



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**BORUN HOLU 11 VIÐ HAMAR
Í SVARFAÐARDAL**

Ragna Karlsdóttir, Hjálmar Eysteinnsson, Ómar Bjarki
Smáráson, Guðni Axelsson og Ómar Sigurðsson

Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur

OS-89049/JHD-22 B

Nóvember 1989



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Verknr. 665031

BORUN HOLU 11 VIÐ HAMAR Í SVARFAÐARDAL

Ragna Karlsdóttir, Hjálmar Eysteinnsson, Ómar Bjarki
Smáráson, Guðni Axelsson og Ómar Sigurðsson

Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur

OS-89049/JHD-22 B

Nóvember 1989

EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 INNGANGUR	4
2 BORUN HOLU 11	4
3 JARÐFRÆÐI	5
3.1 Jarðlög við Hamar	5
3.2 Jarðlög holu 11 við Hamar	5
3.3 Samanburður á holum 10 og 11	6
3.4 Ummyndun	6
4 JARÐLAGAMÆLINGAR	6
4.1 Gammamælingar	7
4.2 Nifteindamælingar	8
4.3 Viðnámsmælingar	8
5 VATNSÆÐAR	8
6 AFKÖST HOLU 11	10
7 LOKAORÐ	11
HEIMILDIR	11
VIÐAUKI I Jarðlög holu 10 við Hamar	25
VIÐAUKI II Jarðlagamælingar; frumgögn	31
VIÐAUKI III Hallamæling holu 10	43

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Borholusvæðið við Hamar; afstöðumynd	12
2 Steypumæling	13
3 Jarðlög á borholusvæðinu við Hamar	14
4 Jarðlög holu 11 og jarðlagamælingar	15
5 Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar	20
6 Einfaldað jarðlagasnið úr holu 10 og 11	21
7a Tíðnidreifing gammageislunar	22
7b Tíðnidreifing vatnsinnihalds	22
7c Tíðnidreifing viðnámsgilda	22
8 Þrepaprófun holu 11	23

TÖFLUSKRÁ

1 Borholur við Hamar	5
2 Borholumælingar í holu 11	7
3 Vatnsæðar í holu 11	9
4 Áætlun um niðurdrátt í holu 11	10
5 Vatnsborð í holum við Hamar	10

1. INNGANGUR

Árið 1986 kom út skýrsla, sem Orkustofnun vann fyrir Hitaveitu Dalvíkur um úttekt á jarðhitasvæðinu við Hamar (Ragna Karlsdóttir og Guðni Axelsson, 1986). Í skýrslunni eru niðurstöður vatnafræðilegrar úttektar á jarðhitasvæðinu, sem byggð var á vinnslusögu fjögurra undangenginna ára. Einnig eru í skýrslunni niðurstöður viðnámsniðsmælinga sem gerðar voru 1985 svo og tillögur um staðsetningu nýrrar borholu á grundvelli þeirra.

Árið 1987 var ákveðið að bora nýja vinnsluholu (holu 11) í sama vatnskerfi og hola 10 fær vatn úr. Borverkið var boðið út og var tekið tilboði Ísbors hf. Jarðhitadeild vann verklýsingu á borun holunnar fyrir Hitaveitu Dalvíkur og kom hún út í júní 1987 (Sverrir Þórhallsson og Ómar Bjarki Smáráson, 1987). Jafnframt var svarf greint úr holu 10 og birt með verklýsingunni svo og nákvæm staðsetning holu 11. Mynd 1 sýnir afstöðumynd af borholusvæðinu við Hamar og í töflu 1 eru helstu upplýsingar um borholur, sem boraðar hafa verið við Hamar.

2. BORUN HOLU 11

Hafist var handa við borun þann 10.7.'87 og henni lokið 14.8.'87. Borun gekk áfallalaust og hér á eftir eru tekin saman nokkur atriði úr borskýslum.

- 10.7.-12.7. Borað fyrir og steipt 16" yfirborðsfóðring í 12 metra.
- 13.7.-21.7. Borað í 257 m.
- 22.7.-23.7. Fóðrað með 11 3/4" fóðringu í 253,6 metra.
- 25.7. Örlítið vatn í 401,5 m (0,8 l/s).
- 26.7 Svólítið viðbótarvatn í 476 m
- 28.7 Vatn í 506 m (Vatnsmagn í blæstri 25 l/s, 60°C). Borað með 8 1/2" krónu frá 506 m.
- 29.7 Viðbótarvatn í 509 m (Vatnsmagn í blæstri 25-30 l/s, 56-

58°C). Vatnsgefandi berg í 520-533 m (Vatnsmagn í blæstri 43 l/s í 520 m en eykst í 75 l/s í 533 metrum, 60°C).

- 30.7. Lítilsháttar aukning á vatni í 567 m.
 - 4.8. Lítilsháttar viðbót á vatni í 664 m.
 - 10.8. Viðbót á vatni í 823 m.
 - 11.8. Borun lokið. Holan 860 metra djúp.
 - 12.8.-14.8. Dælt á holuna og hún afkastamæld. Borholumælingar; frágangur á borplani.
- Steyping fóðringar.

Pegar fóðringin var steipt í holuna urðu vandamál með afhendingu steypufarma til borsins, þannig að mun lengri tíma tók að koma steypunni milli fóðringar og holuveggjar en æskilegt getur talist. Því var ákveðið við borlok að kanna hversu góð binding væri í steypunni.

Pegar fóðring er steipt í holu er steypunni venjulega dælt niður holuna, oft innan í borstreng, og síðan utan með fóðringunni að utanverðu. Venjulega má þessi aðgerð ekki taka meira en 1-2 klukkustundir, því þá fer steypan að stíðna, og erfitt eða ómögulegt verður að dæla henni upp með fóðringunni. Til þess að þessi aðgerð taki sem skemmst-tíma er steypan yfirleitt löguð á staðnum og síðan dælt strax í holuna í einum áfanga. Í þessu tilfelli sá verktaki á Dalvík um lögum steypunnar og afhendingu til borsins. Óæskilega langur tími leið á milli afhendingar steypufarma til borsins þannig að steypunni var dælt í smá skömmtum í holuna. Nokkur óvissa ríkti því um hversu vel hefði tekist að steypa fóðringuna fasta.

Við borlok var kannað með mælingu hversu vel fóðringin var bundin með steypu við holuvegginn (Cement Bond Log). Þessi mæling, venjulega nefnd steypumæling, mælir dempun hljóðbylgju sem mælitækið sendir út. Dempun hljóðbylgjunnar breytist eftir því hvað steypan hefur fest við stóran hluta fóðringarinnar. Þannig þýðir 100%

TAFLA 1. Borholur við Hamar

Hola	Boruð	Bortæki	Dýpi (m)	Vídd neðan fóðringar	Fóðring
1	Nóv.-des.'66	Sullivan III	101	4"	4" í 2,4 m
2	Des.'68-jan.'69	Ýmir	300	4 3/4"	8" í 38 m
3	Feb.-apr.'69	-	504	4 3/4"	10" í 5,3 m; 8" í 39,4 m
4	Apr.-júní'69	-	303	4 3/4"	8" í 28 m
5	Nóv.'70-feb.'71	-	587	4 3/4"	7" í 60 m
6	Feb.-mars'71	-	373	4 3/4"	12" í 3 m
7	Júní-júlí'71	-	302	5 1/8"	8" í 78 m
8	Maí-júlí'74	Dugandi (C-2)	108	3 1/8"	4" í 8,8 m
9	Júlí-sept.'75	Glaumur	253	7 7/8"	10" í 119,5 m; 8" í 228,7 m
10	Ágúst-sept.'77	-	838	7 7/8"	10 3/3" í 122 m; 9 5/8" í 174,6 m
11	Júlí-ágúst'87	Ísbor	860	8 1/2"	11 3/4" í 253,6 m

steyping að steypa bindur allt ummál fóðringar við holuvegginn. Þegar litið er á mælinguna úr holu 11 (mynd 2) sést að steyping hefur tekist illa á tveimur stöðum í holunni. Þetta eru dýptarbilin 177-188 m og 211-220 m. Auk þessa eru nokkur 1-2 m bil ofar í holunni þar sem steyping er ekki góð, en á milli þeirra er góð steyping svo það kemur ekki að sök. Á fyrr nefndum dýptarbilum varð vart við vatnsæðar. Á 188-211 m dýpi er þokkaleg steyping og mjög góð á 192-194 m. Því er ólíklegt að rennsli geti myndast milli vatnsæðanna. Neðan 220 m dýpis og til enda fóðringar á 253 m dýpi virðist steyping vera þokkaleg, svo ekki á að vera hætt á niðurrennsli með fóðringunni. Tilgangi fóðrunar virðist því náð og ekki ástæða til að fara út í frekari aðgerðir til að steypa dýptarbilið 211-220 m. Mynd 2 sýnir gæði steypingar.

3. JARÐFRÆÐI

3.1 Jarðlög við Hamar

Jarðlög við Dalvík eru um 11-12 milljón ára gömul (Kristján Sæmundsson o.fl. 1980). Þau eru að mestu basalt hraunlög og tilheyra tertíeru blágrýtismynduninni. Lögum vestan við Hamar hallar um 3-4° til SV. Lega og gerð efri jarðlaganna samkvæmt athugunum Kristjáns Sæmundssonar (1970) er sýnd á mynd 3.

3.2 Jarðlög holu 11 við Hamar

Jarðlög holu 11 við Hamar eru sýnd á mynd 4, ásamt jarðlagamælingum, borhraða, þvermáli holu og fóðringum. Vatnsæðar sem nefndar eru í borskýrslum Ísbors eru sýndar með örvum til hliðar við jarðlagasniðið. Þeir staðir í holunni þar sem holufyllingar (útfellingar) eru mest áberandi, eru auðkenndir (z). Þar sker holan sprungur sem fylltar eru útfellingum, einkum zeólítum og kalsíti, sem fallið hafa út úr jarðhitavatni.

Svarfi var safnað á tveggja metra fresti meðan á borun stóð, en mjög léleg svarfheimta var úr holunni eftir að vatnsæðin á 500-550 m var skorin. Lítið er því vitað um jarðlög neðan 550 m dýpis í holu 11. Gera verður

ráð fyrir að þeim svipi nokkuð til jarðlaga holu 10 sem sýnd eru í viðauka I.

Jarðlögum sem hola 11 sker má skipta í eftirfarandi einingar:

Basaltsyrpa 1, 16 - 112 m dýpi: Í efri hluta þessarar syrpu niður á 52 m dýpi eru meðalkorna basaltlög mest áberandi. Lögin eru dílótt. Á 52-84 m dýpi eru fín- meðalkorna basaltlög (Þóleiít) ríkjandi, og er lagið á 72-84 m dýpi kargakennt. Neðst í syrpunni er dílótt meðalkorna basalt.

Þunn innskot eru í syrpu á 40 m, 50 m, og líklega einnig á 105 m dýpi.

Setlög 1, 112 - 174 m dýpi: Setlögin á þessu dýptarbili eru gerð úr sandsteini og völubergi. Þetta eru sennilega þrjú lög, aðskilin af þunnum hraunlögum.

Basaltsyrpa 2, 174 - 222 m dýpi: Fín- meðalkorna (þóleiít) basalt einkennir þessa syrpu. Lagið á 190-200 m dýpi er kargakennt.

Setlag 2, 222 - 230 m dýpi: Völuberg finnst á 222-230 m dýpi í holunni.

Basaltsyrpa 3, 230 - 378 m dýpi: Fín- meðalkorna basaltlög einkenna þessa syrpu. Allþykk kargalög (2-10 m) koma fyrir á 260-330 m og á 360-370 m dýpi. Súrt túfflag er á 286-290 m, og e.t.v. einnig við ganginn á 375 m dýpi.

Gangur, 378 - 552 m dýpi: Á þessu dýptarbili sker holan berggang, sem gerður er úr dökku grófkorna basalti, líklega ólívínþóleiíti. Gangurinn er að öllum líkindum margfaldur, þar sem leifar af jarðlagastöflunum kom fram annað slagið í honum og slíta hann í sundur. Hann gæti enn fremur verið talsvert brotinn.

Basaltsyrpa 3, 552 - 860: Eins og áður greinir, var svarheimta úr neðri hluta holunnar mjög slæm. Af samanburði við holu 10 má þó ráða að neðri hluti holu 11 sé að mestu gerður úr fín- meðalkorna basalti (sjá viðauka I). Af þeim fáu svarfsýnum að dæma sem safnað var, er líklegt að þunnur gangur sé til staðar á 810-820 m dýpi. Ennfremur er hugsanlega súrt túfflag á 820-840

m dýpi. Í svarfsýni af 813 m dýpi er talsvert af steypu, sem væntanlega hefur fallið innan úr fóðringunni þegar verið var að koma lausu hjálparfóðringunni fyrir.

3.3 Samanburður á holum 10 og 11

Af samanburði á jarðlögum hola 10 og 11 má ráða, að engin misgengi séu á milli þeirra a.m.k. ekki í efstu 290 metrunum (sjá mynd 6). Þar er hægt að rekja einstök jarðlög á milli holanna, sem eru því sem næst á sama dýpi í holunum báðum. Sérstaklega á þetta við um setlögin á 100-220 m og túffið á 290 m dýpi. Þykki gangurinn í holu 11 er mun grófkornaðri en gangurinn sem finnst á 670-725 m í holu 10, svo líklega er hér ekki um sama ganginn að ræða. Óvíst er hvort gangurinn sem skorinn var í holu 10 var skorinn neðar í holu 11. Svarfsýni skortir úr holu 11 svo unnt sé segja til um það. Mælingar úr holunni virðast ekki sýna þykka ganginn í holu 11, og ekkert kemur fram í mælingunum sem bendir til þess að gangur sé til staðar neðar í holunni.

3.4 Ummyndun

Lítið fékkst af heillegum holufyllingum úr holunni, líklega vegna þess að þær brotna við það að vera blásið upp úr holunni. Þær holufyllingar sem fundust voru einkum kal-sít, mesólít/skólesít, stilbít og celadonít.

4. JARÐLAGAMÆLINGAR

Í töflu 2 eru skráðar allar borholumælingar sem gerðar voru í holu 11 fram til 13 ágúst 1987. Í viðauka II eru frumgögn jarðlagamælinga sýnd ásamt jarðlagasniði og borhraða. Einnig eru í viðauka II sýndar allar hitamælingar sem gerðar hafa verið í holunni ásamt þrem mælingum á svonefndu mismunahitastgi sem sýnir breytingar á hitastigi með dýpi (þ.e. $\Delta T/\Delta z$), en þeim mælingum koma vatnsæðar oftast vel fram. Auk ofangreinds jarðlagasniðs er á mynd 4 sýndur borhraði, vídd holunnar, víddarleiðrétt gammamæling, útreiknað vatnsinnihald

TAFLA 2. Borholumælingar í holu 11, Hamar við Dalvík.

Dags.	Tími (kl)	Dýpi (m)	Hvað mælt	Athugasemdir
1987.07.17	18:30	0-210	Am. hiti	
1987.07.18	9:15	0-210	Am. hiti	
1987.07.19	20:00	0-210	Am. hiti	
1987.07.20	10:30	0-210	Am. hiti	
1987.07.22	13:50	0-253	Hiti- ΔT -CCL	Upphitun, æðar
1987.07.22	9:30	0-253	Vídd	Jarðlög
1987.07.22	11:00	0-253	NN+Gamma	Jarðlög
1987.07.22	13:30	0-253	Viðnám	Jarðlög
1987.07.31	21:10	400-610	Am. hiti	
1987.08.01	9:15	400-610	Am. hiti	
1987.08.02	9:45	400-610	Am. hiti	
1987.08.03	10:15	400-610	Am. hiti	
1987.08.04	9:30	400-610	Am. hiti	
1987.08.09	2:50-6:30	0-811	Hiti- ΔT -CCL	Upphitun, æðar
1987.08.12	1:00-2:10	0-860	Hiti- ΔT -CCL	Upphitun, æðar
1987.08.12	2:45-3:30	0-860	Vídd	Skápar
1987.08.12	4:15	0-860	NN+Gamma	Jarðlög
1987.08.12	6:15	250-860	Viðnám	Jarðlög
1987.08.12	9:30-6:30	0-860	Þrýsingur-hiti- ΔT	Aflprófun
1987.08.13	11:30	0-250	CBL	Steypugæði

út frá víddarleiddréttari nifteindarmælingu og víddar- og hitaleiddrétt viðnám að áætluðum berghita. Loks er einfaldað jarðlagasnið og hlaupandi meðaltal ofangreinda mælinga sýnt á mynd 4. Hér á eftir verður fjallað um hverja einstaka mæliaðferð, úrvinnslu mælinga og helstu niðurstöður.

4.1 Gammamælingar

Gammamælingar mæla náttúrulega gammageislun og er þeim ætlað að gefa mat á kísilsýruinnihaldi bergsins (Valgarður Stefánsson o.fl. 1982). Kísilsýrustyrkurinn hækkar með vaxandi styrk gammageislunar sem mældur er í svokölluðum API einingum (API: American Petroleum Institute). Með samanburði á víddarleiddréttum styrk gammageislunar (I_0) og kísilsýru innihalds (SiO_2) bergsýna úr holu á Reyðarfirði, hefur fengist eftirfarandi samband milli I_0 og SiO_2 í prósentum:

$$SiO_2 = 0.27I_0 + 40 \%$$

(Valgarður Stefánsson o.fl. 1982). Ekki er þó ljóst hversu vel þetta samband gildir fyrir bergtegundir við Dalvík og er því látið nægja að teikna gammamælinguna í API einingum í þessari skýrslu.

Mynd 7a sýnir tíðnidreifingu gammageislunar ásamt útreiknaðri bestu normal dreifingu. Þar kemur fram að meðaltalið er nálægt 34 API einingum, sem samkvæmt ofanskráðri jöfnu samsvarar 49% kísilsýru. Eins og fram kemur á mynd 3 eru áberandi toppar í gammageisluninni á 145 m, 226 m og á 290 m, sem samkvæmt ofanskráðri jöfnu samsvara 55-60% kísilsýru. Styrkur gammageislunarinnar virðist fara minnkandi með dýpi, úr u.þ.b. 50 API einingum nálægt yfirborði í u.þ.b. 25 API einingar við botn holunnar.

4.2 Nifteindamælingar

Út frá nifteindarmælingum er reiknað vatnsinnihald bergsins, en með því er átt við vatn sem bundið er í ummyndun og það vatn sem er í porum í berginu. Vatnsinnihaldið er gefið í prósentum á myndum 4 og 5. Samanburður á útreiknuðu vatnsinnihaldi úr háhitaholu á Nesjavöllum (NJ17) og mældum poruhluta nokkra kjarnasýna (úr holunni) hefur sýnt að nifteindarmælingarnar gefa ótrulega gott mat á raunverulegum poruhluta bergsins (Ómar Sigurðsson o.fl. 1988). Þessar mælingar sýna að reiknað vatnsinnihald bergsins er yfirleitt innan við 5% hærrí en raunverulegur poruhluti. Mynd 7b sýnir tíðnidreifingu vatnsinnihalds bergsins, ásamt útreiknaðri bestu normal dreifingu. Þar kemur fram að meðaltal vatnsinnihalds bergsins er 14%. Eins og fram kemur á mynd 5 er útreiknað vatnsinnihald einna mest á 250-380 m eða um 22%.

4.3 Viðnámsmælingar

Viðnámsmælingum er ætlað að finna rafviðnám bergsins umhverfis holuna. Þar sem rafviðnámið er mjög háð hitastigi og vatnsinnihaldi gefur það oft, ásamt öðrum mælingum, upplýsingar um heitar vatnsæðar. Þannig má ætla að lágt viðnám ásamt háu hitastigi og háu vatnsinnihaldi (samkvæmt nifteindamælingu) sýni staðsetningu heitra vatnsæða. Þetta er þó ekki einhlítt því viðnámið er einnig háð öðrum þáttum svo sem bergtegund, ummyndun o.fl. Einnig er viðnámsmælingum ætlað að auðvelda tengingu borholumælinga við viðnámsmælingar frá yfirborði. Í viðnámsmælingunum í borholum er mælt svokallað sýndarviðnám, sem er það viðnám, sem mældist, ef um einsleitt berg væri að ræða. Mælt er með tveim mæliuppsetningum, annarsvegar eru hafðar 16" milli straum- og spennupóls og hinsvegar 64". Þessar mælingar eru sýndar í viðauka II. Uppsetningin með 64" bilið skynjar lengra út í bergið heldur en 16", en það síðarnefnda gefur betri upplausn. Þar sem viðnámsgildin ná yfir nokkrar stærðargráður, og eins vegna þess að þau eru nálægt því að vera logaritmískt normaldreifð, er viðnámið

teiknað í logaritmískum skala.

Bæði vídd holunnar og viðnám holuvökvans hefur áhrif á mælingarnar. Ef viðnám holuvökvans er þekkt með dýpi er hægt að leiðrétta fyrir þessum áhrifum með aðstoð þar til gerðra kvörðunarferla. Viðnám holuvökvans er ekki hægt að mæla í holunni með núverandi tækjakosti Orkustofnunar. Ef hinsvegar, er gert ráð fyrir að viðnámsbreytingarnar séu litlar með dýpi, er hægt að nota bæði 16" og 64" viðnámin ásamt vídd holunnar til að reikna út bæði viðnám holuvökvans og víddarleiðrétt bergviðnám. Auk ofangreindra þátta hefur hitastig holunnar áhrif á mælt viðnám. Þar sem ádæling kælir holuna þarf að aðlaga ofangreint víddarleiðrétt bergviðnám að raunverulegum berghita. Þetta er gert í tvennu lagi, í fyrsta lagi er leiðrétt að föstum berghita (30°C) með hliðsjón af hitamælingum, sem gerðar eru um leið og viðnámsmælingarnar, og hinsvegar er viðnámið umreiknað að áætluðum berghita holunnar. Viðnámið reiknað að áætluðum berghita er teiknað á mynd 4 og dreifing viðnámsgildanna á mynd 7c. Meðaltal viðnámsgildanna reiknast 85 Ωm.

Á mynd 5 er sýnt vegið hlaupandi meðaltal viðnáms leiðrétt að áætluðum berghita. Þar kemur fram að viðnámið fer lækkandi með dýpi niður á 300 m dýpi, en þar fyrir neðan fer viðnámið hækkandi með dýpi. Þar sem viðnámið er lægst, á 300-350 m dýpi, mælist einnig hæst vatnsinnihald. Xs.WC WD

5. VATNSÆÐAR

Með hliðsjón af útreiknuðu vatnsinnihaldi, viðnámi leiðréttu að berghita, mældu mismunahitastigi ásamt skýrslum bormanna er reynt að áætla hvar heitar æðar eru í holunni. Tafla 3 sýnir þær staðsetningar þar sem ýmist fer saman hátt vatnsinnihald, lágt viðnám, eða hækkun í hitastigi borholuvökvans (gefið í afstæðum skala, þ.e. cm útslag á skrifara). Einnig eru í töflunni sýndar þær vatnsæðar sem getið er um í bor-skýrslu.

TAFLA 3. Vatnsæðar í holu 11.

Dýpi m	Vatnsinnihald %	Viðnám Ωm	Mismunahiti mælt 9/8	Mismunahiti mælt 12/8	Vatnsæðar
220-225	32.9	100.		2.8	
265-275	36.6	16.		4.6	
288	49.8	10.	3.6	6.7	Lítill vatnsæð?
300-310	36.7	15.		4.4	
322	33.5	15.		4.1	
330	33.9	25.		4.3	
338-345	38.1	15.		3.0	
356	31.4	18.		3.0	
370	29.5	33.			
398-404	24.8	43.	13.9	3.2	401: Vatnsæð 0.8 l/s
476			8.1	7.9	Lítill vatnsæð
490-500	20.3		8.0	7.2	
502-506					[506: Vatnsæð
509	14.6	53			Vatnsæð
520					
526	37.5				520-533: Vatnsgefandi berg
533	22.4]
540					
543	24.1	29	13.9		
567	27.3	62			30/7 Lítill vatnsæð
622	28.9	43.			
664	36.6	22.			Lítill vatnsæð
680	45.6	90.			
695	26.5	100.			
710-715	28.0	30.			
725	30.1	90.			
770-785	30.0	61.			
823					Vatnsæð
838	29.2	93.		5.6	

[] : Vatnsgæfasti hluti holunnar. Stærsta æðin í 533 m

Helstu vatnsæðar í holunni eru bundnar við þrjú dýptarbil, 400 m, 500-540 m og 830 m. Ein æð er á rúmlega 400 metra dýpi og segir í borskýrslu að hún gefi 0,8 l/s. Á 500-570 metra dýpi eru nokkrar vatnsæðar og er það vatnsgæfasti hluti holunnar. Æðarnar eru í neðri hluta á þykkum berggangi sem holan sker (gangur B, sjá mynd 1). Helsta vatnsæðin er trúlega á 533 m dýpi en þar eykst rennsli töluvert samkvæmt borskýrslum. Ein æð er svo á um 830 metra dýpi. Hún kom fram við borun og sést vel á borholumælingum (hátt vatnsinnihald, lægra viðnám, hækkandi hitastig).

Aðrar æðar í holunni eru litlar. Á 288 metrum sést heit æð samkvæmt borholumælingum. Í borskýrslum er auk þess minnst á smá æðar á 476 metra dýpi, 567 metra dýpi og 664 metra dýpi.

6. AFKÖST HOLU 11

Þann 12. ágúst 1987 var loftdælt úr holu 11 til þess að meta gróflega skammtímaafköst hennar. Dælt var í þremur þrepum, fyrst með hjálparfóðringu á 100 m dýpi, en síðan með borstangir á 128 og 201 m dýpi. Fyrsta þrepið var um 250 mín. að lengd, annað þrepið um 40 mín. og þriðja þrepið um 60 mín. Rennslíð var mælt með V-yfirfalli. Þær mælingar voru mjög ónákvæmar, enda rennsli mikið. Í fyrsta þrepinu var vatnsborð áætlað út frá þrýstingi mældum á 240 m dýpi, en í seinni þrepunum út frá þrýstingi á loftinu. Þær þrýstingsmælingar þurfti að leiðrétta fyrir þrýstitapi í slöngum og borstöngum og var það gert með samanburði milli 1. og 2. þreps þar sem rennsli, og væntanlega einnig niðurdráttur, breyttust lítið milli þessara þrepa. Vatnsborðsáætlanir fyrir 2. og sérstaklega 3. þrep eru því ónákvæmar. Einnig var dæla í holu 9 í gangi þann tíma sem hola 11 var loftdæld og eykur það væntanlega óvissuna.

Niðurstöður þrepaprófsins eru birtar á mynd 8. Á tvennt verður að leggja áherslu: Í fyrsta lagi voru mælingar á rennsli og vatnsborði mjög ónákvæmar og **gefa niðurstöðurnar því aðeins grófa hugmynd um afköst holunnar.** Í öðru lagi gilda niðurstöðurnar aðeins um skammtímaafköst hennar, til lengri tíma verður niðurdráttur meiri. Þó er ljóst að hér er um mjög góða holu að ræða og virðist hún ekki vera síðri en hola 10.

Til þess að meta afköst holu 11 nákvæmar þyrfti að dæluprófa hana í mun lengri tíma og mæla vatnsborð og rennsli af meiri nákvæmni en kleift var í loftdælingunni. Þannig mætti reyna að meta hvort hola 11 gefur hugsanlega viðbót við það sem hola 10 gefur og einnig kanna tengsl milli holanna. Í tengslum við það mætti einnig endurskoða spá um langtímaviðbrögð jarðhitakerfisins við Hamar frá 1986 (Ragna Karlsdóttir og Guðni Axelsson, 1986). Gerðar voru tillögur að slíkri athugun (Guðni Axelsson, 1987) og hún framkvæmd sumarið 1988.

Ef stuðst er við niðurstöður þrepaprófsins á mynd 7 og spá um langtímaviðbrögð jarð-

hitakerfisins frá 1986 (Ragna Karlsdóttir og Guðni Axelsson, 1986) má áætla að í framtíðinni verði niðurdráttur eitthvað nálægt því sem sýnt er í töflu 4 hér að neðan. Þó verður að hafa í huga hina miklu ónákvæmni sem nefnd hefur verið hér að ofan. Ekki er gert ráð fyrir vinnslu úr öðrum holum á svæðinu.

TAFLA 4 Gróf áætlun um niðurdrátt í holu 11

Vinnsla (l/s)	Dýpi á vatnsborð	
	eftir 1 klst (m)	eftir 10 ár (m)
30	21	29
40	23	39
50	25	50
60	27	60
80	31	81
100	37	104

Á meðan á þrepaprófun holu 11 stóð var vatnsborð einnig mælt í holum 1, 2, 3, 4, 5 og 6. Niðurstöðurnar eru birtar í töflu 5, en innbyrðis afstaða holanna er sýnd á mynd 1 hér að framan.

TAFLA 5 Vatnsborð í holum við Hamar þann 12.08.87

Hola	Vatnsborð (m)	Athugasemdir
1	(24)	óljóst v. niðurrennsli
2	47-56	
3	24-25	
4	50-56	niðurrennsli
5	35-38	
6	6	stöðugt
9		í vinnslu
11	17-37	þrepaprófun

Í öllum holunum, nema holu 6, var djúpt á vatnsborðið og virðist það vera af völdum dælingar úr holu 9. Auk þess voru lítilsháttar breytingar á niðurdrættinum, aðallega í

holum 2 og 4, sem einnig virtust að mestu stafa af dælingunni úr holu 9. Prófun holu 11 virtist hafa óveruleg áhrif á vatnsborð í þessum holum, allavega yfirgnæfðu áhrif holu 9 þau áhrif. Holur 1 - 5 eru í greiðu sambandi við efsta hluta jarðhitakerfisins, en í verri tengslum við aðalvatnsleiðara kerfisins, sem holur 10 og 11 virðast tengjast. Af þessum sökum verða vatnsborðsgögnin ekki túlkuð nánar hér. Þó sést eftirfarandi án frekari úrvinnslu: Samband er greiðast milli holu 9 annars vegar og hola 2 og 4 hins vegar, og eru tengslin sennilega eftir vel vatnsleiðandi láréttu lagi. Þá er mikill niðurdráttur í holu 5 en minni í holum 1 og 3 og virðist mega skýra það þannig að í efri hluta kerfisins sé þökkaleg vatnsleiðni eftir eða samsíða gangi A, en leiðnin sé minni þvert á ganginn. Lítill niðurdráttur í holu 6 virðist stafa af því að hún er vestan gangs A, eða að hún er stífluð.

Í ofangreindum mælingum varð vart niðurstreymis í sumum holanna, sérstaklega í holum 1 og 4. Ef til vill væri því rétt að steypa í þær holur, sem ekki munu verða nýttar, til þess að stöðva niðurstreymi kalds grunnvatns í jarðhitakerfið gegnum þær. Í einhverjar holanna væri rétt að steypa mælirör svo hægt verði að nýta þær áfram til mælinga.

7. LOKAORÐ

Samkvæmt líkani sem gert var eftir niðurstöðum viðnámsmælinganna (Ragna Karlsdóttir og Guðni Axelsson, 1986), er aðaluppstreymi heita vatnsins eftir NA-SV sprungu. Einnig er vatn í N-S göngum sem skera sprunguna. Viðnámsmælingarnar gáfu til kynna vatnsrennsli með gangi A sem liggur í gegnum vinnslusvæðið. Hóla 11 er staðsett austan við gang B, 13-14 metrum frá holu 10. Eins og segir í kaflanum um jarðfræði sker holan þykkang á um 400-550 metra dýpi. Líklegt er að þarna skeri hún gang B. Holan er 7 metrum austan gangsins og gefur það 0,7-1° halla á ganginum til austurs. Vatnsgæfustu æðar holunnar eru á 500-540 metrum eða í neðri

hluta gangsins. Stærsta æðin er trúlega á 533 metra dýpi. Enda þótt viðnámsmælingarnar gefi ekki til kynna vatnsgengd með gangi B er eðlilegt að vatn sé við ganginn í næsta nágrenni uppstreymissprungunnar.

Hóla 10 var hallamæld í maí 1988. Kom þá í ljós að holan er talsvert skökk og er botn hennar um 20 metra norðan lóðlínu. Gefur þetta betri ákvörðun á halla uppstreymissprungunnar og bendir til um 1° halla hennar til norðurs. Hallamæling holu 10 er í Viðauka III.

HEIMILDIR

Kristján Sæmundsson, 1970: *Skýrsla um Jarðhitarrannsóknir á Dalvík*. Orkustofnun, JHD.

Ragna Karlsdóttir og Guðni Axelsson 1986: *Vatnsöflun Hitaveitu Dalvíkur. Úttekt á jarðhitasvæðinu við Hamar*. Orkustofnun, OS-86044/JHD-12, 51s.

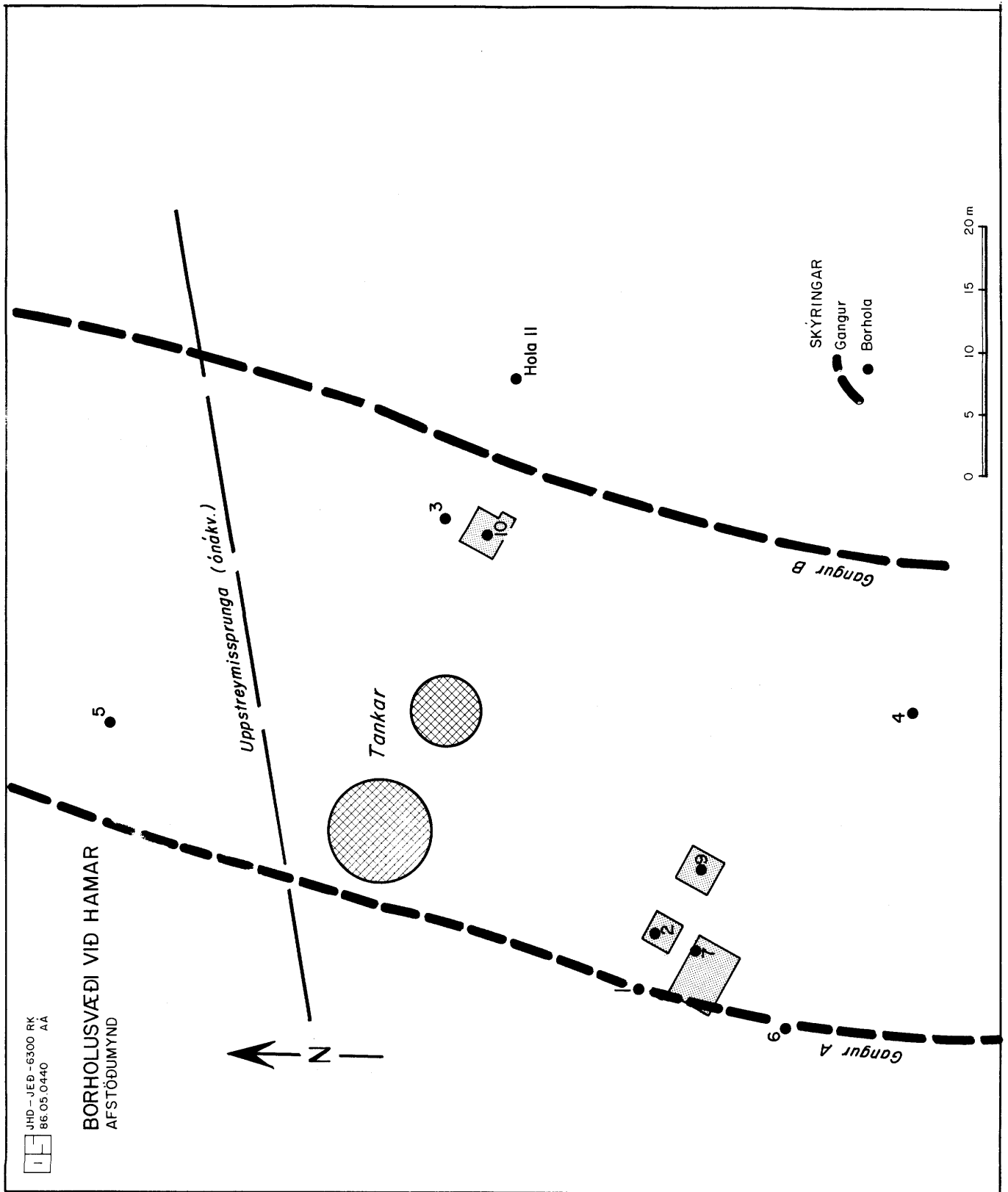
Guðni Axelsson 1987: *Hitaveita Dalvíkur. Tillögur að forðafraeðilegum verkefnum fyrir 1988*. Orkustofnun, greinargerð GAX-87/05, 2s.

Sverrir Þórhallsson, Ómar Bjarki Smáráson 1987: *Verklýsing á borun holu 11 við Hamar í Svarfaðardal*. Orkustofnun, JHD.

Guðjón Guðmundsson 1988: *Haliámæling á holu 10*. Orkustofnun, greinargerð,

Valgarður Stefánsson, Ásgrímur Guðmundsson og Rolf Emmerman, 1982: *Gamma ray logging in Icelandic rocks. The log analyst*, 23, No 4, 11-16.

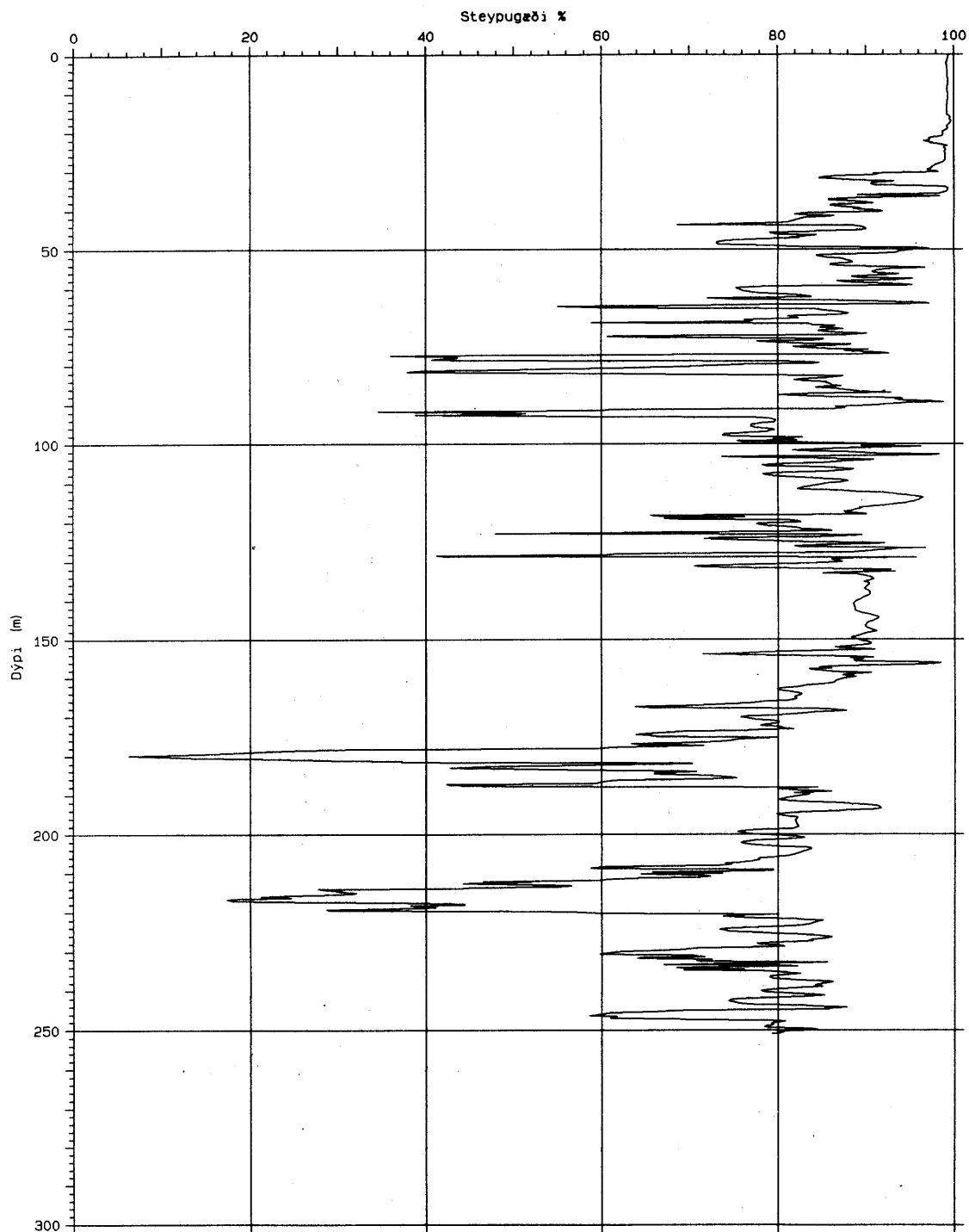
Ómar Sigurðsson, Ásgrímur Guðmundsson og Hjálmar Eysteinnsson, 1988: *Nesjavellir. Kjarnar úr holu NJ-17*. Orkustofnun, OS-88010/JHD-05 B.



MYND 1. Borholusvæðið við Hamar; afstöðumynd

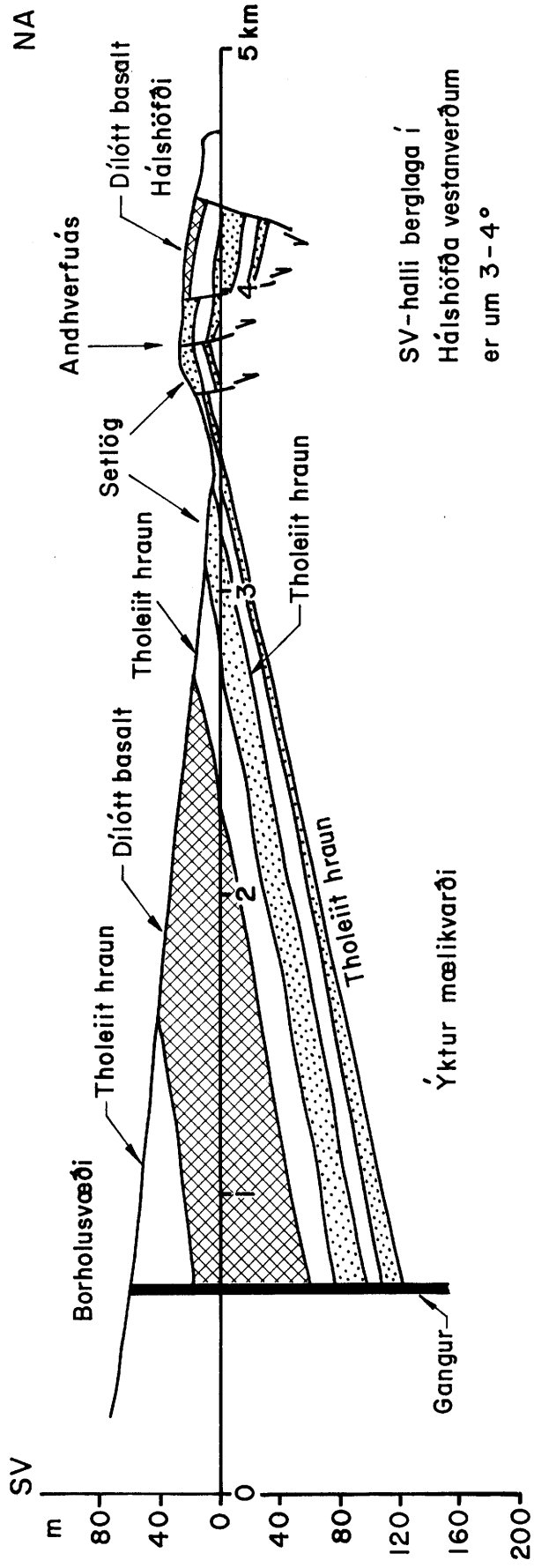
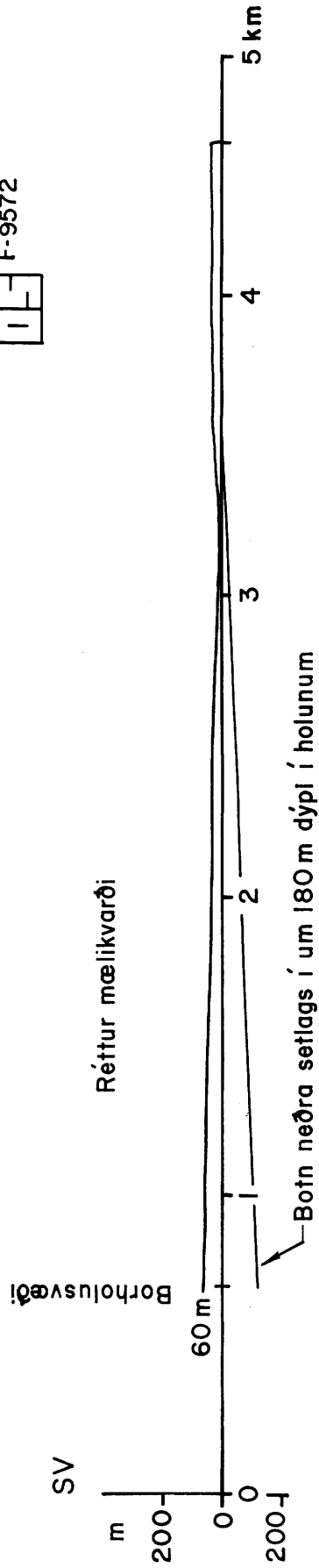
JHD BM 6500 HS
89.06.0808 T

Hitaveita Dalvíkur
Hóla ÍH-11 við Hamar
Steypumæling 13.08.1987



MYND 2. Steypumæling

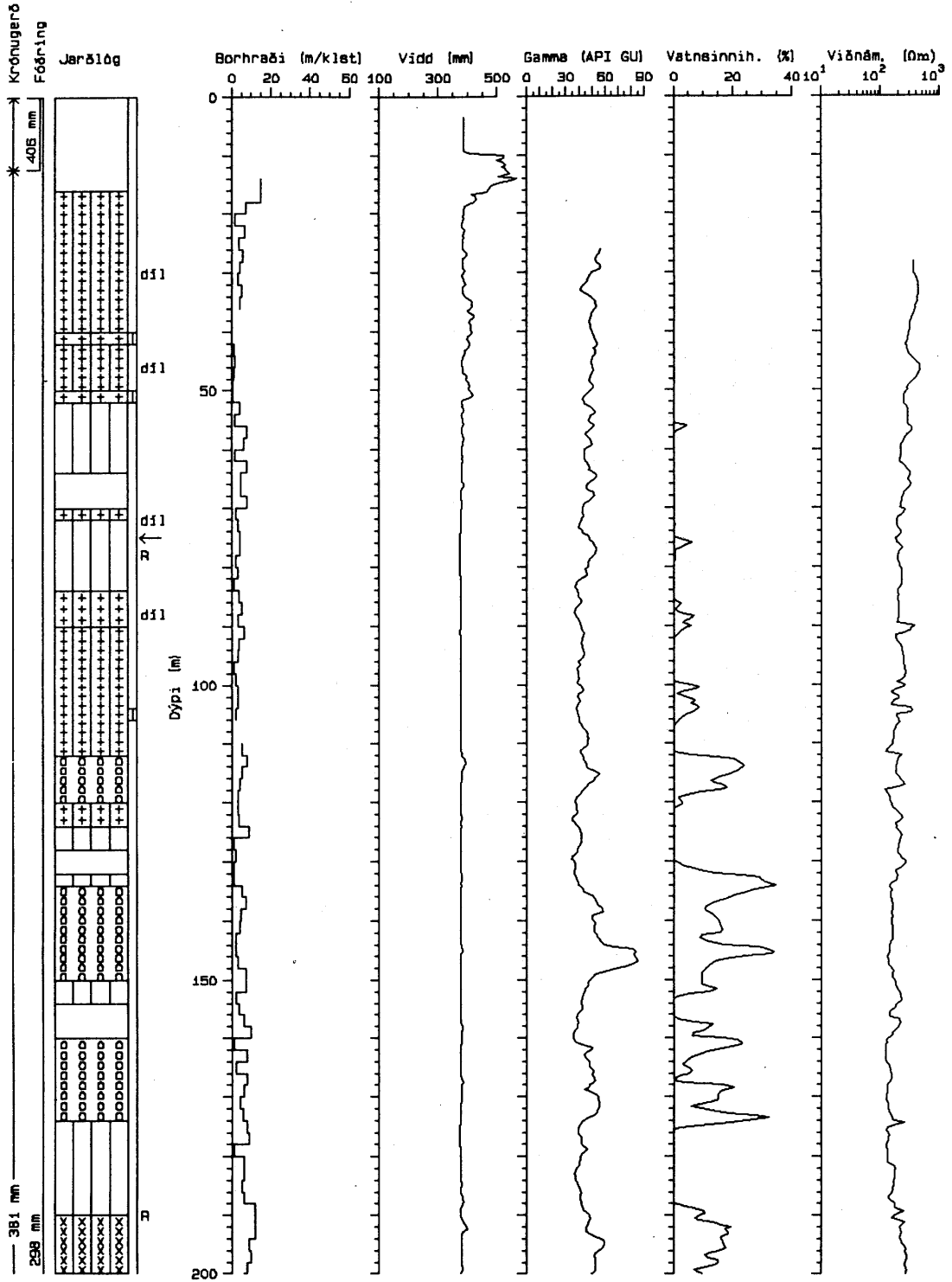
F-9572



MYND 3. Jarðlög á borholusvæðinu við Hamar

JHD-BM/BJ-66300 HE/OBS
88.11.0718/6 T/HE

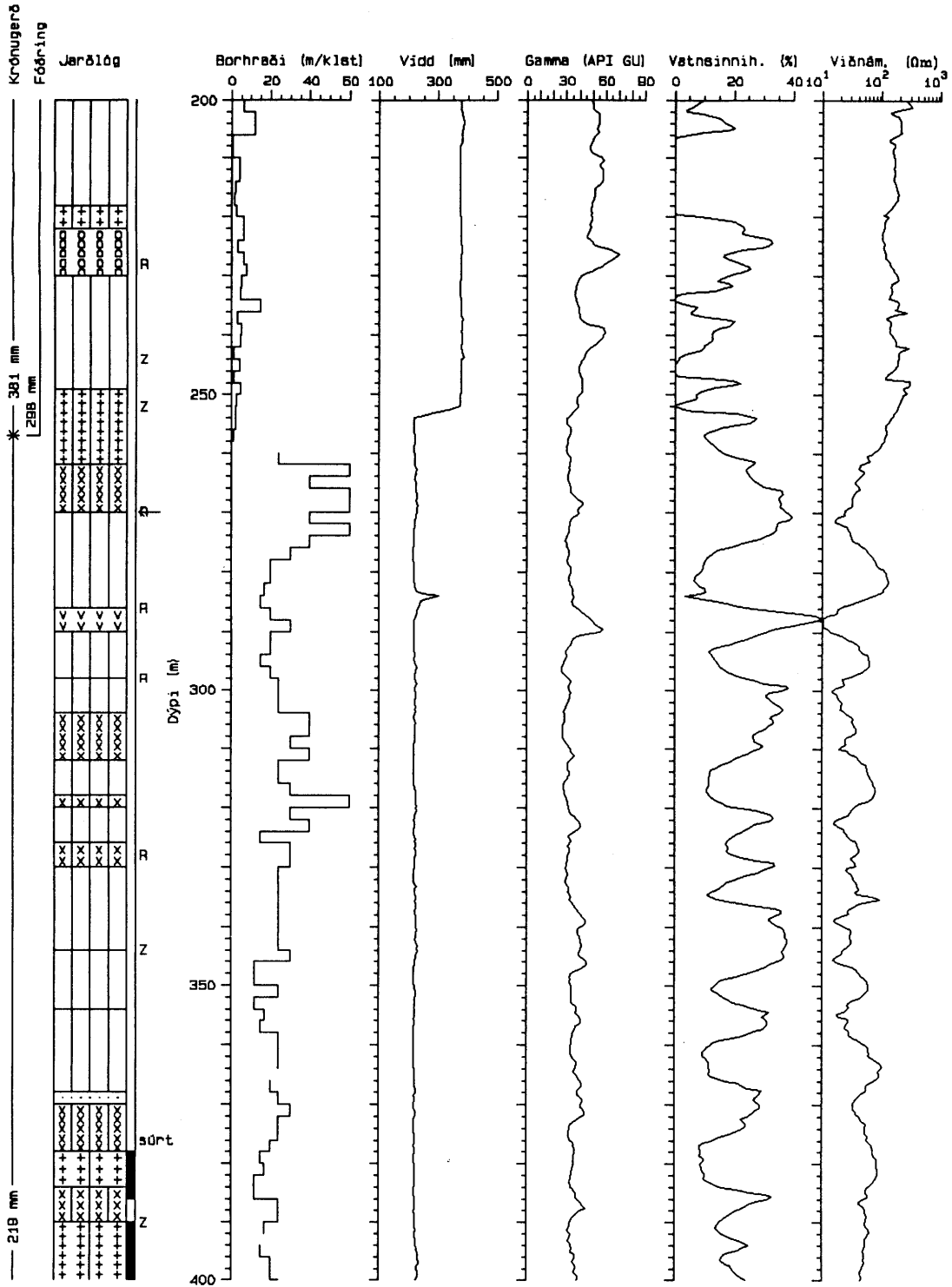
Dalvík Hamar Hóla 11 JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR



MYND 4. Jarðlög hólú 11 og jarðlagamælingar

JHD-BM/BJ-66300 HE/OBS
88.11.0716/6 T/HE

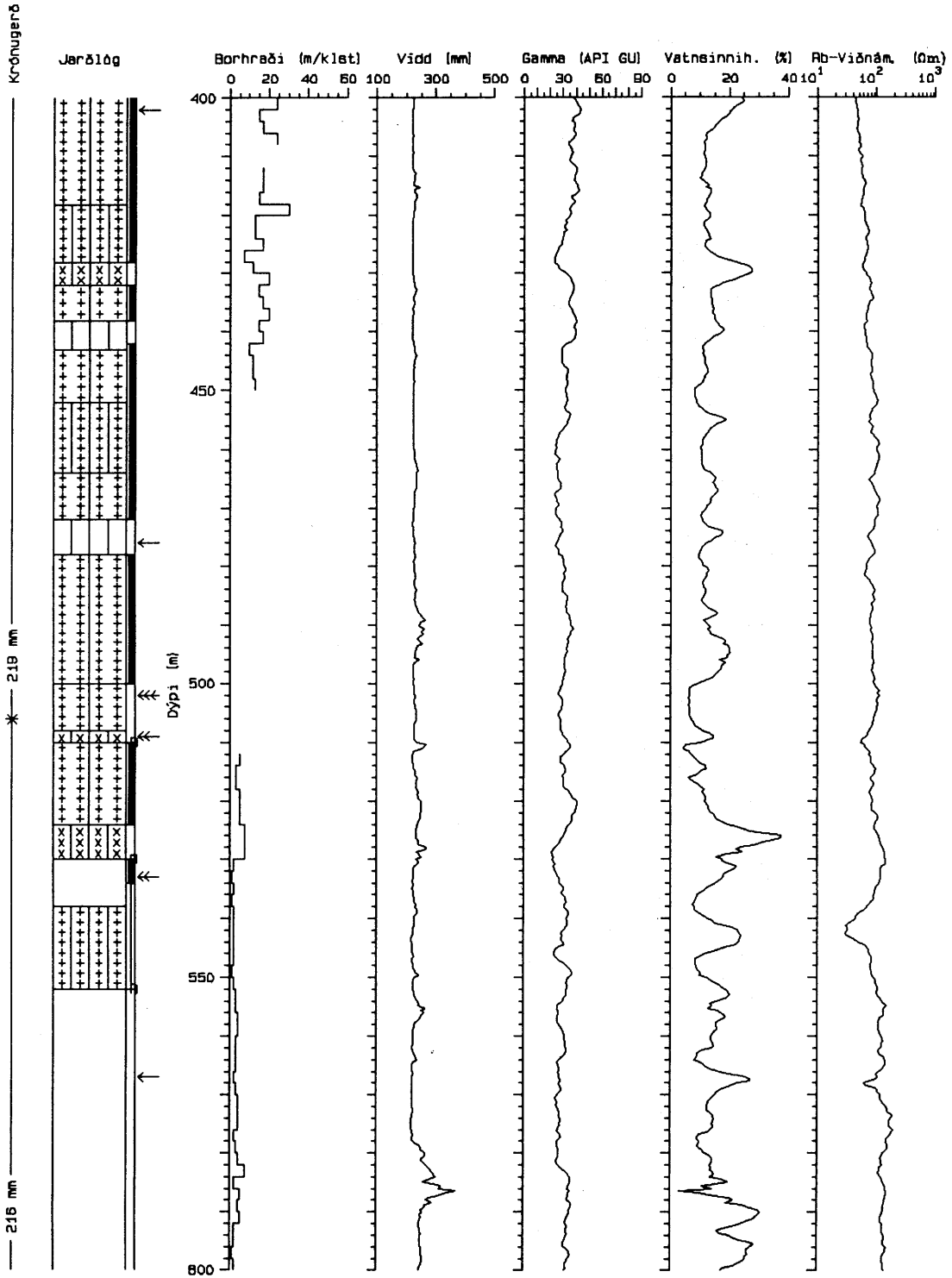
Dalvík Hamar Hóla 11 JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR



MYND 4. (frh.) Jarðlög hólú 11 og jarðlagamælingar

JHD-BM/BJ-66300 HE/0
88.11.0718/6 T/HE

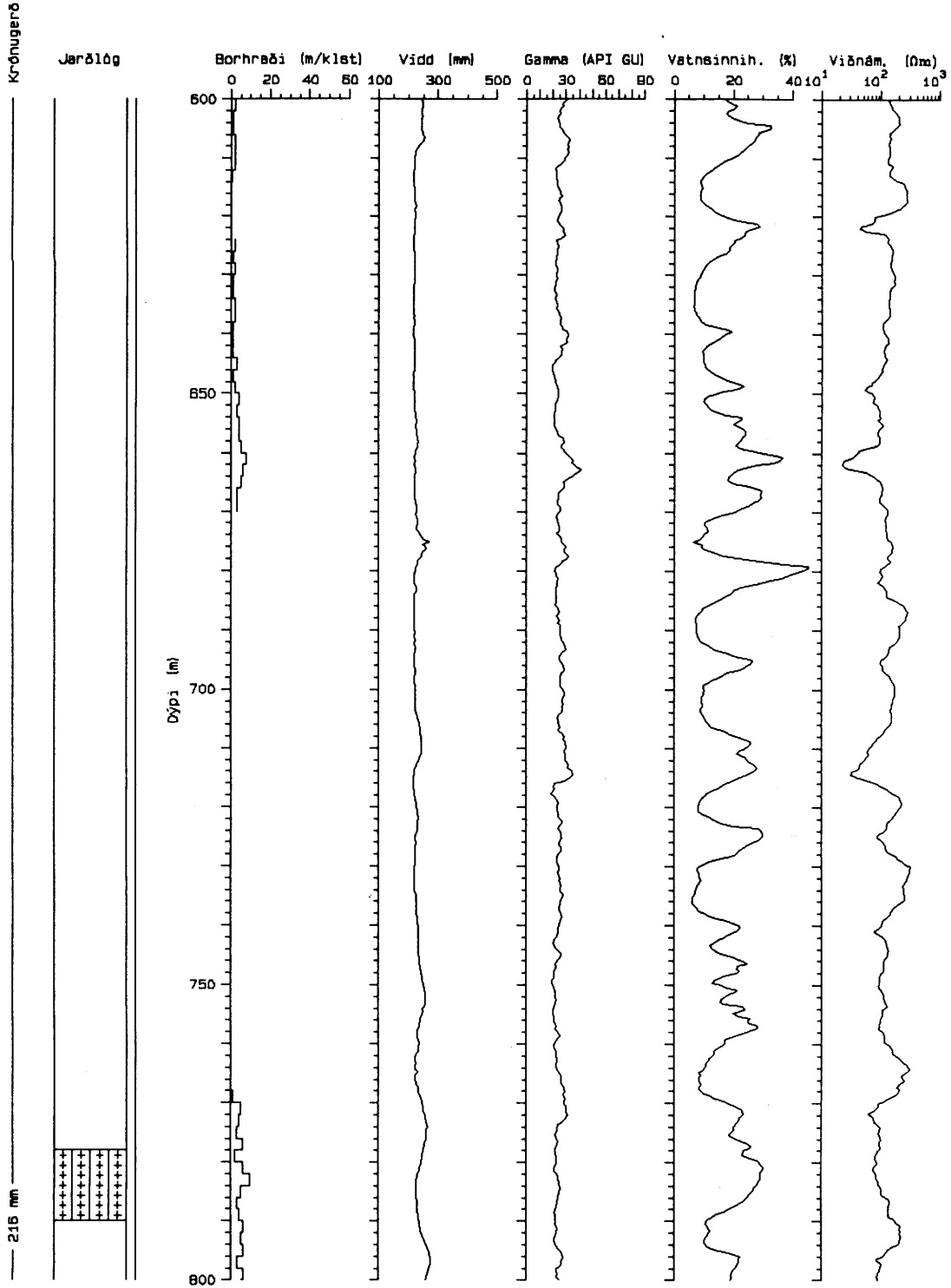
Dalvík Hamar Hóla 11 JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR



MYND 4. (frh.) Jarðlög hól 11 og jarðlagamælingar

JHD-BM/BJ-66300 HE/OBS
88.11.0716/6 T/HE

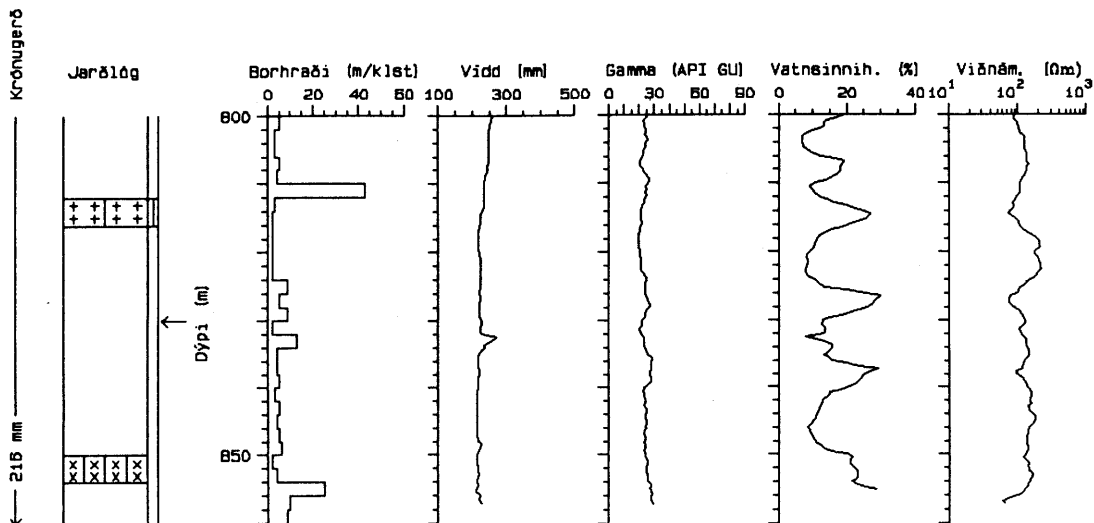
Dalvík Hamar Hóla 11 JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR














MYND 4. (frh.) Jarðlög hólú 11 og jarðlagamælingar

JHD-BM/BJ-66300 HE/OBS
88.11.0718/8 T/HE

Dalvík Hamar Hóla 11 JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR



Skýringar við jarðlagasnið

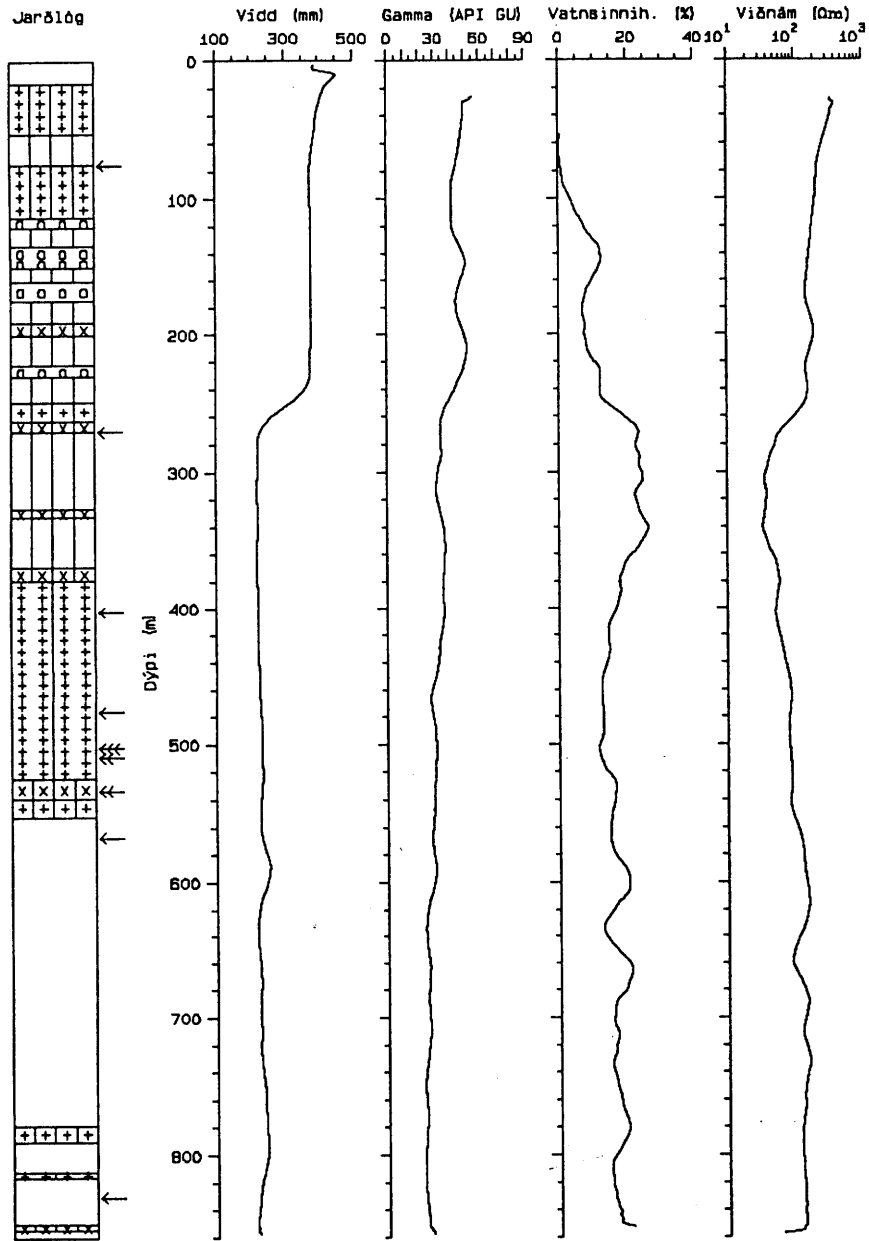
	Ummyndað fin-meðalkorna basalt		Tuff
	Fersklegt meðal-grófkorna basalt		Finkornótt set
	Ummyndað meðal-grófkorna basalt		Grófkornótt set
	Ummyndað glerjað basalt		Svarf vantar
	Innskot		Upphleðsluberg
	Lítlegt innskot		
R	: Rautt millilög	díl	: Dillótt basalt
Z	: Áberandi útfellingar	súrt	: Súrt berg
←	: Lítil vatnsæð	←←	: Stór vatnsæð
←←	: Meðal vatnsæð		

MYND 4. (frh.) Jarðlög hól 11 og jarðlagamælingar

JHD-BM/BJ-66300 HE/OBS
88.11.0717 T/HE

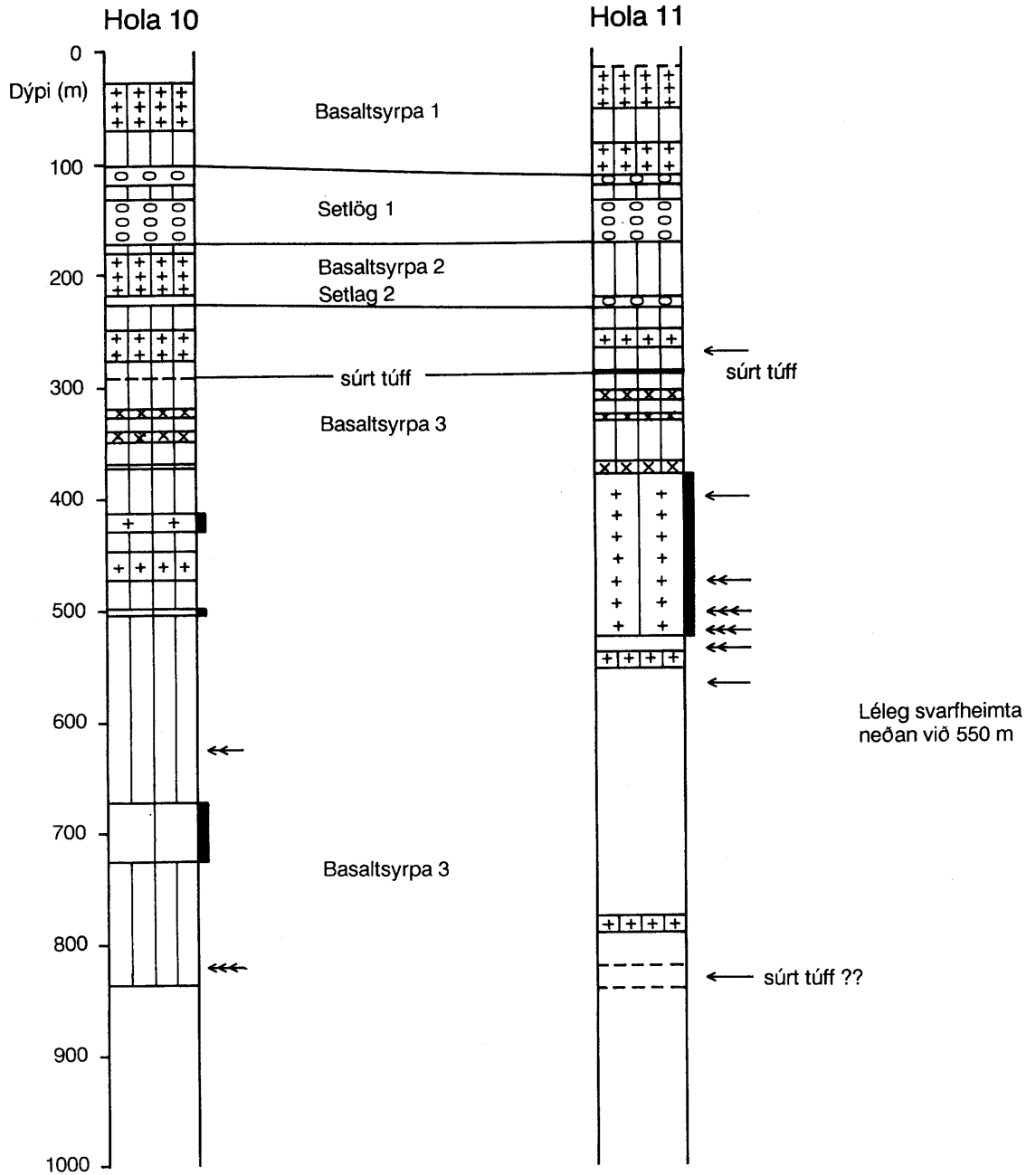
Dalvík Hamar Hola 11

EINFALDAÐ JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR



MYND 5. Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar úr holu 10

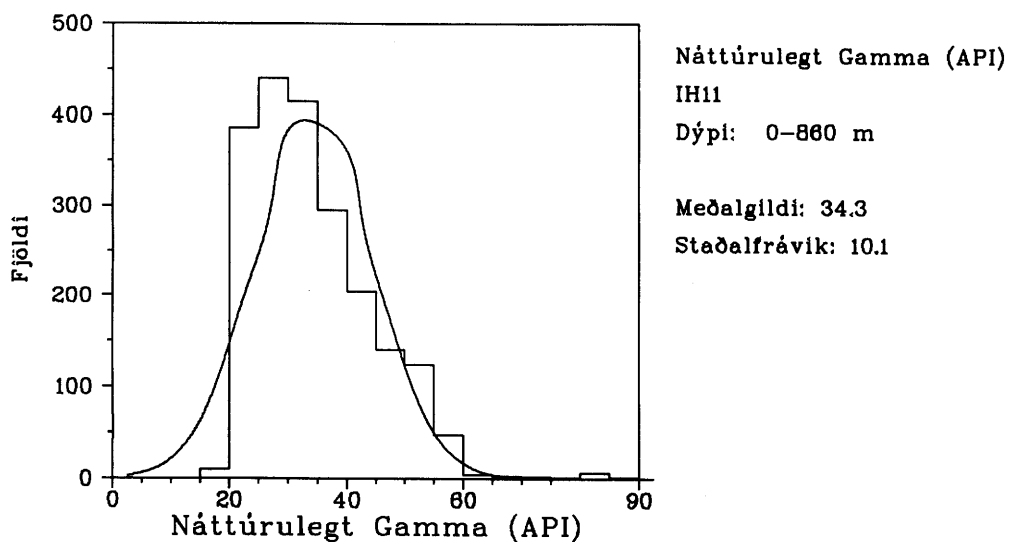
Einfaldað jarðlagasnið af holum 10 og 11 við Hamar



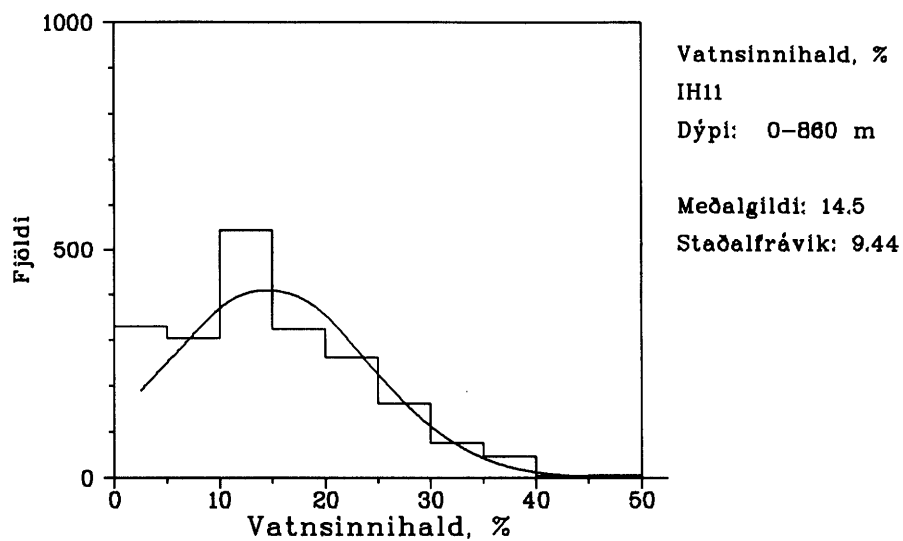
SKÝRINGAR

- | | | | |
|--|--------------------------|--|---------------------|
| | Fersklegt ólivín-póleiit | | Kargi/breksía |
| | Fersklegt póeliit | | Set |
| | Ummynndað ólivín-póleiit | | Svarf vantar/Gangur |
| | Ummynndað póeliit | | Lítill vatnsæð |
| | | | Stór vatnsæð |

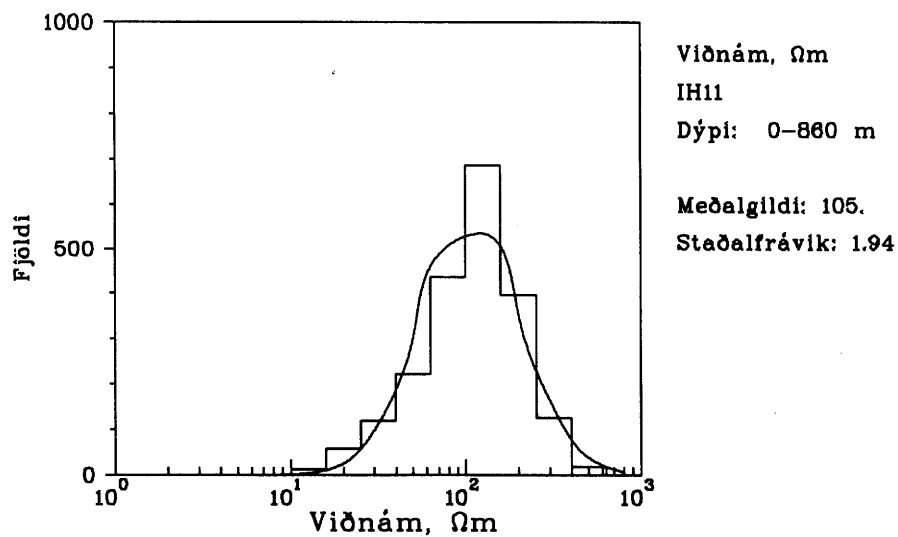
MYND 6. Einfaldað jarðlagasnið úr holum 10 og 11



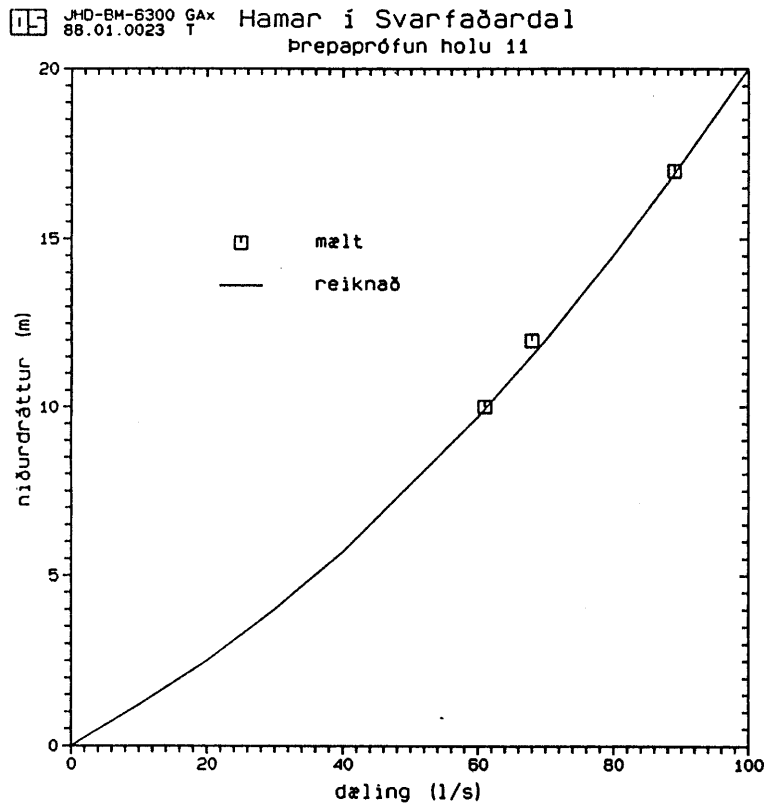
MYND 7a. Tíðnidreifing gammageislunar



MYND 7b. Tíðnidreifing vatnsinnihalds



MYND 7c. Tíðnidreifing viðnámsgilda

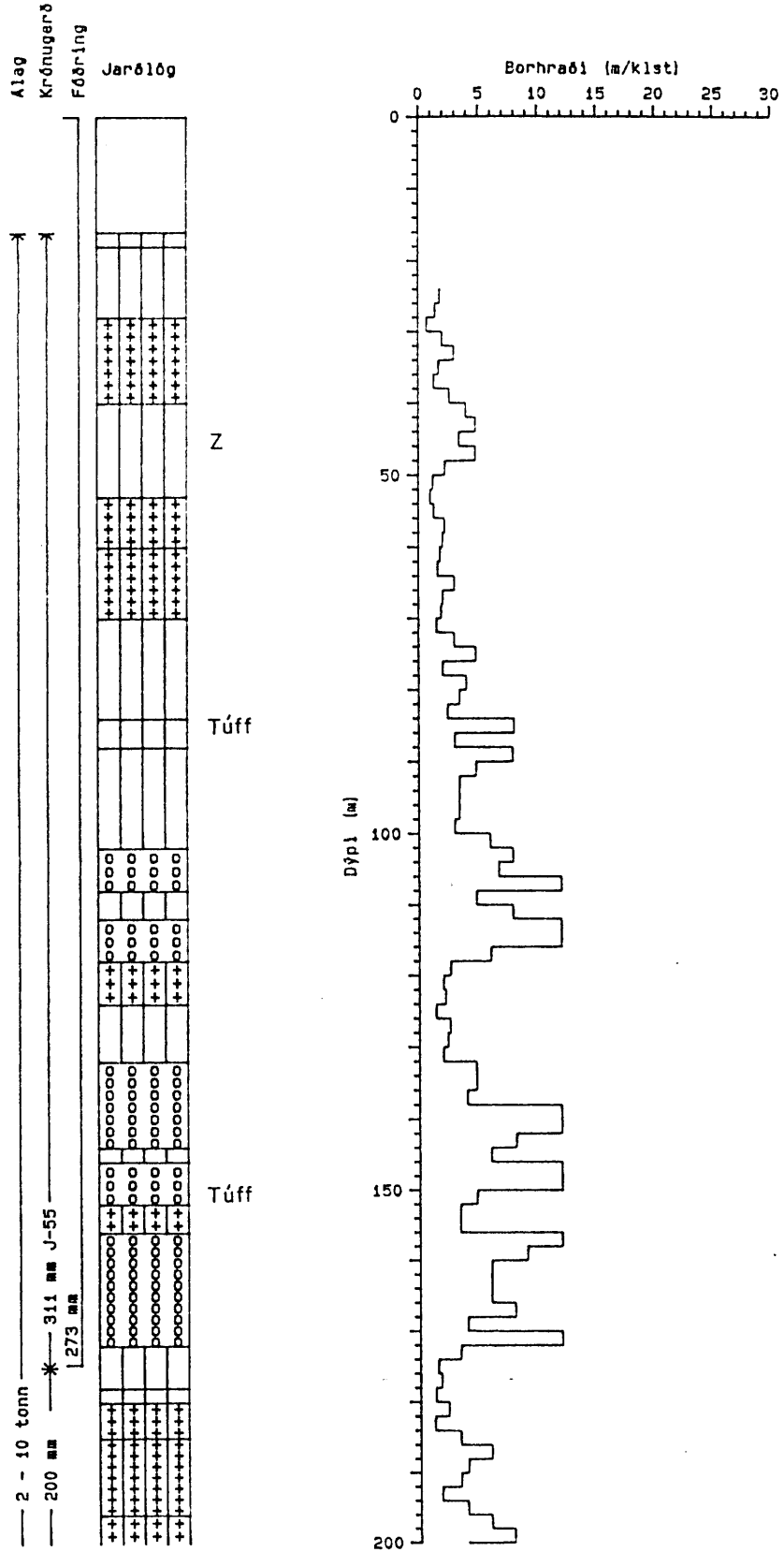


MYND 8. Þrepaprófun holu 11

VIÐAUKI I

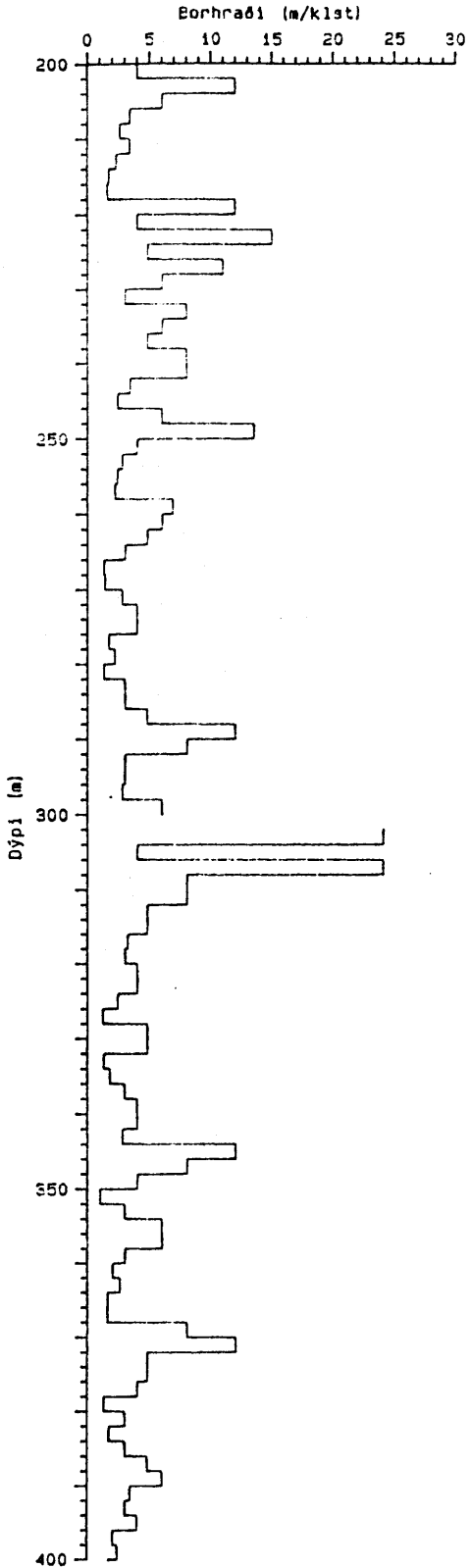
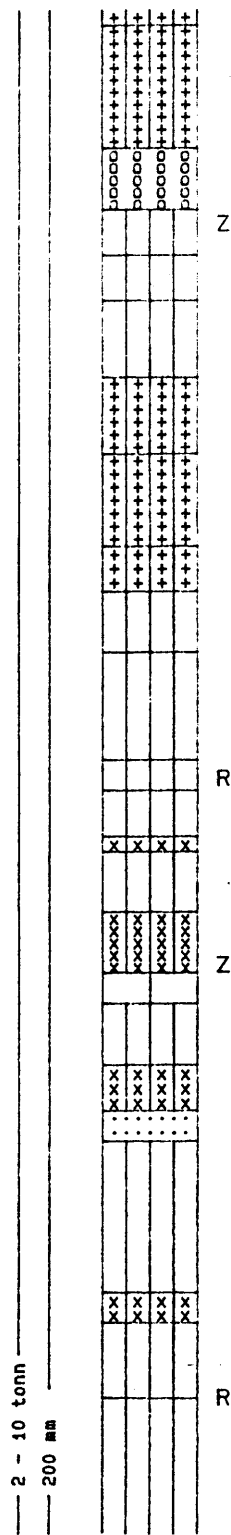
Jarðlög holu 10 við Hamar

DALVIK HOLA 10 JARÐLÖG OG BORUN



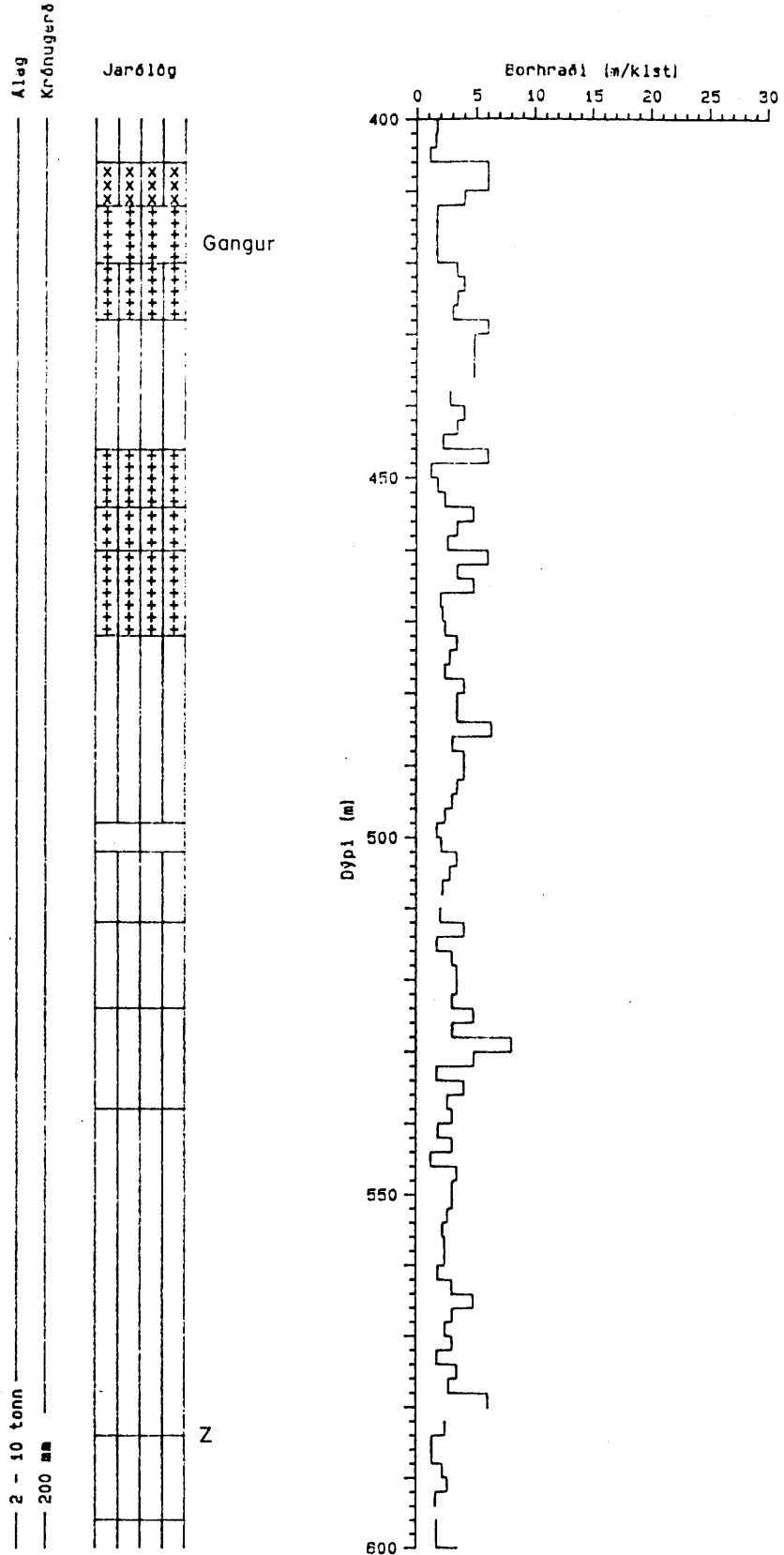
DALVIK HOLA 10 JARÐLÖG OG BORUN

Alag
Krnúgerð

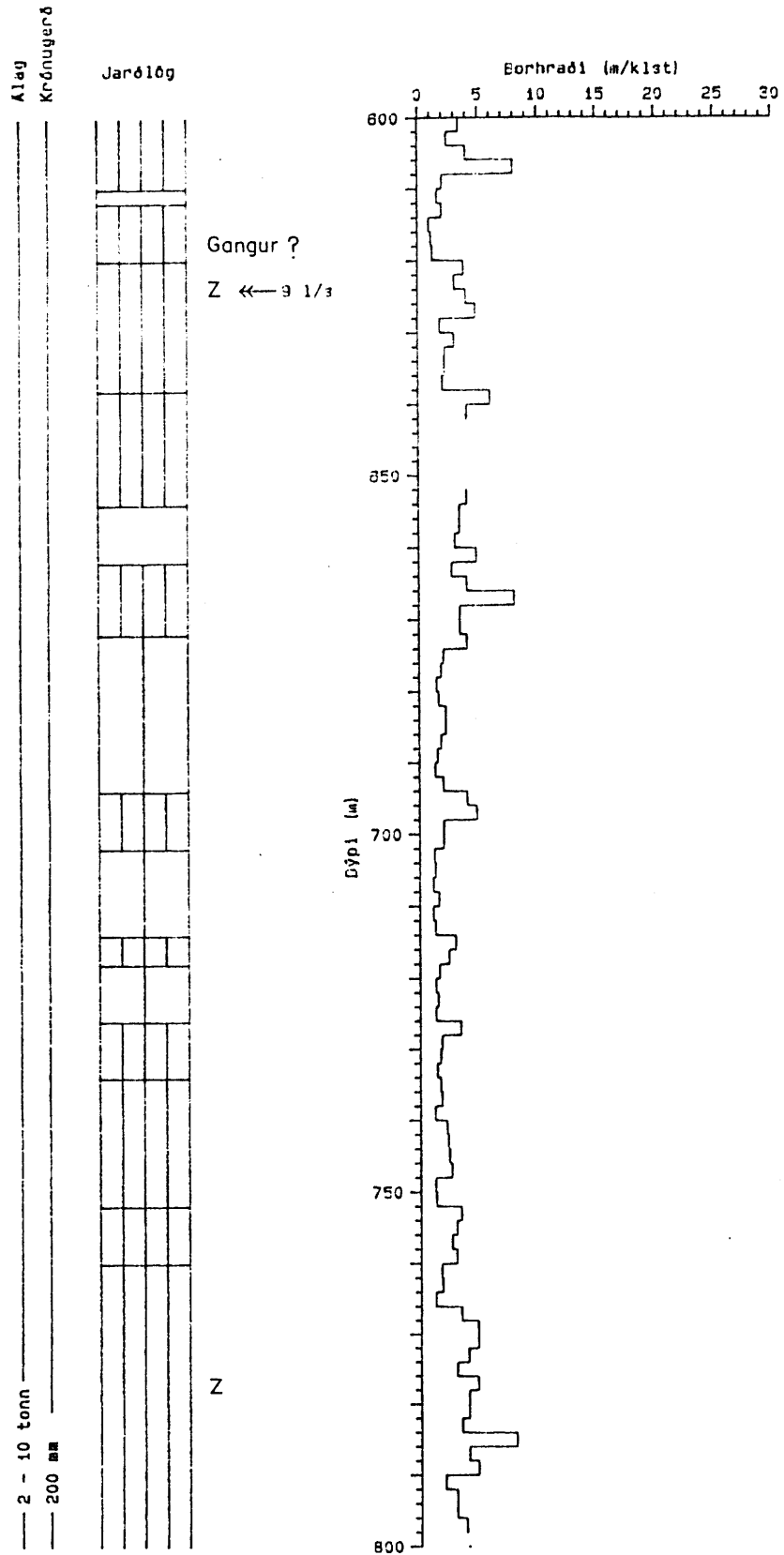


2 - 10 tonn
200 mm

DALVIK HOLA 10 JARÐLÖG OG BORUN

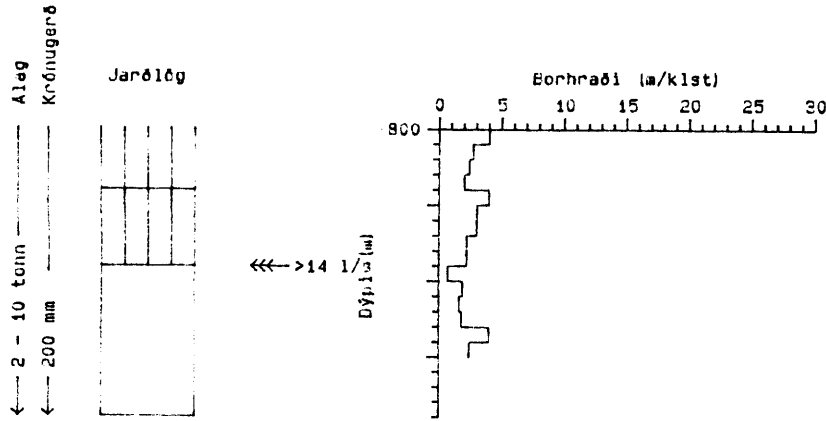


DALVIK HOLA 10 JARÐLÖG OG BORUN



JHD-BJ-6503 OBS
87.02.0149/05 T

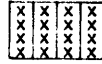
DALVIK HOLA 10 JARÐLÖG OG BORUN



Skýringar við jarðlagasnið



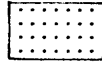
Fersklegt fín-meðalkorna basalt



Ummyndað glerjað basalt



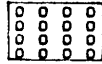
Ummyndað fín-meðalkorna basalt



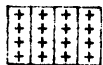
Fínkornótt set



Fersklegt meðal-grófkorna basalt



Grófkornótt set



Ummyndað meðal-grófkorna basalt



Svarf vantar

<<<---- Vatnsæð

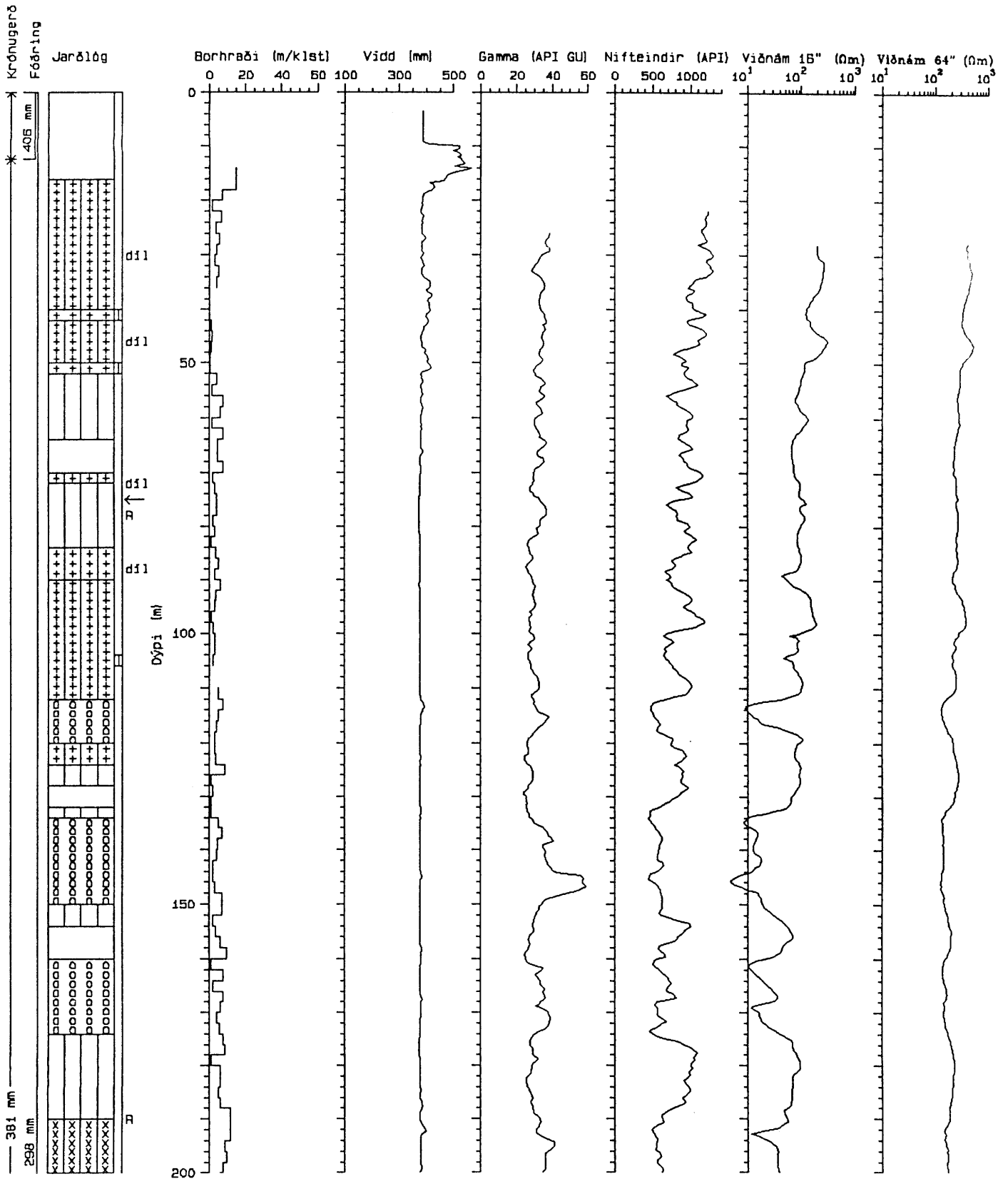
Z Útfellingar áberandi

VIÐAUKI II

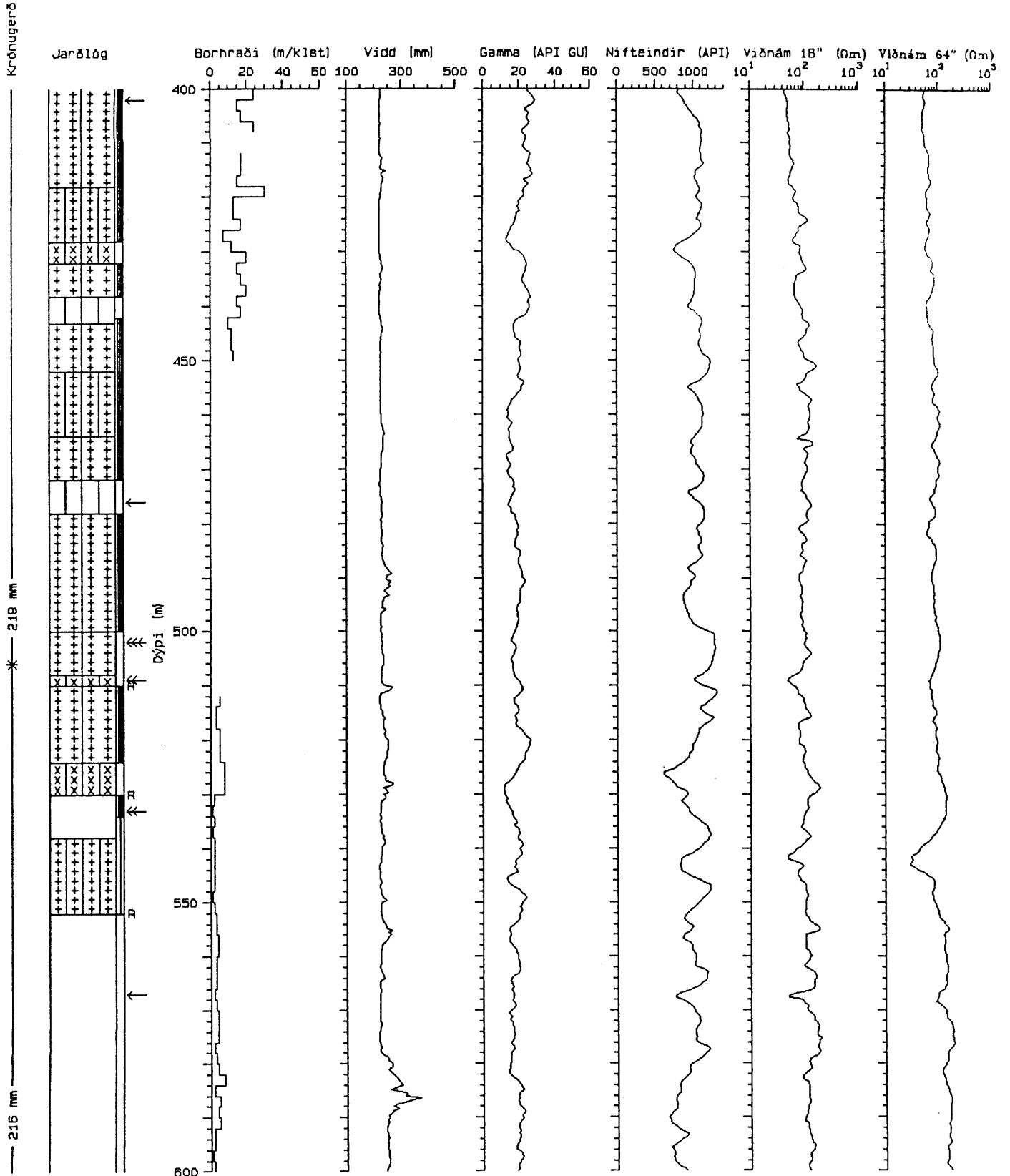
Jarðlagamælingar; frumgögn

Dalvík Hamar Hola 11

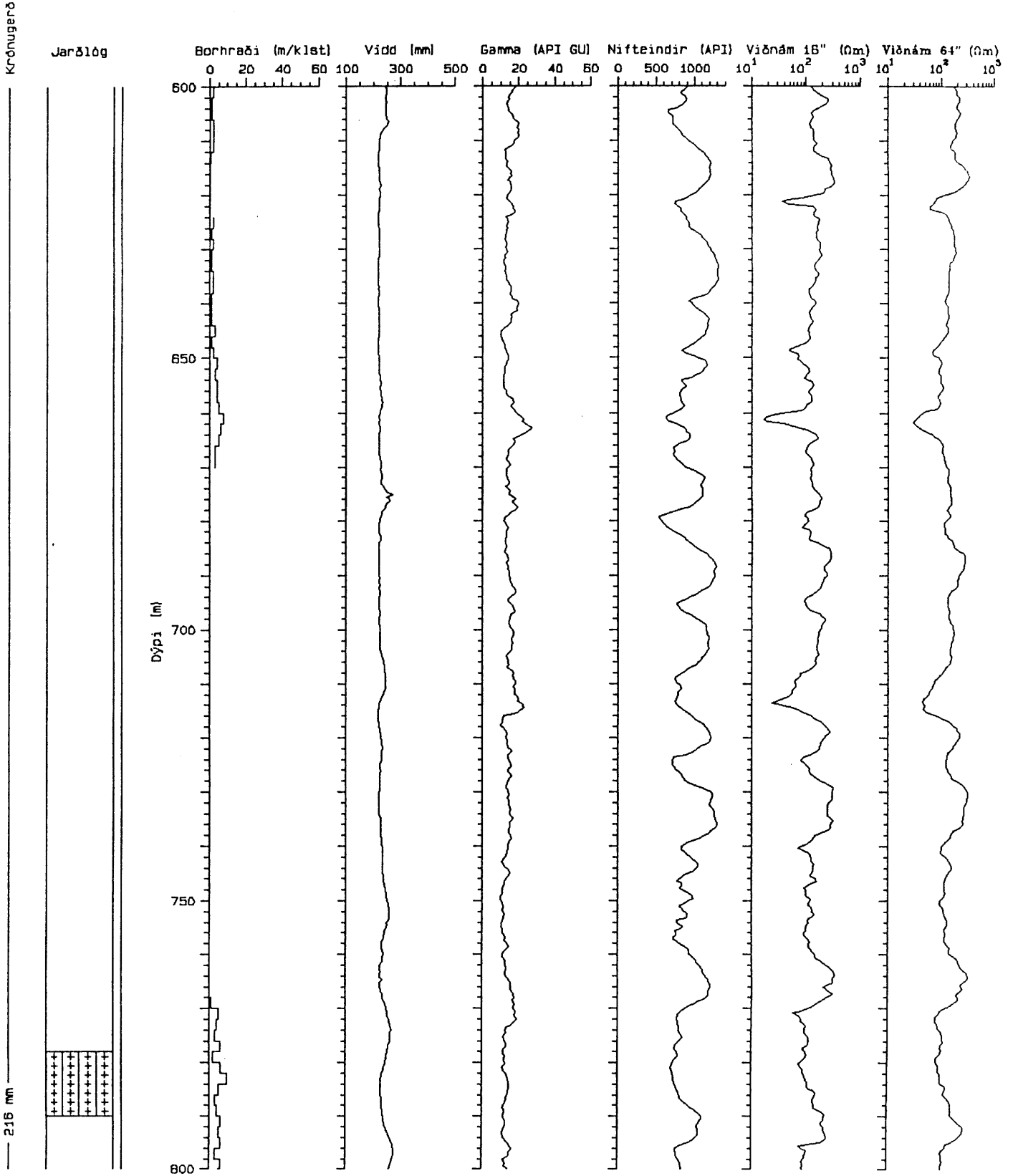
JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR (FRUMGÖGN)



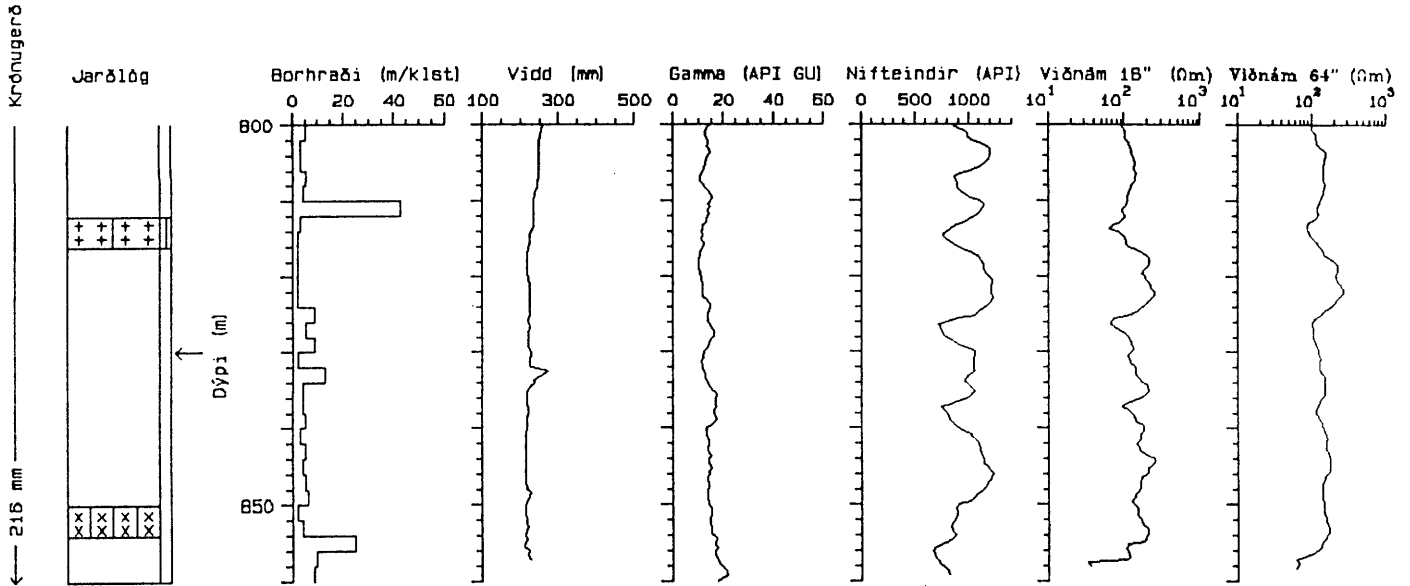
Dalvík Hamar Hola 11 JARDLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR (FRUMGÖGN)






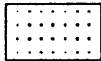

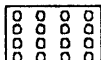

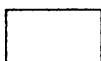

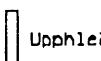

Dalvík Hamar Hóla 11 JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR (FRUMGÖGN)



Dalvík Hamar Hola 11 JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR (FRUMGÖGN)

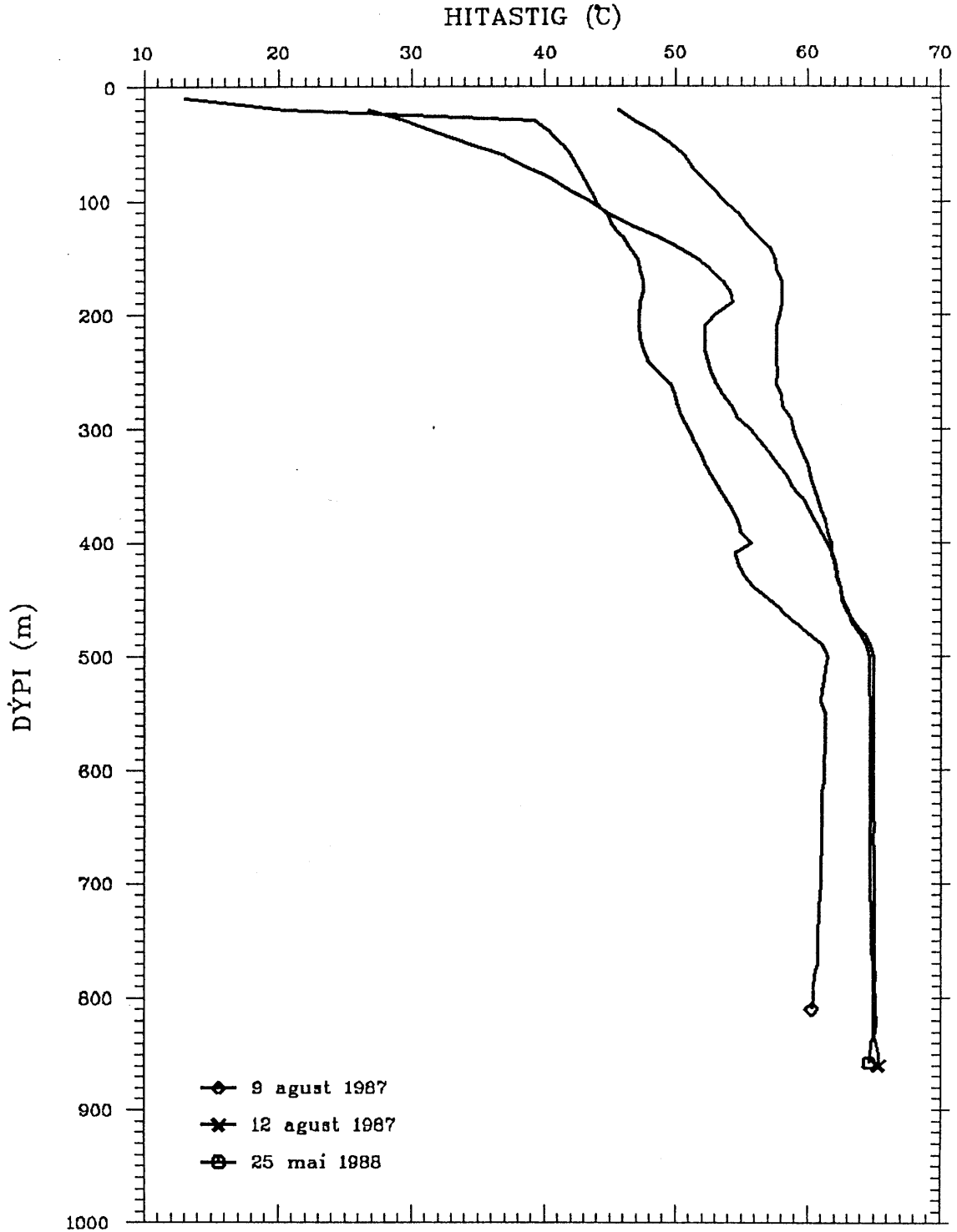


Skýringar við jarðlagasnið

	Ummyndað fin-meðalkorna basalt		Tuff
	Fersklegt meðal-grófkorna basalt		Finkornótt set
	Ummyndað meðal-grófkorna basalt		Grófkornótt set
	Ummyndað glerjað basalt		Svarf vantar
	Innskot		Upphleðsluberg
	Lítlegt innskot		
R	: Rautt millilag	dil	: Dilótt basalt
Z	: Áberandi útfellingar	súrt	: Súrt berg
←	: Lítil vatnsæð	←←	: Stór vatnsæð
←	: Meðal vatnsæð		

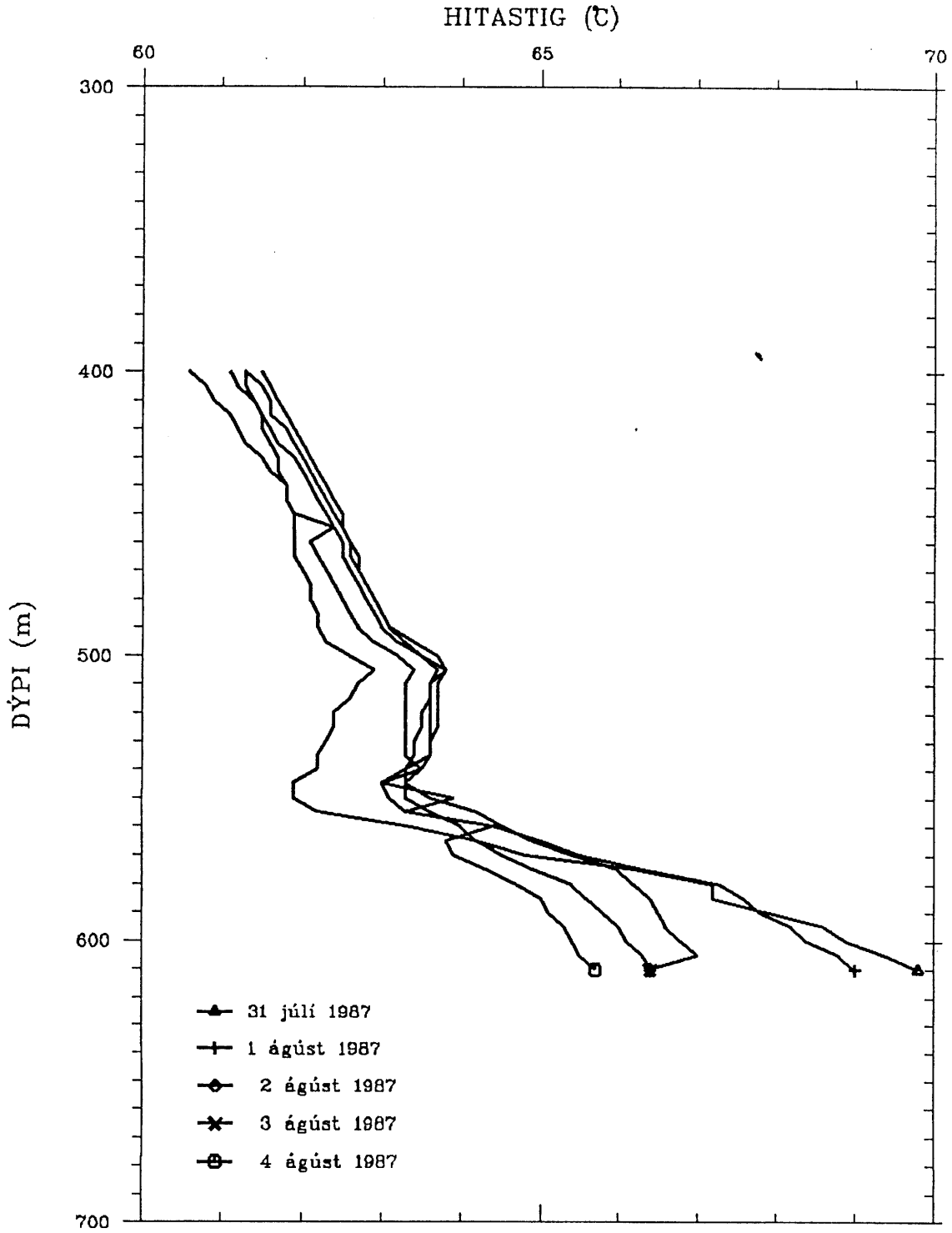


Dalvik Hamar Hola-11 Hitamælingar



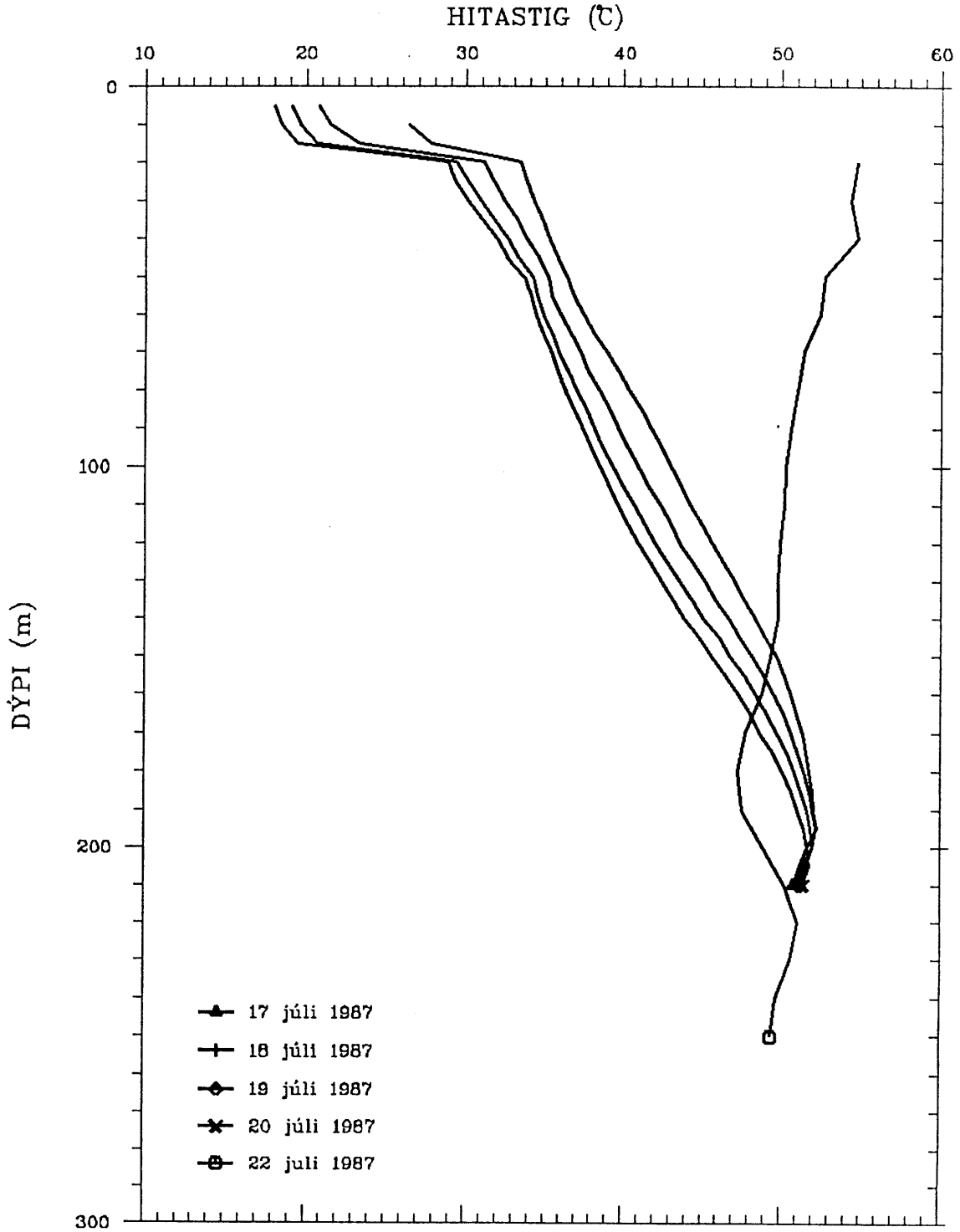
05

Dalvik Hamar Hola-11 Hitamælingar

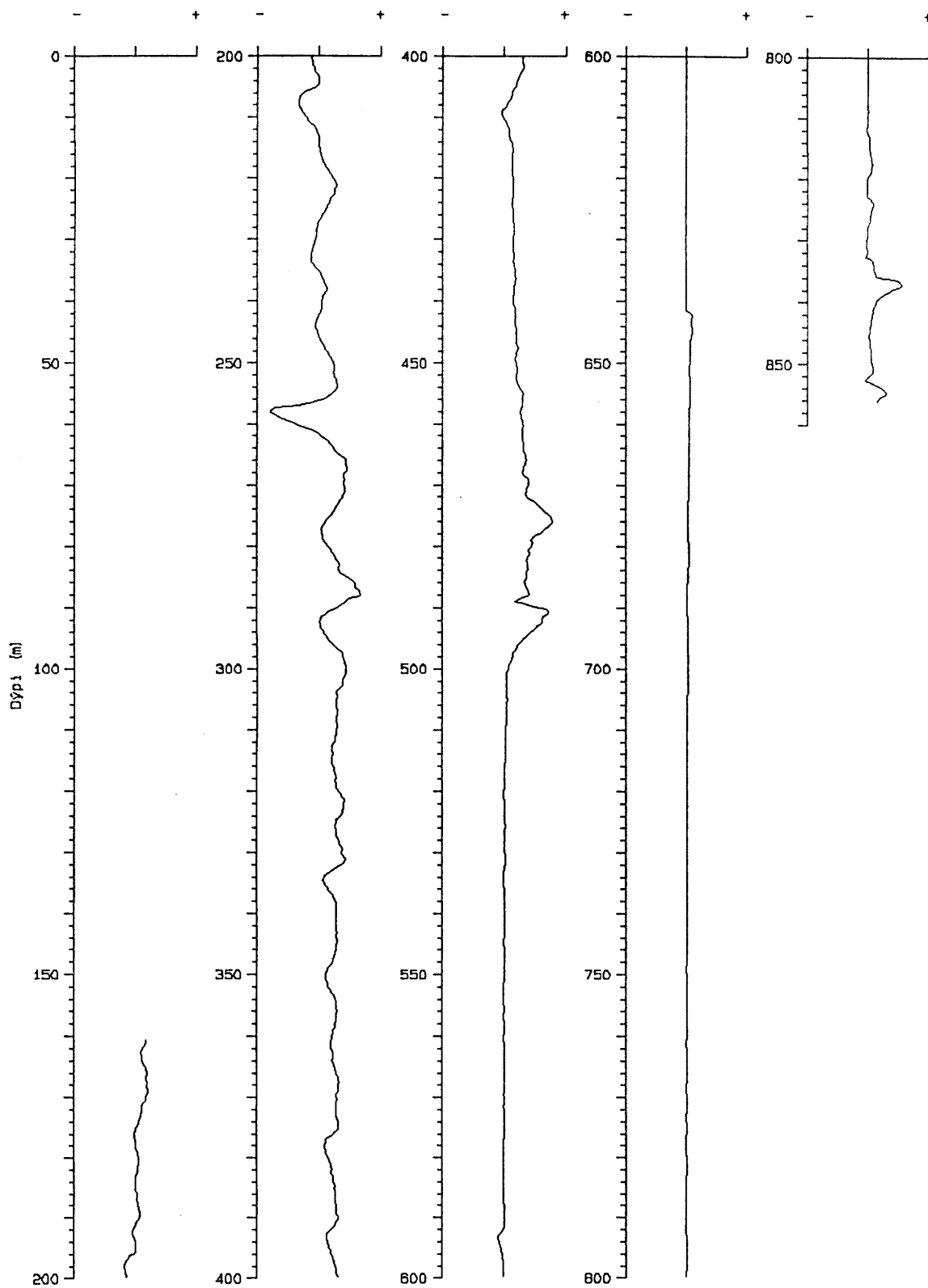




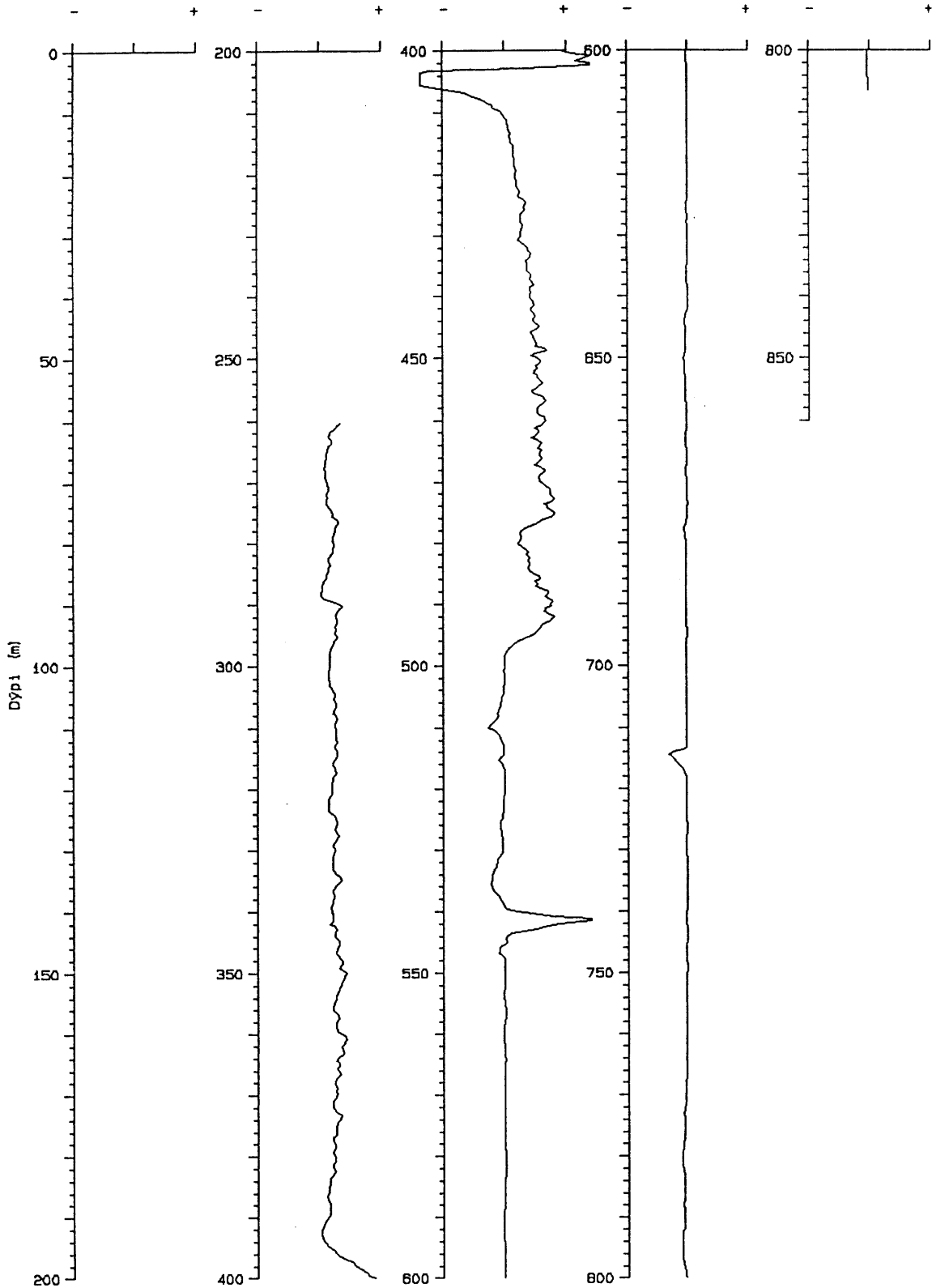
Dalvik Hamar Hola-11 Hitamælingar



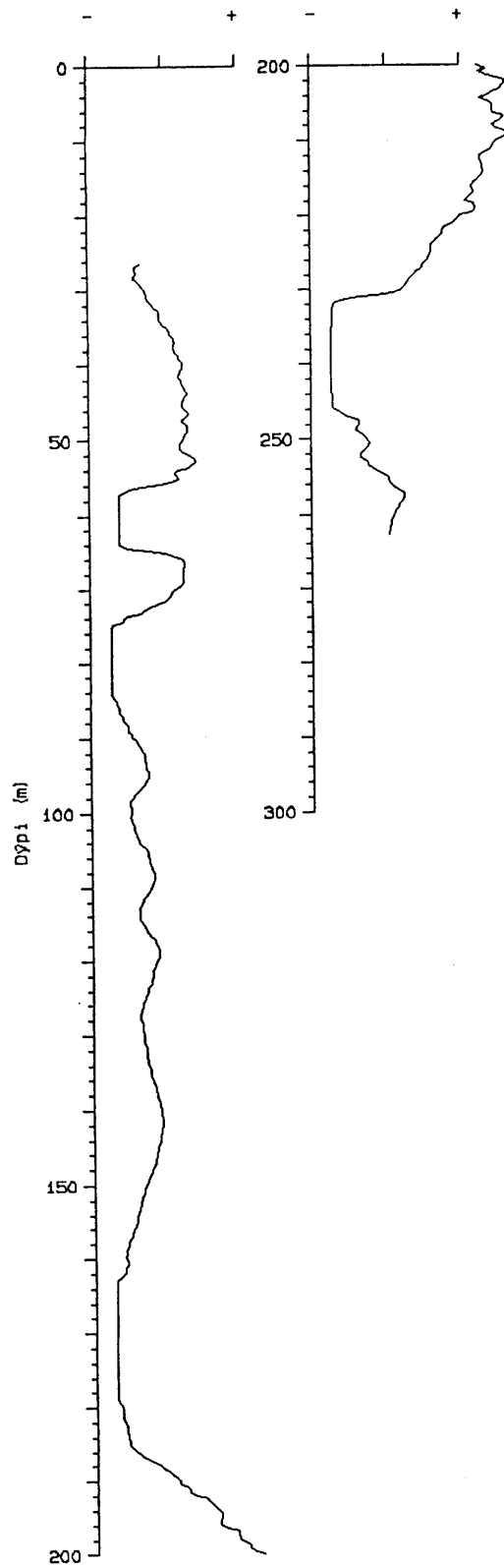
Dalvík Hamar Hóla-11
Mismunarhiti mældur 28 ágúst 1987
Afstæður skali



Dalvík Hamar Hóla-11
Mismunarhiti mældur 9 ágúst 1987
Afstæður skali



Dalvík Hamar Hóla-11
Mismunarhiti mældur 22 júlí 1987
Afstæður skali



VIÐAUKI III

Hallamæling holu 10

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild
1988-06-15

Greinargerð
GjG-88/03

DALVÍK HOLA 10

HALLAMÆLINGAR Í HOLU 10

Hallamælingar voru gerðar á holu 10 þann 25. maí 1988. Notaður var Leutert segulhallamælir Orkustofnunar sem gefur halla ásamt stefnu. Mælir þessi er í raun myndavél sem tekur mynd af seguláttavita ásamt pendul sem sýnir hallann. Afstaða pendulsins til áttavítans gefur stefnuna til kynna. Þar sem notaður er seguláttaviti er það skilyrði að segulsviðið á mældýpi sé ekki truflað vegna návistar segulmagnaðra efna t.d. fóðringa. Þess vegna er ekki lesin stefna í 100 m dýpi. Þegar valdir voru mælipunktur til hallamælinga var tekið tillit til víddar- og viðnámsmælinganna sem gerðar voru á undan. Samkvæmt jarðlagagreiningu ÓBS eru punkturnir í ummynduðu basalti.

Við reikninga á legu holunnar er notað reikniforritið UTV frá Sperry Sun. Gert er ráð fyrir 22 gráðu vestlægri misvísun. Eins og áður sagði var ekki lesin stefna í 100 m punktinum (í fóðringunni) en gefið að holan hefði þar sömu stefnu og í næsta punkti neðar. Neðsti mældi punktur er á 750 m dýpi en hægt er að skoða hvar holubotninn gæti verið með að gefa sér sömu stefnu og örlítið minnkandi halla eins og punturinn í 750 m gefur tilefni til. Niðurstöðurnar eru sýndar í töflu 1. Tveir öftustu dálkarnir sýna frávik frá lóðlínu í metrum (hliðrun).

TAFLA 1 Hallamælingar í holu 10.

dýpi (m)	halli (°)	stefna (°) segulnorður	stefna (°) landfr. norður	hliðrun m norður	hliðrun m vestur
100	0.5				
250	1.0	N-10-A	348	1.3	1.4
390	1.8	N-35-A	13	3.8	1.8
550	3.0	N-27-A	5	9.1	1.1
750	2.7	N-35-A	13	17.1	0.0
820	(2.5)		(13)	(19.6)	(0.5 austur)

Eins og sjá má virðist holunni halla til norðurs og niðurstaðan sú að botn holunnar á rúmlega 820 metra dýpi sé tæpum 20 metrum norðan lóðlínu.

Hafa ber í huga þegar niðurstöður eru metnar að aðeins eru mældir 4-5 punktar og að ekki er útilokað að segulmögnun jarðlaga hafi áhrif þó mælistaðir hafi verið valdir í ummynduðu bergi.

Reykjavík, 15. júní, 1988
Guðjón Guðmundsson