



GREINARGERÐ UM BORHOLU ASÍ 1

HJÁ ÖLFUSBORGUM Í ÖLFUSI

eftir

Kristján Sæmundsson

og

Stefán Arnórsson

Des. 1971

26.11.'71

---

Að beiðni Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen hefur eftirfarandi greinargerð verið tekin saman um borholu ASÍ hjá Ölfusborgum og kostnað við dýpkun hennar og frágang sem vinnsluholu. Skýrslan er samin af Kristjáni Sæmundssyni, nema kaflinn um efnafræði vatnsins, sem er saminn af Stefáni Arnórssyni. Kostnaðaráætlun sú, sem fylgir skýrslunni er gerð af Guðmundi Sigurðssyni og Sigurði Benediktssyni.

#### 1. Jarðfræði umhverfisins

Holan er staðsett rúmlega 1 km suðaustur frá yfirborðsjarðhitanum í Hveragerði og hjá Reykjum. Misgengi með N-S-stefnu, sem eru algeng hjá Sogni og Hveragerði sjást vart í hlíðinni upp af Ölfusborgum. Því má búast við heillegu bergi á því svæði þar sem holan er, a.m.k. næst yfirborði, og þá fyrst og fremst láréttum vatnsleiðurum. Á teikn. 10339 er sýnt jarðfræðilort af næsta umhverfi holunnar ásamt þverskurðarmynd. Elzta jarðlagið innan takmarka kortsins er allt að 200 m þykk móbergsmyndun, sem kemur fram á yfirborði austan við Ölfusborgir. Borholan byrjar í þessari myndun og fer líklega niður úr henni í 125 m dýpi. Þessi móbergsmyndun er nefnd „Gljúfursmyndun“ á kortinu eftir gljúfrinu milli bæjanna Sogns og Gljúfurs, sem allt er skorið í hana. Basalteitlar og bólstrabergsívaf í Gljúfursmynduninni sýnir „öfuga“ segulstefnu víðast hvar, svo sem upp með gljúfrinu og sunnan í Sognafjalli. Hins vegar mældist segulstefnan sitt á hvað í hálsinum milli Sogns og Ölfusborga ofantil í þessari sömu myndun. Basaltið í Skjólkletti sýnir einnig öfuga segulstefnu.

Jarðlögin í Reykjafjalli, sem ofaná liggja, eru „rétt“ segulmögnuð og hallalaus svo sem sjá má í hraunlagasyrpu með móbergskennendum millilögum í klettabríkinni neðst í fjallinu. Segulskiptin, sem þarna verða, eru eflaust þau sömu og marka upphaf núverandi réttis segulskeiðs (Brunhes), sem hófst fyrir 700.000 árum.

Við Stórkonugil vestast í Reykjafjalli skiptir um jarðmyndun. Við gilið er misgengi, sennilega stórt, og stefnir NA-SV. Nokkuð vestan gilsins kemur fram móbergsmýndun, mikið ummynduð af jarðhita, og má rekja hana sunnan frá heilsuhæli meðfram Varmá inn fyrir Friðarstaði. Víða eru bólstrabergs- og breksíu-eitlar í þessari myndun og einkennandi fyrir hana er urmull af göngum og æðum, sem hafa yfirleitt norðvestlægan halla. Myndun þessi er nefnd Varmármyndun á kortinu. Hún hefur rétta segulstefnu og er hugsanlega yngri en Stórkonugilsmisgengið. Veruleg jarðhitamerki, þ.e. kröftug ummyndun og hverir, byrja vestan þessa misgengis og eru bundin við Varmármyndunina með sínum miklu innskotslögum. Ummyndunin nær ekki nema að litlu leyti til Reykjamyndunarinnar og alls ekki til Reykjafjallsmyndunarinnar, sem liggja mislægt ofan á rofinni Varmármyndun.

## 2. Túlkun jarðfræðilegra gagna með tilliti til jarðhitans.

Það, sem lesa má út úr jarðfræðilegri byggingu þessa svæðis, er í stuttu máli á þessa leið.

Snemma á Brunhes-skeiði hefur verið virk megineldstöð á svæðinu norðan Hveragerðis. Gosvirkni hennar hefur endað með myndun hinna mörgu innskotslaga og ganga, sem troðizt hafa frá rótum eldstöðvarinnar upp í efri berglögin. Samfara og í kjölfar myndunar innskotanna hefur fylgt öflug jarðhitavirkni, sem leitt hefur til háhitaummyndunar. Suðausturjaðar þess svæðis, sem er samfellt ummyndað á yfirborði er við Stórkonugil. Eftir fylgdi langt roftímabil. Þá eyddust nokkur hundruð metrar af jarðlögum ofan af megineldstöðinni og nágrenni hennar og jarðhitavirknin rénaði verulega. Gos hafa engu að síður haldið áfram á svæðinu með hléum, eftir að jarðhitavirknin tók að réna, svo sem Reykja- og Reykjafjallsmyndanirnar sýna.

Jarðhitinn í Hveragerði og norður þaðan einkennist af vatns hverum með tiltölulega klórriku vatni. Vatnskerfið bendir til rennslis úr norðurátt og norðurhallandi hámarkshitafleti frá 180°C í Hveragerði á 150 m - 300 dýpi til 230°C í mynni Grensdals

á um 300-600 m dýpi. Mikil ummyndun bergs á dýpi í borholunum miðað við tiltölulega lágt hitastig vatns í þeim bendir ótvírætt til þess, að ummyndunin sé gömul, líkt og hin útbreidda „kalda“ ummyndun í dölunum inn af Hveragerði. Hún stendur ekki í sambandi við jarðhitakerfið eins og það er í dag. Út frá þessu má álykta, að jarðhitasvæðið í Hveragerði og norður þaðan sé komið á kólnunarstig. Meginjarðhitavirknin hefur flutzt vestur, þ.e. á Hengilssvæðið.

Yfirborðshverir í Hveragerði og hjá Reykjum raða sér á nokkur mjó belti með norð-suðlægri stefnu (sjá kortið teikn. 10339). Líklega stendur þessi dreifing hveranna í sambandi við sprungur eða misgengi, sem hafa verið virk fram á síðustu tíma, og eru hagstæð fyrir uppstreymi vatns.

### 3. Jarðlög í borholu ASÍ 1 og nálægum borholum og ummyndun bergs.

Á teikn. 10301 er sýnt jarðlagasnið af holu ASÍ 1. Jarðlagasniðið var unnið upp úr upplýsingum um borhraða, lit á skoli og svarfi þar sem það var til, en fyrsti áfangi holunnar var boraður, áður en farið var að safna svarfi reglulega með 2 m millibili eins og nú er venjan. Gljúfursmyndunin (aðallega móberg) nær niður að basaltinu í 125 m. Þar fyrir neðan skiptast á móberg og basalt í nokkurn veginn jöfnum hlutföllum.

Ummyndun niður að 350 m einkennist af brúnum leir og zeólítum. Þar fyrir neðan verður grænn litur meira áberandi á leirnum, einkum neðan 500 m. Kvarzsteinar og pýrit er einkum áberandi neðantil í holunni í sambandi við grænleitu ummyndunina.

Í borholunni í Sogni kemur fram svipuð jarðlagaskipting. Gljúfursmyndunin nær niður í 40 m. Þar taka við basaltlög, sem ná niður í 185 m og boruðust mjög seint. Ummyndun í borholunni í Sogni er meiri en í ASÍ 1 og nær herra upp. Frá 350 m er bergið grænt og fullt af kvarzsteinum og pýriti. Þessi ummyndun er ekki í neinu hlutfalli við þann lága hita, sem fannst í Sognsholunni og hlýtur að vera frá sama tíma og jarðhitaummyndun Hveragerðissvæðisins, eða eldri. Hugsanlega

ráða misgengin mestu um hina miklu ummyndun í Sognsholunni. Á einstöku stað finnst kulnuð jarðhitaummyndun við þessi misgengi á yfirborði.

Jarðlög í holu NLFÍ 1 eru flest þau sömu og í holu ASÍ 1 en finnast lítið eitt neðar. Græn ummyndun er samfelld frá 390 m (miðað við 500 m í holu ASÍ 1). Hóla NLFÍ 2 er hins vegar mjög frábrugðin. Græn samfelld ummyndun nær þar upp í 30 m. Mun ástæðan vera sú, að holan hefur hitt mjög nærri sprungu, annaðhvort þeirri, sem austasta hveralínan er tengd, eða Stórkonugilsmisgenginu. Ummyndunin í holu ASÍ 1 er ekki jafnmikil og í NLFÍ holunum og Sognsholunni, það bendir til mikilvægis misgengjanna sem vatnsleiðara fyrir heita vatnið til yfirborðs.

#### 4. Hiti og vatnsæðar í holunni.

Eftir borun 1. áfanga (Mayhew 1964), en þá var holan 509 m djúp, var hún hitamæld um þrem vikum eftir að borun lauk. Hitamælingin er sýnd á teikn. 6457. Holan var  $138,5^{\circ}\text{C}$  í 485 m. Af hitamælingunni er að sjá sem einhver leki sé milli 250 og 275 m (hiti um  $100^{\circ}\text{C}$ ). Önnur æð um  $40^{\circ}\text{C}$  heit kemur fram á milli 100 og 120 m dýpis.

Eftir að borun seinni áfanga lauk, en þá var holan dýpkuð í 644 m, var pakkað í holunni, þ.e. reynt var að sprengja út æðar í holuveggnum með vatnsþrýstingi. Pakkarinn var settur í 205 m og festist vel. Ekkert rann upp með pakkaranum. Fyrst var dælt í 2 1/2 klst samfleytt um 10 l/sek (alls um 90 tonn). Á slögum fór þrýstingurinn í ca.  $40\text{ kg/cm}^2$ . Þegar dæling var stöðvuð fór bakþrýstingur í  $20\text{ kg/cm}^2$ . Vatninu var þá hleypt upp og bakþrýstingur mældur 45 mín síðar, en þá var hann kominn niður í  $6\text{ kg/cm}^2$  og hitastig vatnsins, sem upp kom,  $55^{\circ}\text{C}$ . Dæling var þá hafin að nýju og dælt til kvölds 10 l/sek og síðan alla nóttina eftir, 7 l/sek. Pakkarinn hélt allan tímann og þrýstingur hélzt sá sami. Mælirinn sló upp í  $40\text{ kg/cm}^2$  á slögum við 10 l dælinguna. Alls var dælt í holuna um 1000 tonnum af vatni.

Bakþrýstingur var ívið meiri og hélzt lengur en eftir fyrstu dælinguna. Þegar runnið hafði úr holunni í 5 klst., var vatnsmagnið komið niður í 2 l/sek 54°C.

Holan var hitamæld þrem dögum eftir pökkun (sjá teikn. 9407). Hitamælir stöðvaðist í 450 m vegna fyrirstöðu í holunni. 40 m æðin kemur skýrt fram í hitamælingunni, hins vegar ekki æðin í 100-200 m. Neðan við 250 m er hlykkur á hitaferlinum, sem bendir til, að þar sé vatnsæð, sem kalt vatn hafi streymt inní við pökkunina. Einnig er greinileg vatnsæð í 425 m og má ætla, að þar hafi meginhluti vatnsins, sem dælt var niður, farið út í bergið. Vegna fyrirstöðunnar var ákveðið að renna bornum aftur í holuna og hreinsa hana í botn, enda var borinn enn á staðnum. Holan var hitamæld ári síðar á 10 m bili í 200 m (14. apríl 1971, sjá teikn. 9996). Sú mæling sýnir báðar köldu æðarnar í 40 og 110 m. 100°C var nú náð í 120 m dýpi, þ.e. 100 m ofar en eftir borun 1. áfanga. Mun þetta stafa af vatnsstreymi upp eftir holunni. Loks 30.7.1971 var holan hitamæld í botn. (sjá teikn. 10098). Hiti í 485 m virðist vera sá sami og fyrir dýpkun, en botnhiti 10° hærri eða 149°C. Ekkert rennsli virðist koma í holuna á þeim kafla, sem boraður var í seinni áfanga, og dýpkunin því alveg árangurslaus. Hitamælingin sýnir, að rúmlega 130°C heitt vatn streymir í litlu magni inní holuna á 425 m dýpi og síðan upp eftir henni. Kæling vegna innstreymis kaldara vatns á sér stað í 110 m og í 40 m. Sá dreitill, sem nú rennur úr holunni, er summan af innstreyminu úr þessum þremur æðum. Æðin í 425 m kom fyrst fram eftir pökkunina, sem þannig hefur borið smáárangur. Æskilegt hefði verið að þrýsta á holuna mun meira vatnsmagni per tímaeiningu en þeim 7-10 l/sek, sem hún tók svo greiðlega við.

##### 5. Viðnámsmælingar.

Sumarið 1969 voru gerðar 8 dýptarmælingar við Sogn, holu 1 hjá Ölfusborgum og hjá Gljúfurárholti. Mælingarnar voru yfirleitt helzt til grunnar og niðurstöður þeirra ekki einhlítar með tilliti til túlkunar á hitaástandi í berggrunni. Sumarið

1971 voru gerðar 3 dýptarmælingar með öðrum öflugri tækjum við holu ASÍ 1, holu 1 í Sogni og hjá Grænhóli 3-4 km sunnar en þessar holur. Mælingarnar voru liður í jarðhitarannsókn í Ölfusi, Flóa og Ásahreppi. Mjög gott samræmi er á milli mælinganna og þess sem vitað er um hitaástand í berggrunni út frá borunum. Mælingin við holu ASÍ 1 sýnir viðnám undir 8  $\Omega$ m frá 250 m niður fyrir 700 m, sem er mjög lágt og í samræmi við háan berghita. Mælingin við borholuna í Sogni sýnir um 18  $\Omega$ m frá 150 m niður í 900 m, í samræmi við lægri berghita sem mældist í þeirri holu. Mælingin við Grænhól sýnir viðnám 27  $\Omega$ m og lægra frá 50 m niður í 400 m, sem bendir til mun kaldara bergs en norðar. Viðnámsmælingarnar benda þannig til hækandi berghita í efstu 500 m til norðurs og vesturs í átt að háhitasvæðinu í Hveragerði og norður þaðan.

6. Túlkun á samsetningu heita vatnsins með tilliti til vatnskerfa.

Samsetning heita vatnsins í holu ASÍ 1 sýnir, að þetta vatn er af sama uppruna og háhitavatnið í Hveragerði. Sama er að segja um vatn úr borholu við Öxnalæk, sem kemur úr vatnsæð af 935 m dýpi. Hins vegar er samsetning vatns úr borholu við Sogn allt önnur og er hún boruð í vatnskerfi, sem er annað, en háhita-kerfið í Hveragerði.

Tafla 1. Efni í vatni úr borholum af Hveragerðissvæðinu.  
Magn í ppm.

Dýpi, sem sýni var safnað á: Efni	Hveragerði G-2	ASÍ hola 1 425 m	Öxnalækur hola 1 920 m	Sogn hola 1 512 m
pH	7.1/199	8.05/20	7.05/20	9.45/20
SiO <sub>2</sub>	269.5	161.0	202.5	87.0
Na <sup>+</sup>	157.0	158.0	143.0	59.0
K <sup>+</sup>	4.8	5.2	9.5	3.6
Ca <sup>++</sup>	2.0	8.5	14.5	1.1
Mg <sup>++</sup>	0.1	0.1	0.5	0.1
CO <sub>2</sub>	102.6	52.0	113.0	84.0
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	44.0	49.2	48.4	4.1
H <sub>2</sub> S	60.5	<0.1	<0.1	<0.1
Cl <sup>-</sup>	121.8	184.8	132.8	11.3
kísilhiti	199°C	160°C	178°C	84°C
mældur hiti	190°C	149°C	160°C	84°C

Þær meginbreytingar, sem hafa orðið á samsetningu borholu-  
vatns í holu ASÍ 1 (og holu 1 Öxnalæk) miðað við háhitavatnið  
úr G-2 í dalnum upp af Hveragerði er lækun á kísilsýru ( $\text{SiO}_2$ )  
og brennisteinsvetni, en hækkun á klóríði. Kísilsýran í vatninu  
úr holu 1 ASÍ bendir til aðeins hærri hita en mælist í holunni.  
Við tiltölulega lágan hita fellur kísilsýra mjög treglega úr  
vatninu og samræmi mælds hita og kísilhita bendir því til þess,  
að vatnið hafi ekki kólnað snögglega nálægt innstreyminu í holuna  
vegna suðu eða af öðrum ástæðum.

Hið lága brennisteinsvetni í holu ASÍ 1 er túlkað með hægri  
kólnun á háhitavatninu, en ekki kröftugri suðu. Ef slík suða  
kæmi til mundi karbónat vatnsins vera miklu minna en efnagrein-  
ingin sýnir. Hækkun á klóríði bendir þó til, að þetta vatn hafi  
soðið nokkuð; sé miðað við borholu G-2 í Hveragerði.

Þegar háhitavatn kólnar, falla út úr því ýmis efni, er þetta  
bergið, sem vatnið rennur um. Það hefur sýnt sig, að bergið,  
sem hola ASÍ 1 fer gegnum, er tiltölulega þétt. Virðist ólík-  
legt, að háhitavatnið, sem streymir upp til yfirborðs í hverum  
í Hveragerði, fari gegnum berggrunninn út frá háhitasvæðinu á  
jafnlitlu dýpi og hola ASÍ 1 nær niður á, þegar tekið er tillit  
til þess hversu bergið er þétt og að hiti eykst með dýpi í hol-  
unni. Verður því að telja nokkrar líkur á því að hitta á vatns-  
æðar með því að dýpka holu ASÍ 1.

Efnasamsetning vatnsins í holu ASÍ 1 skv. efnagreiningunni  
leyfir beina notkun. Ef mjög djúpt verður borað og vatnshiti  
færi uppundir  $200^\circ\text{C}$  hækkar kísilsýra og brennisteinsvetni svo  
mikið, að ómögulegt gæti reynst að nota vatnið beint. Við  
svona háum hita er þó ekki að búast ofan við 1200 m.



7. Helztu ályktanir og hugsanlegur árangur af dýpkun.

Hola ASÍ 1 er boruð við austurjaðar háhitasvæðis. Þær jarðfræðilegu aðstæður, sem skapa uppstreymisskilyrðin í Hveragerði, sprungur og gangar, ná ekki austur að Ölfusborgum. Vatnsleiðarar í holunni virðast fyrst og fremst vera tengdir við lagmót. Hins vegar kunna skilyrði að vera önnur á meira dýpi. Hitastig í berginu, sem borað var gegnum, er lægra en í Hveragerðisholunum þar sem hámarkshiti er um 180°C. Efna-samsetning vatnsins bendir hins vegar til, að um sama vatnskerfi sé að ræða á báðum stöðunum. Aðrennsli innundir Ölfusborgasvæðið frá háhitasvæðinu í Hveragerði og þar norðuraf á sér stað á meira dýpi en nemur dýpt holu ASÍ 1. Borunin sjálf gekk mjög vel, þar sem bergið reyndist yfirleitt fremur meyr. Varð borunin því hlutfallslega ódýr. Verði holan dýpkuð, má búast við góðum borgangi áfram, hins vegar verður nokkur kostnaður í byrjun vegna nýrrar fóðrunar og þéttingar á köldu innstreymi í 110 m.

Til þess að árangur megi teljast fullnægjandi, þarf að fást úr holunni um 5 l/sek. af 100°C heitu vatni undir þrýstingi, sem nægir til að koma vatninu inná millihitara í dæluhúsi tæpum 2 metrum ofar en holan. Er þá miðað við hitaþörfina, þegar þau mannvirki eru komin, sem þarna er fyrirhugað að reisa. Hitaþörfin nú er hins vegar um 2-3 l/sek. 100°C (uppl. frá Sigurði Sigfússyni, verkfræðistofu Sig. Thoroddsen). Ekki er unnt að segja fyrir um, hvern árangur dýpkun holunnar í 1100 m kunni að bera. Hiti í berginu verður líklegast milli 150 og 160°C.

Líkur á því að hitta nýjar vatnsæðar eru vissulega nokkrar og aukast því dýpra sem borað verður. Hins vegar skal engu spáð um, hversu öflugar þær kunna að reynast. Eins og fram kemur í kostnaðaráætlun er kostnaður við dýpkun hlutfallslega mikill vegna nýrrar fóðringar, þéttingar leka í 110 m og vegna pökkunar, sem líklega verður nauðsynlegt að gera áður en skilið verður við holuna endanlega.

29.12.'71

Við dýpkun þessarar borholu er gert ráð fyrir að nota Wabco-bor.

Áður en borinn kemur á staðinn þarf verkkaupi að ganga frá eftirfarandi atriðum, sem eru ekki tekin með í kostnaðaráætlun þessari:

Að steypa kjallara í kringum holuna samkvæmt nánari fyrirsögn Jarðborana ríkisins eða ráðgefandi aðila um borunina. Stærð kjallarans er 2 x 2,5 m og dýpi 1,8 m.

Að bera ofan í borplanið samkvæmt fyrirsögn Jarðborana ríkisins, þar sem Wabco bor er mun þyngri en bor sá, sem boraði áður.

Verkkaupi annast venjulega uppihald boráhafnar á meðan á verki stendur. Áhöfn Wabco bors er sjö menn og unnið á vöktum allan sólarhringinn.

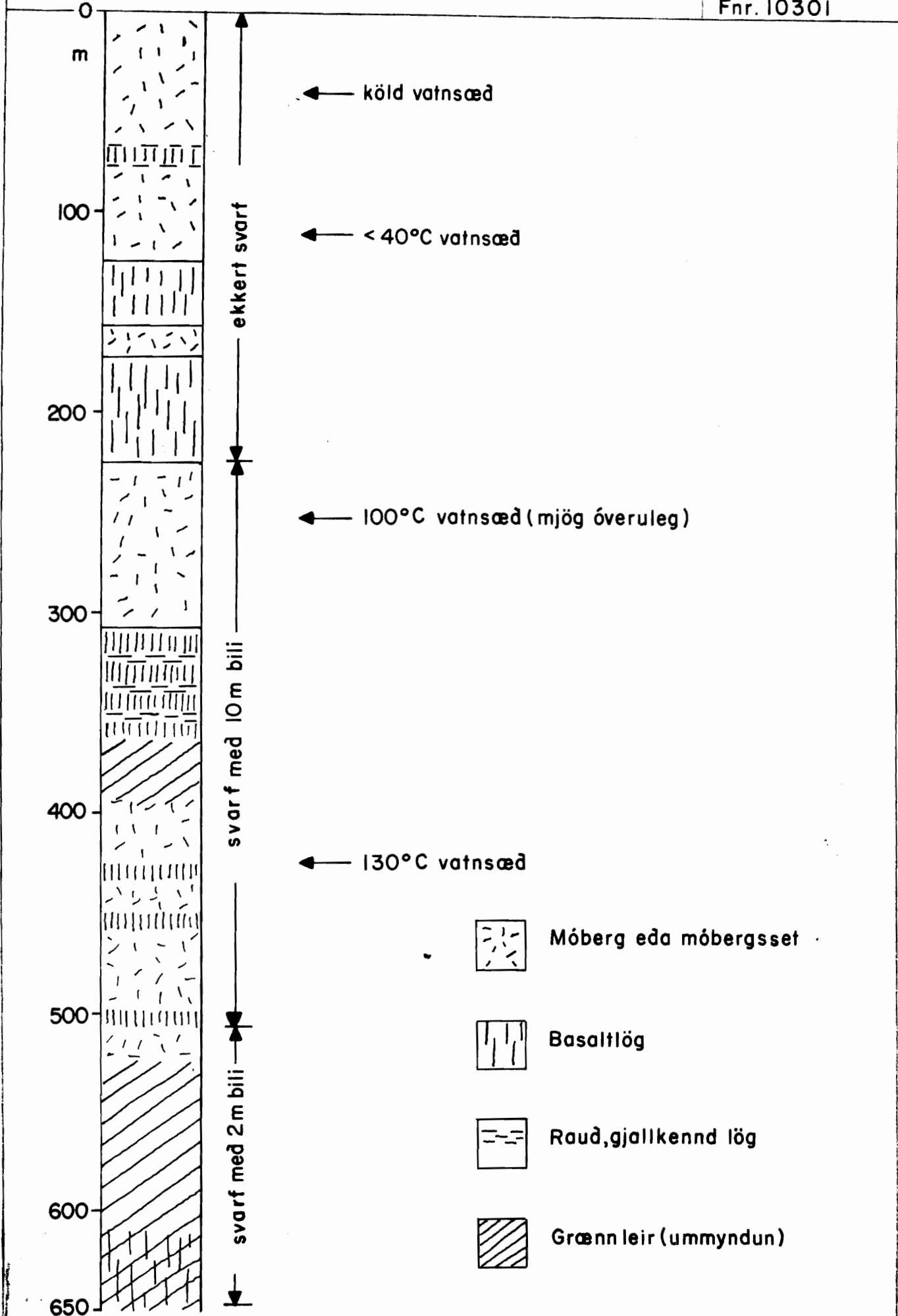
Áður en dýpkun holunnar getur hafist þarf að rýma og fóðra holuna og þetta lekastaði í 40 og 120 m dýpi.

Kostnaðarliðir:

1. Flutningur og uppsetning bors, 3 dagar	kr.	285.000
2. Rýming og fóðrun, 4 dagar	"	270.000
3. Dýpkun frá 644 m í 1100 m, 4 dagar	"	410.000
4. Pökkun á holuna ef þörf er á, 2 dagar	"	<u>185.000</u>
	kr.	1.150.000

Verð án söluskatts.

Þessi kostnaðaráætlun er ekki tilboð eða bindandi á neinn hátt heldur eingöngu ætluð til viðmiðunar.



Móberg eða móbergsset



Basaltflög



Raud, gjallkennd lög

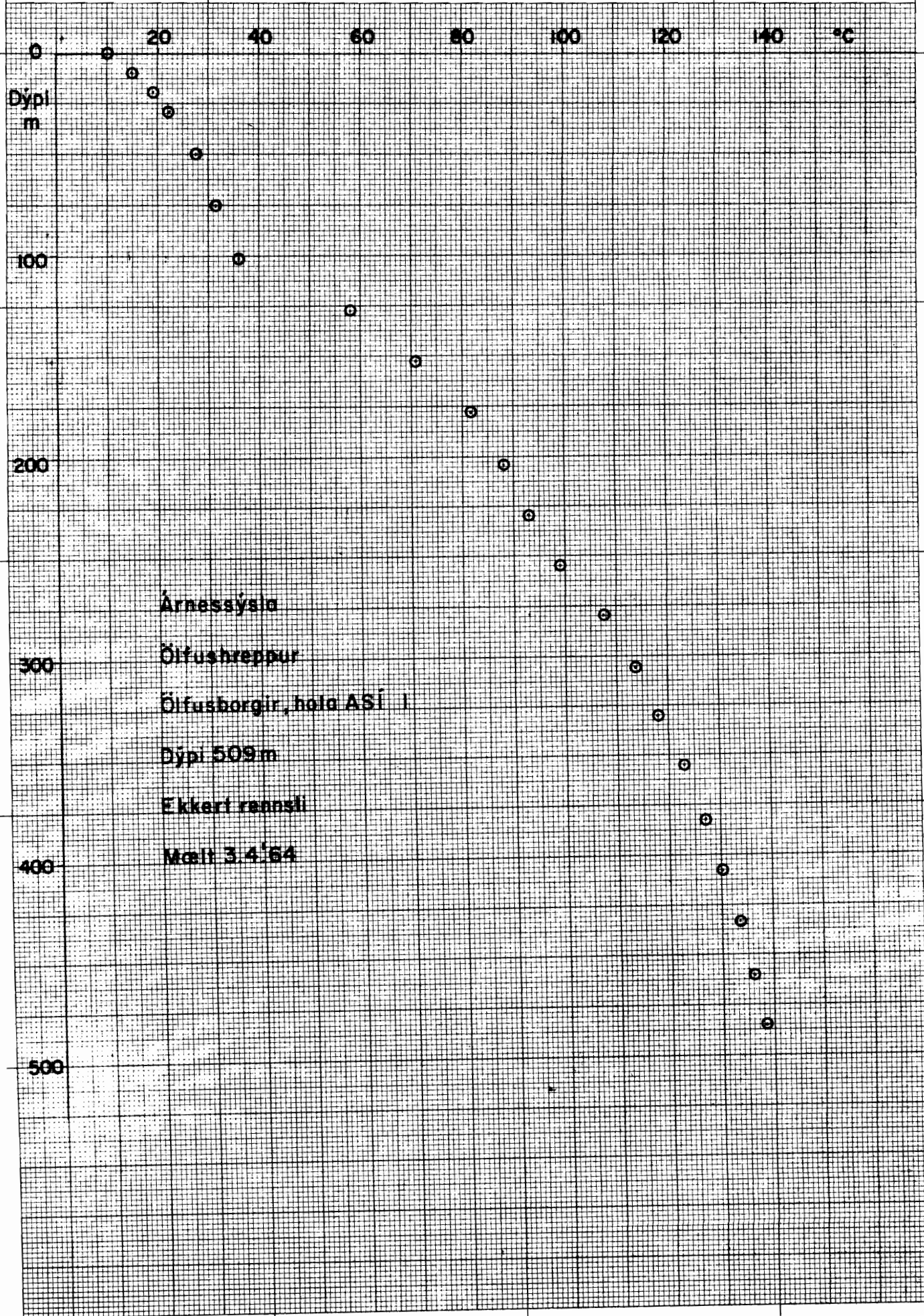


Grænn leir (ummyndun)

FN R. 6457

RAFORKUMÁLASTJÓRI Jarðhitadeild  
Hitamæling í borholu ASÍ  
Hveragerði

15-4-'64 VS/e  
J-Hitam. J-Hverag.  
Tnr 364 Tnr 108  
Fnr - 6457



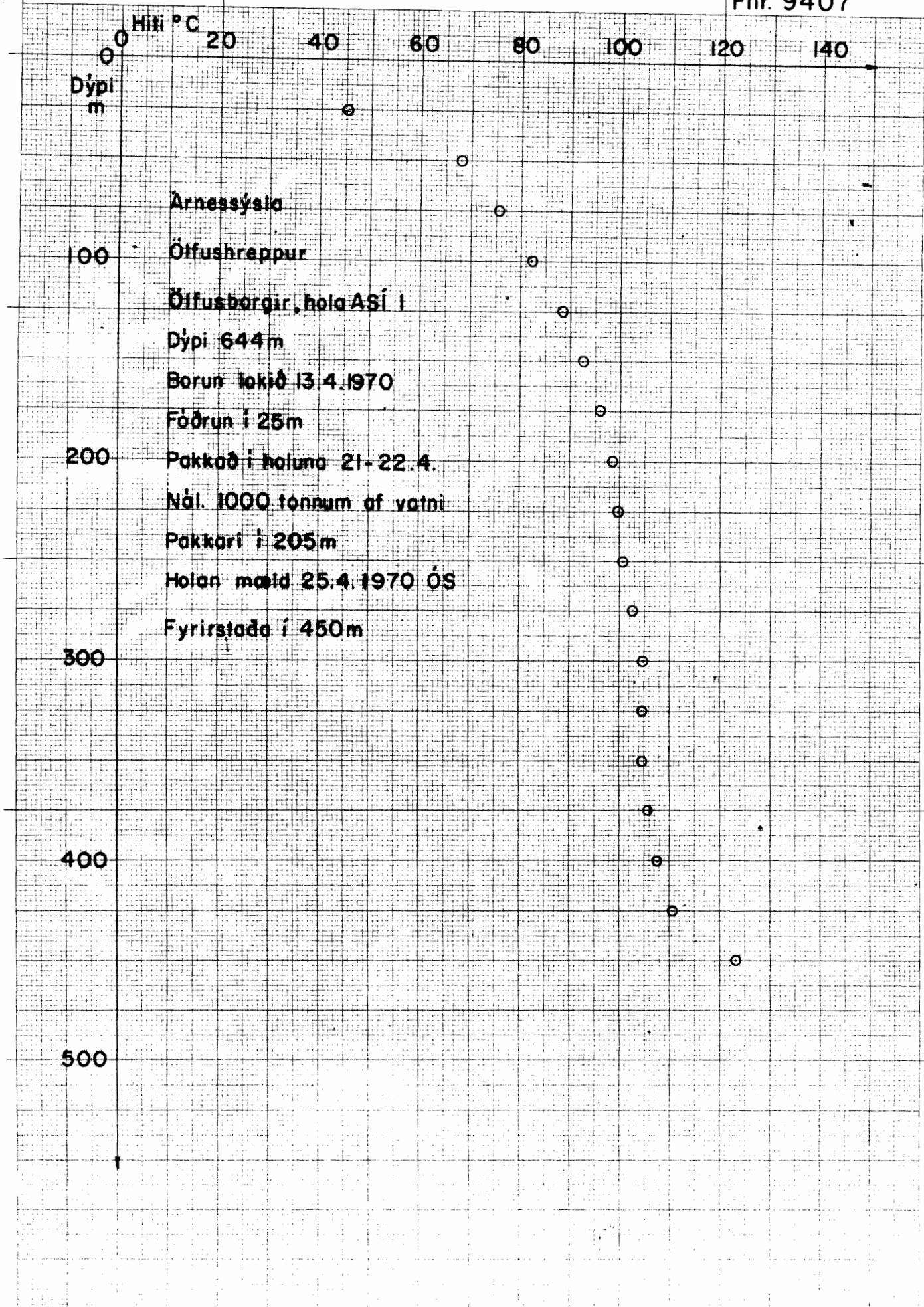
Hitamælingar í borholum

28.4'70 K.S/O.M

Tnr. 668 Tnr. 28

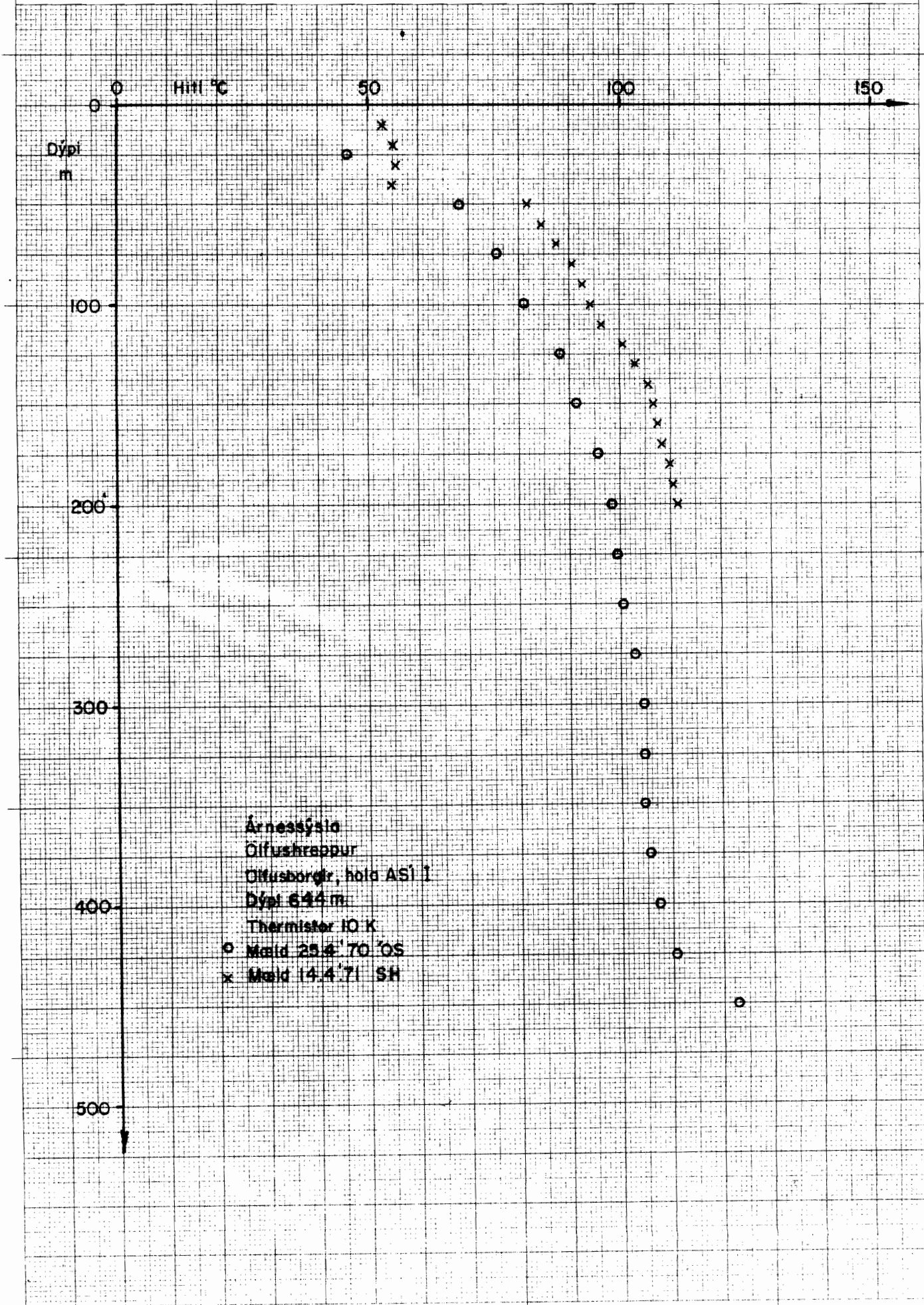
J- Hitam. J-Ölfus

Fnr. 9407

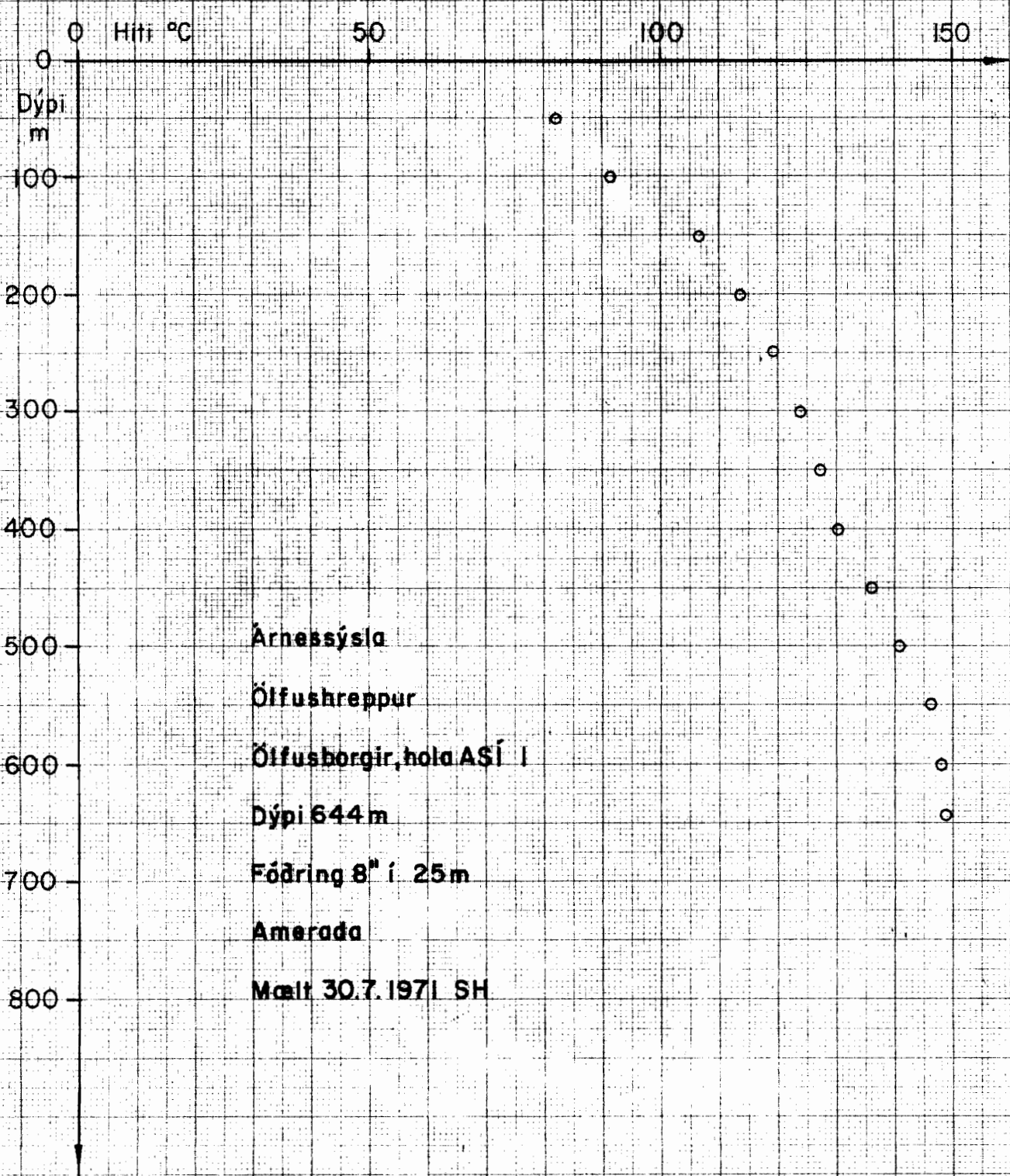




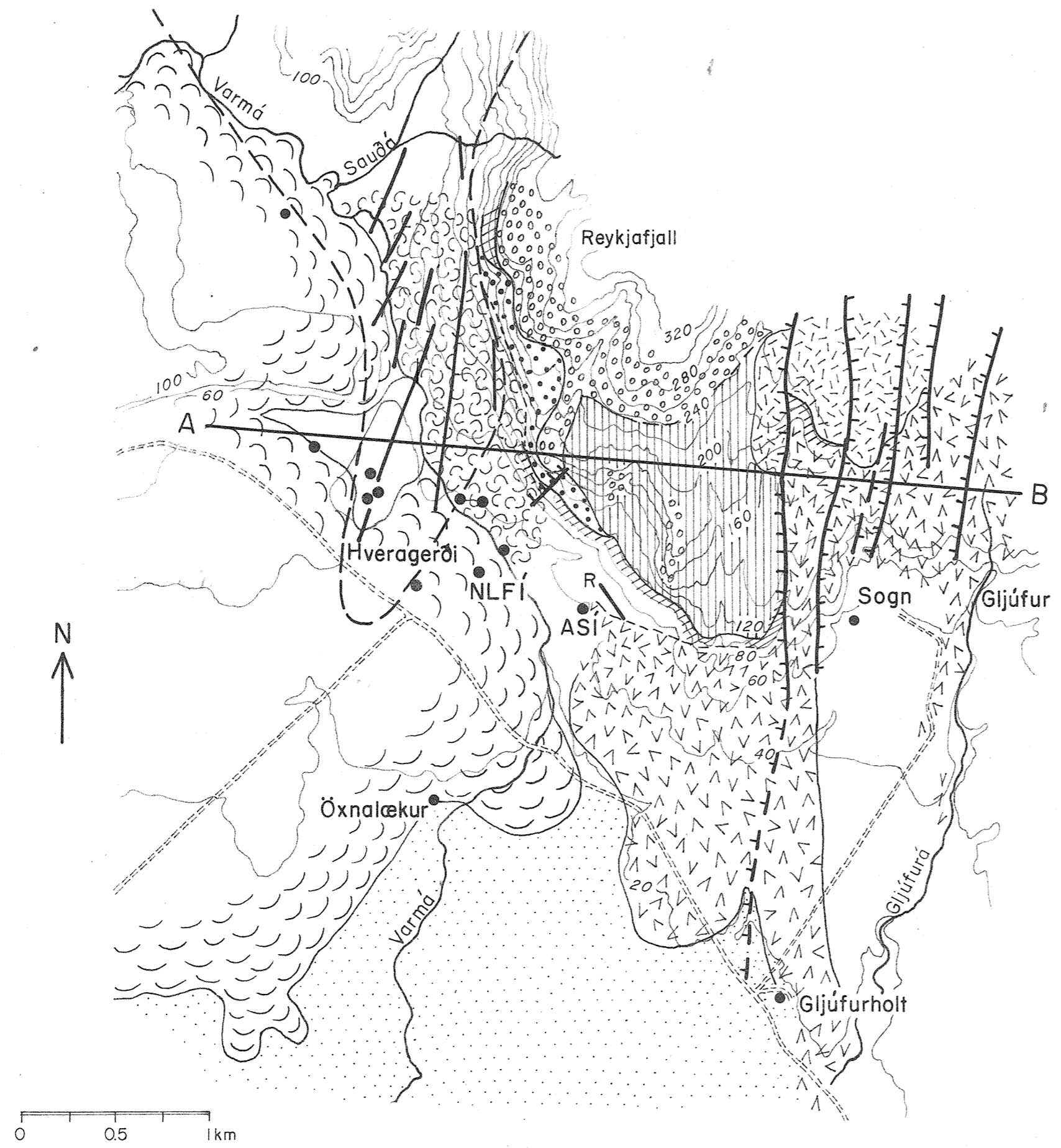
Hitamælingar í borholum.



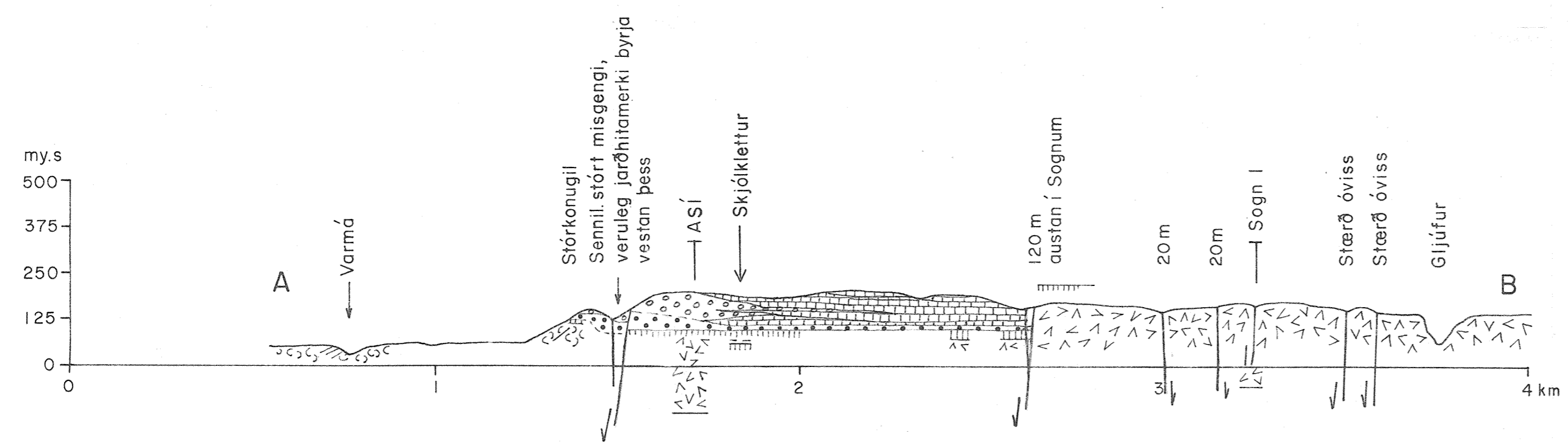
# Hitamælingar í borholum



Arnessýsla  
Ölfushreppur  
Ölfusborgir, hola ASÍ I  
Dýpi 644 m  
Fóðring 8" í 25m  
Amerada  
Mælt 30.7.1971 SH



- SKÝRINGAR:
- Smádílótt móberg - Sognamyndun
  - Dílótt móberg
  - Dílótt basalt
  - Móbergsmyndun án díla (Reykjamyndun)
  - Móbergsmyndun með miklum innskotum - Varmármyndun
  - Þóleít-basalt
  - Ólivín-basalt
  - Móbergsmyndun
  - Vatnaset
  - Hraun frá síðjökultíma og nútíma (12.000 ára og yngri)
  - Borhola
  - Yfirborðsjarðhiti
  - Hveralína
  - Misgengi. Stærð í m er sýnd á þversniði



<b>ORKUSTOFNUN</b>		
Jarðfræðikort af Hveragerði og nágrenni		
13.12.1971 KS/Gyða	J-Hveragerði	Fnr. 10339
	Thr. 182	