



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Helga Tulinius
Ólafur G. Flovenz
Hrefna Kristmannsdóttir

JARÐHITARANNSÓKNIR VIÐ HRAFNAGIL

OS-83024/JHD-05
Reykjavík, apríl 1983

Unnið fyrir
Hitaveitu Akureyrar



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Helga Tulinius
Ólafur G. Flovenz
Hrefna Kristmannsdóttir**

JARÐHITARANNSÓKNIR VIÐ HRAFNAGIL

OS-83024/JHD-05

Reykjavík, apríl 1983

**Unnið fyrir
Hitaveitu Akureyrar**

ÁGRIP

Raktar eru sögulegar heimildir um Hranfagilslaug og gefið yfirlit um rannsóknir og boranir í nágrenni laugarinnar. Jarðlög í borholum eru hraunlög með misþykkum karga- og setlögum á milli og skorin af nær lóðréttum berggöngum. Mælingar í borholunum sýna að halli jarðlaga er 5-7° til suðurs og strik þeirra 80-120° austan við norður. Engar vísbendingar eru um að misgengi liggi milli holanna. Efnasamsetning allra vatnssýna er mjög áþekk. Jafnhitakort, sem dregin voru upp, sýna að hitastig á svæðinu vex jafnt og þétt í suðaustur, og bendir það til þess, að aðfærsluæðar heita vatnsins fylgi sprungu eða gangi, sem liggi suðaustan holu 8 og hafi norðaustlæga stefnu. Af bversniðinu má einnig ráða að vatnið hafi verið um 55°C heitt þar sem það streymdi upp í lausu lögin. Samkvæmt s.k. varmaleiðnilíkani liggur aðfærsluæðin í um 75 m fjarlægð austan eða suðaustan holu HY-8 og hallar um 5° til vesturs. Líkur benda til þess að tengsl kunni að vera milli jarðhitasvæðanna við Hrafnagil og Botn. Næstu rannsóknaráfangar eru kerfisbundnar vatnsborðsmælingar í tengslum við breytingar á vatnsvinnslu við Botn, Ytri-Tjarnir og Laugaland, og borun 500 m rannsóknarholu austan holu 8.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	2
EFNISYFIRLIT	3
TÖFLU- OG MYNDASKRÁ	4
1 RANNSÓKNIR OG BORANIR FRAM TIL 1979	5
2 JARÐLÖG Í BORHOLUM	13
3 BORHOLUMÆLINGAR	17
4 EFNAINNIHALD JARÐHITAVATNSINS	18
5 HITAÁSTAND SVÆÐISINS	20
6 AFL JARÐHITASVÆÐISINS VIÐ HRAFNAGIL OG TENGLI VIÐ ÖNNUR JARÐHITASVÆÐI	23
7 NIÐURSTÖÐUR OG TILLÖGUR	25
HEIMILDASKRÁ	26
Viðauki A: Jarðlagasnið	29
Viðauki B: Borholumælingar	37
Viðauki C: Hitamælingar í borholum við Hrafnagil frá 1981	41
Viðauki D: Jafnhitakort	51

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1 Yfirlit um borholur við Hrafnagil	9
2 Efnasamsetning jarðhitavatns á Hrafnagili, Grísará og Botni	19

MYNDASKRÁ

1 Afstöðumynd af jarðhitasvæðinu við Hrafnagil í Eyjafirði	7
2 Borró-holur 1975. Hitabversnið	11
3 Hrafnagil. Tengsl æða í borholum við berggang	14
4 Halli og strik jarðlaga við Hrafnagil	17
5 Reiknaðar jafnhitalínur í berginu umhverfis borholurnar við Hrafnagil	21

1 RANNSÓKNIR OG BORANIR FRAM TIL 1979

Hrafnagilslaug, sem upp kom í landi Hrafnagils skammt norðan Reykár, var ein þekktasta baðlaug í Eyjafirði. Elstu heimildir um laugina er að finna í Víga-Glúmsögu. Sagan gerist á ofanverðri 10. öld og er meðal elstu íslendingasagnanna, talin rituð um 1220-1230 (Guðni Jónsson 1953). Þar greinir á tveimur stöðum frá því er menn voru að laugu allt að sjö saman.

26. janúar árið 1254 var Gizur Þorvaldsson á ferð um Eyjafjörð að leita uppi þá menn sem þátt tóku í Flugumýrarbrennu. Í Sturlungu segir svo: "Þeir riðu nú, þar til þeir kómu gegnt Hrafnagilslaugu. Gizurr bað nökkura menn sína ríða til laugarinnar ok forvitnast þangað til laugarinnar. Ok þangat viku af tíu menn. At laugunni var einn brennumaðr, Ásmundur af Bringu, ok konur nökkurar. Konurnar lágu á honum ofan, ok grunaði þá ekki um bat ok riðu í brott." Næstu heimildir um Hrafnagilslaug er að finna í Ferðabók Eggerts Ólafssonar og Bjarna Pálssonar frá ofanverðri átjándu öld. Þar segir um laugar í Vaðlasýslu: "Á Laugalandi í Hörgárdal og í Kristnesi í Eyjafirði eru einnig laugar. En á prestsetrinu Hrafnagili er gerð besta baðlaugin í sýslunni og nota menn úr nágrenninu hana mikið."

Heimildir um Hrafnagilslaug er einnig að finna í ferðabók Olavs Olavíusar frá árunum 1775-77 (Ólafur Olavíus 1965). Þar segir: "Í Hrafnagilssókn eru tvær ársprænur, Reyká og Grísará, og er talið að þær séu hentugar til að reisa vatnsmyllur. Þar eru einnig Gvendarbrunnur og Reykjalaug og tvær allmiklar heitar laugar, Stokkalaug og Hrafnagilslaug. Þar fara menn í bað, þegar þeim þykir þurfa. Menn hafa komist að raun um, að böð, einkum í Hrafnagilslaug, séu mjög heilsusamleg gegn hinum venjulegu kvillum kvenna, en ef laugarvatnið er drukkið, stöðvar það giktarbrautir, og virðist það auk þess gætt kvalastillandi mætti til þess að hressa við örmagna menn." Ekki skal fullyrt hér við hvað er átt með Reykjalaug og Stokkalaug en líklega er um Reykhúsalaug og Botnslaug að ræða.

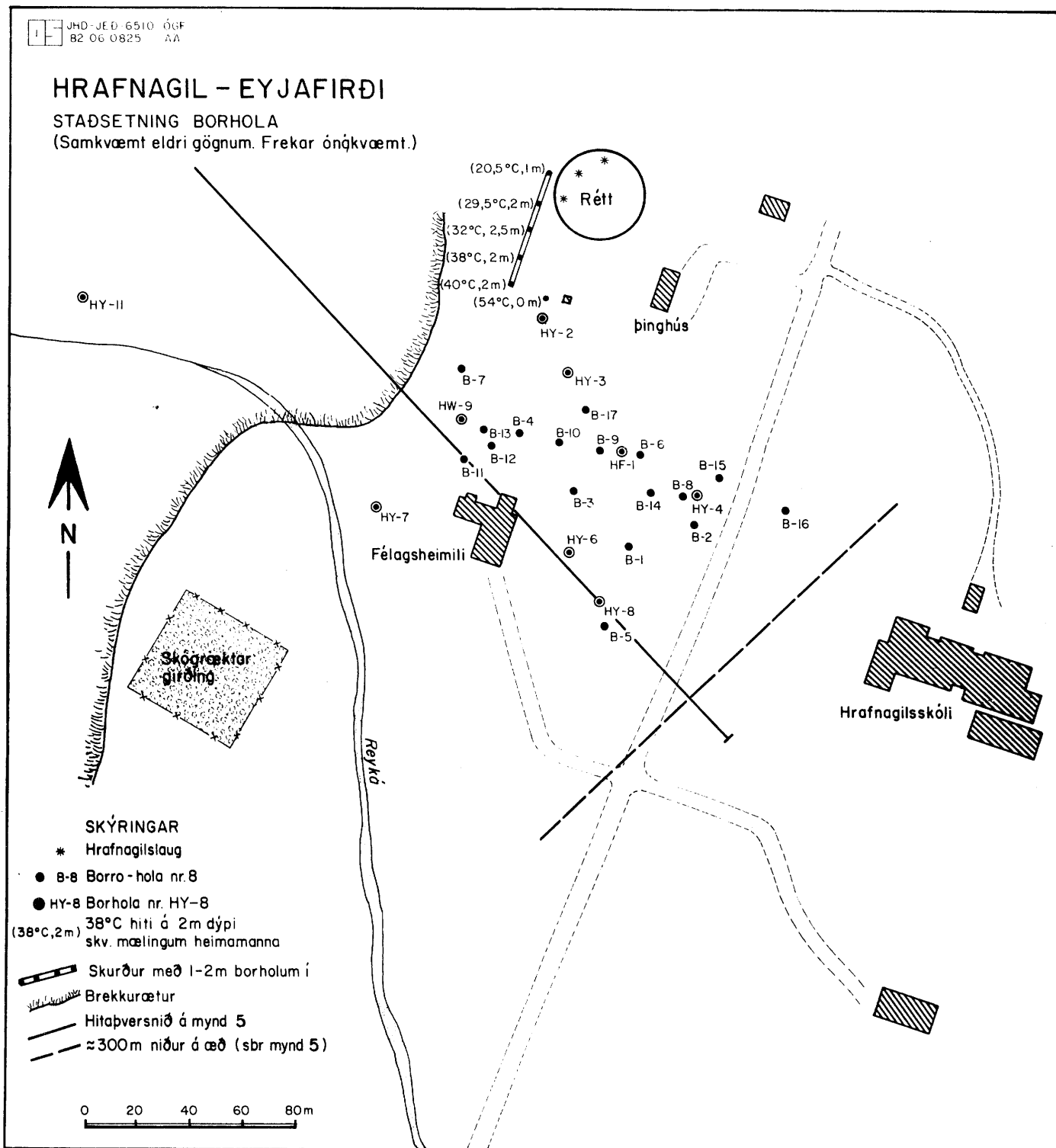
Af þessum heimildum má ráða að Hrafnagilslaug hafi lítið breyst á sögulegum tíma, hefur hitastigið jafnan verið 40-50° C og rennsli nægt til að halda lauginni góðri. Þær

upplýsingar sem fundist hafa í fórum Orkustofnunar um rannsóknir á jarðhitnum eru fremur litlar og hafa ekki fyrr verið teknar saman í skýrslu. Í samantekt um hita- og rennslismælingar sem birtust í skýrslu Orkustofnunar 1981 (Sigmundur Einarsson o.fl. 1981) segir: "Þorkell Þorkelsson (1920), Barth (1950) og Trausti Einarsson (1942) skoðuðu laugarnar áður en jarðrask byrjaði á svæðinu. Laugarnar komu upp við norðurjaðarinn á Hrafnagilshól (Laugarmel), sem var framan við Reykárgilið. Samkvæmt Þorkeli Þorkelssyni (1920) voru uppkomuaugun 8 talsins á 49 m langri lfnu í stefnu SV-NA. Árið 1917 mældi Þorkell 25,5-48,5°C hita í laugunum og rennsli taldi hann vera um 1 l/s. Barth (1950) sem skoðaði laugarnar 1937 segir að 40° C heitt vatn renni í sundlaugina frá laugunum og heildarrennsli telur hann vera 0,2 l/s. Trausti Einarsson (1942) gerði athuganir á svæðinu 1938. Segir hann hitann 44-50,9°C og rennsli 1-2 l/s.

Á árunum eftir 1940 var Hrafnagilshóll numinn burt að mestu leyti og breyttust bá uppkomuaugun. Heitt vatn, allt að 54° C, kom fram í botni malargryfjunnar, mest syðst og austast, þar nærri sem hola 2 er nú (Axel Björnsson o.fl. 1979).

Þegar svæðið var skoðað 1944 á vegum Rannsóknaráðs ríkisins (1944) mældist hiti 34-44°C og rennsli talið tæplega 0,5 l/s. Í skýrslu Jarðborana ríkisins (1951) eru efnagreiningar á tveim sýnum frá Hrafnagili. Eldra sýnið er frá 1947, merkt sundlaug. Þar er hiti sagður 35° C og rennsli 0,5 l/s. Yngra sýnið er frá 1949 og er hiti gefinn 39°C og rennsli 0,5 l/s."

Árið 1956 er hafist handa við jarðhitarannsóknir við Hrafnagil með það fyrir augum að fá nóg vatn til upphitunar nýs þinghúss. Var gert ráð fyrir að til þess þyrfti um 1 l/s af 45 C vatni (Þorsteinn Thorsteinsson 1956). Að ráði Þorbjarnar Karlssonar, verkfræðings hjá Raforkumála-skrifstofnuni var grafinn skurður með norður-suður stefnu vestan gamla þinghússins, nokkru sunnan við sundlaugina. Í skurðinn voru boraðar 1-2 m djúpar holur og mælt hitastig í þeim. Mynd 1 sýnir afstöðu skurðar og annara mannvirkja á svæðinu og hitastig sem mælt var á botni holanna í skurðinum. Athuganir þessar voru gerðar af heimamönnum og gerir Hreiðar Eiríksson á Laugabrekku grein fyrir niðurstöðunum í bréfi til Þorbjarnar, dagsettu 2. maí 1956



Mynd 1 Afstöðumynd af jarðhitasvæðinu við Hrafnagil

(Hreiðar Eiríksson 1956). Kemur þar fram að heitt vatn seytlar inn í skurðinn úr suður- og austurbakka hans. Ennfremur lætur Hreiðar þess getið að áður en skurðurinn var grafinn hafi 1,3 l/s af heitu vatni runnið í laugina en hafi minnkað um 2/3 eftir skurðgröftinn. Þó telur Hreiðar samanlagt vatnsmagn sem kemur í skurðinn og laugina nokkru meira en áður rann í sundlauginu. Í svarbréfi Þorbjarnar til Hreiðars (Þorbjörn Karlsson 1956) er talið að vatnsmagnið sem upp kemur, 1-1,5 l/s af 50-55° C heitu vatni, sé nægjanlegt til upphitunar á fyrirhuguðu félagsheimili ef unnt reynist að safna því á einn stað.

Árið 1956 eru gerðar viðnámsmælingar með 10 m straumarm í grennd laugarinnar. Niðurstöðurnar voru birtar í skýrslu árið 1956 (Þorsteinn Thorsteinsson 1956). Sést þar að lægst viðnám kemur fram í melnum suðaustur af gamla binghúsinu. Laqt er til að grafin sé gryfja á þeim slóðum til að afla þess vatns sem þarf til upphitunar félagsheimilisins, en beri sá gröftur ekki árangur verði boraðar 50-100 m djúpar holur.

Árið 1956 er boruð fyrsta holan í landi Hrafnagils. Hún var boruð til kaldavatnsleitunar fyrir Vatnsveitu Akureyrar. Holan var boruð með Franks-bor og varð 52 m djúp. Ekki er vitað nú hvar sú hola var boruð. Hola þessi hefur verið nefnd H-0. Í töflu 1 er að finna allar helstu upplýsingar um borholur við Hrafnagil.

Hola HF-1 er boruð árið 1967 með Franks-bor. Hún varð 364 m djúp og kom smáæð í holuna niður við botn. Var dælt 1,5 l/s úr holunni með Alcon dælu samkvæmt borskýrslum (Jarðboranir ríkisins, Franks 1967). Holan var boruð til jarðhitaleitar fyrir Hrafnagilsskóla. Haustið 1968 dýpkaði Ýmir holuna í 500 m. Í borskýrslum getur um smáæð í 378 m (Jarðboranir ríkisins, Mayhew 1968). Í þeim er greint frá því að dælt hafi verið á holuna í 4 tíma í lok borunar með 80 slögum á mínútu. Var brýstingur 50 kg í fyrstu en lækkaði á fyrstu 30 mínútunum í 40 kg og hélst stöðugur upp frá því. Þegar holan var opnuð skilaði hún vatninu til baka í fyrstu með feikna brýstingi sem smáhjaðnaði síðan alveg. Þá var pakkari settur í holuna á 74 m dýpi og pakkað á holuna í 10 tíma við 40 kg brýsting. Að því loknu kom vatnið til baka með miklum látum. Að pökkun lokinni var dælt úr holunni 1,6 l/s. Loks voru sprengdar tvær

TAFLA 1 YFIRLIT UM BORHOLUR VIÐ HRAFNAGIL

Nafn	Dýpi á fast skv.borsk.	Borlok dags.	Bor	Dýpi (m)	Dags.	Dýpkun Bor (")	Dýpi	Fóðring Vídd (")	Fóðring Lengd (m)	Holuviðd neðan fóðringar "	Eðar (m)	Athugasemdir
H-0	>52	18.08.66	Franks	52								
HF-1	41,7	31.07.67	Franks	364	07.11.68	Ýmir	500,1	8 5	5,4 44,7	4 1/4	~430	Vatn kom á síðustu stöng. Dælt úr holunni með Alcon dælu
HY-2	66?	01.12.68	Ýmir	192	08.04.75	Ýmir	603.5	10 8	5,3 31,5	5 5/8	~70,440	
HY-3	63,9?	06.07.72	Ýmir	637,0				10 8 5/8	3,5 48,5	4 3/4	~170,~380	Rennsli í borlok 0,8-0,9 l/s
HY-4	>63	10.02.75	Ýmir	36				10 6	3,5 31,3	4 3/4	28~31	
HY-5	>37,5	18.02.75	Ýmir	37,5				10	37,5		27	
HY-6	>28,7	06.03.75	Ýmir	28,7				10 8	8,5 21,4	3 1/8	23,5	
HY-7	18,8	12.05.75	Ýmir	559,3				10 8	2,5 22,6	5 5/8	180	
HY-8	52	18.06.75	Ýmir	609,2				10 8	5,5 54	5 5/8	32,~350	
HW-9	35,8	08.01.79	Glaumur	1059								Rennsli í borlok 0,4 l/s
HY-11	24,0?	07.04.81	Ýmir	220,5								

dynamittúbur í holunni og fengust bá 2 l/s með dælingu, segir í borskýrslum.

Hola HY-2 var boruð niður á 192 m dýpi strax að lokinni dýpkun holu 1. Samkvæmt borskýrslum var pakkað á holuna með pakkara í 154,7 m og síðan í 105,4 m en holan reyndist kolpétt.

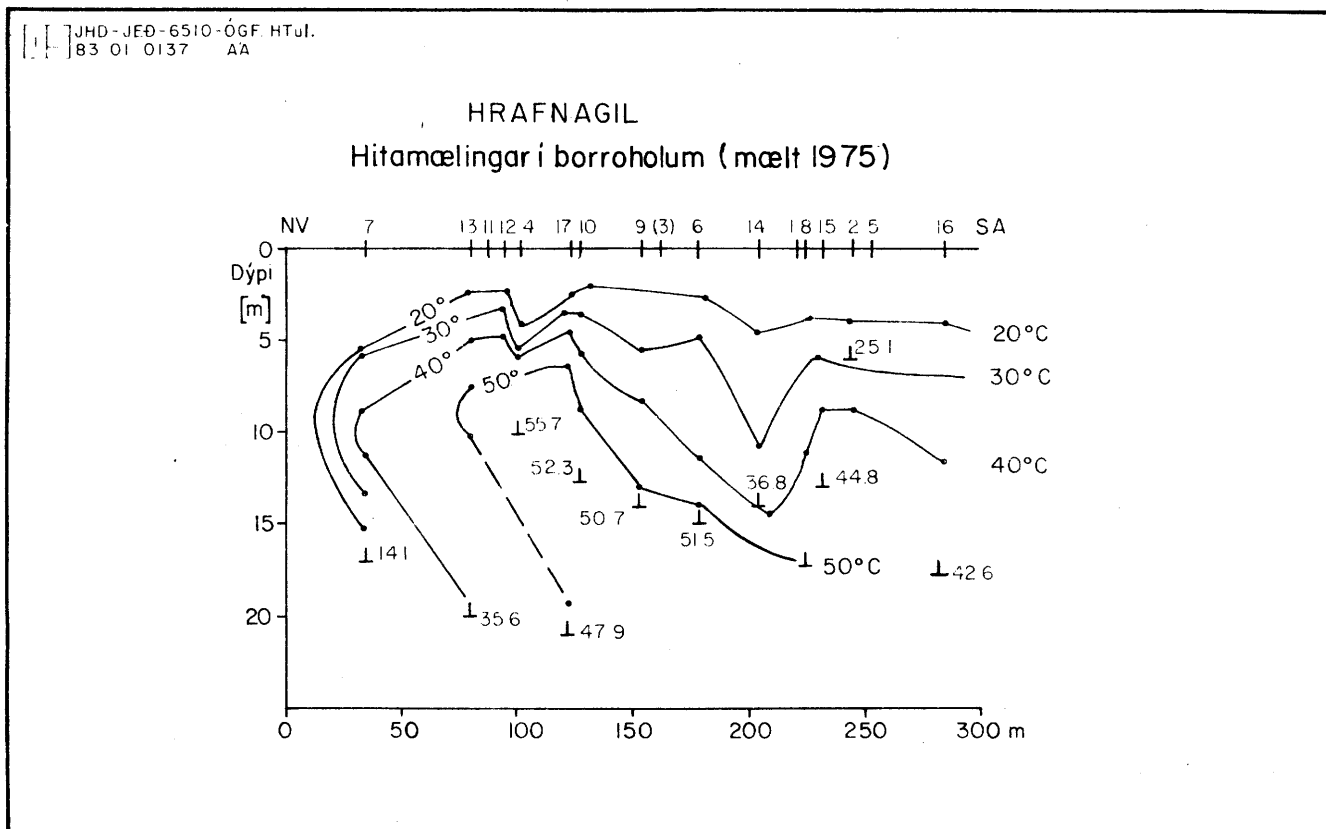
Næsta hola, hola HY-3, var svo ekki boruð fyrr en 1972. Holan varð 637,0 m djúp og var sjálfrennsli úr henni lok borunar 0,8-0,9 l/s, 41 C heitt. Dælt var úr holunni 1,5 l/s af 41 C heitu vatni. Rennsli úr holu 1 minnkaði í 0,3 l/s á meðan dælt var úr holu 3, annars er það 0,5 l/s (Jarðboranir Ríkisins, Mayhew 1972).

Árið 1975 er næst lagt út í boranir á svæðinu. Í fyrstu voru boraðar sautján grunnar (< 21 m) holur með Borro-bor í malarlögin umhverfis laugina. Markmiðið með þeim var að finna hvar heita vatnið streymdi upp úr berggrunninum. Á mynd 1 sést staðsetning holanna og hvar hitabversnið er dregið. Hitabversniðið liggur frá vestri til austurs og er sýnt á mynd 2. Myndin sýnir svo ekki verður um villst að vatnsæðinni í lausu jarðlögunum hallar niður til austurs. Hitamæling í austustu holunni, B16, sýnir fastan hita, 42,6°C í síðustu þremur metrunum og var það túlkað sem vísbending þess að uppstreymi vatnsins úr berggrunninum upp í lausu jarðlögin væri einhvers staðar nærri holu B15. Var því staðsett rannsóknarhola, HY-4, skammt vestan holu B15.

Borun holu HY-4 gekk mjög illa vegna stöðugs hruns í lausu jarðlögunum. Svolftið vatn kom í holuna á 28-31 m. Þegar holan var orðin 36 m djúp var hætt við frekari borun. Samkvæmt borskýrslum (Jarðboranir ríkisins, Mayhew 1975) var dælt með loftpressu úr holunni að borun lokinni. Fékkst bá mikið vatn en aðeins 43°C heitt.

Borinn var nú fluttur 15 m vestar og hafin borun HY-5. Sú hola var boruð niður á 37,5 m dýpi. Ekki varð vart nema smáæðar á um það bil 27 m dýpi.

Þessu næst var hola HY-6 boruð niður á 28,7 m dýpi. Lekar fundust í 20 m og eftir 24 m. Hiti mældist mestur 51°C í 24 m en kólnaði þar fyrir neðan. Dælt var úr holunni nokkrum sinnum, fyrst 27. maí 1975, 10 l/s. Vatnsborð var



Mynd 2 Borro-holur 1975. Hitabversnið

Þá (kl. 09:00) í 1,7 m og hitinn 53,5°C. Um kl. 21:00 var vatnsborð komið í 1,8 m og hitinn í 53,3°C. Næst var dælt 11 l/s þann 4. júní 1975. Vatnsborð var þá 2,25 m og hitinn á vatninu kominn niður í 51,7°C. Enn var dælt úr holunni þann 7. júní og var hitinn þá 51,3°C á dæluvatninu. 8.6. '75 var svo dælt 10-11 l/s. Hitinn var sá sami og daginn áður, 51,3°C, en vatnsborð komið niður í 2,25 m. Frá holu 6 var borinn fluttur að holu 2 og hún djúpuð í 603,5 m. Holan var hitamæld þegar hún var 368,5 m djúp og mældist mestur hiti þá 52°C.

Borun þetta árið lauk með borun holu HY-7 og holu HY-8. Hóla 7 varð 559,3 m djúp. Aðeins byrjaði að renna úr holunni í 180,7 m. Botnhiti á 423,5 m dýpi mældist 50°C í

borun. Hola 8 var boruð í 609,2 m. Botnhiti á 377,2 m dýpi mældist 59°C í borun (Jarðboranir Ríkisins, Mayhew 1975).

Ekki var borað aftur fyrr en 1979 er Glaumur var notaður við borun holu HW-9. Borað var niður á 1059 m dýpi og var ætlunin að skera berggang á um 600-700 m dýpi sem vonir stóðu til að gæfi vatn. Gangurinn fannst á um 468-630 m dýpi. Varð vart við smávegis aukningu á rennsli úr holunni eftir að gangurinn var skorinn. Hitamælingar í holunni sýndu að tvær smærri æðar eru í henni (á um 520 m og 690 m). Frjálst rennsli úr henni var 0,4 l/s að boruninni lokinni. Hitinn á upprennslisvatninu var 45°C tveimur vikum eftir borun.

Hámarkshiti í holunni mældist á 980 m dýpi 84°C fáum klst. eftir dælingu. Holan var brýstidæld gegnum pakkara á 591-1058 m dýpi. Ekki tókst að örva rennsli úr holunni með brýstidælingu. Afköst voru 1,4 l/s (40°C) með 150 m niðurdrætti.

Lítil vatnsleiðni virðist vera á milli holanna á svæðinu miðað við vatnsborðsbreytingar annarra hola á svæðinu á meðan á brýsti- og loftdælingu stóð (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 1979).

Hola 10 telst með Botnssvæðinu þó hún sé í Hrafnagilslandi og er hún því ekki tekin með hér.

Hola HY-11 er nýjasta holan á svæðinu og var hún boruð 1981 með Ými. Hún var boruð á 220,5 m dýpi. Hæsta hitastig mældist 24,9°C á 180 m dýpi.

2 JARÐLÖG Í BORHOLUM

Jarðlög í borholum á Hrafnagili eru eins og annarsstaðar á Eyjafjarðarsvæðinu hraunlög með misþykkum karga- og setlögum á milli og skorin af nær lóðréttum berggöngum. Meqinskil á milli hraunlagagerða eru á 360-380 m dýpi. Borað er gegnum bergganga í öllum holunum. Á mynd 3 er sýnd innbyrðis afstaða hola 2, 3, 7 og 9 og fjarlægð þeirra frá gangi, sem staðsettur er út frá segulmælingum. Inn á myndina er teiknuð staðsetning stærstu ganga í borholum 2, 3 og 9 og línur með 4° , $5,3^\circ$ og 6° halla frá ganginum. Smáæðar komu fram við neðri mörk gangsins í þeim þrem holum sem skáru hann. Jarðlagasnið af borholum 1, 2, 3, 7 og 8 voru gerð 1978 áður en hola HW-9 var staðsett og jarðlagasnið af HW-9 var unnið samhliða borun. Sniðin hafa ekki verið birt í skýrslu áður, en eru í viðauka A í þessari skýrslu.

Stutt lýsing jarðlaga í einstökum borholum fer hér á eftir. HF-1 Svarfsýni fundust ekki úr holu 1, og er sniðið gert eftir gamalli upplímingu á pappaspjöld. Svarfið hefur ekki verið skolað nægilega vel til að hægt sé að gera sambærilega greiningu og í hinum holunum. Svarf vantar að mestu úr efstu 64 m.

Á 64-362 m dýpi eru lög af ólivín-þóleihti ráðandi

Á um 84, 146, 162, 238 og 310 m dýpi eru 2-4 m þykk setlög, en á öðrum lagmótum þynnri eða aðeins kargi.

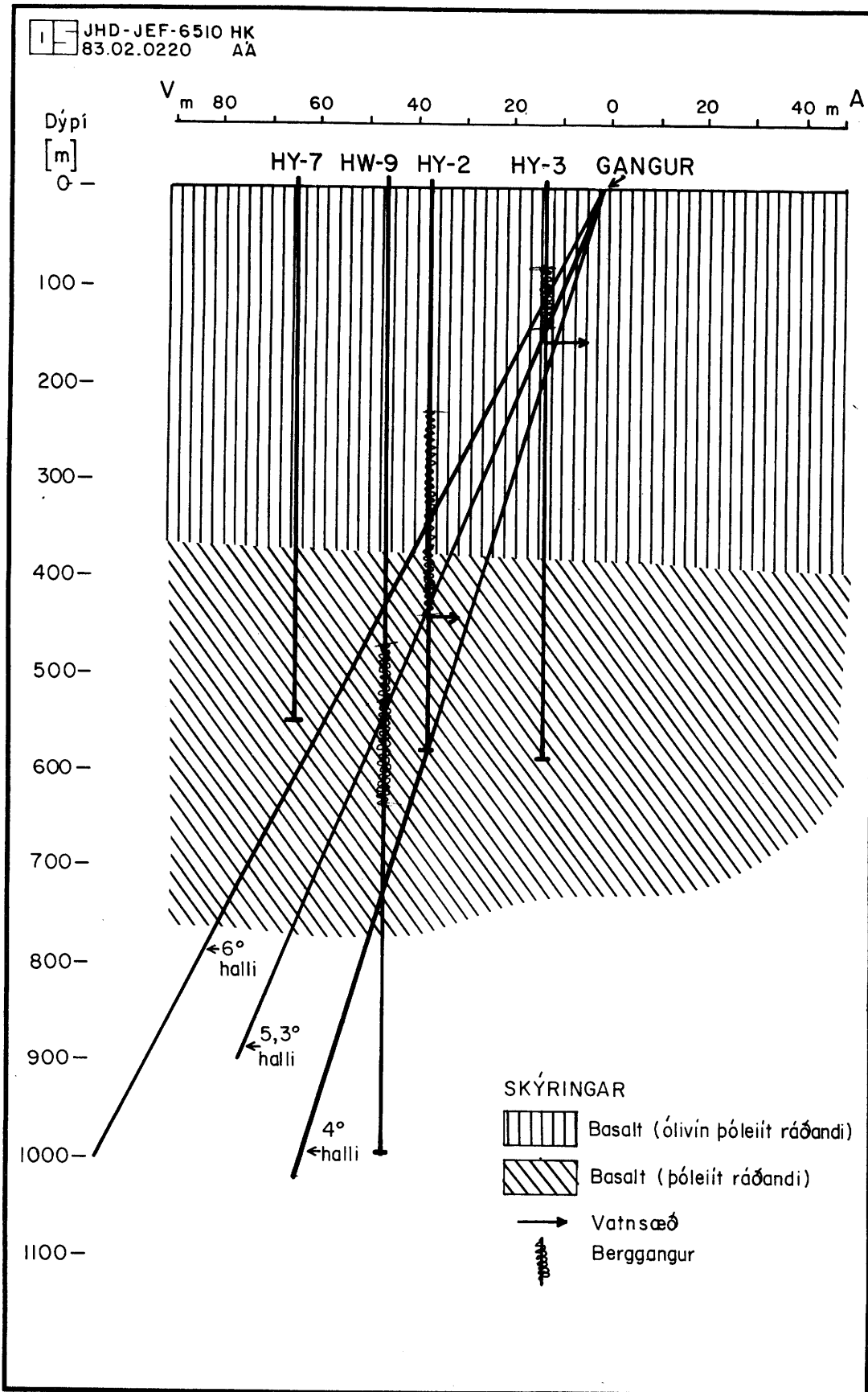
Á 360-500 m dýpi er þóleift ráðandi basaltgerð.

Á 398-500 m dýpi er allmikið af dólerítbrotkornum í svarfinu og engin regluleg lagskipting sést í basalti. Líklega er barna borað meðfram gangi.

HY-2 Efst eru setlög á 34-56 m dýpi. Á 56-134 m dýpi er meðalgrófkornótt ólivín-þóleift í 4-12 m þykkum lögum. Engin þykk setlög eru á þessu dýptarbili. Svarfsýni vantar á 162-200 m dýpi.

Á 234-404 m dýpi er borað gegnum dólerítgang. Grátt fínkornótt basalt, líklega þóleift er ráðandi. Dreif er einnig af dökku leirfylltu basalti, einkum ofarlega á dýptarbilinu.

Á 470-500 m dýpi er grófkornótt, leirfyllt basalt með allmiklu af zeolftum, m.a. laumontíti, skólesíti og heulandíti. Grágrænt, fínkornótt þóleift er ráðandi á 500-582 m dýpi. Þunn millilög eru á 514 og 530 m dýpi. Á 580-582 m dýpi er dökkt, meðalgrófkornótt



Mynd 3 Hrafnagil. Tengsl æða í borholum við berggang

- basalt, líklega gangberg. Neðan 582 m vantar svarf.
- HY-3 Allgróft set er á 6-36 m dýpi, en gerð þess sést illa í svarfinu. Svargrátt, fínkornótt basalt með svörtum leirfyllingum er á 36-78 m dýpi. Á 78-162 m dýpi er brúnsvart, meðalgrófkornótt basalt eða dólerít. Þýrít og kalsítfyllingar eru algengar. Á 162-278 m dýpi eru efst kargi og set um 12 m samtals, en þá taka við basaltlög úr svargráu fremur fínkornóttu ólivín-bóleífti. Þunnt set er á 212 m dýpi. Á 278-302 m dýpi er dólerít, en mikil blöndun í laginu. Dökkgrátt, fínkornótt basalt, líklega ólivín-bóleíft tekur við á 302 m dýpi. Efst eru um 8 m þykkur kargi og set og síðan basaltlög niður á 374 m dýpi. Grátt, fremur ljóst meðalgrófkornótt basalt, líklega bóleíft, er svo ráðandi berggerð á 374-440 m dýpi. Á 440-454 m dýpi er grófkornótt, brúnsvart dólerít. Svargrátt, fínkornótt bóleíft er ráðandi neðan 454 m dýpis og í botn á 586 m. Á um 556 m dýpi er 8 m þykkt karga- og setlag og á 516-556 m dýpi er ívaf af dóleríti.
- HY-7 Á 24-36 m dýpi er morkið basalt og kargi og í 36-42 m dýpi er rauðbrúnt set. Neðan við setið tekur við brúnsvart, allgrófkornótt oxað og leirfyllt basalt á 42-66 m dýpi. Dreif er af zeólítafyllingum og talsvert af þýríti. Bergið í þessu lagi er svipað basaltinu í Hrafnagilsganginum. Á 66-360 m dýpi eru lög af bóleífti með nokkrum þunnum setlögum á milli. Efst er kargi og allþykkt, rauðbrúnt setlag. Basaltið er dökkt, fínkornótt til meðalgrófkornótt og fyllt svörtum leir. Dýlabasaltlag er á um 114-120 m dýpi. Á 242-278 m dýpi er dreif af dökku grófkornóttu basalti. Lög af bóleífti eru ráðandi á 360-548 m dýpi, en þó er ólivín-bóleíftlag á 400-424 m dýpi. Setlög eru á 400, 440 og 496 m dýpi og dreif af dóleríti á um 440-500 og 540-550 m dýpi. Bóleíftið er grátt, fínkornótt og lagþykktin er 10-25 m. Talsvert er um þýrít þar sem dólerít dreifin er eins og í gangbergi í öðrum holum á svæðinu. Laumontít kemur fram á tæplega 500 m dýpi.
- HY-8 Gróft set er á 6-56 m dýpi og þá tekur við ljósgrátt fínkornótt basalt í 80 m dýpi. Dökkt, grófgert basalt

er á 80-94 m dýpi, líklega gangberg. Ólivín-bóleiftlög eru ráðandi á 94-382 m dýpi. Á 154 m og 180 m eru þunn millilög og allþykkt (6 m) á um 314 m dýpi. Á 340-382 m dýpi er talsverð dreif af grófkornóttu basalti eða dóleríti. Ráðandi á dýptarbilinu 382-608 m eru lög af fremur fínkornóttu, ljósgráu basalti, líklega bóleifti. Á 382 og 564 m dýpi eru allþykk setlög og þynnri setlög á öðrum lagmótum. Dreif er af dóleríti, einkum á um 490 m og niður í 556 m dýpi.

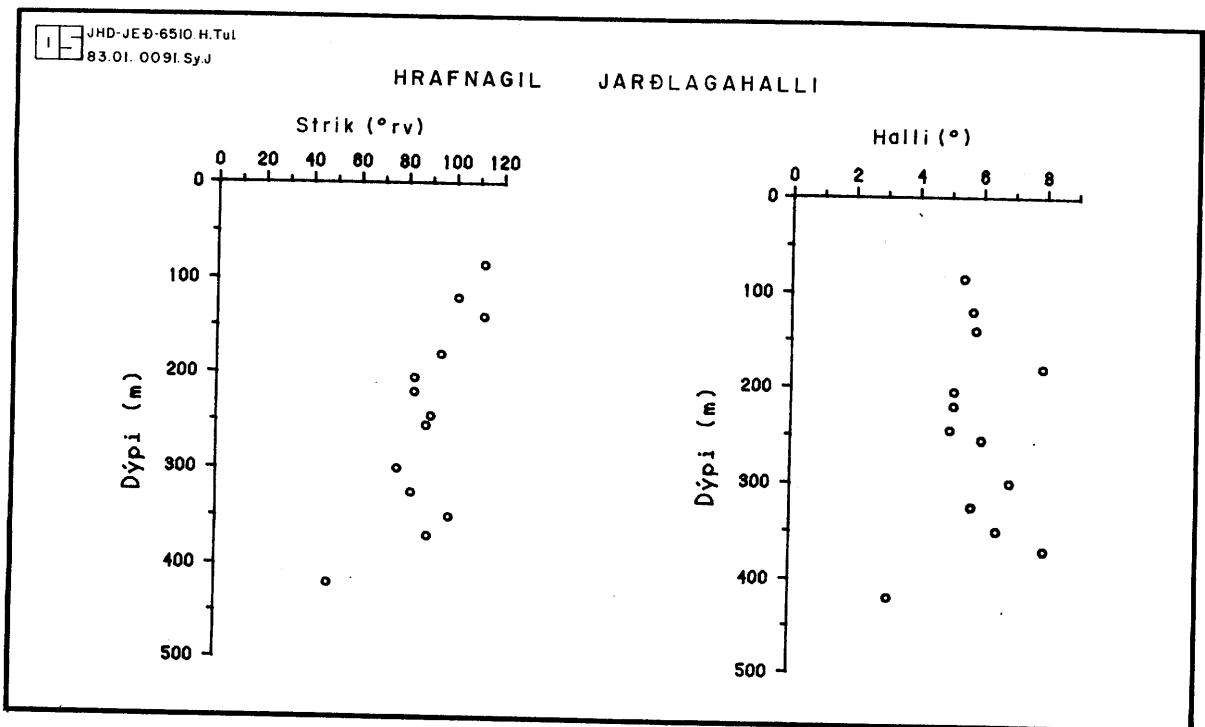
HW-9 Á 32-42 m dýpi er grófkornótt basalt, líklega gangberg, en síðan taka við basaltlög niður á 360 m dýpi. Flestöll lögin eru um 10 m þykk og úr grásvörtu, fínkornóttu ólivín-bóleifti. Allmikið ber á grænsvörtum leirfyllingum í sumum laganna. Talsvert er um þunn setlög, en engin þykk setlög eru á þessu dýptarbili.

Á 360-468 m dýpi eru basaltlög með setlögum á milli. Basaltið er aðallega bóleift, en á 434-456 m dýpi eru ólivín-bóleiftlög. Seladónít er talsvert áberandi í basaltinu. Laumontít finnst fyrst á um 390 m dýpi. Dökkgrængrátt, meðalgrófkornótt til grófkornótt dólerít er á dýptarbilinu 468-628 m dýpi. Þýrt er mjög áberandi.

Á 628-1058 m dýpi er grágrænt, fín- til meðalgrófkornótt bóleift ráðandi, en einnig er lag af ólivín-bóleifti á 700-720 m dýpi. Um 14 m þykkt setlag er á 750-764 m og allmikið er um þynnri setlög á þessu dýptarbili. Borað er í gegnum gangberg á um 770-834 m dýpi og 916-952 m dýpi.

3 BORHOLUMÆLINGAR

Allar holurnar hafa verið hitamældar og í þremur holum, HF-1, HY-7 og HY-8, var gerð mæling á vidd, viðnámi, sjálfspennu, poruhluta og náttúrulegri útgeislun. Mælingarnar eru birtar í viðauka B. Út frá þeim var reiknað út strik og halli jarðlaganna. Það er gert með því að bera saman mælingar í hinum ýmsu holum. Hver toppur eða lægð í poruhluta- og viðnámsmælingunum, svarar til ákveðins jarðlags. Mælt var dýpið niður á hina ýmsu toppa í holunum. Út frá dýptarmun í holunum niður á toppana var hallinn og strikið reiknað. Þar sem borsvæðið er mjög flatt er gert ráð fyrir að holurnar séu allar í sömu hæð. Sú skekkja sem mismunandi hæð gæti valdið er metin innan við 10% í dýptarmun. Halli og strik sem fall af dýpi er teiknað á mynd 4 a og b. Þar sést að hallinn breytist lítið og er þá 5-7° til suðurs. Strikið er frá N 80°A á um 350 m dýpi til N 120°A á um 80 m dýpi og virðist breytast nokkuð samfelld. Þessar niðurstöður um strik og halla eru í góðu samræmi við yfirborðsjarðfræði á svæðinu. Því er ólíklegt að meiriháttar misgengi liggi um svæðið sem markast af holum HF-1, HY-7 og HY-8.



Mynd 4 Halli og strik jarðlaga við Hrafnagil

4 EFNAINNIHALD JARÐHITAVATNSINS

Fá vatnssýni hafa verið tekin úr þeim fjölmörgu borholum sem boraðar hafa verið á Hrafnagili. Í töflu 2 eru teknar saman niðurstöður efnagreininga vatnssýna úr laugum og borholum á Hrafnagili, Grísará og Botni. Hátt sýrustig í sýnum frá 1977-1979 er ekki raunhæft og stafar af galla í mælitækni og við útreikning kalsedónhitastigs í þessum sýnum er pH við 20°C sett 9,7.

Efnasamsetning vatnssýnanna allra er mjög áþekk og einnig mjög svipuð og í jarðhitavatni frá Ytri-Tjörnum austan megin í Eyjafjarðardal. Reiknuð djúphitastig (kalsedón- og alkalífeldspatahiti) eru allt að 15°C lægri en mælt innstremmishitastig í borholum. Alkalífeldspatahitastig er yfirleitt nær mældu hitastigi.

Eins og annað vatn á Eyjafjarðarsvæðinu er jarðhitavatnið vel neysluhæft og magn allra uppleystra efna undir hættumörkum samkvæmt kröfum Alþjóða Heilbrigðismála- stofnunarinnar.

TAFLA 2 Efnasamsetning jarðhitavatns á Hrafnagili, Grísará og Botni

Stað- setning	Sýni nr	Hita- stig	pH/°C	Eðlis- viðnám Ω _m	SiO ₂ mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	CO ₂ tot mg/l	SO ₄ mg/l	H ₂ S _{tot} mg/l	Cl mg/l	F mg/l	B mg/l	Upp- leyst efni mg/l	Kalse- don hita- stig	Nak- hita- stig ¹⁾	ð18
Hrafnagil borhola v. fjárrett	760046	48	10,11/18	40,5	92,0	48,0	1,1	2,2	0,01	19,9	38,0	<0,1	10,0	0,73	-	238			
Hrafnagil hola HW-9	790058	45	9,93/24	41,7	95,0	54,0	0,80	3,10	0,02	24,20	45,10	0,0	9,2	0,61		237	82 ²⁾	73	
Grísará laug	760045	39	10,02/17	44,4	76,0	43,0	0,70	4,2	0,07	22,2	37,0	<0,1	8,3	0,56		221			
Grísará hola 1 stútur	770161	71	10,03/16	61,7	82,8	49,7	1,01	3,99	0,005	20,7	34,0	0,0	7,5	0,62		213	81 ²⁾	85	
" 500 m	770162	80	10,01/16	64,0	82,8	49,8	1,00	3,84	0,013	20,6	32,9	0,0	7,5	0,61		267	81 ²⁾	85	±13,61
" 1200 m	790114	87	9,78/22	55,6/15	88,0	48,5	0,86	3,47	0,081	17,7	38,6	0,0	9,0	0,6		217	77	75	±13,98
Botnslaug	770164	57	9,97/14	62,1	80,4	49,7	0,86	2,09	0,018	18,7	36,0	0,17	7,5	0,64		204	81 ²⁾	78	±13,80
"	790103	58	9,73/21	62,5/13,5	83,0	49,7	0,95	2,76	0,0	15,9	41,6	0,15	9,3	0,60	0,10	229	77	81	±13,72
HN-10	810222	87	9,72/22	43,5/23	87,12	47,22	0,96	3,47	0,011	11,77	43,35	-	7,6	0,61	-	215,6	79	85	±13,08
"	820076	83	9,85/24,5	43,5/22	82,7	47,77	1,00	3,19	0,002	7,7	43,47	<0,1	10,19	0,60		225,9			-
HN-10 520 m	810221	88	9,77/22	43,5/23	86,73	47,40	0,98	3,43	0,009	13,76	43,32	-	8,10	0,61		220,4	77	86	±13,75
HN-10 840 m	810220	90	9,80/22	43,5/23	87,02	46,95	0,96	3,52	0,006	13,75	43,55	-	8,0	0,61		221,9	76	88	±13,07
HN-10 990 m	810219	91	9,84/22	44,4/23	82,88	46,58	0,96	3,68	0,050	13,35	42,95	-	7,6	0,61		235,2	72	85	±13,09
BN-1	810223	89	9,72/22	38,5/23	96,19	52,86	1,17	4,07	0,030	14,11	53,21	-	10,1	0,63		257,9	84	89	±13,30
"	820077	83	9,52/21,5	35,7/22	92,34	56,86	1,33	4,40	0,016	9,03	60,83	<0,1	14,19	0,57		264,9			-
BN-1 840 m	810224	96,5	9,70/22	39,2/23	93,13	51,68	1,02	4,43	0,087	14,36	53,21	-	10,0	0,63		242,2	83	84	±13,89

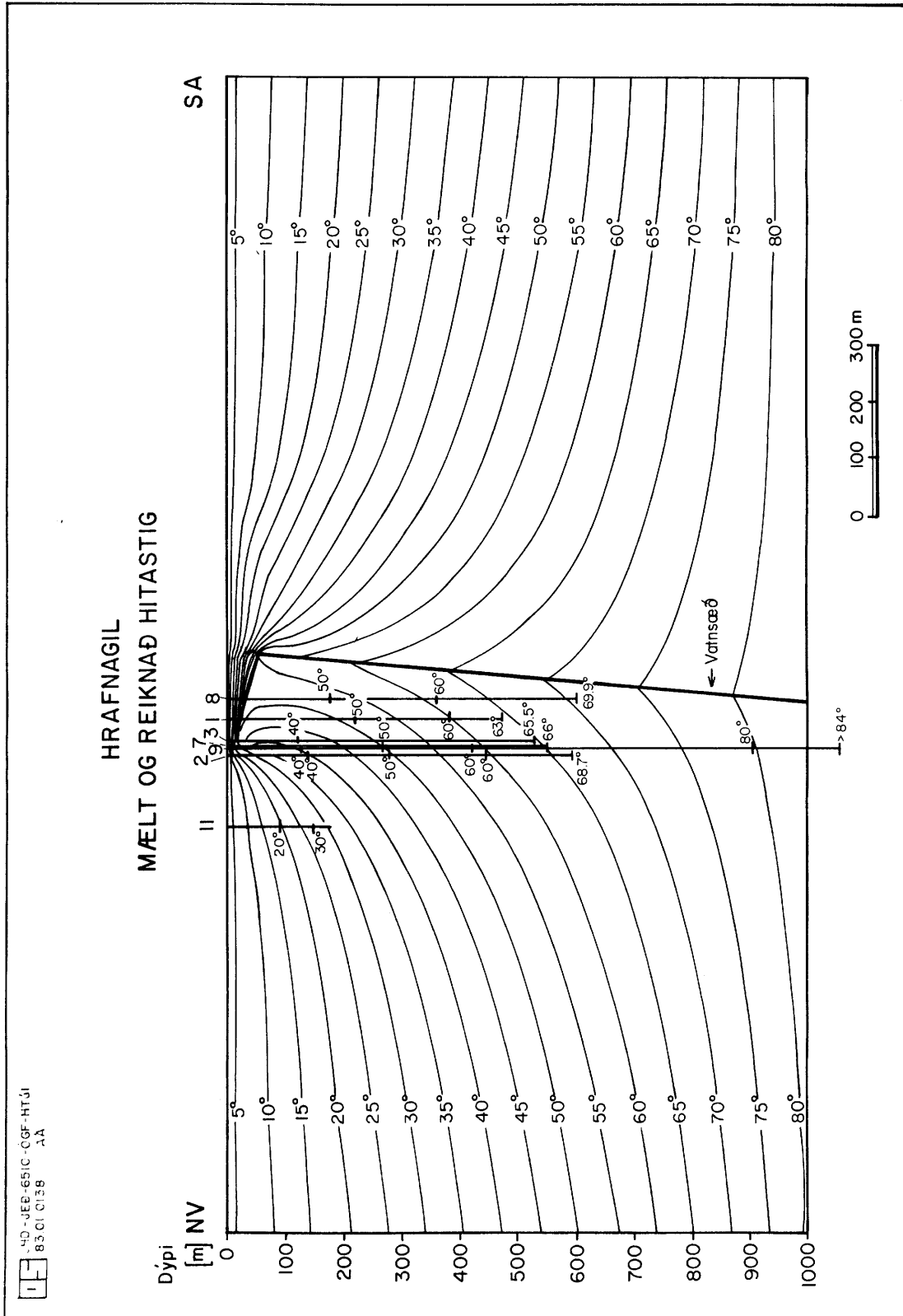
1) Miðað við fræðilegan jafnvægisferil alkalfeldspata (Helgeson, 1969)

2) Miðað við sýrustig 9,7

5 HITÁÁSTAND SVÆÐISINS

Eins og áður er getið voru allar holurnar hitamældar í borun og að henni lokinni. Þar sem smávægilegt rennsli var úr flestum holanna endurspeglar þessar mælingar ekki raunverulegan berghita. Þær gefa hins vegar mikilsverðar upplýsingar um hvar vatnsæðar eru í holunum. Veturinn 1979-1980 hætti að renna úr holum á Hrafnagilssvæðinu. Í júlí 1981 voru holurnar hitamældar að nýju (sjá viðauka C). Þá var talið að liðinn væri nógu langur tími frá því rennsli hætti til þess að hitajafnvægi hefði náðst milli vatnsins í holunum og bergsins í kring. Tilgangur þessara mælinga var að fá mat á raunverulegan berghita og nota hann til að meta líklega legu aðfærsluæðar jarðhitasvæðisins.

Teiknuð voru upp jafnhitakort fyrir 100, 200, 300, 400 og 500 m dýpi. Þau kort eru birt í viðauka D. Af þeim sést að hitastig á svæðinu vex jafnt og bétt í sauðaustur. Bendir það til þess að aðfærsluæðar fylgi sprungu eða ganqi sem er suðaustan holu 8 og hafi norðaustlæga stefnu. Á hitabversniðinu úr borro-holunum sem boraðar voru árið 1975 (mynd 2) sést glöggst að heita vatnið sem upp kom í Hrafnagilslaug rann eftir lausu jarðlögunum frá uppstreymi úr berggrunninum austan eða suðaustan borsvæðisins og að Hrafnagilslaug. Af þessu hitabversniði má einnig ráða að vatnið hafi verið um 55°C heitt þar sem það streymdi upp í lausu lögin. Til að fá hugmynd um hvar sprungan, sem færir heita vatnið upp úr berggrunninum, liggur og til að meta halla hennar, var útbúið svokallað varmaleiðnilíkan. Það felst í því að giskað er á legu aðfærsluæðarinnar, hitastig í henni og svæðisbundinn hitastigul. Síðan er reiknuð út hitastigsdreifingin í jörðinni umhverfis vatnsæðina, miðað við að varmaflutingur út í berginu fari fram sem varmaleiðni. Hitadreifingin er síðan borin saman við hitamælingarnar í borholunum. Ef ósamræmi er milli varmaleiðnilíkansins og mælinganna er líkanið endurbætt uns viðunandi samræmi fæst. Þess ber að geta að líkanið sem fæst með þessu móti þarf ekki endilega að vera hið eina rétta, hægt er að útbúa mörg mismunandi líkön sem falla á viðunandi hátt að mælingunum. Það varmaleiðnilíkan sem best þótti samræmast mælingunum er sýnt á mynd 5.



Mynd 5 Reiknaðar jafnhitalínur í berginu umhverfis borholurnar við Hrafnagil

Forsendur varmaleiðnilfkansins eru:

- 1) Svæðisbundinn hitastigull er um $80^{\circ}\text{C}/\text{km}$.
- 2) 55°C heitt vatn kemur upp úr berggrunninum undir lausum jarðlögum og berst eftir þeim að Hrafnagilslaug.
- 3) Vatnið í æðinni hitnar línulega úr 55°C við yfirborð berggrunns í 84°C á 1000 m dýpi.
- 4) Allur varmaflutningur umhverfis æðina er varmaleiðni.

Samkvæmt varmaleiðnilfkaninu liggur aðfærsluæðin í um 75 m fjarlægð austan eða suðaustan holu HY-8 og hallar um 5° til vesturs. Því mætti búast við að hitta á æðina með 250 m dýpkun holu HY-8. Hóla sem yrði boruð um 50 m suðaustan holu HY-8 ætti að hitta á æðina á um 300 m dýpi.

6 AFL JARÐHITASVÆÐISINS VIÐ HRAFNAGIL OG TENGLI VIÐ ÖNNUR JARÐHITASVÆÐI

Allmargar viðnámsmælingar hafa verið framkvæmdar við Hrafnagil síðan 1971. Fjallað er um ein- og tvívíða túlkun þessara mælinga í skýrslunni "Viðnámsmælingar og mat á jarðhitastöðum í Eyjafirði" (Ólafur G. Flóvenz & Brynjólfur Eyjólfsson 1981). Þar segir m.a.:

"Eðlisviðnám við Hrafnagilslaugar mælist lægst um 40-50 ohmm og virðist ekki eins takmarkað í útbreiðslu og Botnssvæðið. Ef svæðið er aðskilið frá Botnssvæðinu er ekki ósennilegt að vænta megi allt að 50 sekúndulítra, takist að hitta á meginvatnsleiðarana. Út frá hitamælingum í borholum við Hrafnagil og efnagreiningum virðist mega búaast við 80-90 °C heitu vatni af svæðinu. Þetta jafngildir 8-10 MW afli."

Í skýrslu Sigmundar Einarssonar o.fl. (1981) segir m.a.: "Ekki hafa komið fram í mælingum tengsl milli rennslis og vatnsstöðu í laugum og borholum í Hrafnagilshreppi og vatnsvinnslu í austanverðum Eyjafirði, þ.e. úr borholum við Syðra-Laugaland og Ytri-Tjarnir. Minniháttar tengsl er þó ekki alveg hægt að útiloka því mælingar eru ófullkomnar og stopular frá því er boranir hófust í Öngulstaðahreppi (1975) og fram til 1978 er reglubundnar athuganir hófust."

Þegar litið er á fyrirliggjandi mælingar á vatnsstöðu í holu HY-3 við Hrafnagil sést að brýstingur fer fallandi frá öndverðu ári 1978 og fram undir áramót 1979-80 er rennsli hættir úr holunni. Vegna þess hve stopular vatnsborðsmælingarnar voru á þessu tímabili verður ekki séð hvort brýstingur féll jafnt og þétt eða í stökkum í takt við vatnstöku í Grísará. Svo er að sjá sem vatnsborð hafi haldið nokkuð stöðugt frá ársbyrjun 1980 og fram í nóvemberbyrjun sama ár. Á tímabilinu frá nóvemberbyrjun 1980 og fram í miðjan febrúar 1981 eru engar mælingar til úr HY-3. Einhvern tíma á þessu tímabili féll vatnsborð snögglega um 6-7 m. Tvennt gerðist um þetta leyti sem skýrt gæti þessa skyndilegu lækkun vatnsborðs. Annarsvegar hófst dæling úr holu RW-7 á Reykhúsum í janúar 1981, hins vegar opnuðust vatnsæðar í holu HN-10 við Botnslaug í borun í nóvember 1980. Þar sem ekki varð vart vatnsborðshækkunar á ný þegar holu HN-10 var lokað 27/1 1981 eftir rennsli

frá 4.nóvember 1980 var dælingin á Reykhúsum talin líkleg orsök vatnsborðslækkunarinnar í HY-3.

Vatnsborð í holu HY-3 hélst nú nokkuð stöðugt fram í lok október 1981, er það féll á nýjan leik um 10 m á 5 mánuðum. Dæling á Reykhúsum hefur alla tíð verið stöðug um 2,6 l/s þannig að hún getur vart skýrt umrædda vatnsborðslækkun í HY-3. Hins vegar hófst vatnsvinnsla úr HN-10 24.10.1981. Í fyrstu með 15,7 l/s sjálfrennsli, en frá 13.12.1981 var dælt um 30 l/s úr holunni. Daginn áður en sjálfrennsli hófst úr HN-10, 24.10.81, hafði ennfremur opnast hábrýst (>20 bar) æð í 1756 m dýpi í BN-1. Telja verður líklegt að tengsl séu milli jarðhitasvæðisins við Hrafnagil og vatnsæða í holunum við Botn. Ekki verður þó á þessu stigi sagt til um hvort Hrafnagilssvæðið er tengt æðum HN-10 eða 1756 m æð BN-1, sem virðist óháð æðum HN-10.

Ástæða er einnig til að huga að árstíðabundinni vatnsvinnslu við Laugaland og Ytri-Tjarnir. Samkvæmt vatnsstöðumælingum í holu HW-9 á Hrafnagili og GG-1 á Grísará árið 1982, kemur fram regluleg árssveifla í vatnsborði beggja holanna. Vatnsborð lækkaði veturinn '81-'82, hækkaði á ný sumarið '82 og féll svo á ný haustið og veturinn '82-'83. Sumarið 1982 var talsvert dregið úr vatnsvinnslu við Laugaland og Ytri-Tjarnir svo að vatnsborð hækkaði þar verulega. Einnig var dregið úr dælingu við Botn sumarið 1982. Ekki er augljóst af fyrirbyggjandi gögnum hvort vatnsborðhækkun á Hrafnagili og Grísará sumarið 1982 er vegna hvíldar á Laugalandi, Ytri-Tjörnum eða Botni.

7 NIÐURSTÖÐUR OG TILLÖGUR

Niðurstöður þeirra rannsókna sem fram hafa farið á jarðhitasvæðinu við Hrafnagilslaug má draga saman í stuttu máli.

- 1) Berggangar þeir sem boranir hafa fram að þessu beinst að hafa ekki reynst verulega lekir.
- 2) Hitamælingar í borholum benda eindregið til þess að heita vatnið sem forðum kom til yfirborðs í Hrafnagilslaug hafi komið upp úr berggrunninum nokkru austan borholanna, og hafi runnið þaðan eftir lausum jarðlögum í laugina.
- 3) Engar vísbendingar hafa fundist um að misgenqi liggi milli holanna.
- 4) Strik jarðlaga er $80-120^\circ$ austan við norður og halli þeirra er $5-7^\circ$ til suðurs. Gangahalli virðist vera $4-6^\circ$.
- 5) Líkur benda til þess, að tengsl kunni að vera milli jarðhitasvæðanna við Hrafnagil og Botn.

Þar sem sterkar líkur benda til þess að aðfærsluæð jarðhitasvæðisins sé austar en áður var haldið verður að beina frekari borunum austur frá holu 8. Hugsanlegt er líka að dýpka holu 8 en vegna ónákvæmni í ákvörðun líklegrar aðfærsluæðar verður að telja það lakari kost. Árangursleysi fyrri borana er í sjálfu sér ekki röksemd gegn frekari borunum. Tengsl við Botnssvæðið þurfa ekki heldur að hindra frekari boranir við Hrafnagil, þar sem vitað er um vatnskerfi í nánd við Botn, sem virðist óháð æðunum í HN-10. Þessa vatnskerfis gæti allt eins verið að leita við Hrafnagil. Þá er rík ástæða til að reyna að kanna betur tengsl Hrafnagilssvæðisins við önnur svæði í Eyjafirði með vatnsborðsathuqunum í tengslum við breytingar á vatnsvinnslu á núverandi vinnslusvæðum.

Næstu áfangar í rannsókn jarðhitasvæðisins við Hrafnagil eru því:

- 1) Kerfisbundnar vatnsborðsmælingar í tengslum við breytingar á vatnsvinnslu við Botn, Ytri-Tjarnir og Laugaland.
- 2) Borun 500 m rannsóknarholu austan holu 8.

HEIMILDASKRÁ

Barth, T.F.W., 1950: Volcanic Geology, Hot Springs and Geysers of Iceland. Carnegie Institution of Washington. Publication 587, Washington, 174 s.

Guðni Jónsson 1953: Formáli að Víga-Glúmssögu, Prentverk Odds Björnssonar.

Hrefna Kristmannsdóttir, Axel Björnsson & Dorsteinn Thorsteinsson, 1979: Greinargerð um stöðu vatnsöflunar fyrir Hrafnagilsskóla í Eyjafirði. Orkustofnun, JHD 79-05-14.

Hreiðar Eiríksson, 1956: Bréf til Þorbjarnar Karlssonar, dags. 2.maf 1956.

Jarðboranir ríkisins, 1967: Borskýrsla Franks 1967.

Jarðboranir ríkisins, 1968: Borskýrsla Mayhew 1968.

Jarðboranir ríkisins, 1972: Borskýrsla Mayhew 1972.

Jarðboranir ríkisins, 1975: Borskýrsla Mayhew 1975.

Jarðboranir ríkisins, 1979: Borskýrsla Glaumur 1979.

Jarðboranir ríkisins, 1981: Borskýrsla Ýmir 1981.

Ólafur G. Flóvenz & Brynjólfur Eyjólfsson, 1981: Viðnámsmælingar og mat á jarðhitastöðum í Eyjafirði. Orkustofnun, OS81029/JHD17 65 s.

Ólafur Olavius, 1965: Ferðabók II. Bókfellsútgáfan h.f. Reykjavík, 383 s.

Sigmundur Einarsson, Dorsteinn Thorsteinsson, Axel Björnsson & Kristján Sæmundsson, 1981: Laugar og volgurur í Hrafnagilshreppi. Orkustofnun, Greinargerð SE-ÞTh-AB-KS-81/02, 12 s.

Trausti Einarsson, 1942: Über das Wesen der heissen Quellen Islands. Vísindafélag Íslands, Rit, 26.

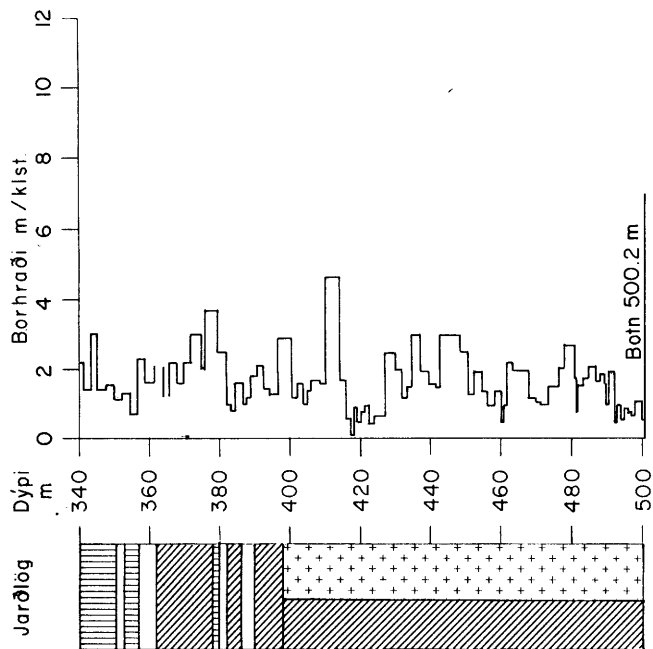
Þorbjörn Karlsson, 1956: Bréf til Hreiðars Eiríkssonar,
Ódagsett.

Þorkell Þorkelsson, 1930: **Some Additional Notes on Thermal
Activity in Iceland.** Vísindafélag Íslands, Greinar,
V. 31 s.

Þorsteinn Thorsteinsson, 1956: **Jarðhitaathuganir að
Hrafnagili, Eyjafirði.** Orkustofnun, Jarðhitadeild,
Greinasafn (025).

VIÐAUKI A

Jarðlaqasnið



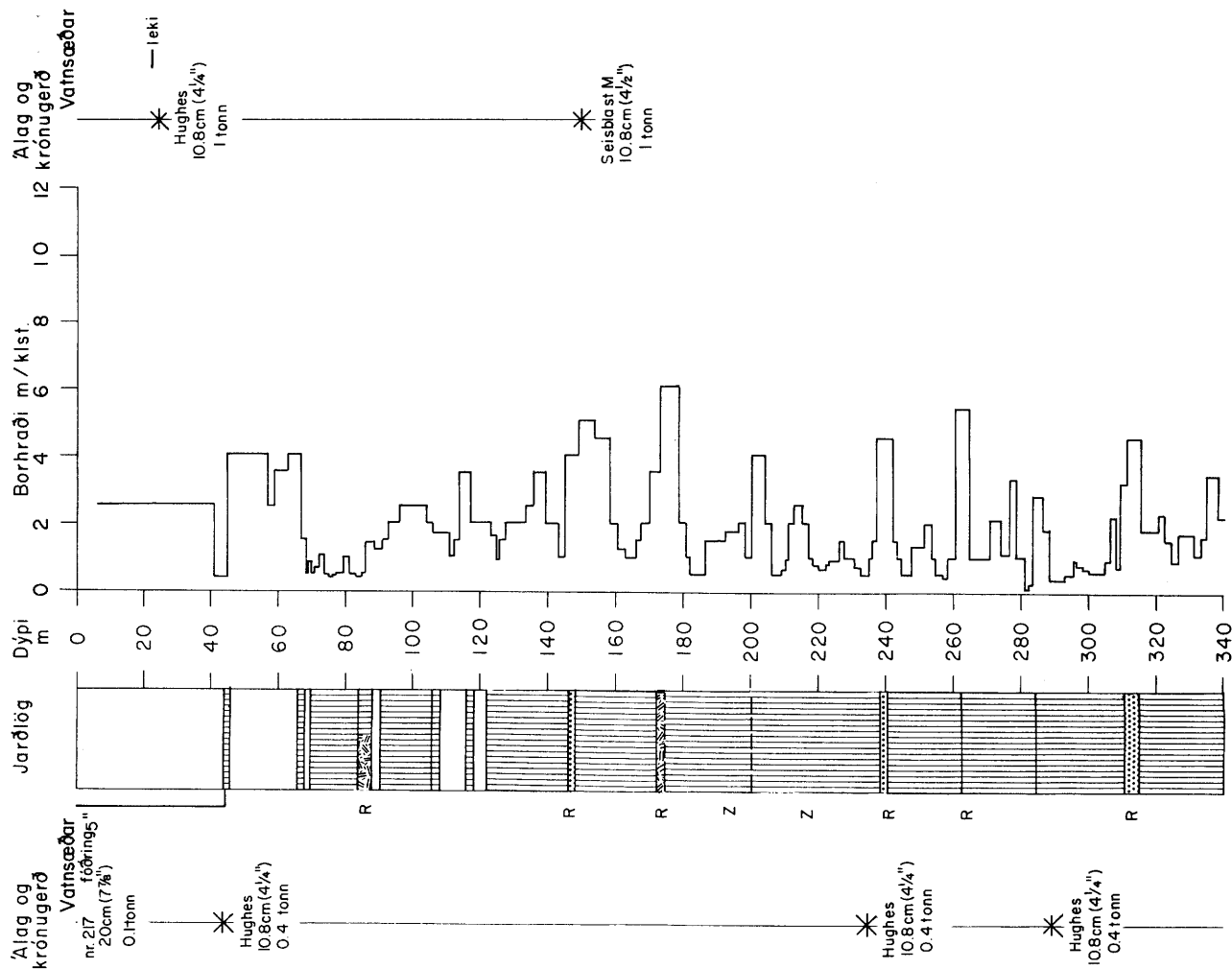
- SKÝRINGAR
- Basalt (ólivín þóleitt ráðandi)
 - Basalt (þóleitt ráðandi)
 - Basaltbreksía
 - Ótílgreint set
 - Innskot
 - Vantar svarf
 - R Rauðleitt
 - Z Zeolítar
 - Vatnsæð skráð í borun

ORKUSTOFNUN

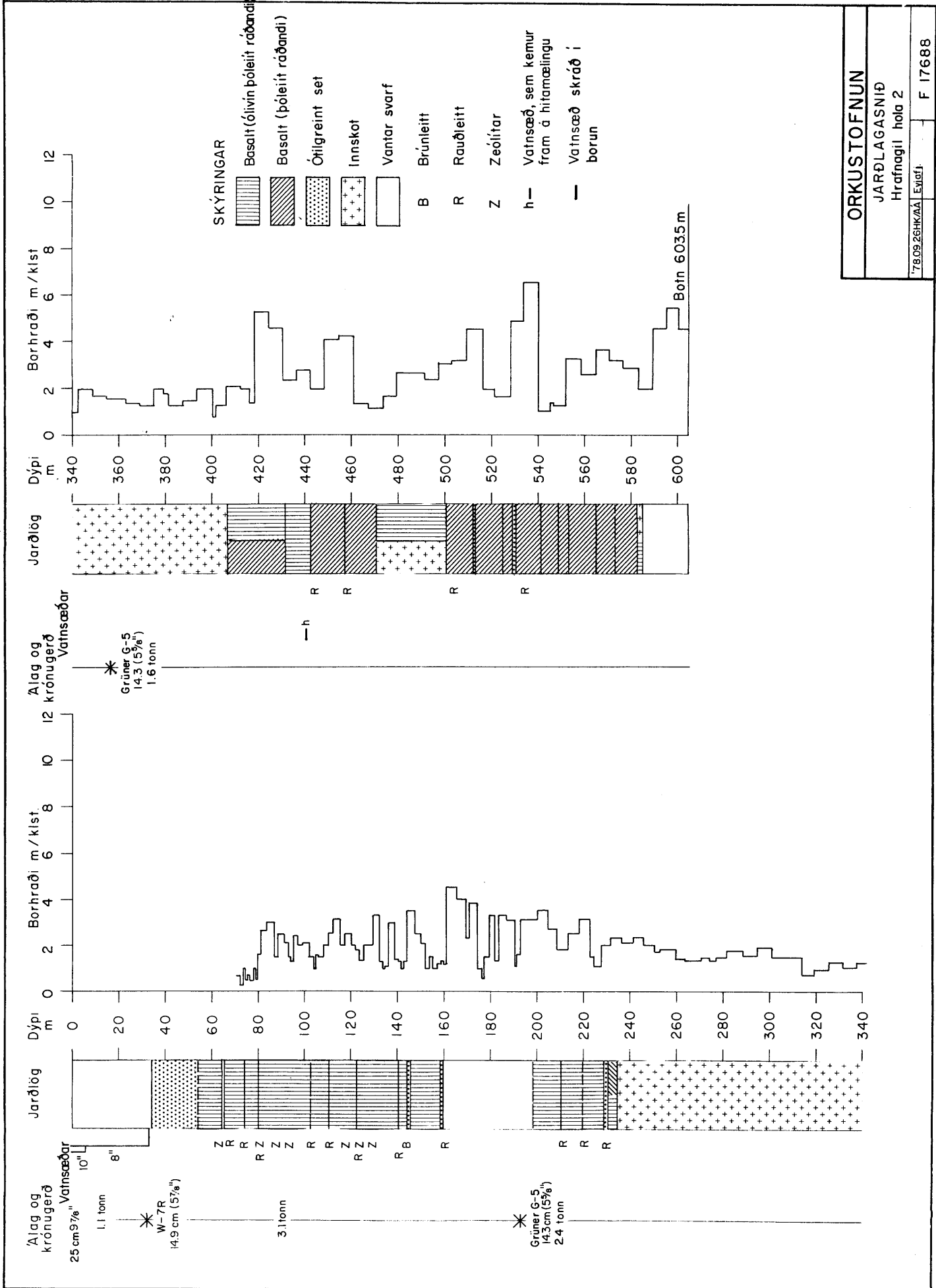
JARÐLAGASNIÐ
Hrafnagil hola I

78.10.02 HK/AA Eyjafj.

F 17714



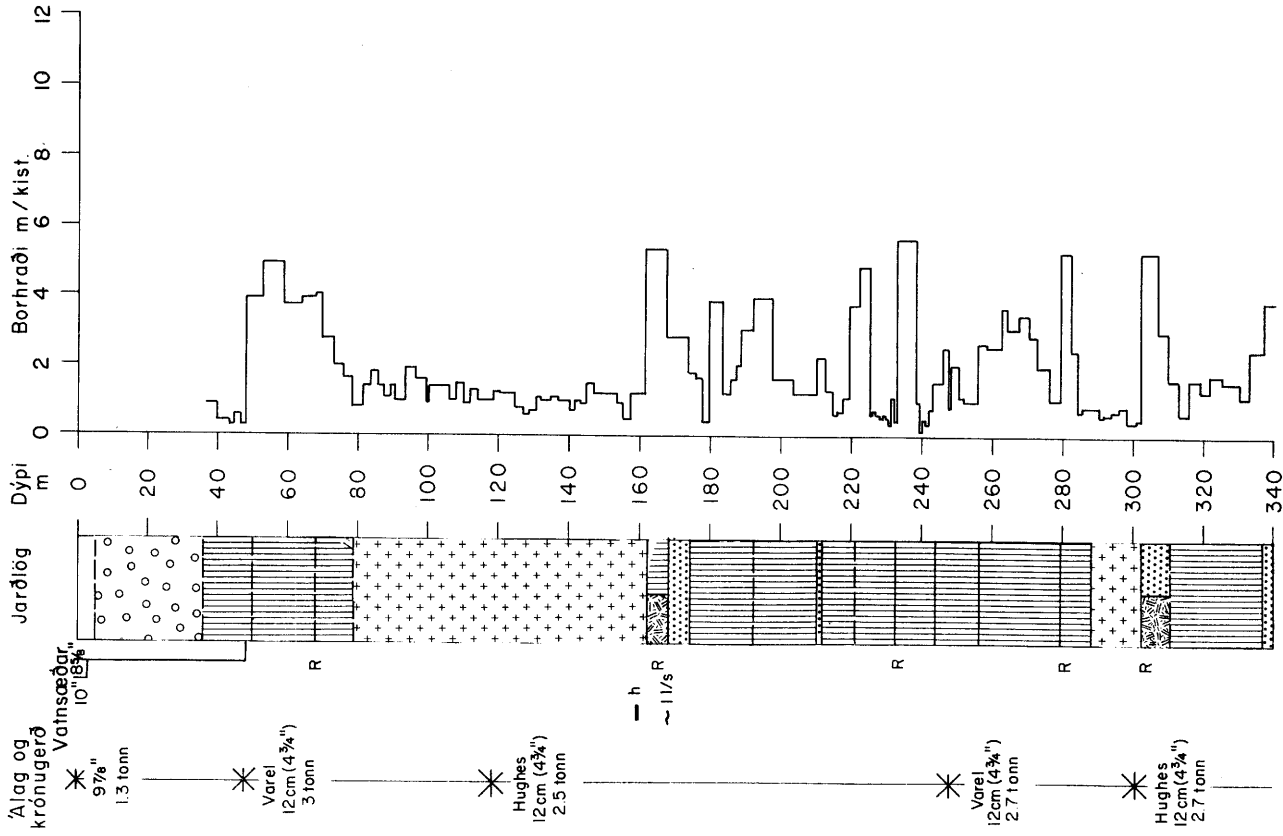
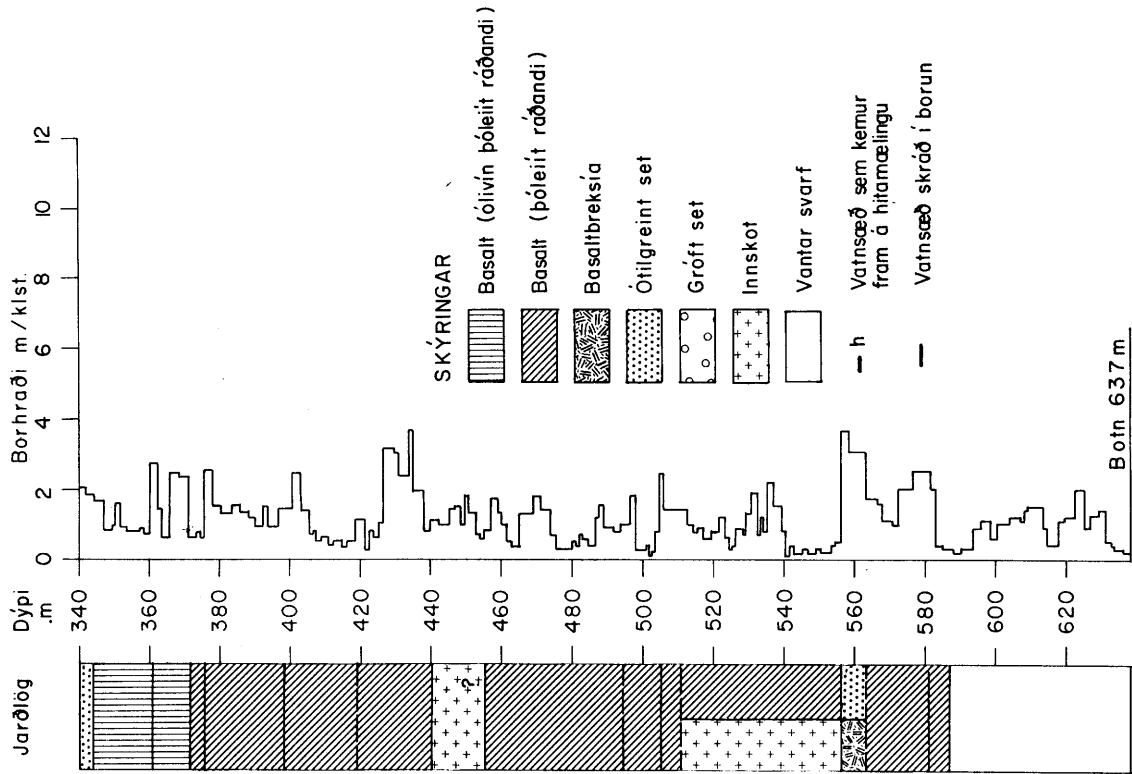
- Álag og krónugerð Vatnsæðar
- nr. 27 fúðrings " 20cm (7/8") 0.1 tonn
 - Hughes 10.8cm (4/4") 0.4 tonn
 - Hughes 10.8cm (4/4") 0.4 tonn
 - Hughes 10.8cm (4/4") 0.4 tonn
 - Hughes 10.8cm (4/4") 0.4 tonn



ORKUSTOFNUN

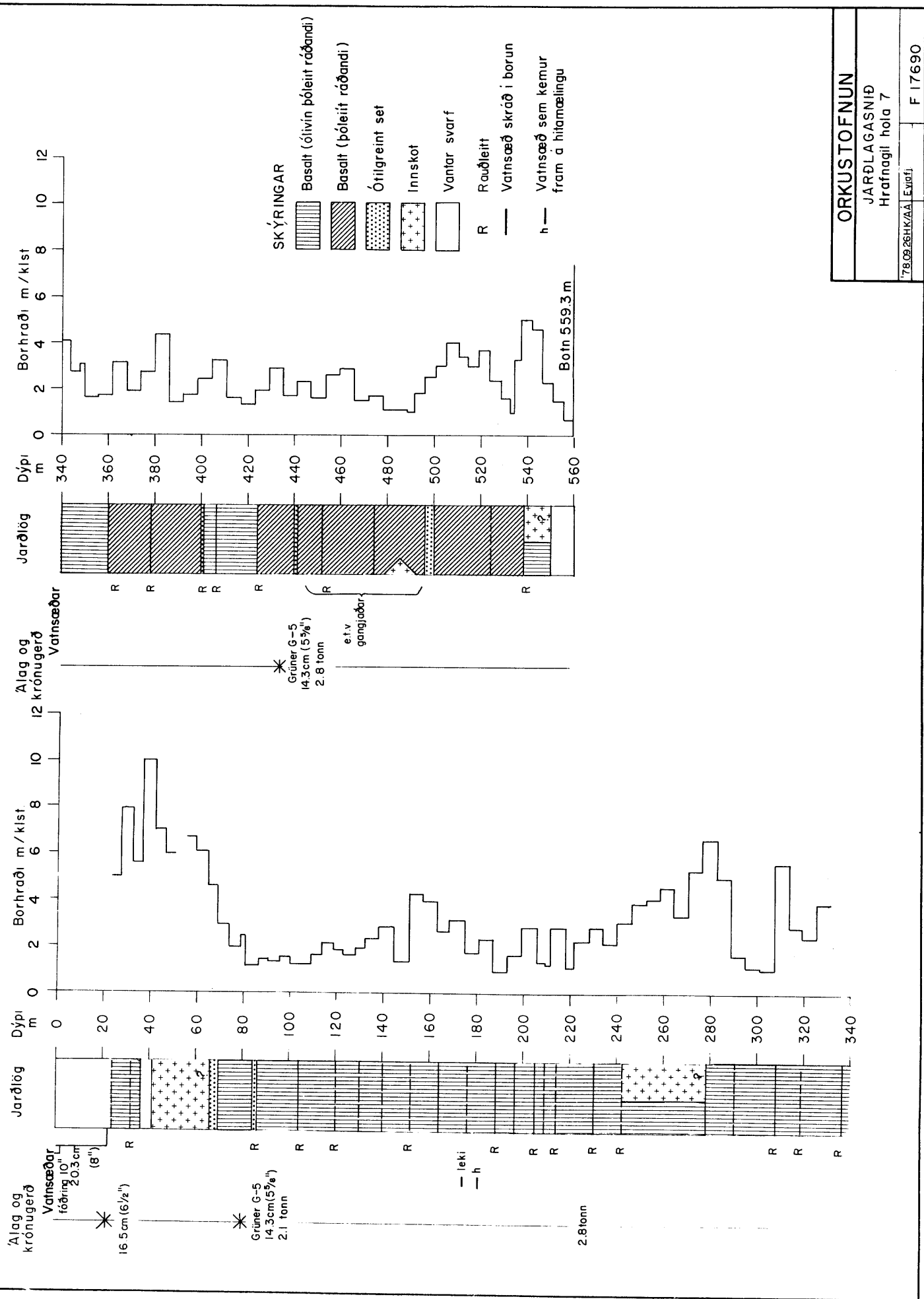
JARÐLAGASNIÐ
Hrafnagil hola 2

1780926HK/AA | Eviðf | F 17688

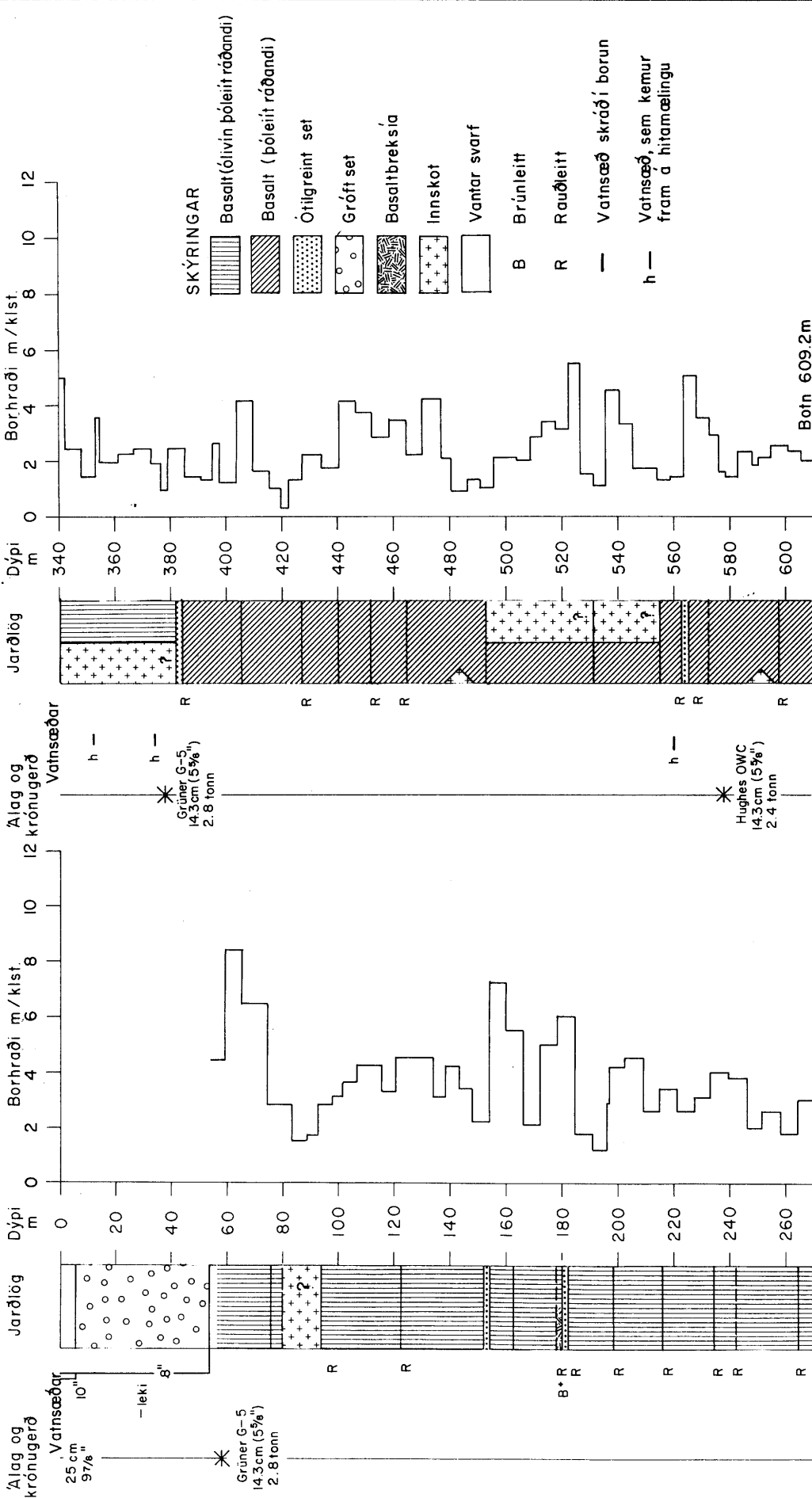


ORKUSTOFNUN
 JARÐLAGASNIÐ
 Hrafnagil hola 3
 1780929HKAA1 Eyjafj.

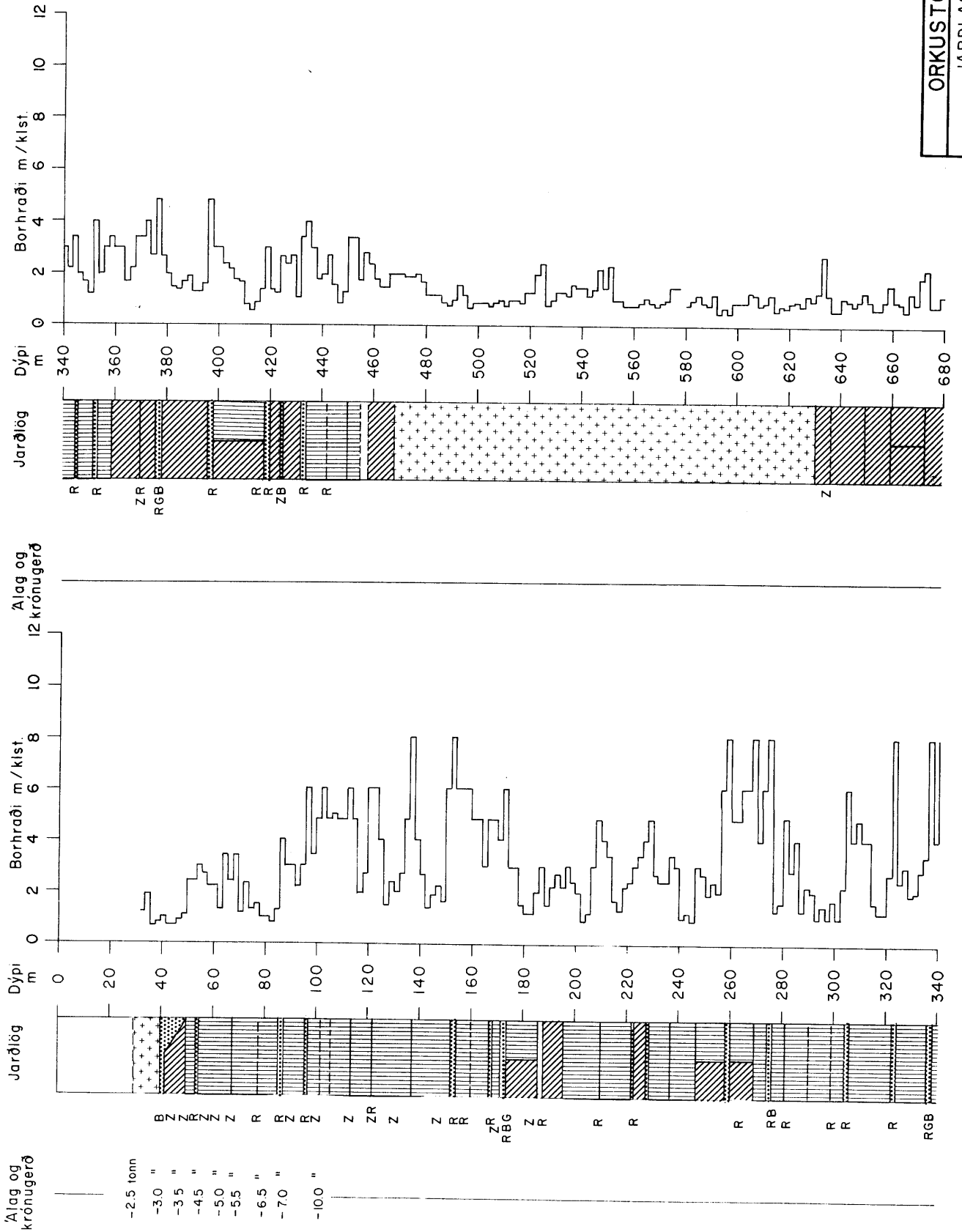
F 17 689



ORKUSTOFNUN
 JARÐLAGASNIÐ
 Hrafnagil hola 7
 178.09.26HK/AA | Lx101j | F 17690



ORKUSTOFNUN	
JARFLAGASNIÐ	
Hrafnagil hola 8	
78.0926 HK/AA	Eyjafi
F 17691	



ORKUSTOFNUN

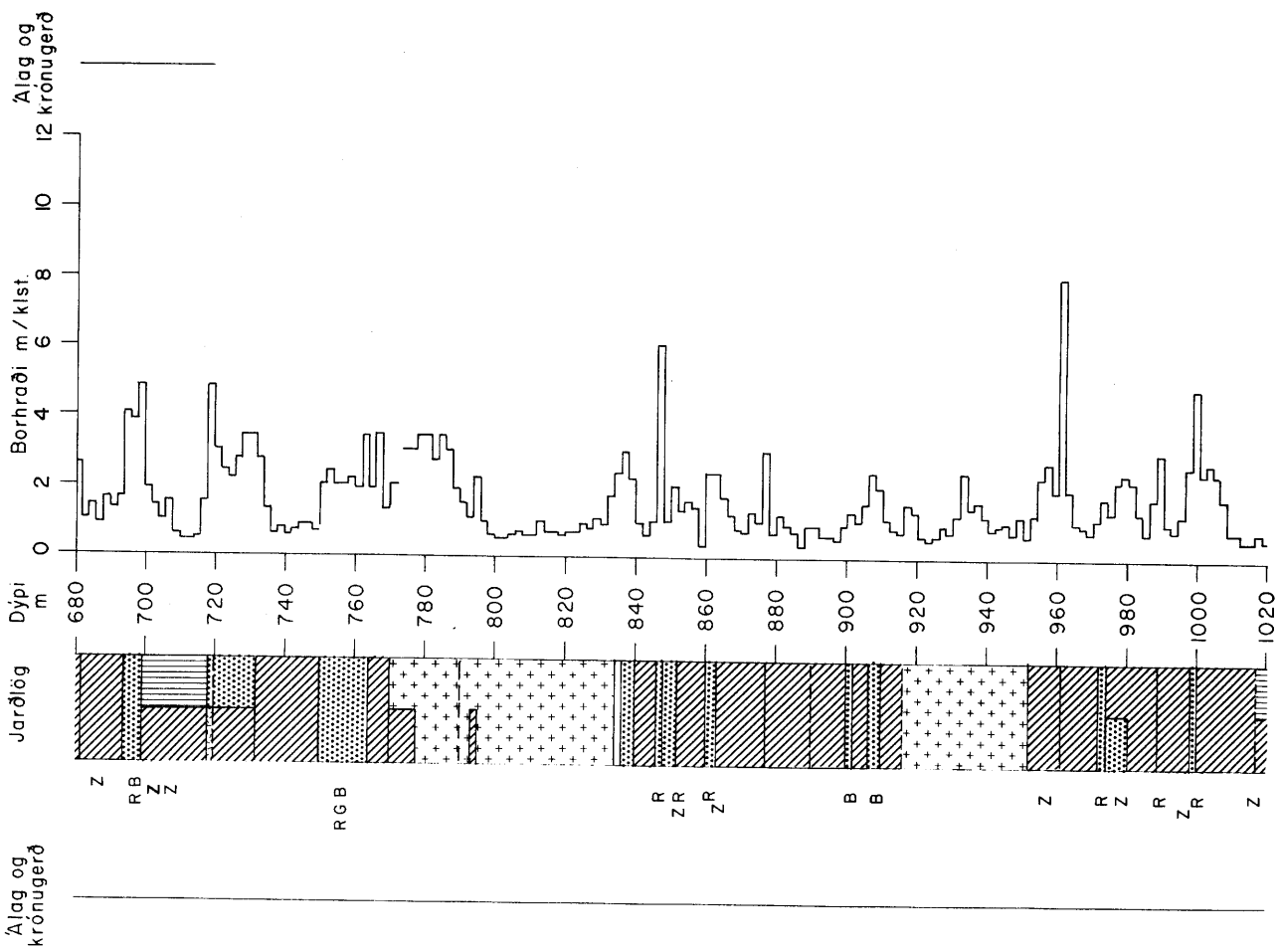
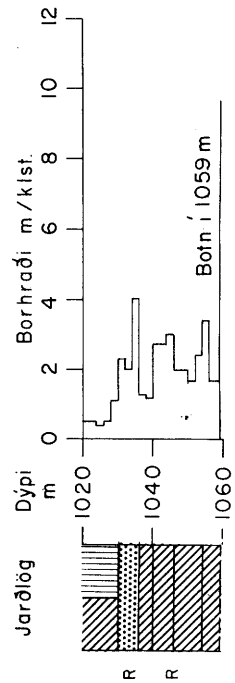
JARÐLAGASNIÐ

Hrafnagil hola 9

79.07.09 A G/AA

Blöð 1 af 2 Eyjafj

F 18543



ORKUSTOFNUN

JARÐLAGASNIÐ
Hrafnagil hola 9

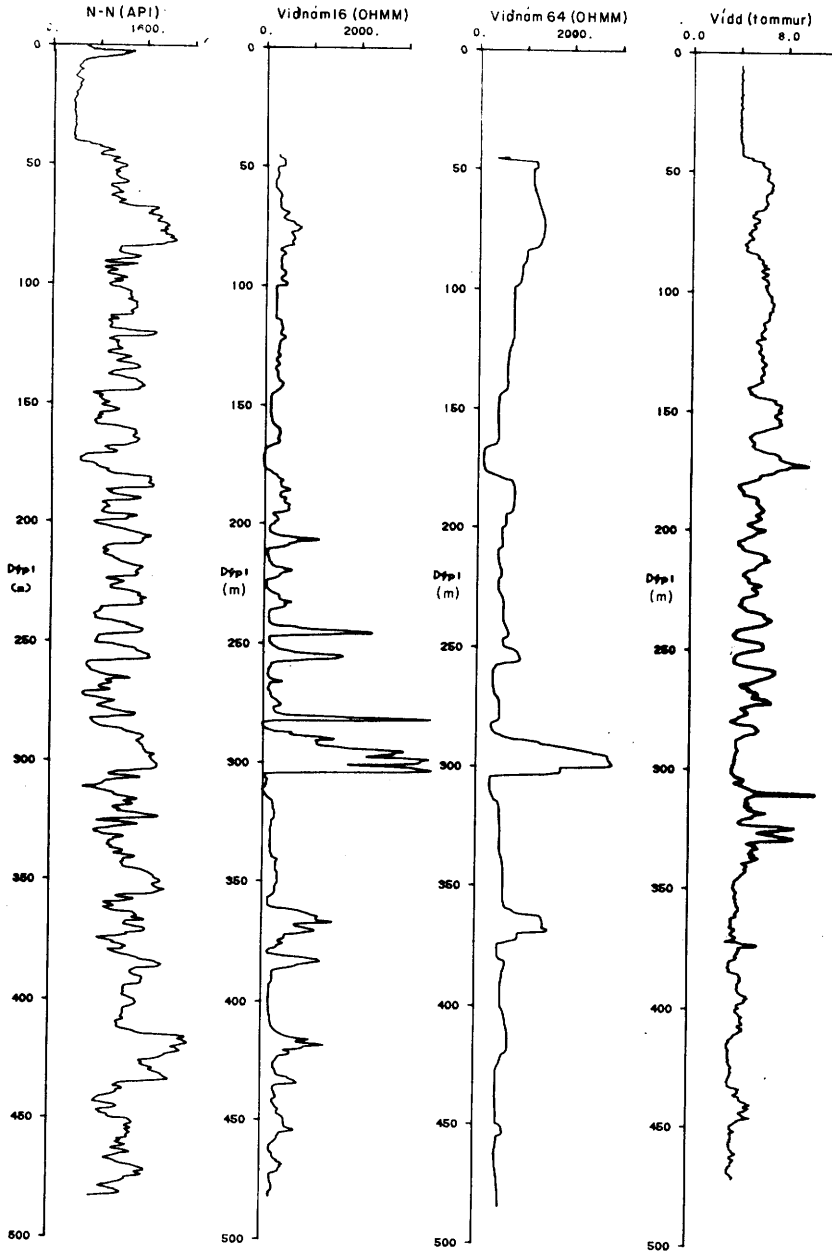
79.07.09 AG / AA F 18543
Blöð 2 af 2 Eyjafj

VIÐAUKI B

Borholumælingar

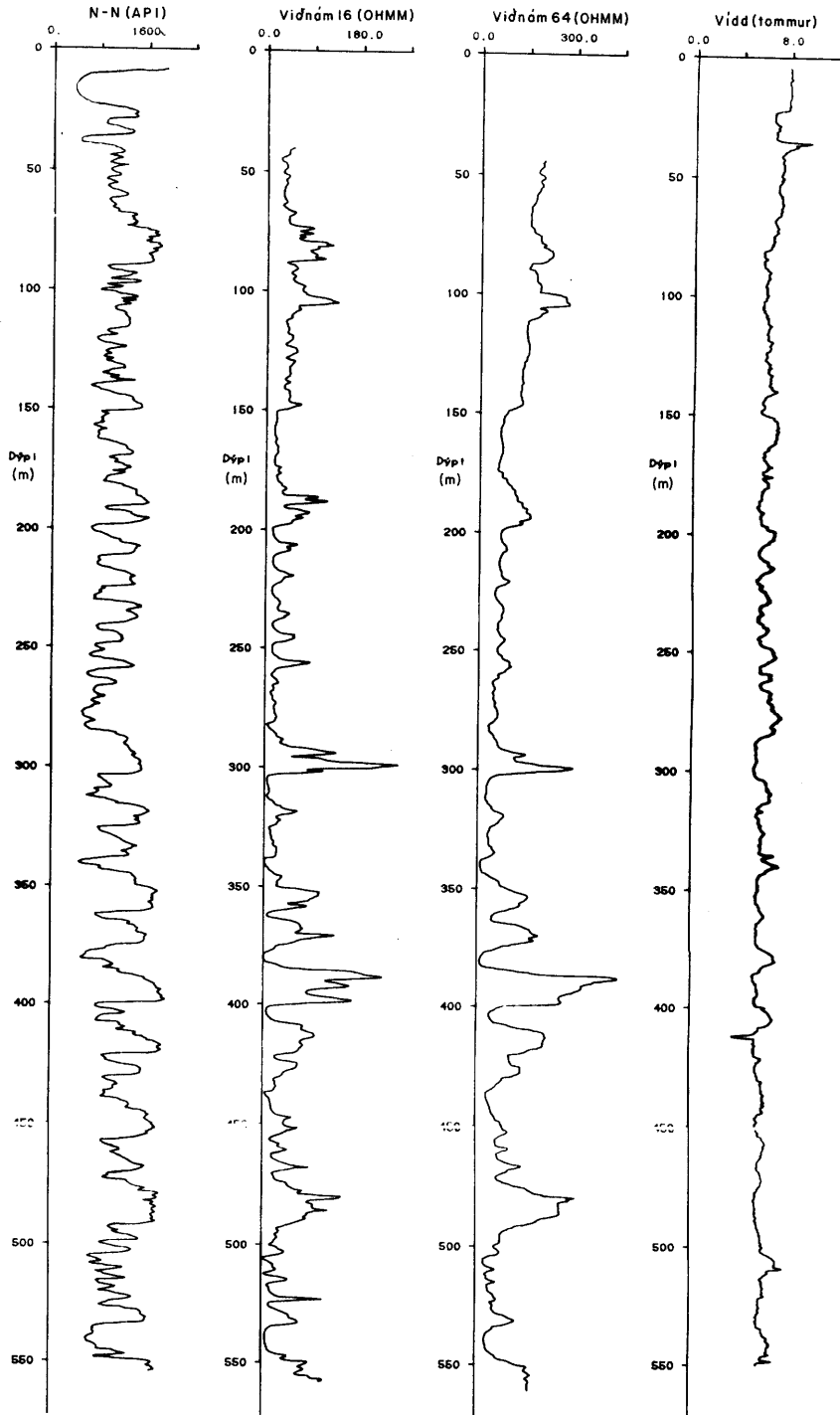
JHD-JED-6510. H.Tul.
83.01.0110.

HY-1 HRAFNAGIL



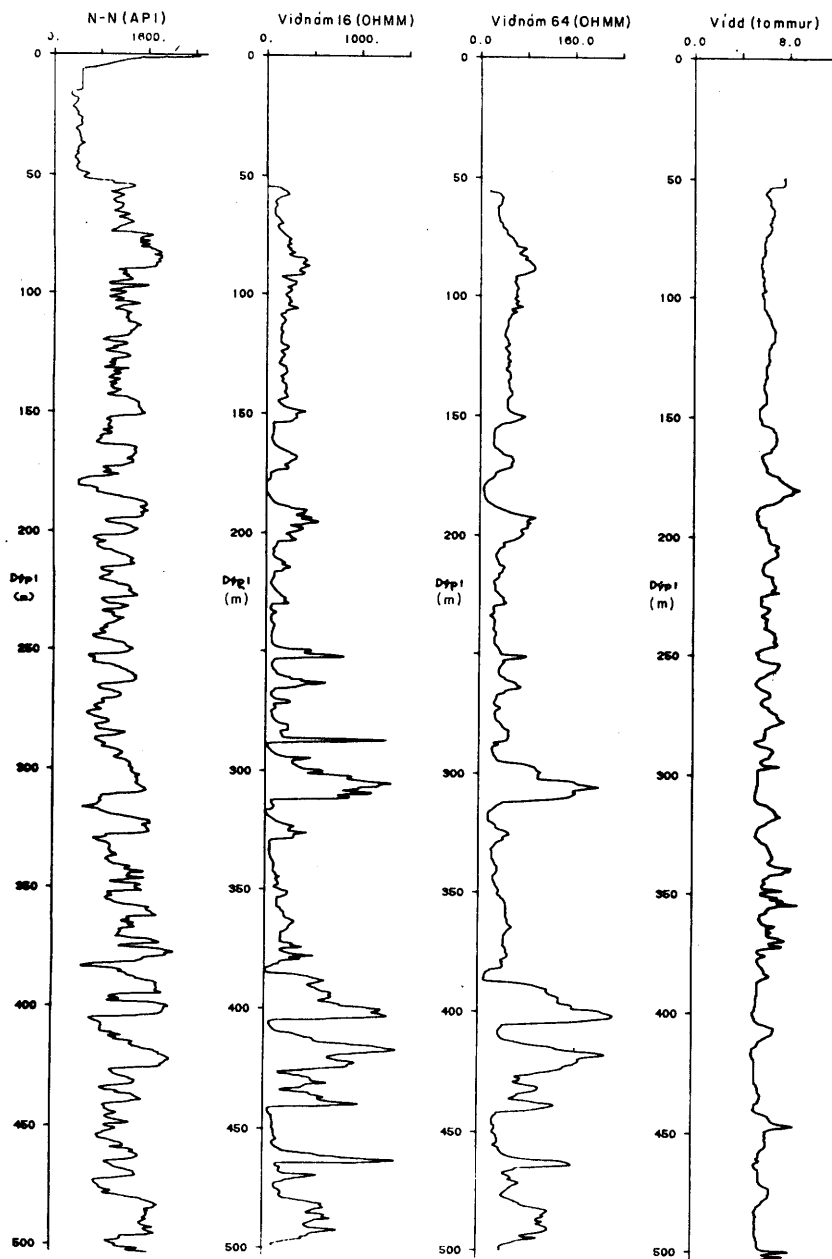
JHD-JED-6510. H.Tul.
83.01.0092. T

HY-7 HRAFNAGIL



JHD-JED-6510. H.Tul.
83.OI. 0093.

HY-8 HRAFNAGIL

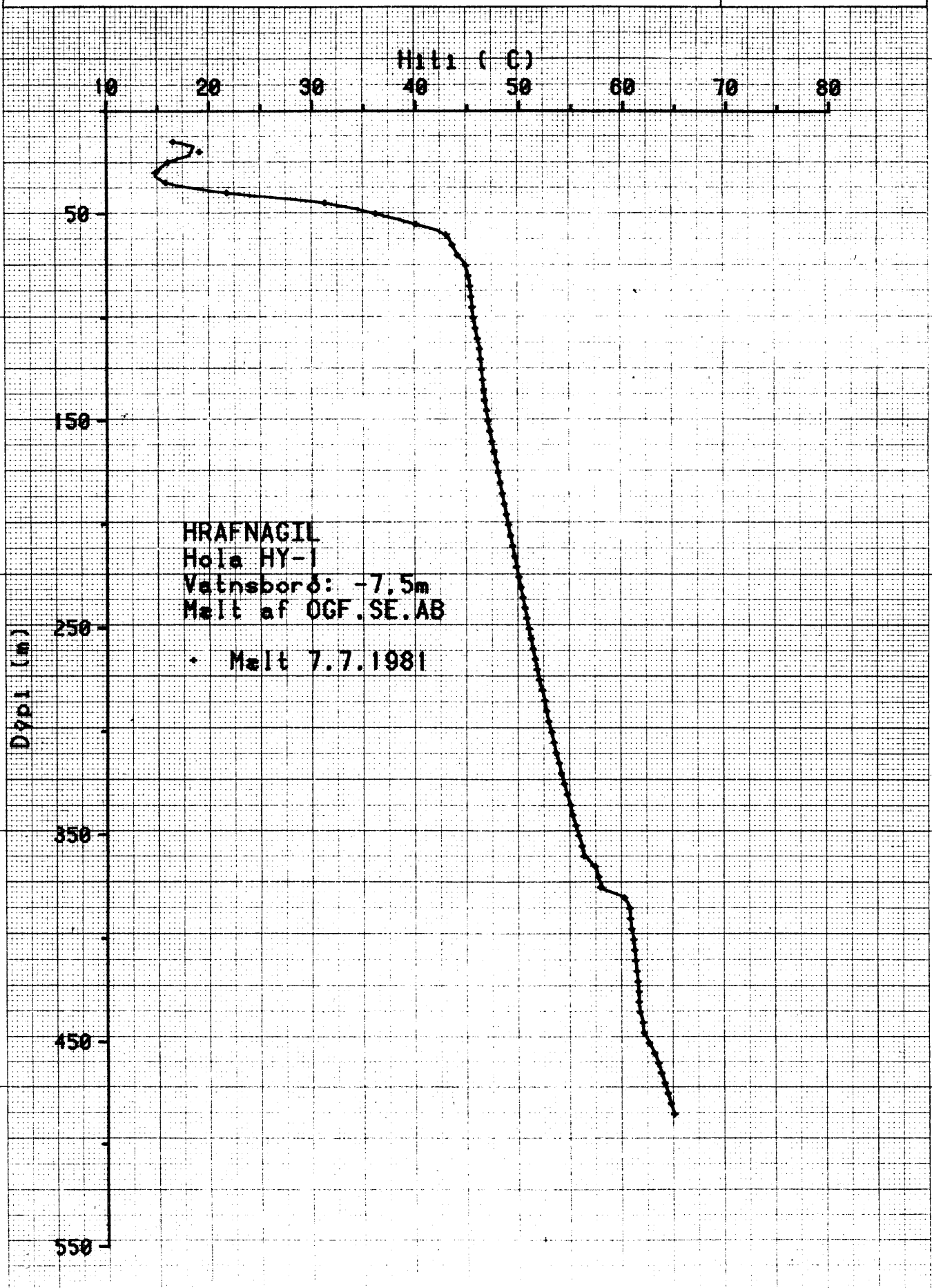


VIÐAUKI C

Hitamælingar í borholum við
Hrafnaqil frá 1981

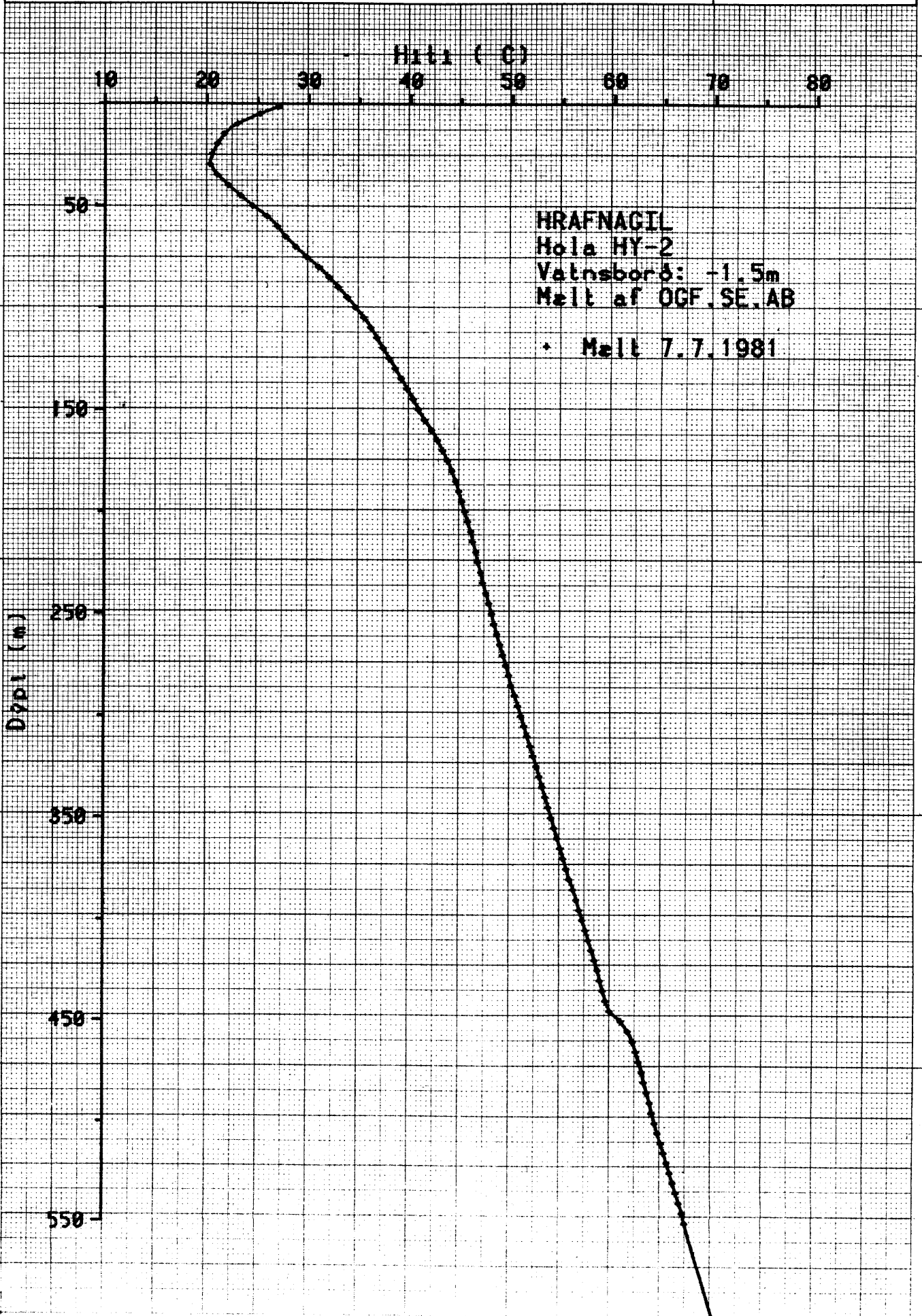


Hitamælingar í borholum





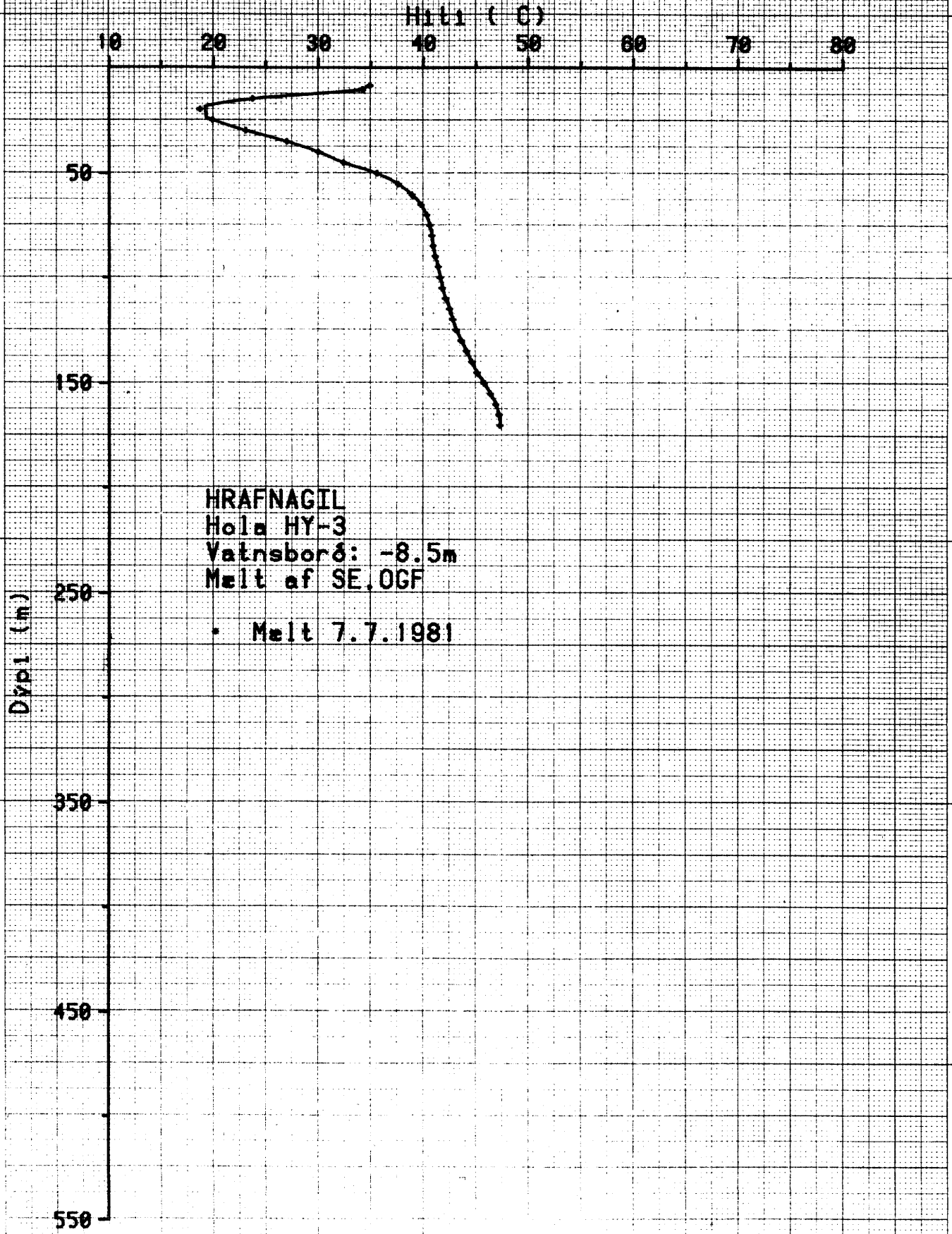
Hitamælingar í borholum



HRAFNAGIL
Hóla HY-2
Vatnsborð: -1.5m
Melt af OGF. SE. AB
• Melt 7.7.1981



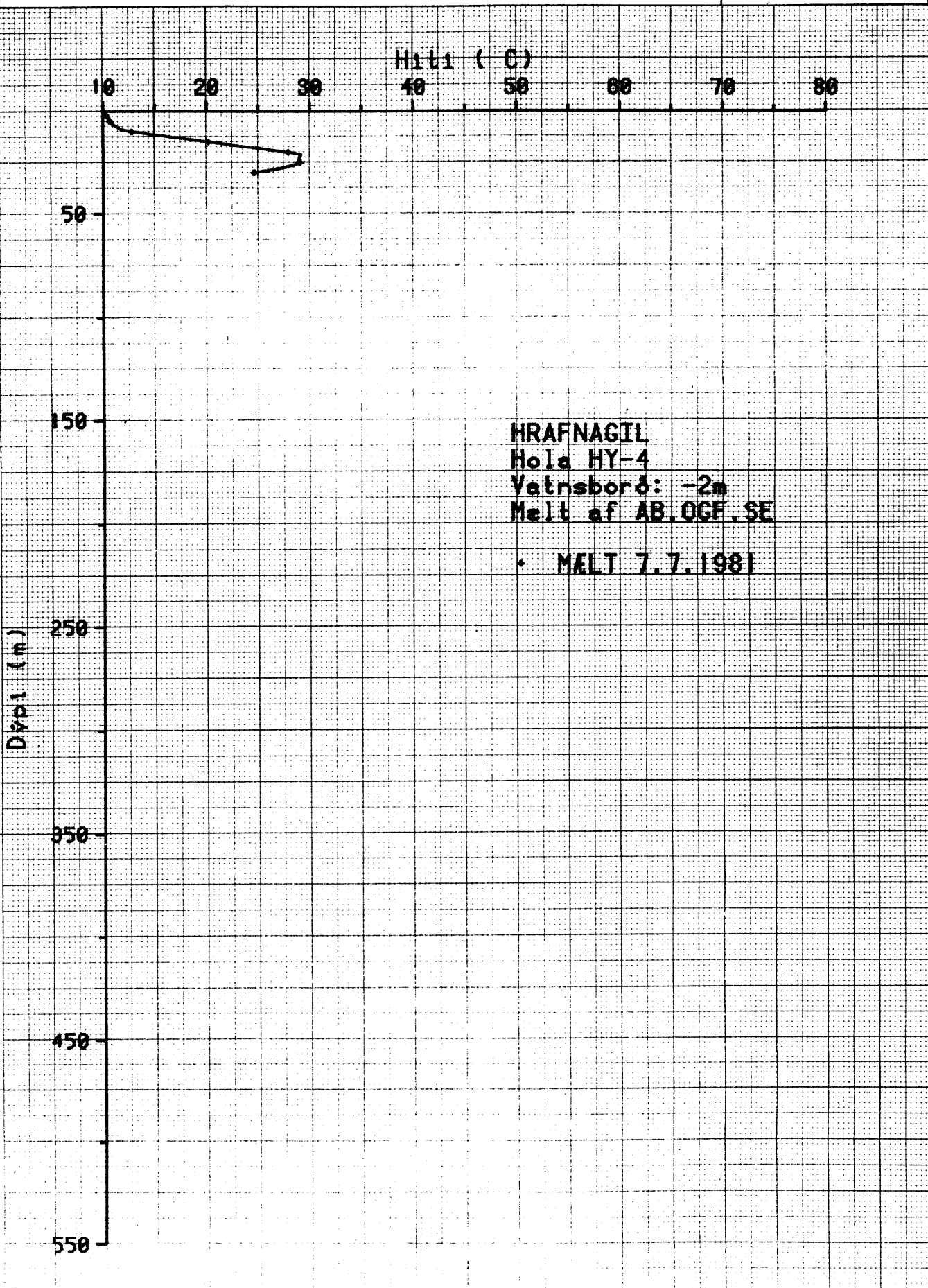
Hitamelingar í borholum



HRAFNAGIL
Hóla HY-3
Vatnsborð: -8.5m
Melt af SE.OGF
• Melt 7.7.1981



Hitamælingar í borholum

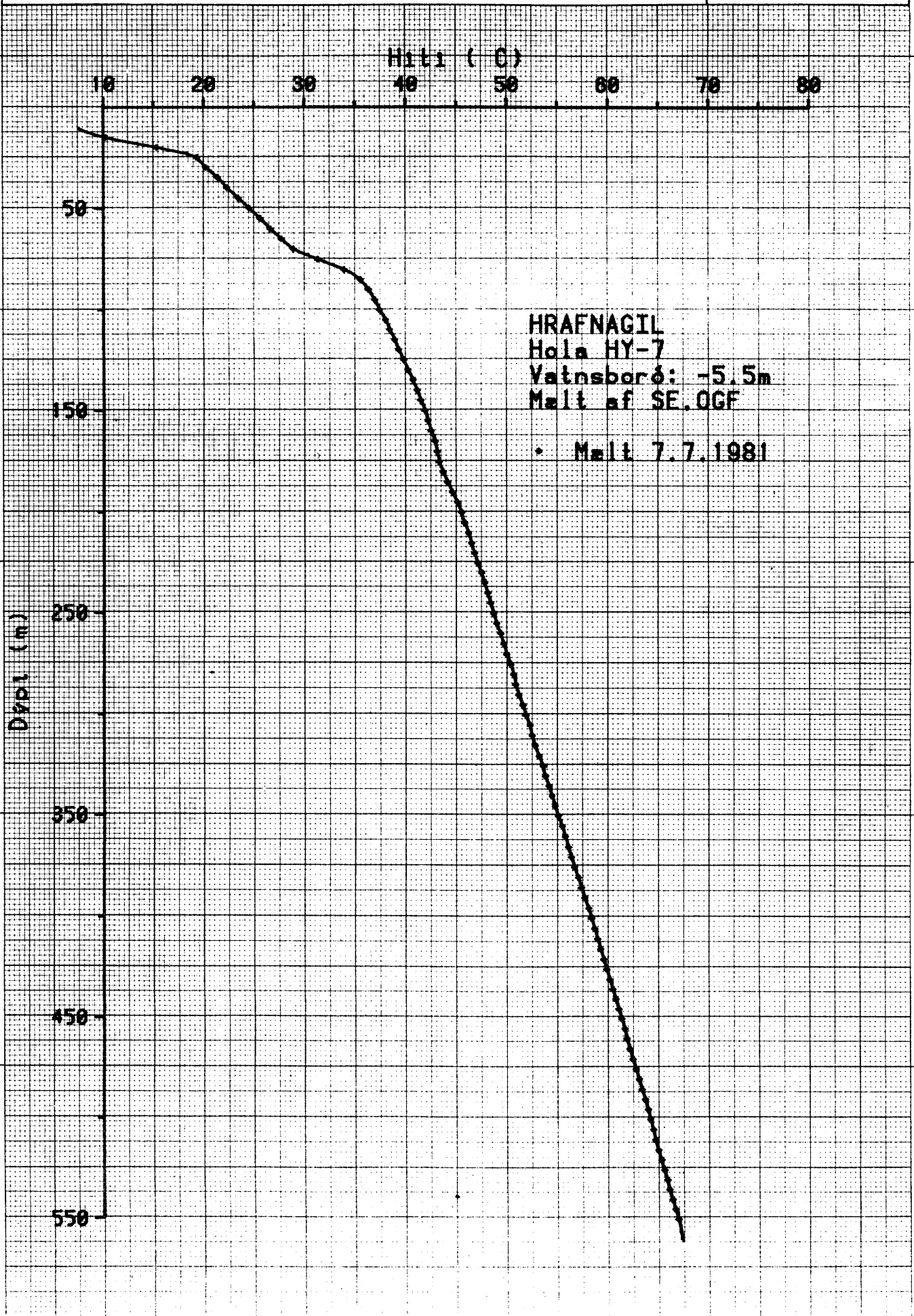


HRAFNAGIL
Hole HY-4
Vatnsborð: -2m
Melt of AB, OGF, SE

• MELT 7.7.1981

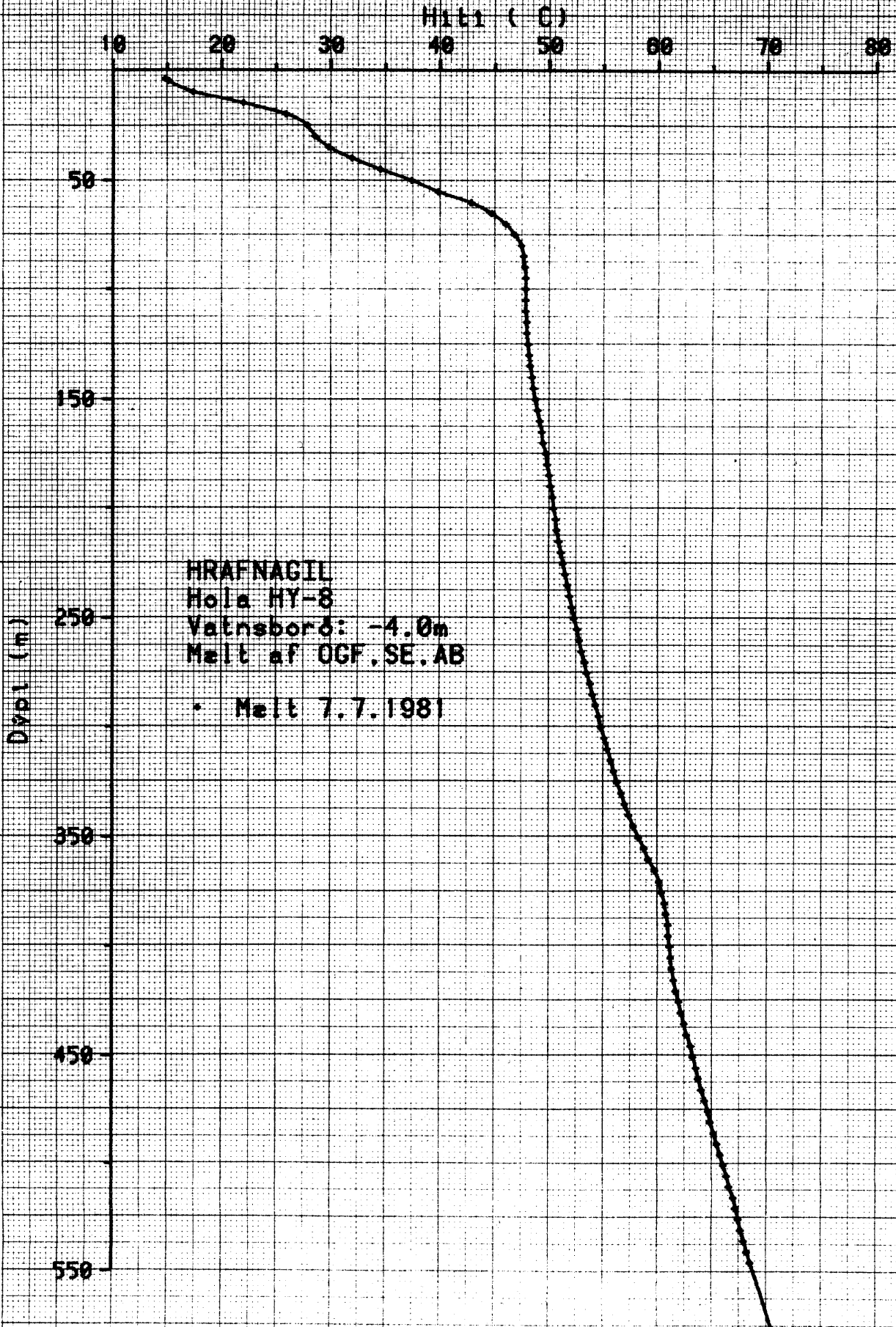


Hitamælingar í borholum





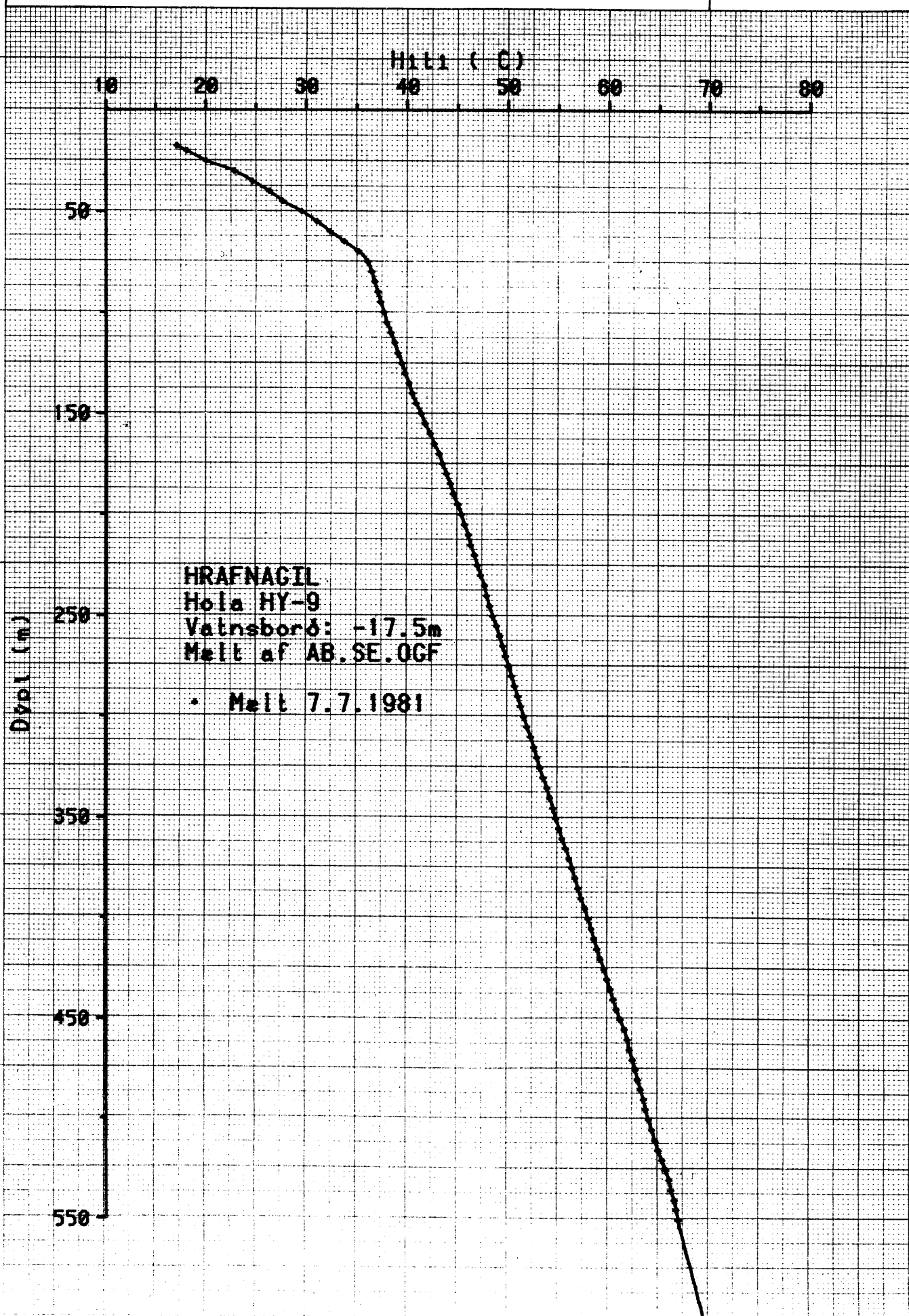
Hitamælingar í borholum



HRAFNAGIL
Hóla HY-8
Vatnsborð: -4.0m
Melt af OGF. SE. AB
• Melt 7.7.1981

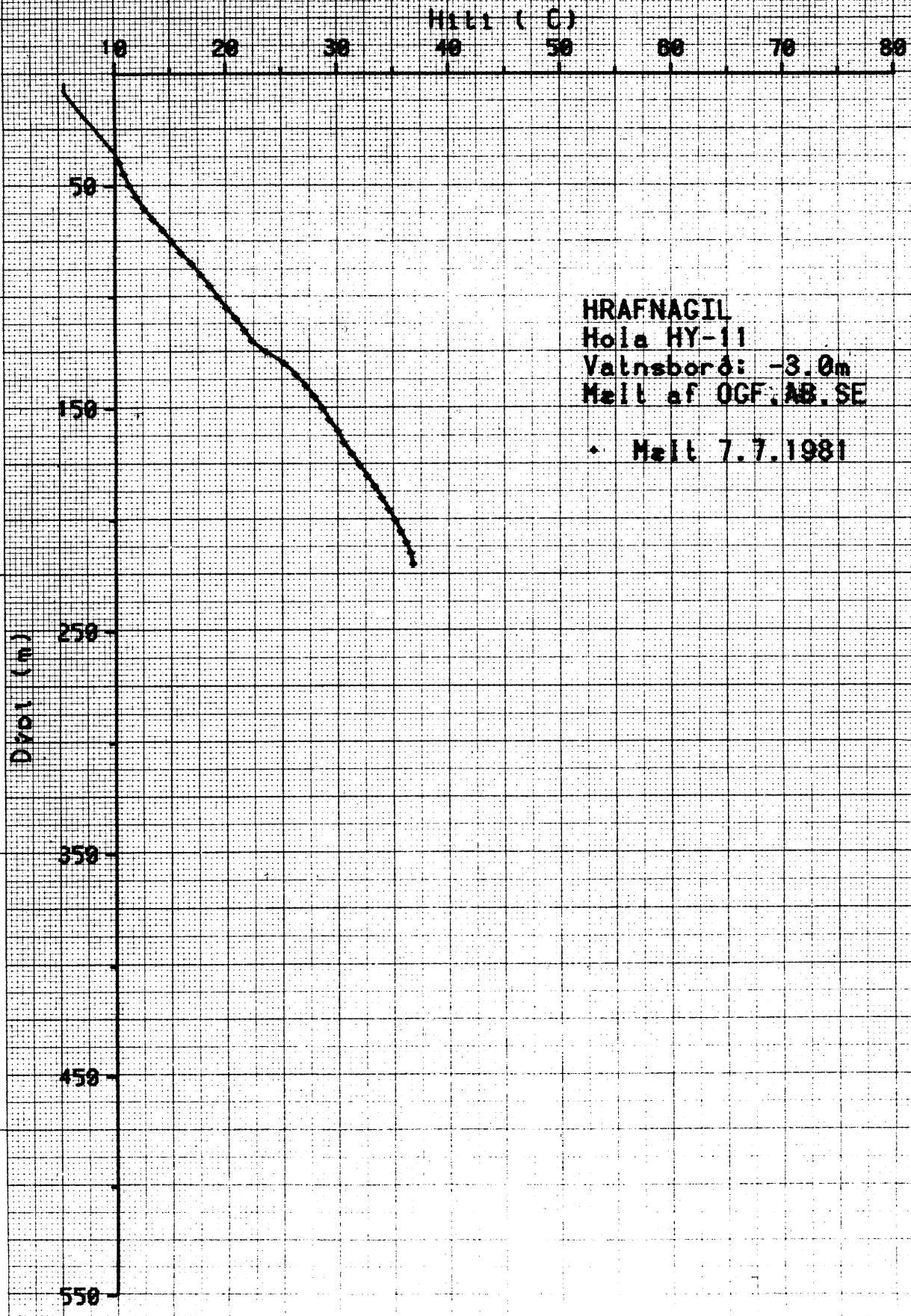


Hitamælingar í borholum





Hitamælingar í borholum



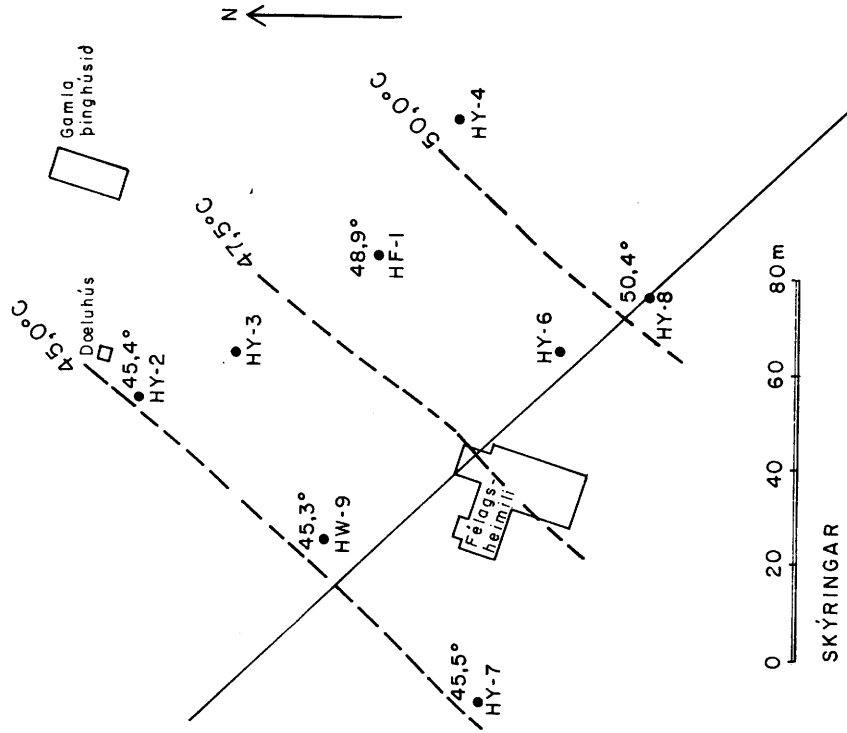
HRAFNAGIL
Hóla HY-11
Vatnsborð: -3.0m
Mell af OCF, AB, SE
• Malt 7.7.1981

VIÐAUKI D
Jafnhitakort

JHD-JED-6510. H.Tul.
83.01. 0089. Sy.J.

HRAFNAGIL

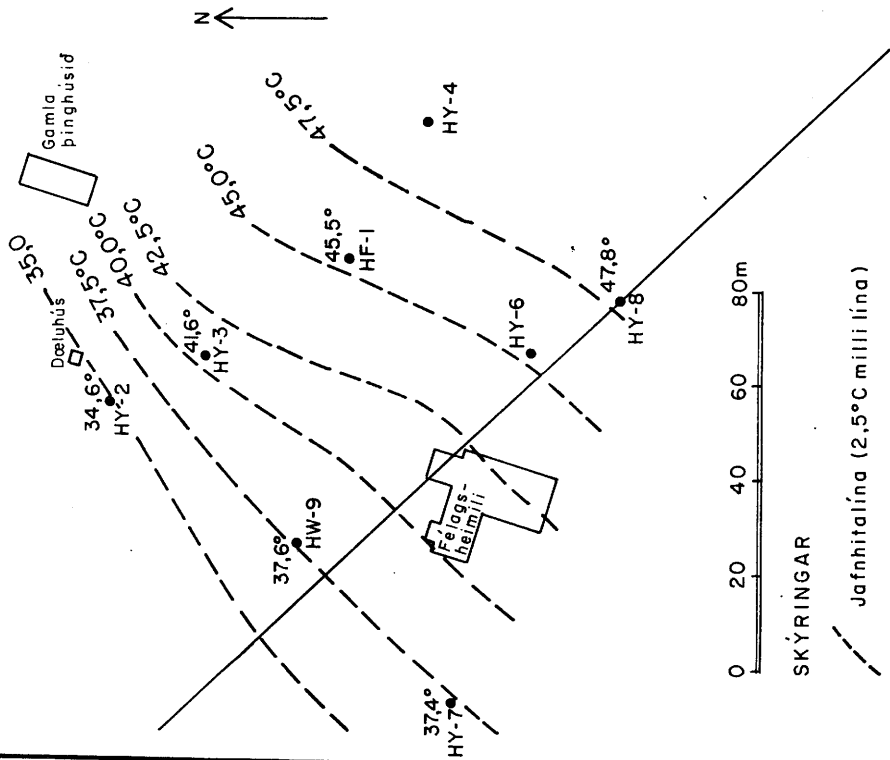
Hitastig á 200m dýpi

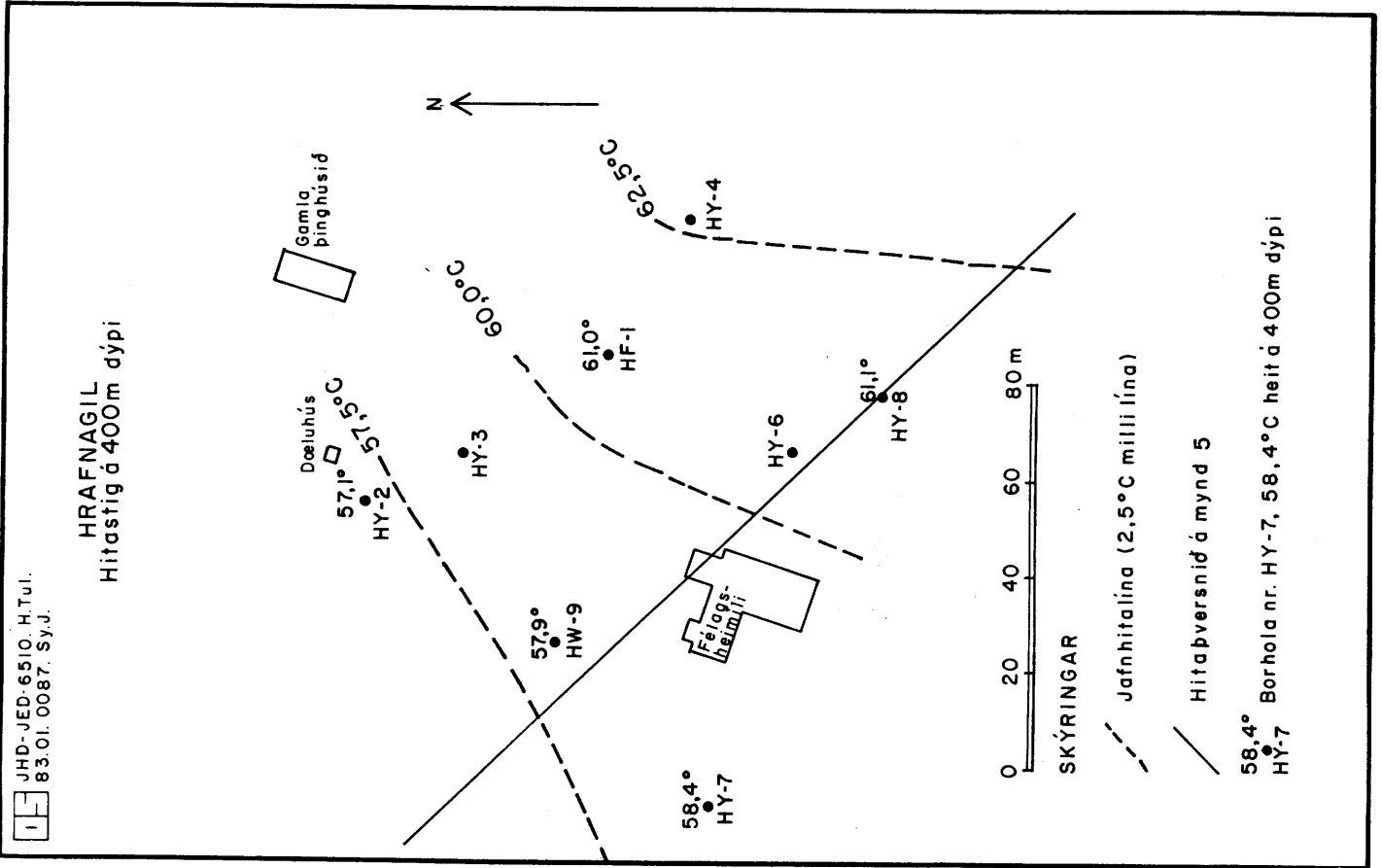
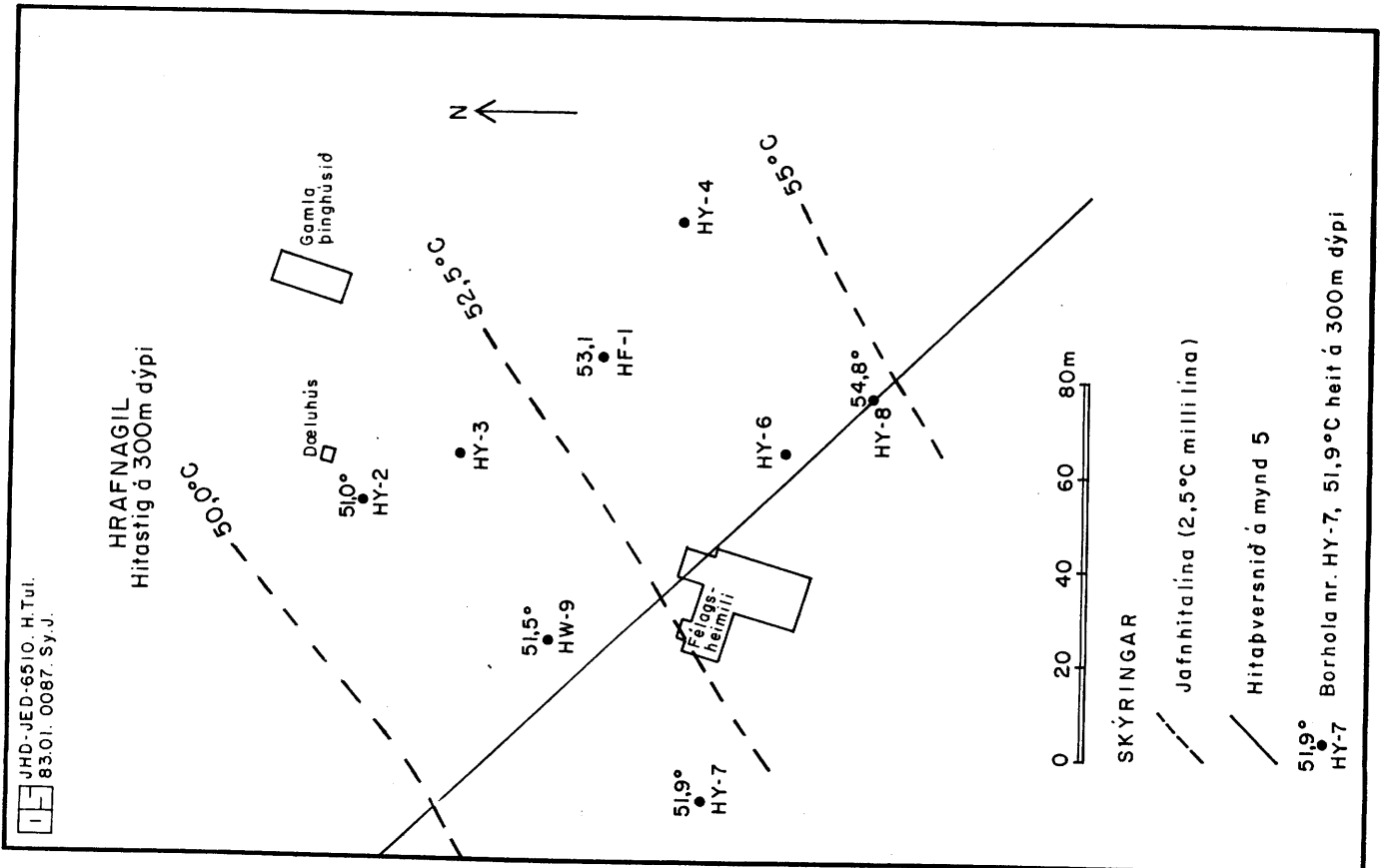


JHD-JED-6510. H.Tul.
83.01. 0090. Sy.J.

HRAFNAGIL

Hitastig á 100m dýpi

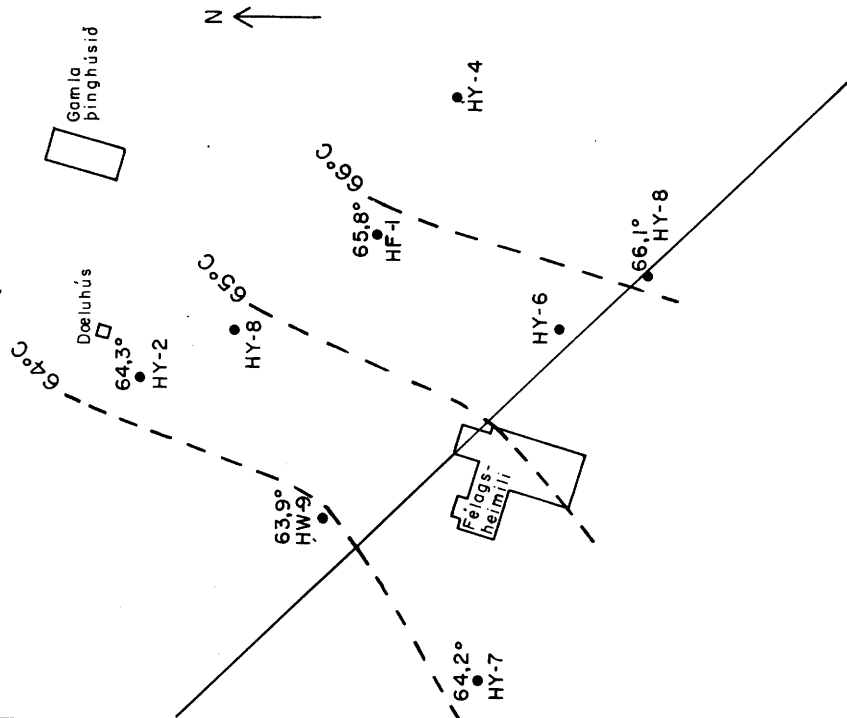




JHD-JED-6510, H.Töl.
83.01.0086, Sy.J.

HRAFNA GIL

Hitastig á 500m dýpi



0 20 40 60 80 m

SKÝRINGAR

--- Jafnhitalína (1,0°C milli lína)

— Hitabversnið á mynd 5

64,2°
HY-7 Borhola nr. HY-7, 64,2°C heit á 500m dýpi