

**ORKUSTOFNUN**  
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

## SKILAGREIN

### **REYKJAVÍK HOLA RG—38** **Borun, jarðlög og ummyndun**

Guðmundur Ómar Friðleifsson  
OS82034/JHD05 B

Mars 1982

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
INNGANGUR .....	3
BORSAGA .....	3
JARBLÖG .....	4
UMMYNDUN .....	5

## TÖFLUR

TAFLA 1: Þunnsneiðalisti .....	9
TAFLA 2: Niðurstöður XRD-greininga .....	10

## MYNDIR

MYND 1 : Einfaldað jarólagasnið milli hola .....	11
MYND 2 a-f, jarólagasnið RG-38 .....	12
MYND 3 : Ummýndunarsaga .....	18

## INNGANGUR

Hola RG-38 við Hátún var boruð með Gufubor (Dofra) fyrir Hitaveitu Reykjavíkur. Í þessari skilagrein er borsögu, jarðlögum og ummyndun lýst. Jarðlagaskípan er borin saman milli nálægra borhola og sýnd á mynd 1. Athugun á ummyndun fólst fyrst og fremst í skoðun jarðhitaútfellinga með tilliti til þróunar með tíma. Fæðniðurstöður eru birtar á mynd 3.

### Borsaga

Borun fyrir vinnslufóðringu með 17 1/2" krónu (S-62-J) hófst hinn 16. desember 1981, í 24 m dýpi og lauk hinn 6. janúar 1982, í 336 m dýpi. Einungis var borað á virkum dögum og jólafrí var tekið frá 19/12/81 til 04/01/82. Borun gekk að heita má skakkafallalaust. Talsverðs botnfalls svarfs varð vart í borun og 8 m af svarfi sátu á botni fyrir steypingu fóðurrörs (13 3/8"). Fóðurrörsendi er því á 328 m dýpi en 8 m skápur fyrir neðan (sjá mynd 2 b).

Borun vinnsluholu hófst hinn 8. jan. í 336 m og lauk hinn 25. sama mánaðar á 1488 m dýpi. Borað var með 12 1/4" krónu (FP-62-J). Fyrirhuguð hafði verið borun með 9 1/2" krónu frá u.þ.b. 1600 m í u.þ.b. 2200 m dýpi. Holan boraðist hlykkjótt (sjá töflu um hallamælingar) og botnfall svarfs var nokkuð meðan á borun stóð (frá 2,5 - 14 m). Eins tók nokkuð í vigt og talið að lykilhola hefði myndast. Ákveðið var að hætta borun á 1488 m dýpi og holan víddar- og hitamæld að lokinni borun.

Hallamælingar voru gerðar reglulega meðan á borun stóð og eru niðurstöður þeirra sýndar að neðan:

137 m dýpi	0,6°	464 m dýpi	5,2°	759 m dýpi	1,9°
345 m dýpi	8,0°	524 m dýpi	3,4°	896 m dýpi	1,0°
355 m dýpi	8,2°	629 m dýpi	2,1°	1164 m dýpi	1,0°
401 m dýpi	7,1°	686 m dýpi	2,0°	1400 m dýpi	0,9°

Eins og sjá má á þessum mælingum er stærsti hlykkur holunnar neðan fóðringar niður á u.þ.b. 400 m. Holan var jafnframt stefnumæld tvisvar. Sýndu þær mælingar að holu hallaði til suðurs frá holutoppi.

Fylgst var reglulega með skoltapi meðan á borun stóð. Reyndist það óverulegt ef nokkuð, þar til á 998 m dýpi er algjört skoltap varð ( $\geq 30$  l/s). Svo unnt væri að halda borun áfram var holan þétt með sagi. Minnkaði leki úr u.þ.b. 16 l/s í 1030 m dýpi í u.þ.b. 7 l/s í 1050 m og loks í 5,5 - 5,8 l/s á 1100 m dýpi og hélst svo í botn holu. Að lokinni borun var loftdælt, síðan þrýstidælt og loftdælt að nýju. Gaf holan þá um 30 l/s.

Í heild má segja að borun hafi gengið vel. Um sólarhrings töf varð þó, er álagsstöng brotnaði á rúmlega 1060 m dýpi.

### Jarðlög

Gott samræmi reynist vera milli jarðlagagreininga í holum G-38 og annara nálagra hola. Einfölduð jarðlagasnið fyrir G-38, G-4 og G-34 eru sýnd á mynd 1. Nákvæmt jarðlagasnið af G-38 ásamt hluta þeirra mælinga-  
niðurstaðna sem liggja fyrir er svo sýnt á myndum 2 a-f.

Á mynd 1 sést að móbergsmýndun nær niður á 320 m dýpi, þá basalhraunlagamyndun niður á u.þ.b. 550 m dýpi er við tekur önnur móbergsmýndun niður á tæplega 700 m dýpi. Jarðlög til botns (1500 m á mynd 1) mynda svo basalhraun ásamt nokkrum þunnum "móbergslögum". Áberandi rauðleit jarðlög eru merkt með R á mynd 1. Á mynd 2 sést nánari staðsetning rauðleitra laga sem eru annars vegar setlög og hins vegar gjallkargar á hraunlagamótum. Á mynd 1 er sýndur fyrsti fundarstaður háhitasteindarinnar epidót á tæplega 700 m dýpi í RG-38, og fyrsta getins fundarstaðar í RG-4 og RGJ-34. Epidót er áberandi ummyndunarsteind neðan 850 m.

Á mynd 2 er sýnt jarðlagasnið um holu RG-38. Efst er Reykjavíkurgrágrýti (ólivín-þóleiit). Þá tekur lagskipt Elliðaársetið við niður á 60 m dýpi. Markar það kvartert mislægi, en hraunin undir eru u.þ.b. 2,5 milljón ára gömul. Hraunin undir Elliðaársetinu eru áberandi blöðrott og kargaleg. Þau eru jafnframt ummynduð (smektít, pýrít, kalsít, kvars og zeólítar). Þá tekur við lagskipt móberg niður á 315 m dýpi.

Í móberginu skiptast á basaltbreksíur, túff og hraunalinsur. Rautt "leirkennt" setlag er svo neðan hrauns í 167-170 m dýpi. Þunn, þétt og grófkristölluð basaltlög má túlka sem innskot (á 220-222, 230-233, 264-268 m og 280-282 m dýpi).

Neðan 315 m dýpis niður á 550 m dýpi er hraunlagasyrpa. Flest eru hraunin meðalkorna hvað kristöllun varðar, en stöku grófkorna lög finnast jafnframt (sjá mynd 2). Hraunin eru annars hvert öðru lík og nokkuð ummynduð. Lítið virðist af innskotum í þessari hraunlagasyrpu.

Neðri móbergsmýndunin (550 m - 660 m (til 680 m)) er lagskipt sem hin efri (túff, breksíur og hraunalinsur). Fersklegt basaltgler finnst, en mest af glerinu er ummyndað.

Neðan móbergsins til botns (1488 m) eru nær eingögnu hraunlög með þunnum kargalögum á milli. Fáein þykkri túff- eða breksíulög finnast þó, svo sem sýnt er á jarðlagasniði. Hraunlögin eru fín- til meðalkorna og einungis fáein meðal- til grófkorna hraunlög finnast. Hraunlögin neðan u.þ.b. 1000 m eru nokkuð glerjuð og blöðrótt og er því nokkuð erfitt að staðsetja lagamót með öryggi. Öll eru hraunin hressilega ummynduð og holufyllt, en magn ummyndunar ræðst aðallega af þéttleika hraunanna. Eru hraunin því gjarnan fersklegri inn að miðju. Innskot virðast fremur fá. Ætluð innskot eru á eftirtöldu dýpi: á 778-785 m (ferskl. dólerít), á 840-842 m (dulkorna basalt), á 902-905 m (dólerít), og á 943-948 m (dólerít).

#### Ummyndun

Ummyndun berggrunns á Reykjavíkursvæðinu er nokkuð vel þekkt. Ljóst er að háhitavirkni ríkti á svæðinu í árdaga, svo sem háhitasteindir (t.d. epidót) benda til, meðan lághitavirkni ríkir í dag. Einhverjar lághitasteindir kunna að vera að myndast úr heita vatninu í dag og ekki er vitað nákvæmlega hverjar þær munu vera.

Við skoðun svarfs úr holu RG-38 er leitast við að fylla aðeins í eyðurnar með því að tímasetja ummyndunarsöguna innbyrðis. Slíka tímaháða sögu má lesa út úr aldursvenzlum kristalæða í bergi og uppröðun kristal-

útfellinga í holrými bergs. Meiri hluti slíkra upplýsinga fer þó forgörðum, þar sem bergið er mulið smátt, og því einungis í fáeinum svarfkrornum er hluti aldursvenzla varðveittur. Slíkum kornum var safnað á u.þ.b. 50 m bili niður holuna og síðan gerð þunnsneið af hverju safni (sjá töflu 1). Röntgengreiningar voru svo gerðar á nokkrum sýnum til úrskurðar um steindagerð (sjá töflu 2).

Í einföldu máli eru niðurstöður efitrfarandi:

- 1) Neðan Elliðaársetsins finnast kalsít, kvars (& kalsedón) og pyrit niður alla holuna og eru afleiðing gamallar jarðhitavirkni a.m.k. langleiðina niður í 1000 m. Þar fyrir neðan er ekki ljóst hvort steindirnar séu gamlar eða nýlegar eða hvort tveggja.
- 2) Lághita zeólítar (greindir í þunnsneiðum og með XRD: kabasít, skólesít/mesólít, stilbít, mordenít) eru yngri en 1) og finnast niður á u.þ.b. 200 m dýpi.
- 3) Þar fyrir neðan bætist laumontít í hópinn, sem samanstendur af laumontít, skólesít/(mesólít), stilbít og líklega heulandít. Laumontít, stilbít og skólesít finnast í safnsýnum allt niður á 1000 m dýpi. Aðeins vottar svo fyrir skólesíti í safnsýni frá 1080-1210 m. Í næsta safnsýni fyrir neðan sést ekkert skólesít (1220-1350 m) né heldur í sýni frá 1440 m dýpi sem var fyrsta sýni tekið eftir helgarfrí á bornum og innihélt mikið samsafn útfellinga. Skil í ummyndun virðast því vera einhversstaðar nærri 1000 m (þ.e. mjög nærri aðal- og stærstu vatnsæð holunnar). Í sýninu frá 510-550 m dýpi fannst steindin anhydrít ( $\text{CaSO}_4$ ) að því er séð verður. Finnst hún í nokkru magni á jaðri skólesítæða og svo í örsmáum kristöllum óreglulega dreifðum innan um margfalt stærri skólesítkristalla. Í næstu sýnum fyrir neðan finnst anhydrít í og með skólesíti en hlutfallslega í mun minna mæli. Virðist því mest af anhydríti vera á bilinu 510-550 m. Sögulega séð virðist anhydrít hafa fallið út í kjölfar laumontítútfellinga en á undan útfellingu skólesíts. Myndun anhydríts verður lauslega rædd síðar.
- 4) Háhitasteindin epidót finnst fyrst á u.þ.b. 700 m dýpi og þaðan niður alla holuna í mismiklum mæli.

Með því finnst zeolítar svo sem tilgreint er í 3) að ofan, jafnframt steindir tilgreindar í 1) svo og klórít. Allar þessar steindir hafa myndast í holum og æðum. Í berginu sjálfu finnst svo sömu steindir ásamt albít. Ásamt öllum helstu frumsteindum berglaga (mikið ummynduðum) finnst svo trúlega fleiri ummyndunarsteindir í berginu, en ekki er fengið um nákvæma greiningu þeirra og er vísað til skýrslna og handrita af eldri holum. Neðan 1000 m er laumontít algengt með epidóti ásamt kvarsí, kalsíti og klóríti. Laumontít virðist yngri en epidót þó ekki hafi fundist korn sem beinlínis sanni það, en laumontít finnst nær miðju í holufyllingum heldur en epidótið í þeim þunnsneiðum sem vísað er til.

Aldursvenzl útfellingasteinda má svo setja upp:

- A: Hugsanlega elstar æða eru "rauðoxa" æðar með kvarsmiðju og skerst kvarsíð stundum í gegnum jaðra rauðu æðanna (t.d. í sýni frá 750-800 m dýpi). Eins má sjá að kalsít, kvars, smektít? og zeólít í sama sýni virðast yngri. Í 658 m dýpi sást og korn með rauðri æð greinilega skorinni af yngri laumontítæð, en korn þetta kom ekki fram í þunnsneiðinni.
- B: Næstar í röðinni virðast vera kvars, kalsít, klórít og epidót (þar sem það finnst, þ.e. neðan 700 m). Tímavenzl þessara steinda innbyrðis er ekki ljós.
- C: Ofan u.þ.b. 1000 m upp til 200 m eru laumontítæðar númer þrjú í þessari röð. Neðan 1000 m virðast laumontítæðar yngstar æða og gætu því verið að myndast í dag.
- D: Á ákveðnu dýptarbili (u.þ.b. 500-550 m) féll út anhydrít í kjölfar laumontíts. Um myndun anhydríts er það helst að segja, að það er talið geta fallið út úr ósöltu jarðhitavatni við hitastig ofan u.þ.b. 200°C en úr söltu jarðhitavatni við mun lægra hitastig. Steindin er ekki í jafnvægi við jarðhitavatn svæðisins í dag svo vitað sé og því afleiðing gamals ástands. Hún virðist þó hafa fallið út á eftir laumontíti sem talið er myndast á hitabilinu u.þ.b. 120-200°C. Að svo stöddu verður engu slegið föstu um tilurð anhydríts, en rétt væri að athuga hvort hún finnst í fleiri holum á svæðinu og reyna að afla afgerandi vitneskju um tilvist hennar (sjá texta með töflu 2).



E: Zeólítar virðast svo síðastar útfellinga ofan 1000 m dýpis. Að magni til er langmest af skólesíti og í minna mæli stilbít. Neðan 1000 m virðist laumontít yngst útfellinga og e.t.v. kvars. Niðurstöður þessara athugana má svo nota til að áætla beltaskiptingu ummyndunar á hinum mismunandi tímum eins og sýnt er á mynd 3. Tímabilið X svarar þá til þess tíma er ætlað háhitasvæði var virkt. Á tímabilinu Y fellur anhydrít út í kjölfar laumontíts (einhvern tímann milli X og Z) og tímabilið Z spannar þá bilið einhverntíma eftir Y til dagsins í dag. Á mynd 3 eru jafnframt sýnd tvö hitastig ( $T_1 =$  u.þ.b.  $120^{\circ}\text{C}$  og  $T_2 = 230\text{-}260^{\circ}\text{C}$ ).

TAFLA 1 Listi yfir þunnsneiðar úr RG-38

<u>Dýpi</u>	<u>Þunnsneiðanúmer</u>	<u>Sýnis meðhöndlun</u>	
62 m	11114	Beint úr svarfdós	(skolað)
66 m	11115	- " -	"
104 m	11116	- " -	"
104 m	11117	Æða- og útfellingasafn	"
108 m	11118	- " -	"
110 m	11119	Beint úr svarfdós	"
258 m	11120	Brot úr kristalæð	"
400-450 m	11121	Æða- og útfellingasafn	"
510-550 m	11122	- " -	"
636 m	11132	Beint úr svarfdós	"
678 m	11123	Æðasafn	"
722-748 m	11124	Æða- og útfellingasafn	"
750-800 m	11125	- " -	"
816-860 m	11126	- " -	"
864-930 m	11127	- " -	"
934-994 m	11128	- " -	"
1080-1210 m	11129	- " -	"
1220-1350 m	11130	- " -	"
1440 m	11150	Beint úr svarfdós	"
1484 m	11131	- " -	"

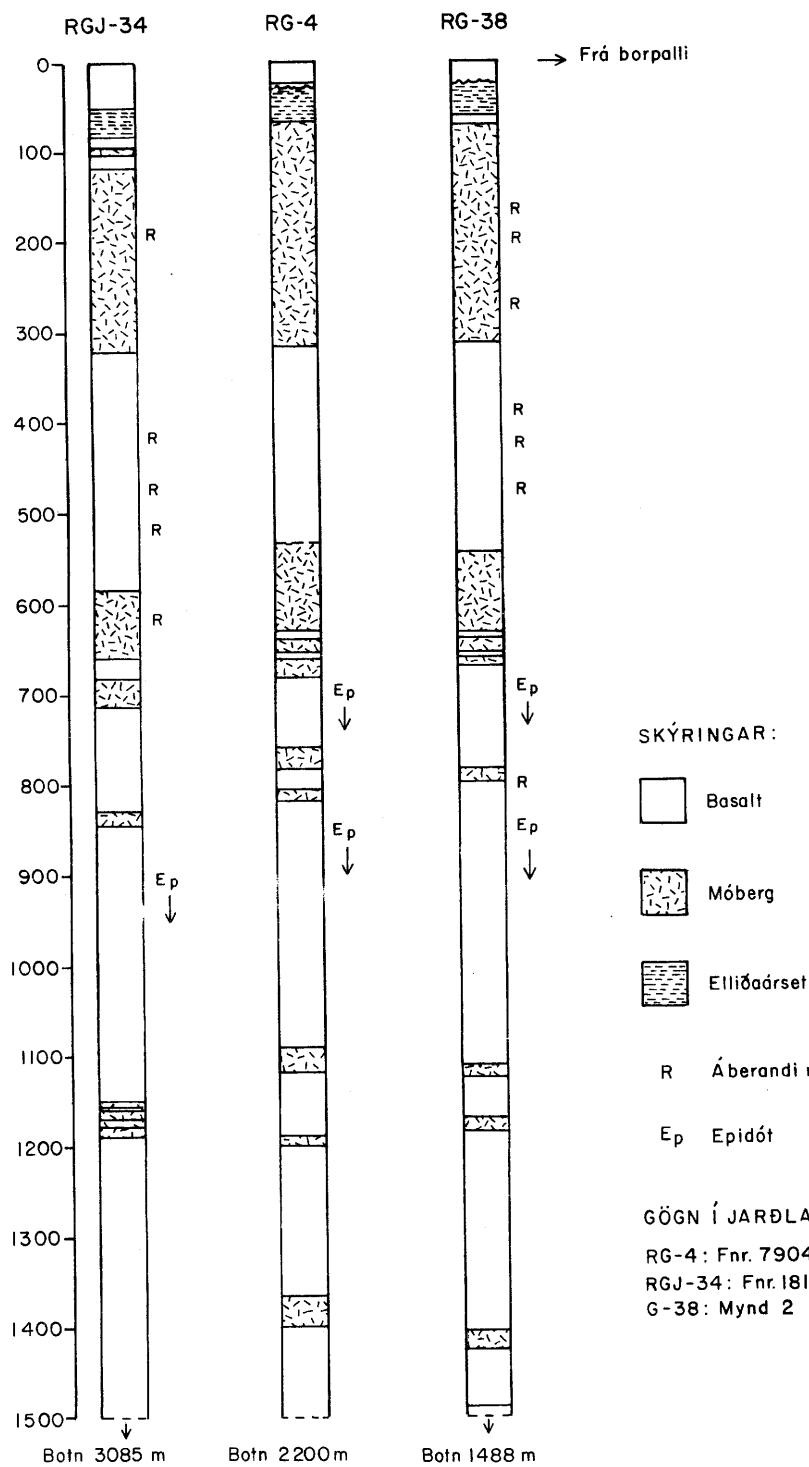
All stór sýni komu upp með þakkara úr 880 m og sneiðar teknar af völdum sýnum. Númer þessara sneiða eru: 11147, 11148, 11149, 11149 og 11149 eða samtals 5 stk.

TAFLA 2 XRD-greiningar á kristalæðum og útfellingum

<u>Dýpi</u>	<u>Greining:</u>
134 m	Stilbít, kalsít, kvars og e.t.v. mordenít
510-550 m	Safni skipt í aðgreinilega hópa: 1) kalsít, kvars og stilbít 2) laumontít 3) laumontít og skólesít 3A) stilbít 3B) skólesít, stilbít, sennilega laumontít og leir 4) laumontít og skólesít
630 m	Laumontít
638 m	Stilbít
628-630 m	Skólesít
950-994 m	Laumontít, stilbít, sennil. kalsít og e.t.v. skólesít
1350-1400 m	Laumontít og sennilega kvars

Anhydrítileit var gerð í sýnahóp 3 úr 510-550 m dýpi. Stærsti toppur anhydríts fellur nær saman við laumontíttopp. Reynt var því að skilja laumontít algjörlega frá og leita sérstaklega í skólesíti og fl. líklegum kornum. Örsmá sýni voru svo keyrð í XRD og greind á filmu. Korn með skólesíti sýndu skólesít og greinilega línu þar sem stærsti anhydríttoppurinn er staðsettur og ekkert laumontít greindist í sýninu. Hin kornin greindust kalsít og stilbít. Þunnsneiðagreining bendir til anhydríts í þessu sýni og XRD-greining á filmu bendir til hugsanlegrar tilveru anhydríts í sýninu.

Mynd I.



Álag og krónugerð

Jarðlög

Dýpi  
m

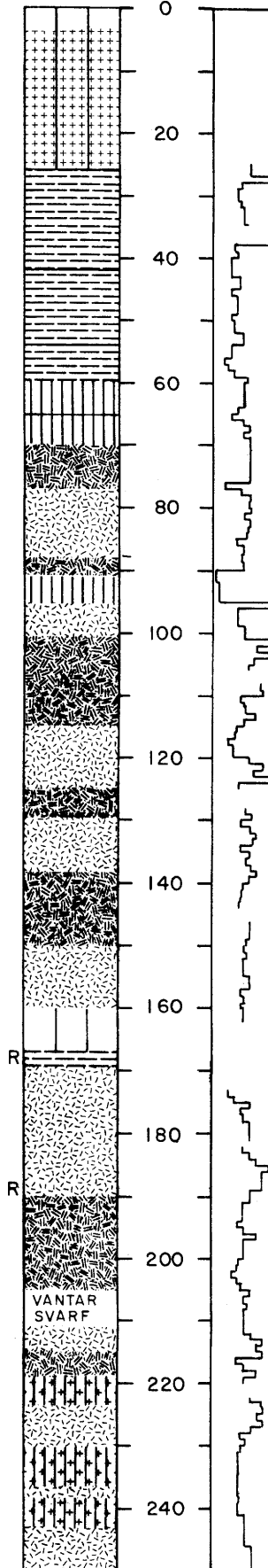
Borhraði m/klst.

Mynd 2 a

Höggbor

S-62-J  
17 1/2"

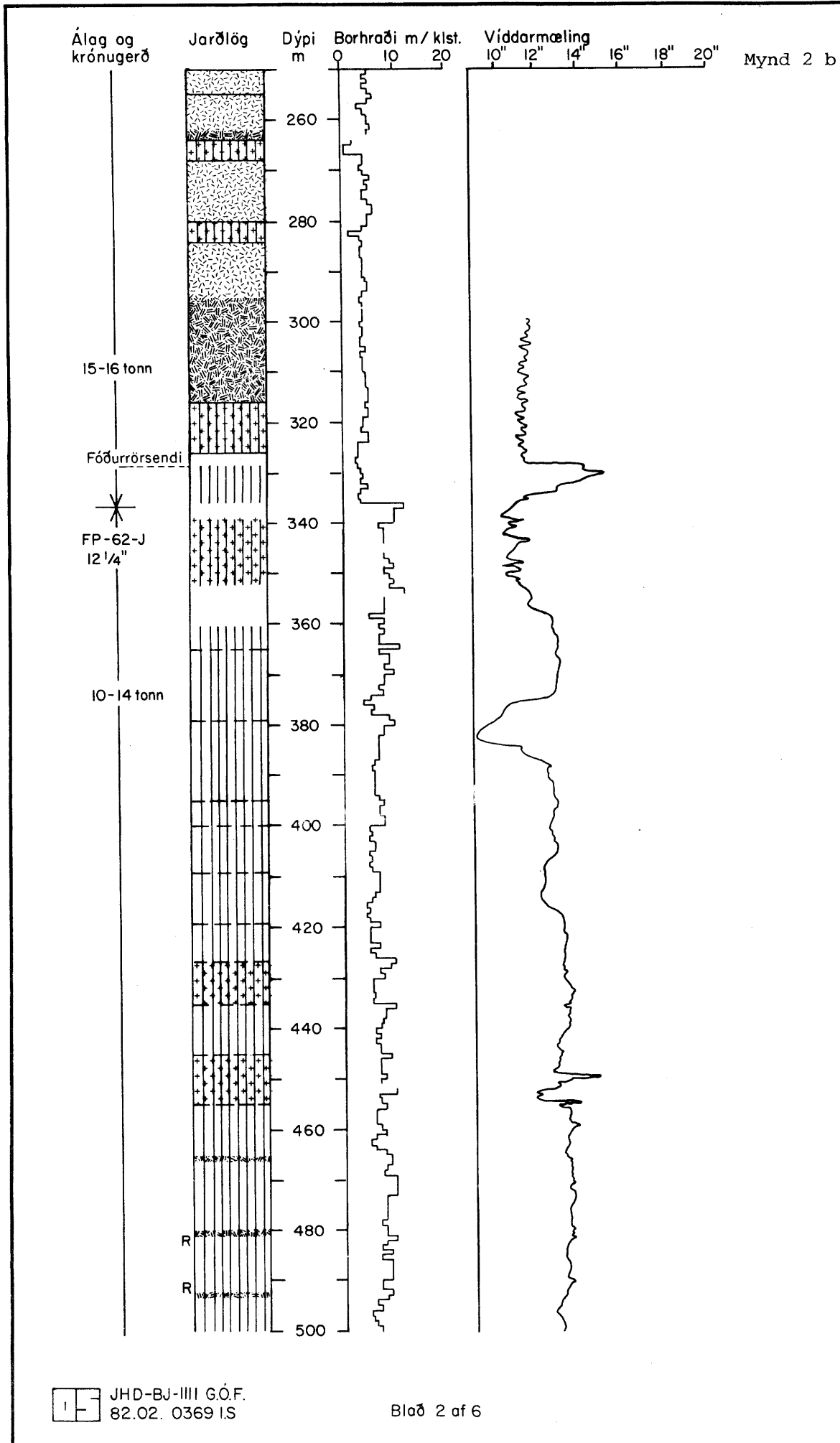
10-18 tonn

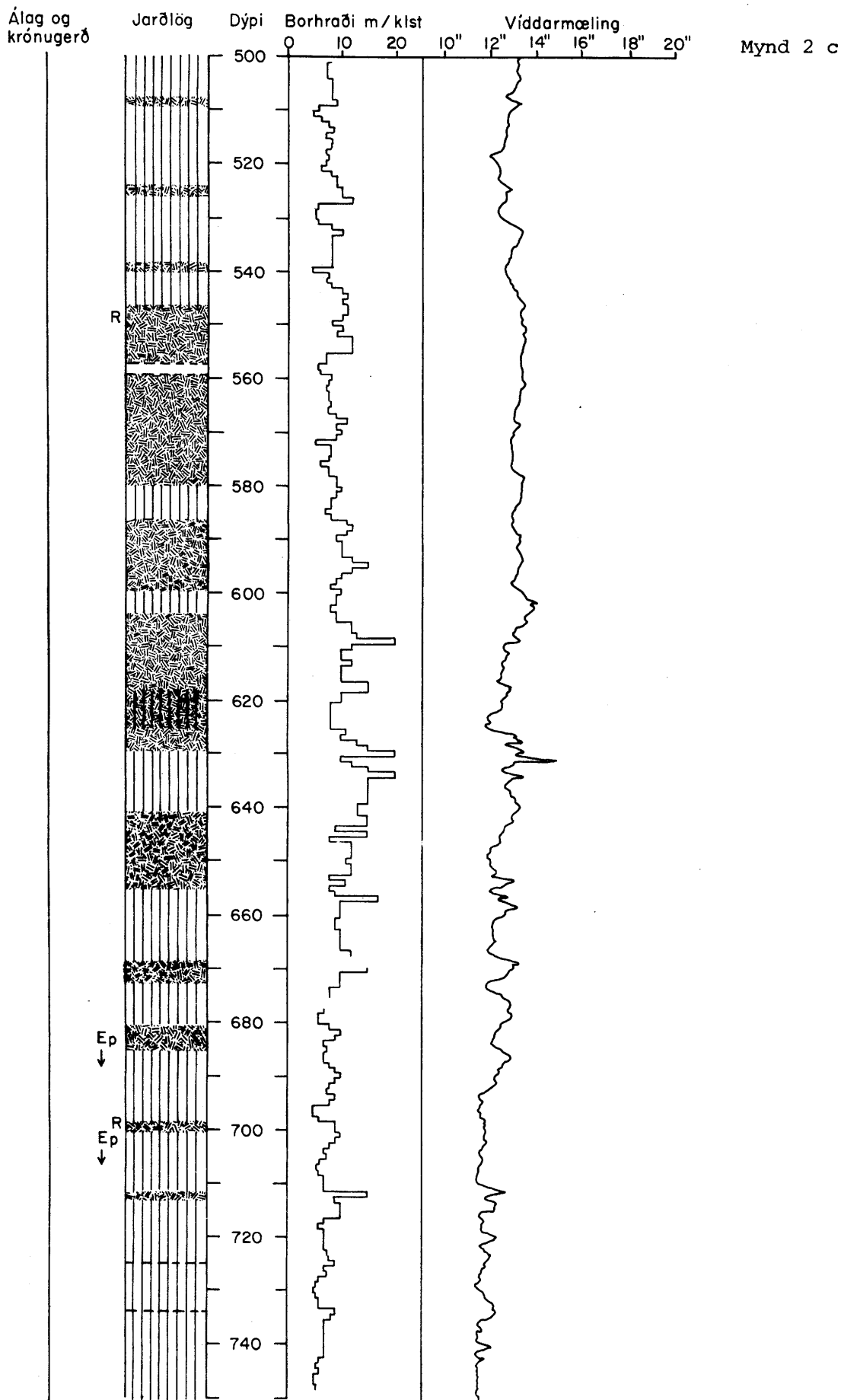


SKÝRINGAR:

-  Fersklegt basalt fin-meðalkorna
-  Fersklegt basalt grófkorna
-  Umyndað basalt fin-meðalkorna
-  Ummyndað basalt, grófkorna
-  Glerjað basalt
-  Dólerit (innskot)
-  Basalt breksía
-  Túff
-  Setlag
- R Áberandi rautt
- Ep Epidót

JARÐLAGASNIÐ RG-38





Álag og krónugerð

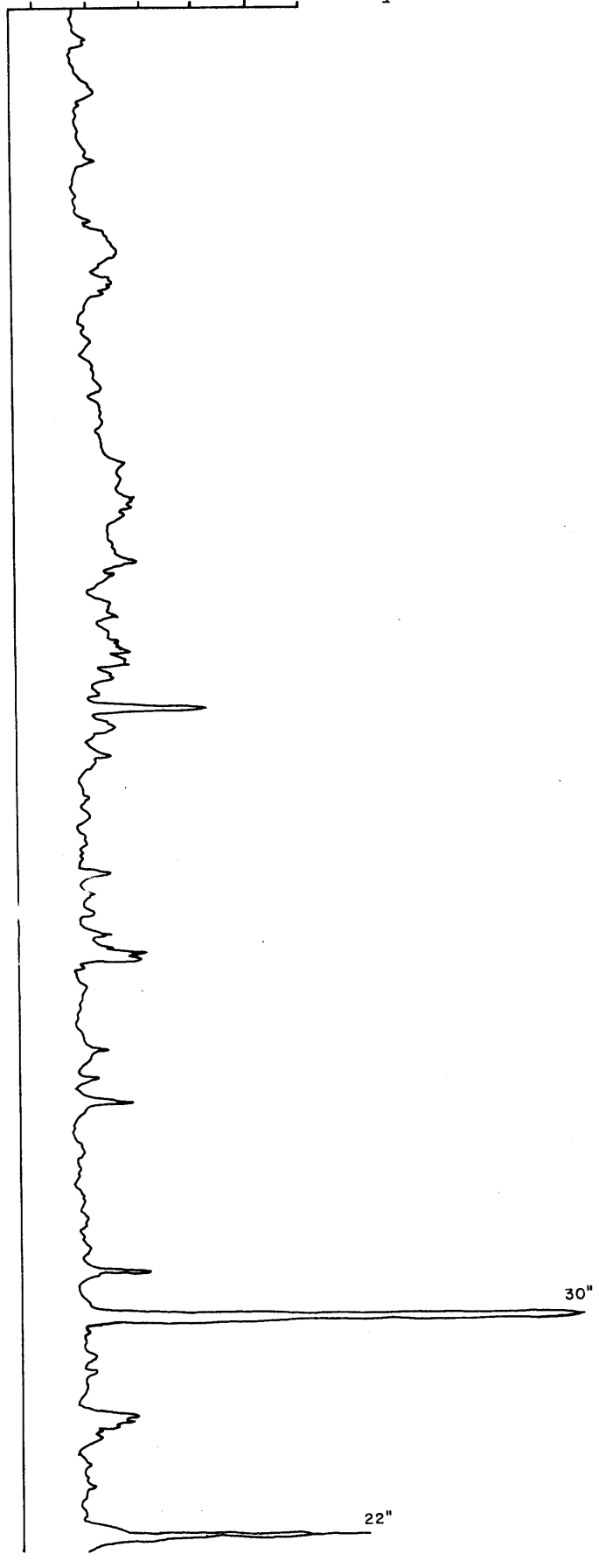
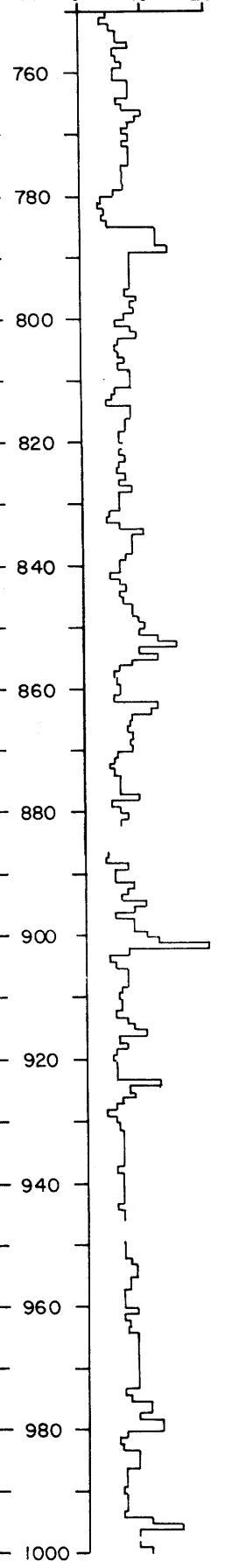
Jarðlög

Dýpi m

Borhraði m/klst. 0 10 20

Viddarmæling 10" 12" 14" 16" 18" 20"

Mynd 2 d





Álag og krónugerð

Jarðlög

Dýpi m

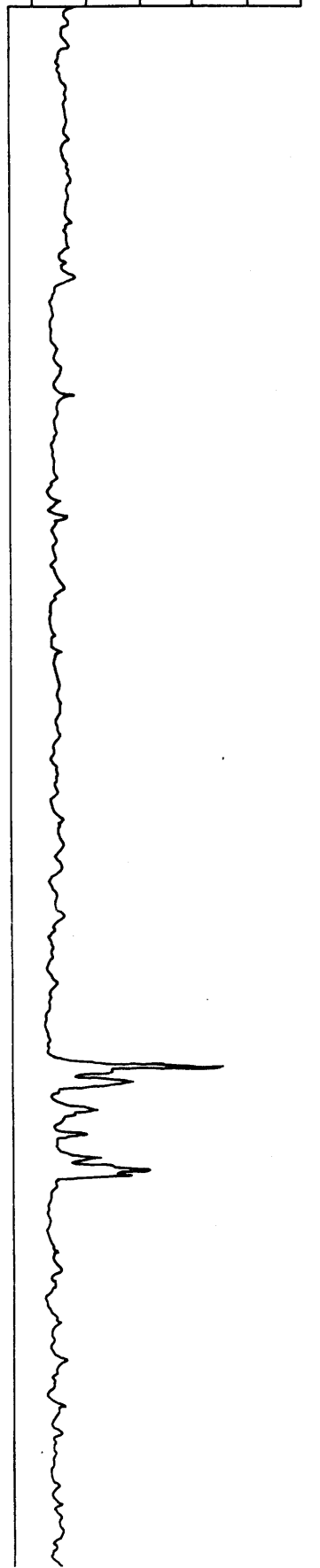
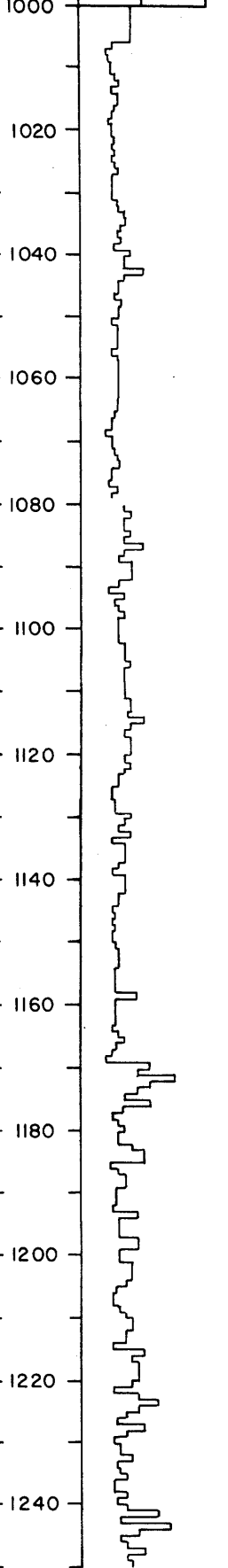
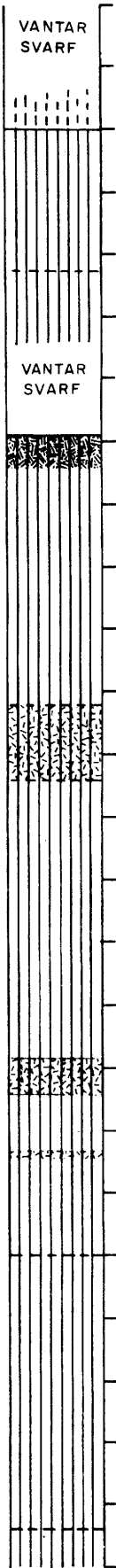
Borhraði m/klst.

Viddarmæling

Mynd 2 e

10-14 tonn

12-14 tonn



Álag og krónugerð

Jarðlög

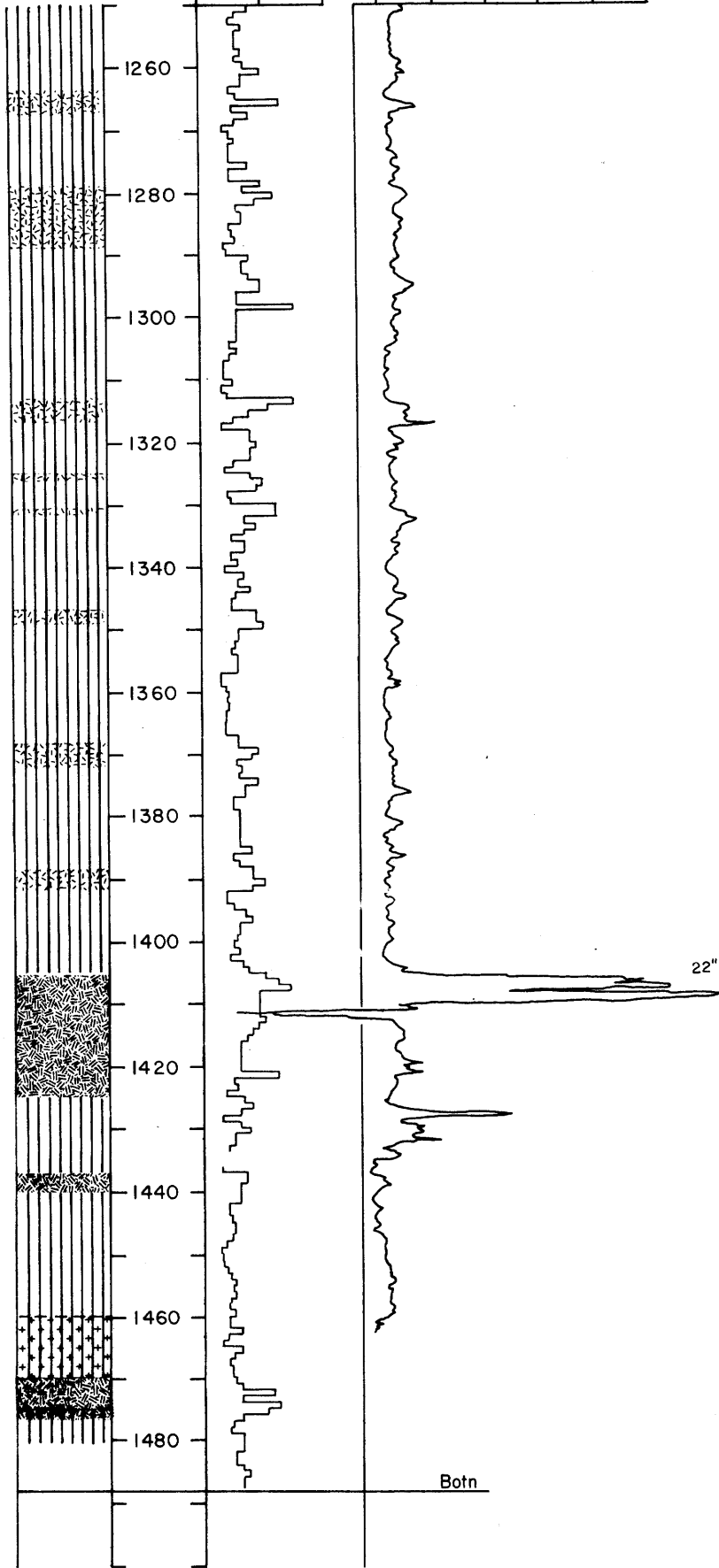
Dýpi  
m

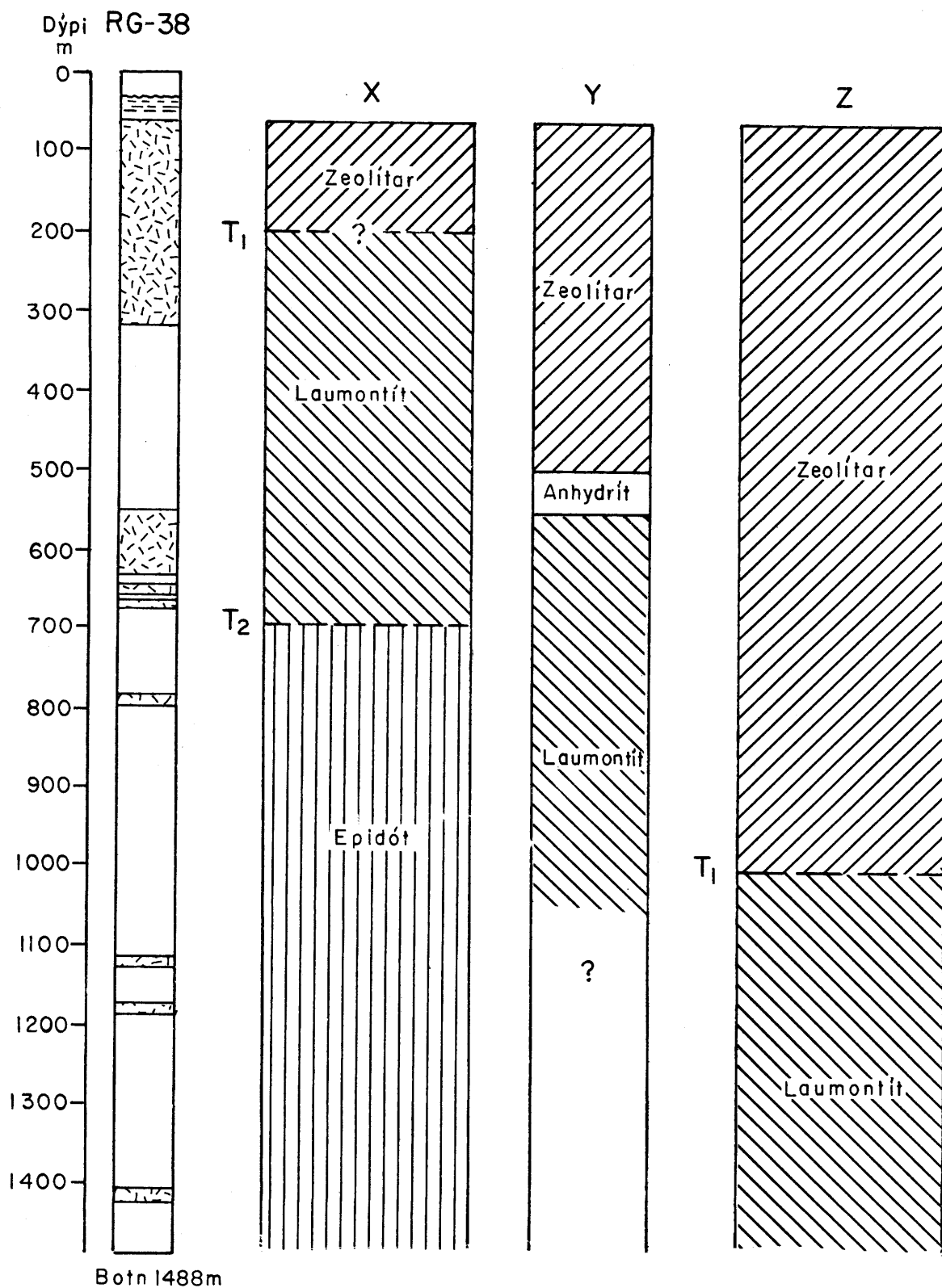
Borhraði m/klst.  
0 10 20

Viddarmæling  
10" 12" 14" 16" 18" 20"

Mynd 2 f

13-16 tonn





SKÝRINGAR: Jarðlög : sjá mynd 1

Beltaskipting ummyndunar á tímabilunum :

X : virkt háhitasvæði

Y : ? (milli X og Z)

Z : í dag

T<sub>1</sub> : ~120 °C T<sub>2</sub> : 230-260 °C