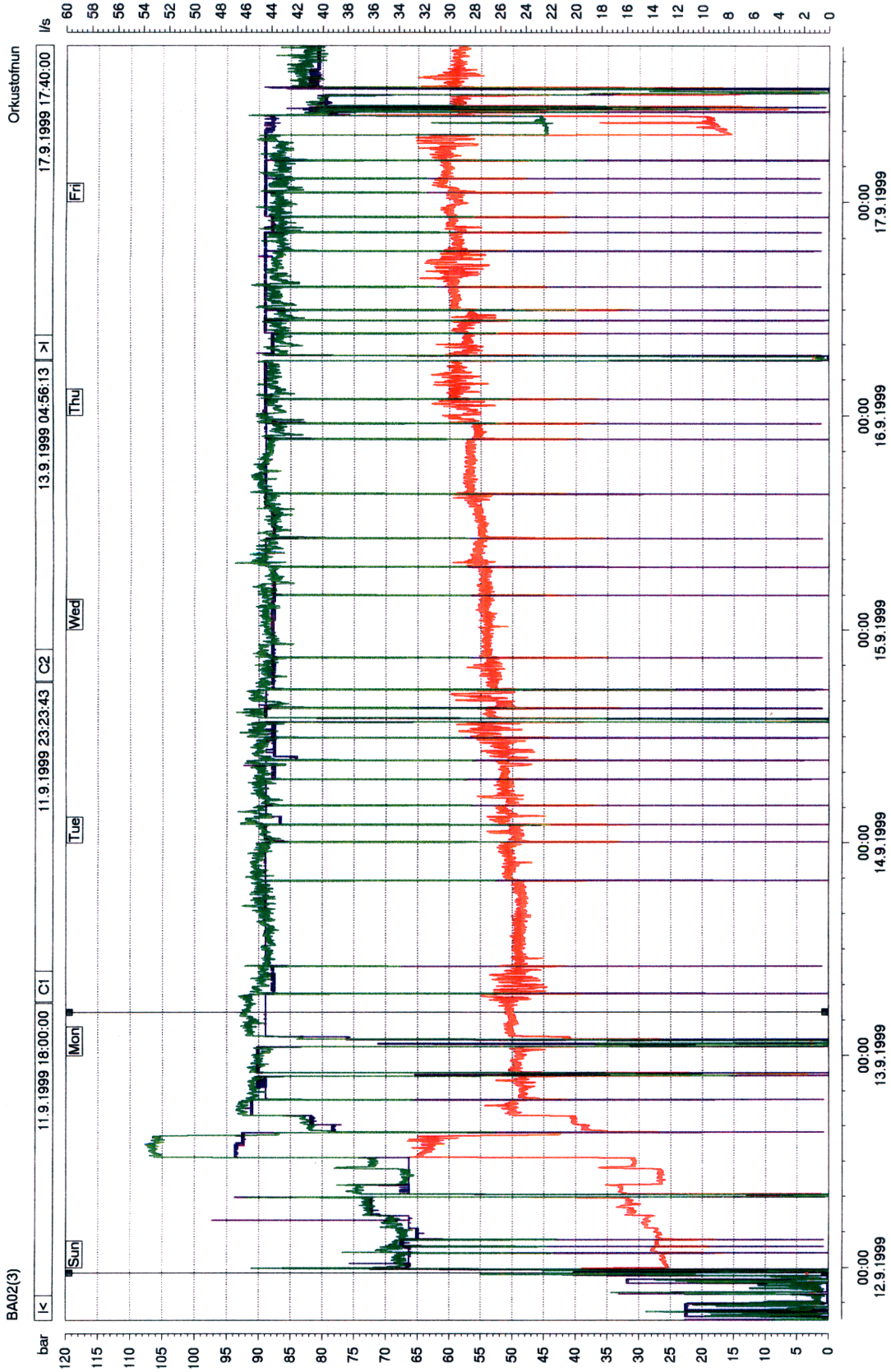
Yfirlit borholumælinga í 4. áfanga er sýnt í töflu 2. Fyrstu mælingarnar voru gerðar 19. september, eftir að fõðringardýpi var náð, en þá var mælt í stöngum til að meta upphitun og eru mælingarnar sýndar á mynd 5. Mæld var upphitun í stöngum á 756 m dýpi í 2 tíma og reyndist hún vera  $\sim 17^{\circ}\text{C}$ , sjá mynd 5. Smá hitabreyting sést eftir um 60 mínútna upphitun og er talið líklegast að hann stafi af heitara vatni sem hefur náð að þrýsta sér upp í gegnum einstreymislokann. Ef niður og upp mælingarnar eru bornar saman má sjá að í mest allri holunni er upphitun milli mælinga u.þ.b.  $15^{\circ}\text{C}$ .

Eftir upptekt borstrengs var farið í jarðlagamælingarnar og hófust þær upp úr hádegi þann 19. september. Byrjað var á hitamælingu, því næst voru nifteindir og náttúruleg gamma-geislun mæld, síðan var holuvíddin mæld og að lokum var mælt viðnám. Eru allar þessar mælingar sýndar á mynd 7. Nifteindamælingin sýnir hraunlagastafla með setlögum á milli, en setlögin má einnig sjá sem lágviðnám íviðnámsmælingunum. Víddarmælingin sýnir skápa kringum 500, 550 og 620 m dýpi. Hún var síðan notuð til að reikna steypurúmmál fyrir 9 5/8" fõðringu, og er sá útreikningur sýndur á mynd 8, en rúmlega  $40\text{ m}^3$  þarf til þess arna.

Næst var komið til steypumælinga þann 21. september. Byrjað var á að hitamæla holuna, sjá mynd 9, en vegna þess að hún var orðin nokkuð heit á köflum var ákveðið að nota einungis nýja CBL mælitækið, en það þolir hærri hita en það gamla. Steypumælingin sýnir góða steypubindingu frá botni holunnar, sjá mynd 10. Ákveðin skil sjást þó neðarlega í 13 3/8" fõðringunni ( $\sim 320\text{ m}$ ), og síðan í 18 5/8" fõðringunni ( $\sim 190\text{ m}$ ). Gætu þau stafað af því að steypan hafi ekki enn náð að harðna eins vel þar og neðan við 13 3/8" fõðringuna, m.a. vegna lægri hita í efsta hluta holunnar, auk þess sem fõðringarnar sjálfar hafa einhver áhrif á útslag hljóðbylgjanna sem notaðar eru til mælinganna. Fullvíst má þó telja að góð steypa sé utan með allri 9 5/8" fõðringunni. Eftir steypumælinguna var síðan hiti mældur á nýjan leik og er sú mæling einnig sýnd á mynd 9. Þar með lauk borholumælingum í 4. áfanga.

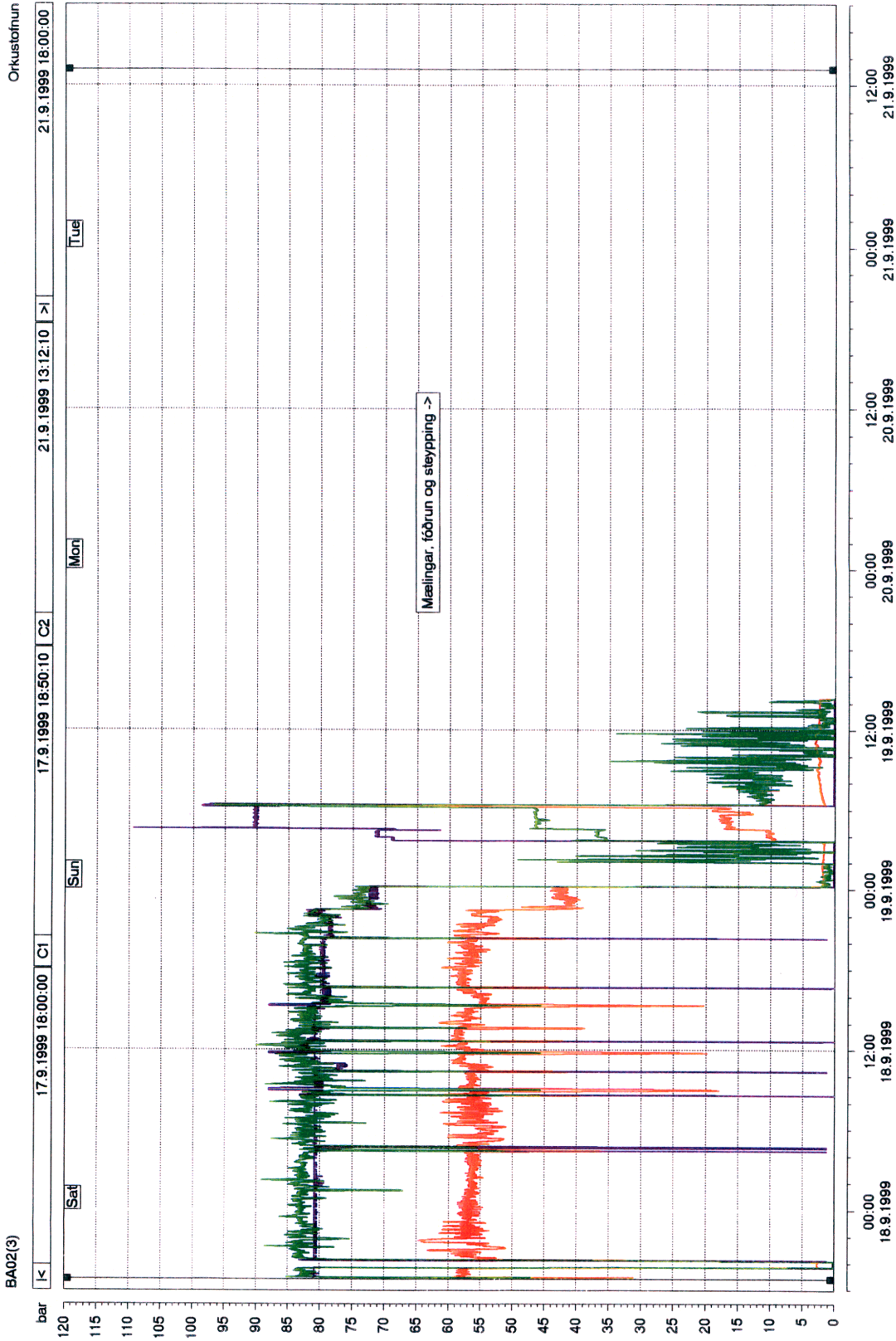
**Tafla 2** *Yfirlit borholumælinga.*

Dags.	Tími	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
19.09.99	00:35-01:00	Hiti	5-760	Upphitun	H199909190035	Q=0 l/s, í stöngum
19.09.99	01:00-03:00	Hiti, með tíma	756	Upphitun	T199909190101	Q=0 l/s, í stöngum
19.09.99	03:00-03:20	Hiti	756-1	Upphitun	H199909190301	Q=0 l/s, í stöngum
19.09.99	12:21-12:50	Hiti	6-781	Upphitun	H199909191221	Q=0 l/s, e. upptekt
19.09.99	13:25-14:45	Nifteindir	781-5	Jarðlög	N199909191328	
19.09.99	13:25-14:45	Nat. Gamma	781-5	Jarðlög	G199909191328	
19.09.99	15:00-15:45	XY-vídd	781-1	Holuvídd	X/Y199909191508	
19.09.99	16:15-16:30	Viðnám	781-370	Jarðlög	S/L199909191614	16" og 64" skautabil
19.09.99	16:15-16:30	Sjálfsþenna	781-370	Jarðlög	A199909191614	mælt á 64" skauti
21.09.99	10:40-11:10	Hiti	5-751	Upphitun	H199909211041	
21.09.99	12:55-13:40	Steypumæling	740-5	Steypugæði	B199909211257	$\sim 16\text{ t. e. steypingu}$
21.09.99	13:55-14:25	Hiti	5-751	Upphitun	H199909211355	



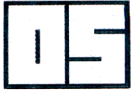
**Skýring:**  
 Skoltapsþrýstingur, bar (rauður ferill), dæling, l/s (blár ferill), flæði upp úr holu, l/s (grænn ferill). Lóðrétt strík koma fram þegar bætt er í stöng. Á myndinni má sjá að skoltap er sárálft-ið í þessum áfanga. Hægt vaxandi skoltapsþrýstingur er vegna aukins dýpis.

Mynd 2. Yfirlit yfir siritamælingar í 4. áfanga.



**Skýring:**

Skoltapsbrýstingur, bar (rauður ferill), dæling, l/s (blár ferill), flæði upp úr holu, l/s (grænn ferill). Lóðrétt strik koma fram þegar bætt er í stöng. Á myndinni má sjá að skoltap er sáralít-ið í þessum áfanga. Hægt vaxandi skolvatnsbrýstingur er vegna aukins dýpis.

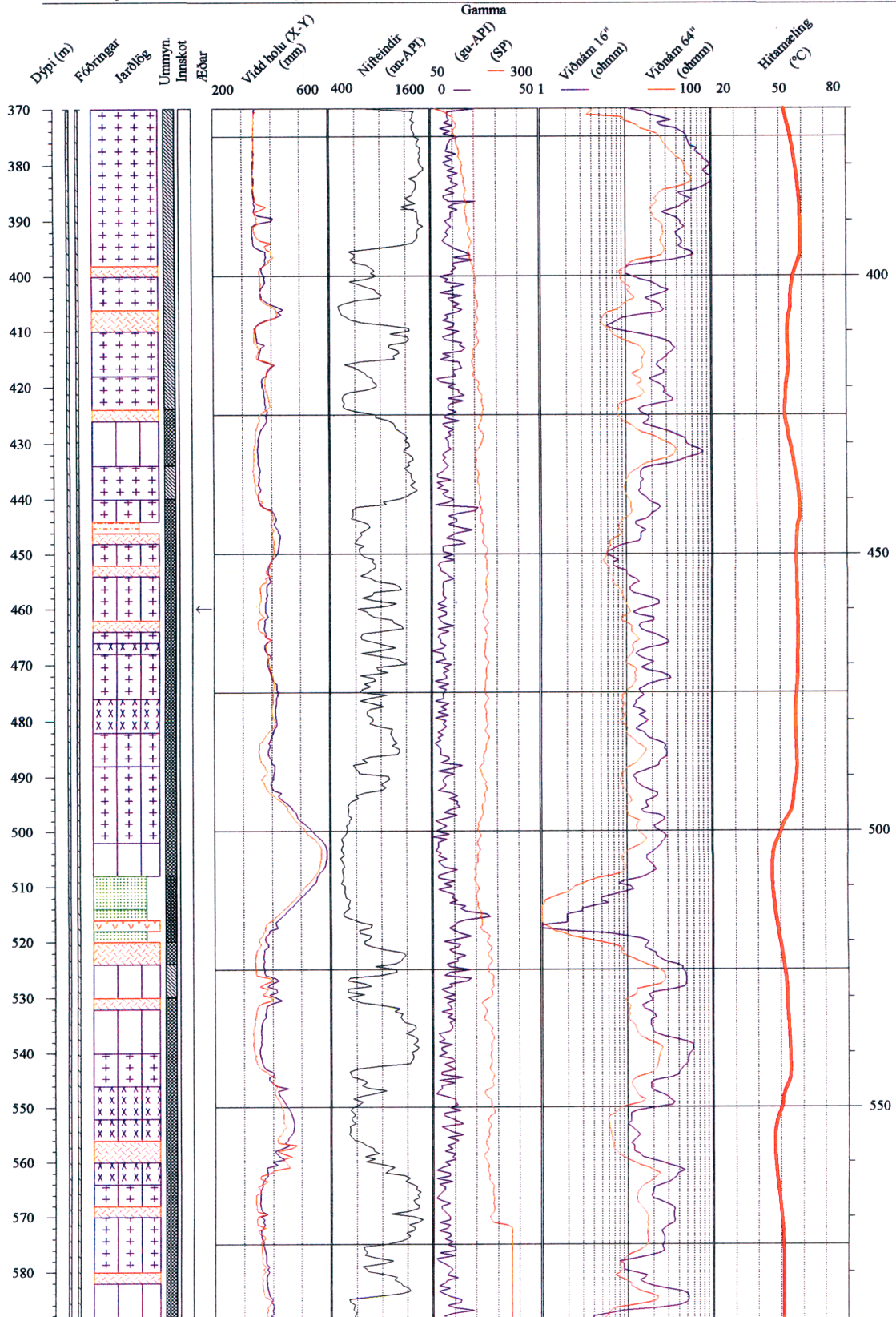


Staður: Öxarfjörður  
Holunafn: BA-02

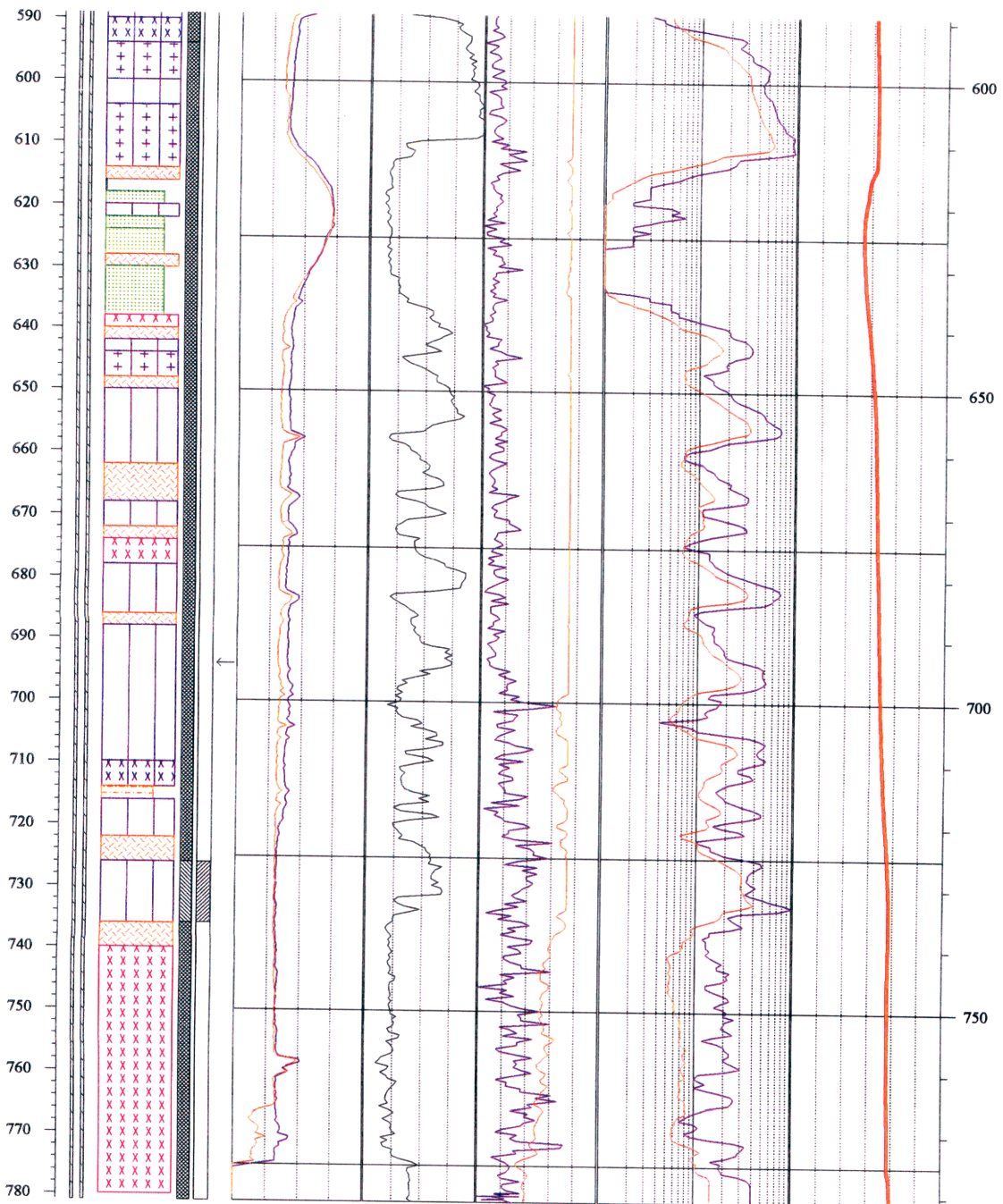
Bor: Sleipnir  
Dýptarbil: 370-780 m

Skolvökvi: Vatn, gel frá 711m  
Verkhluti: Vinnslufóðring

Verknúmer: 8-630-674  
Starfsmenn: góf/br/kb












Mynd 3. Jarðlög og mælingar í borun.







Mynd 3. Jarðlög og mælingar í borun, frh.

### Skýringar við jarðlagasnið og bergummyndun



#### Berggerðir

	Basalttúff
	Glerjað basalt
	Grófkorna basalt
	Silt og leir
	Sandur
	Möl og steinar
	Svarf vantar
	Plöntuleifar
	Steingervingar

#### Ummyndunarstig

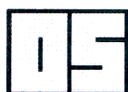
	Engin ummyndun
	Lítill ummyndun
	Meðal ummyndun
	Mikil ummyndun

#### Innskot

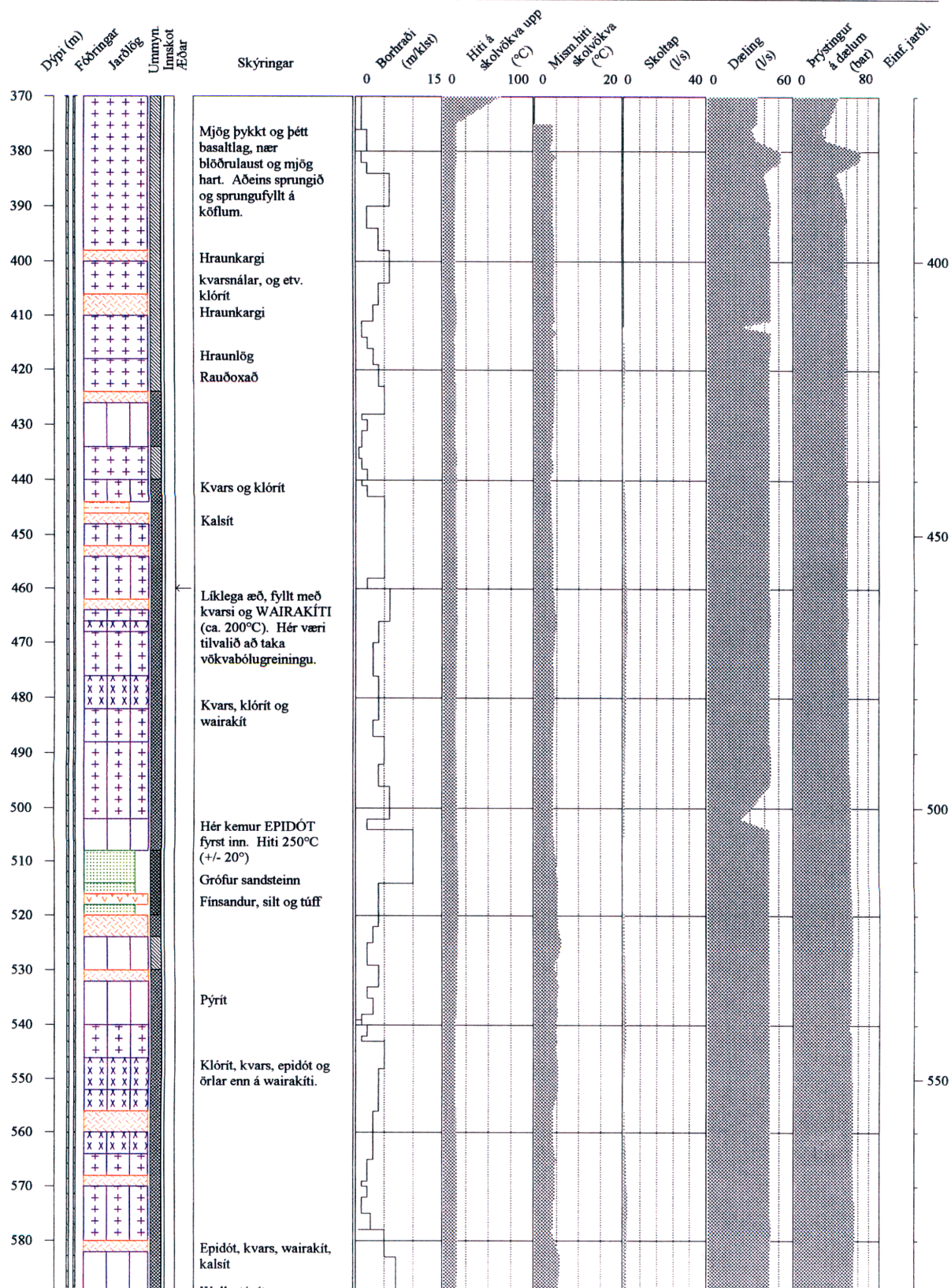
	Innskot
	Hugsanlegt innskot

Mynd 3. Jarðlög og mælingar í borun, skýringar.

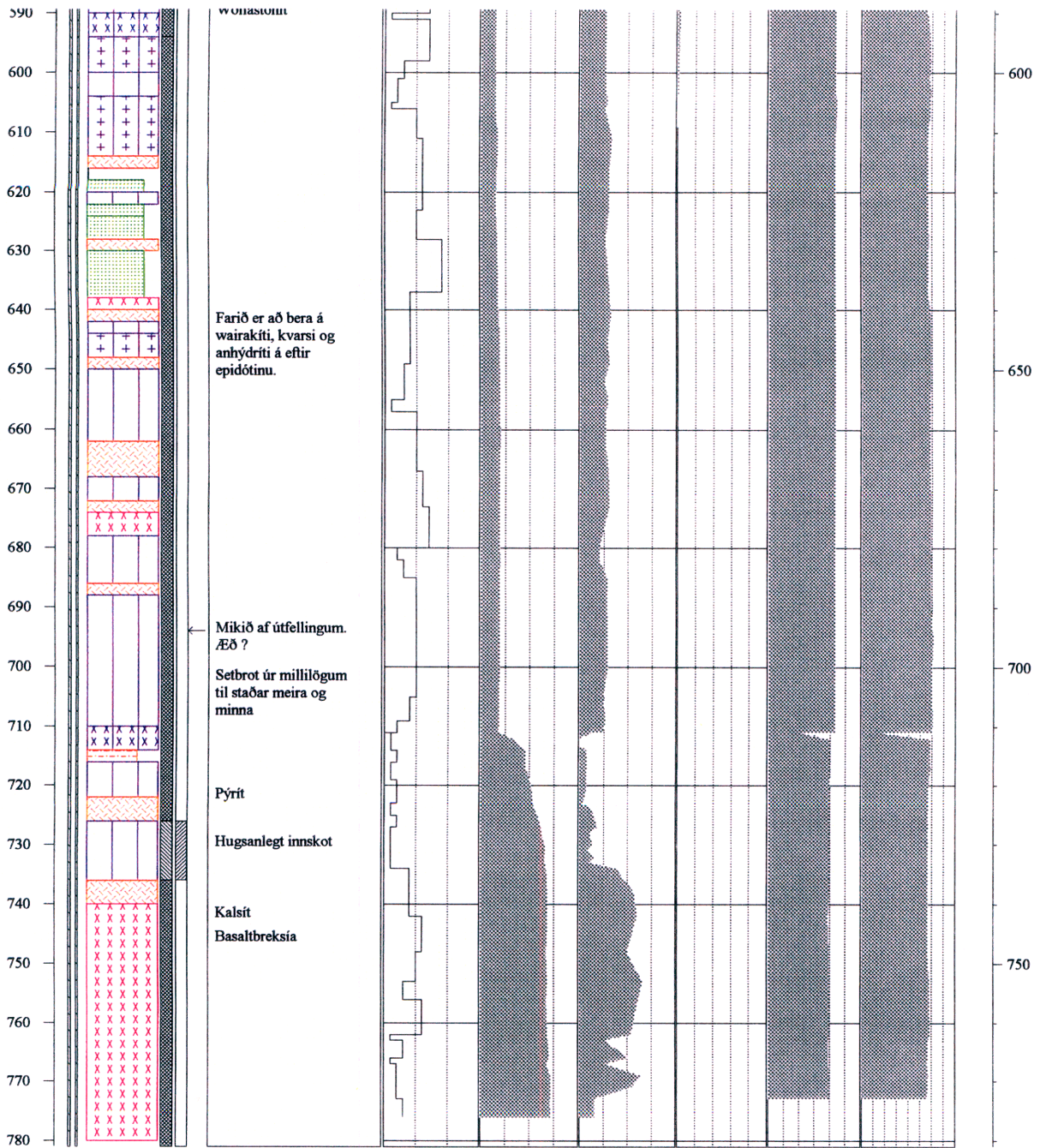



 Staður: Öxarfjörður  
 Holunafn: BA-02

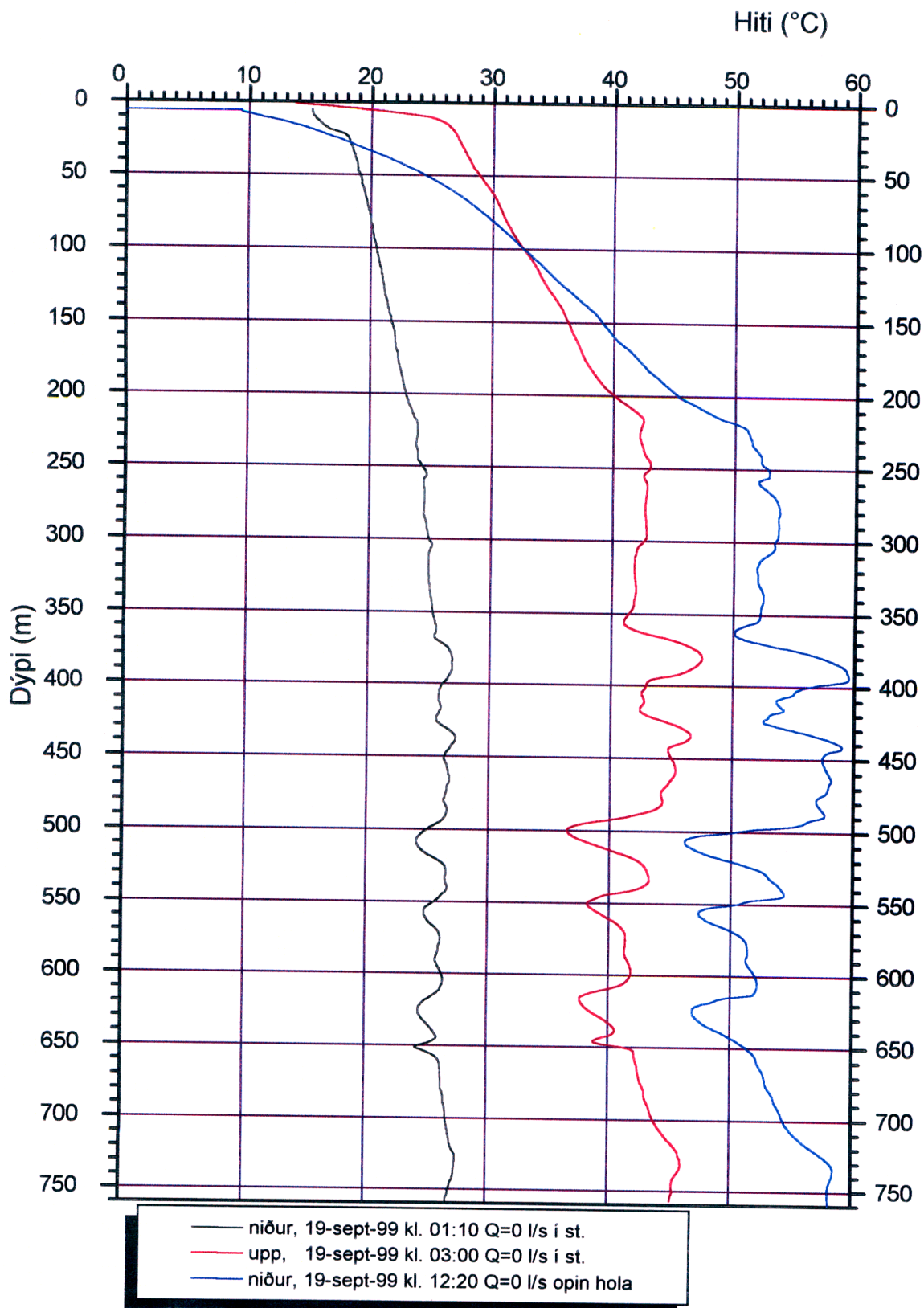
 Bor: Sleipnir  
 Dýptarbil: 370-780 m

 Skolvökvi: Vatn, gel frá 711m Verknúmer: 8-630-674  
 Verkhluti: Vinnslufóðring Starfsmenn: góf/br/kb


Mynd 4. Jarðlög og jarðlagamælingar í borun.



Mynd 4. Jarðlög og jarðlagamælingar í borun, fr.h.

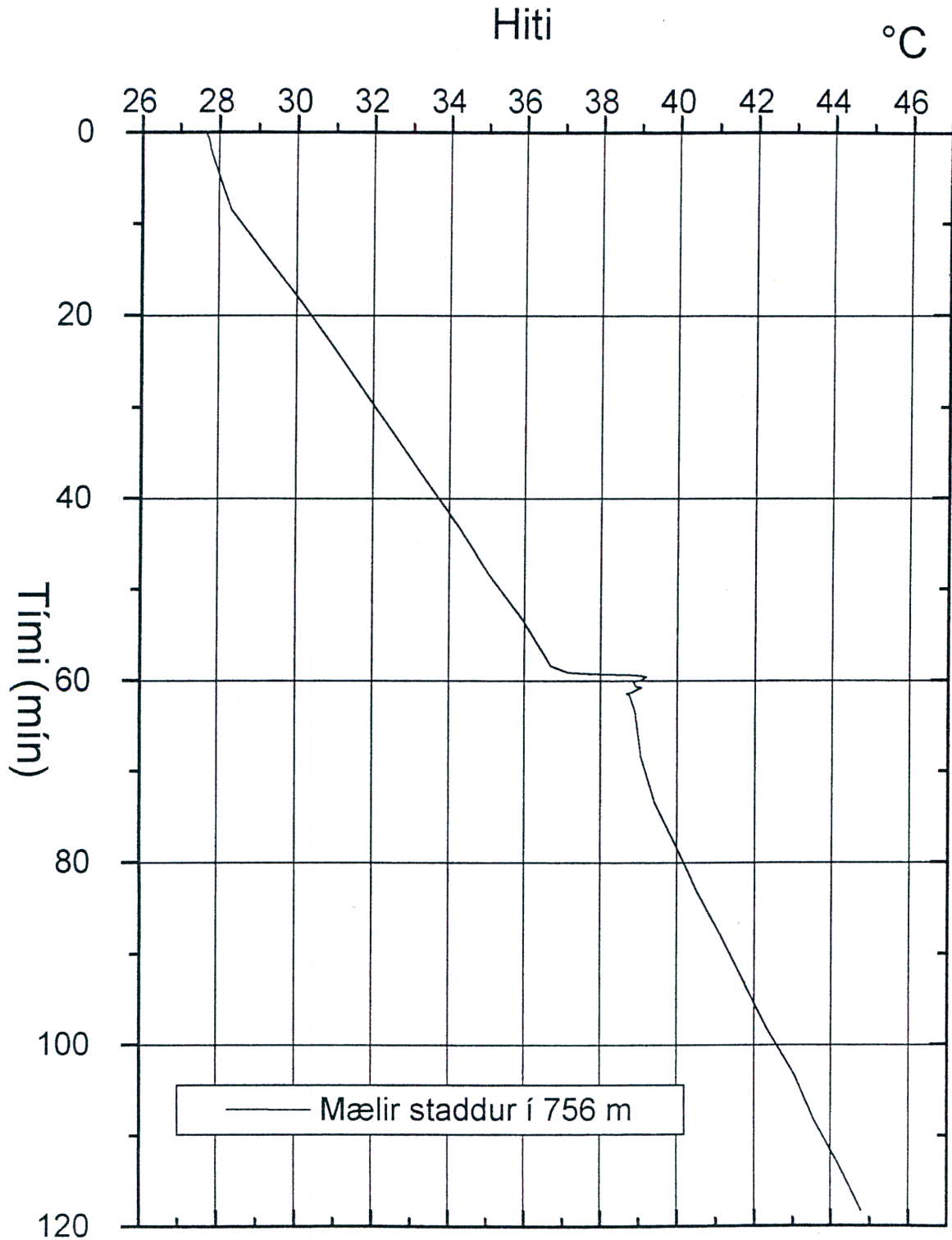


Mynd 5. Hitamælingar í stöngum og eftir upptekt borstrengs.

Orkustofnun  
Borholumælingar

## Bakkahlaup Hola BA-02

19-sept-1999  
GuH/KB

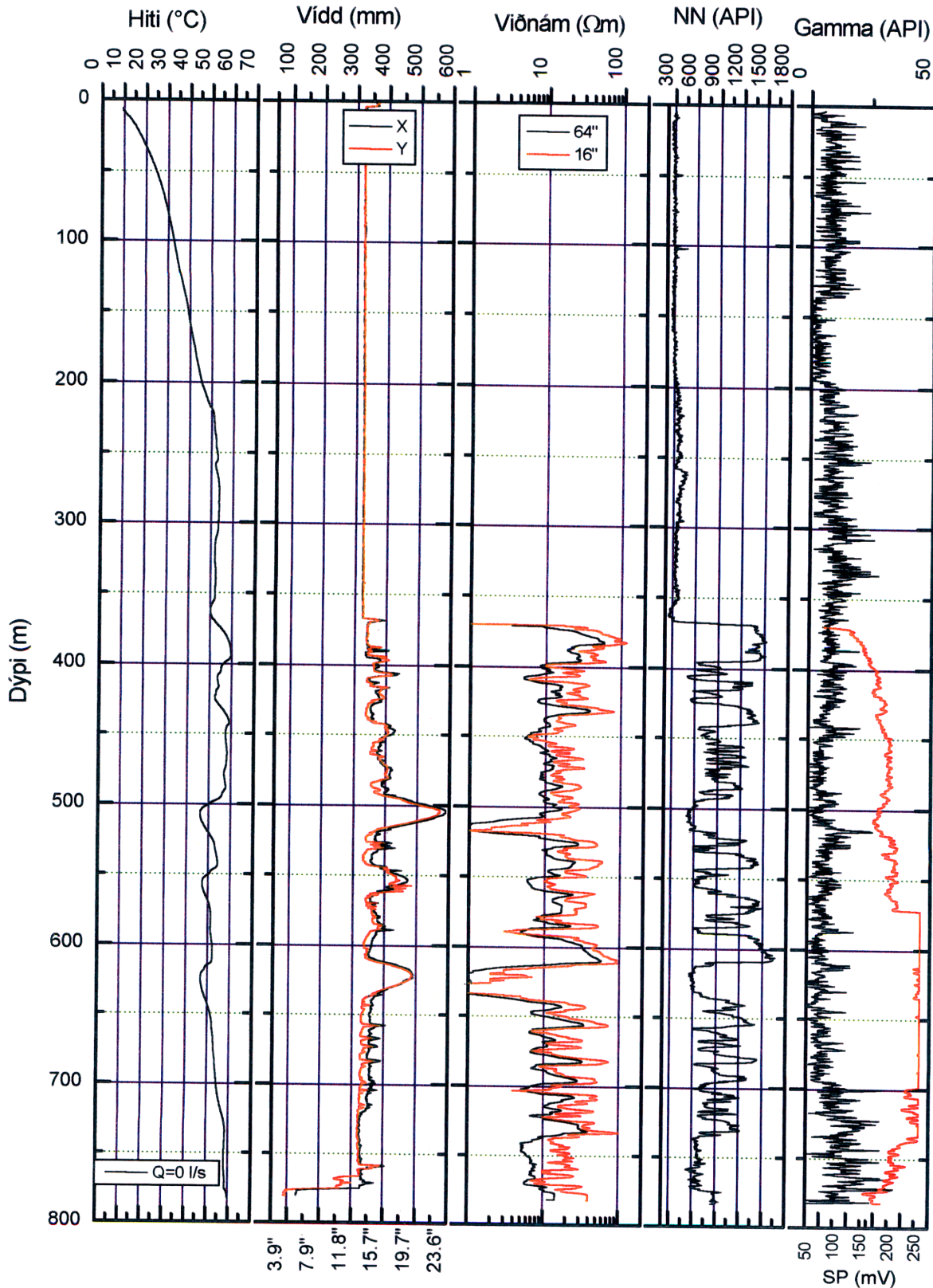


Mynd 6. Upphitun í stöngum á 757 m dýpi.

Orkustofnun  
Borholumælingar

19. sept. 1999  
GuH/KB

## Bakkahlaup hola BA-02

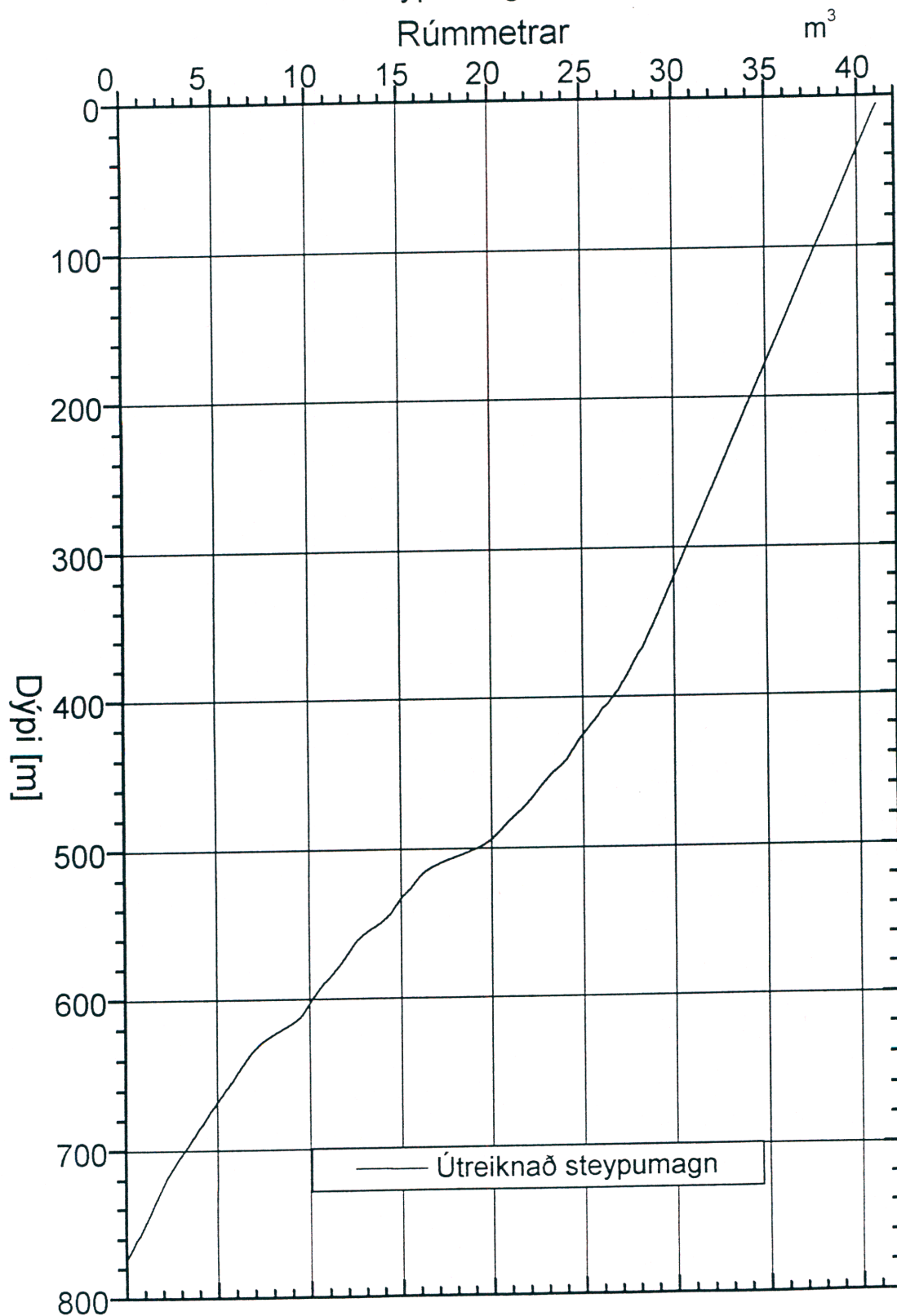


Mynd 7. Jarðlagamælingar.

ROS  
Borholumælingar

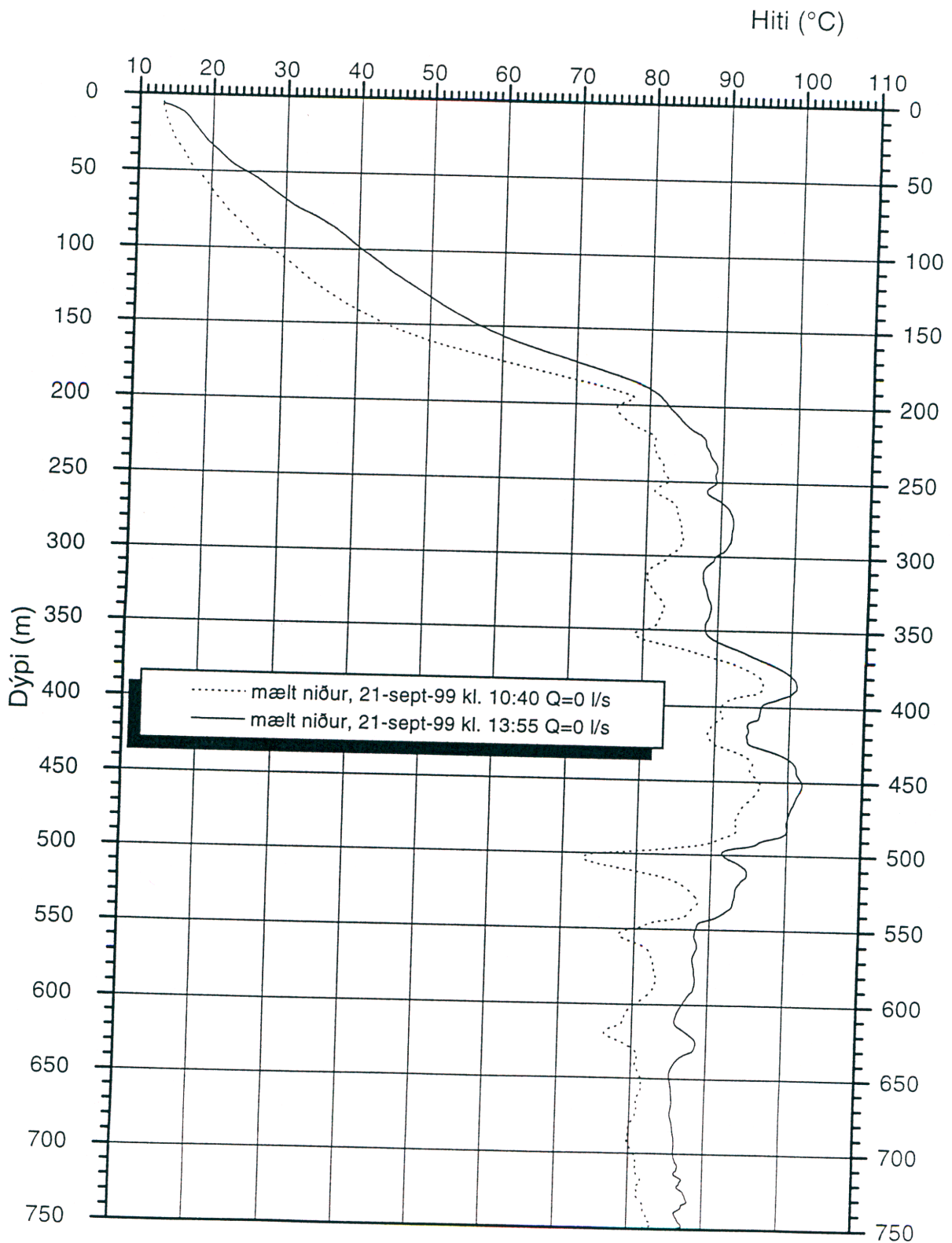
Öxarfjörður BA-02  
Steypumagn f. 9 5/8"

19-sept-1999  
GuH/KB

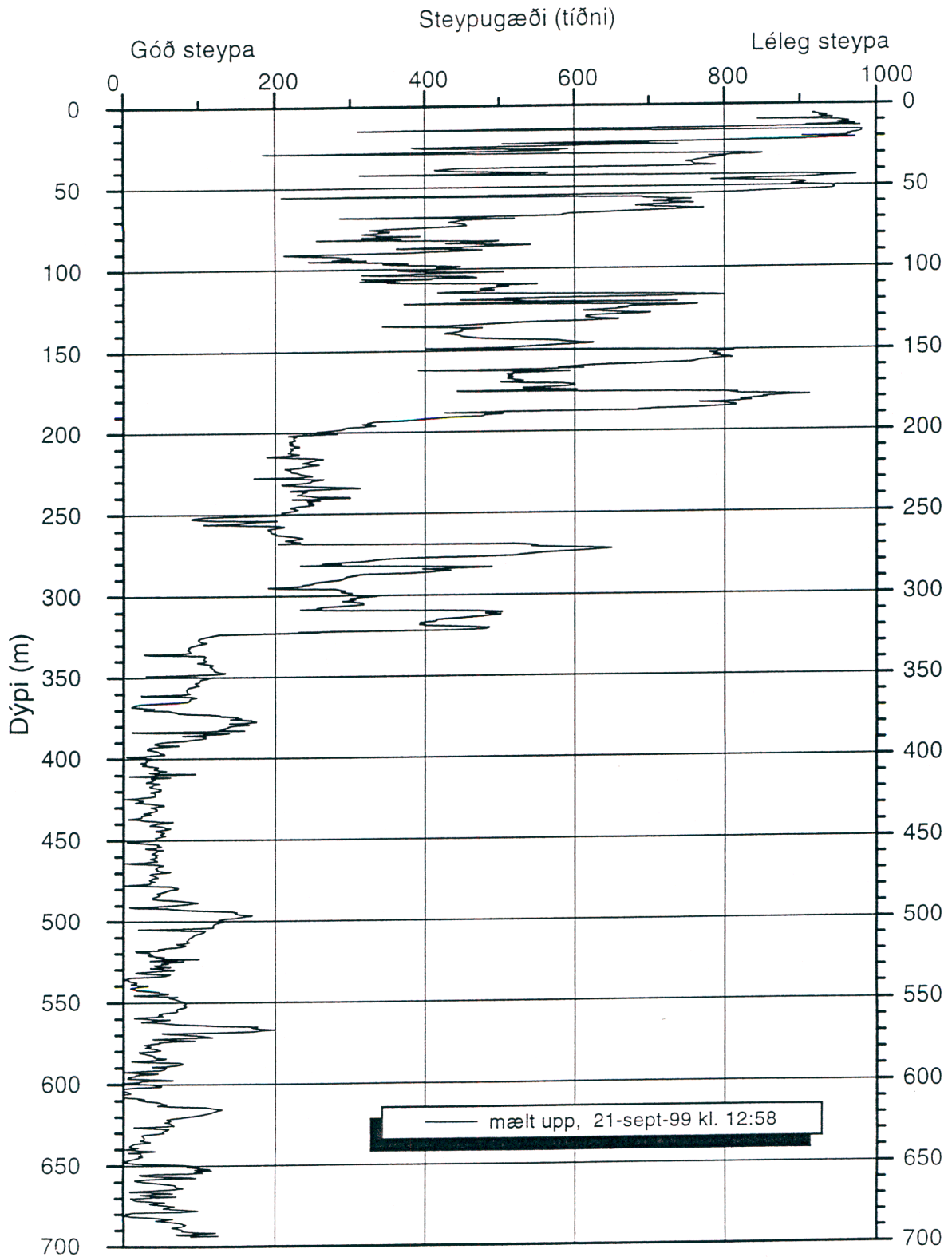


Mynd 8. Útreikningar á steypumagni fyrir 9 5/8" fóðringu.

## Bakkahlaup Hola BA-02



Mynd 9. Hitamælingar fyrir og eftir steypumælingar.

Orkustofnun  
Borholumælingar**Bakkahlaup, hola BA-02**

Mynd 10. Mælingar á steypubindingu.