

**Krafla - Leirbotnar. Borun 1000-1200 M  
lágprýstiholu**

**Ásgrímur Guðmundsson**

**Greinargerð ÁsG-88-04-B**

## KRAFLA - LEIRBOTNAR Borun 1000-1200 m lágþrýstiholu

### INNGANGUR

Nokkur skortur hefur verið á lágþrýstigufu á vél Kröfluvirkjunar að undanfögnu. Margar ástæður er þar til að nefna en þó helst að hiti vinnsluhola er allmiklu hærri en hönnunarforsendur vélarsamstæðunnar gerðu ráð fyrir. Því fellur lítil sem engin lágþrýstigufa til eftir fyrsta skiljuþrep háþrýstihola. Við þessu hefur verið brugðist á þann hátt að bora sérstaklega eftir lágþrýstigufu eða þá að nýta háþrýstiholur, sem fallið hafa í þrýstingi, beint inn á lágþrýstihlutann. Síðasta holan sem boruð var á Kröflusvæðinu er hola KJ-3A og var hún sett niður í þeim tilgangi, að afla lágþrýstigufu. Hún var staðsett á vel þekktu svæði eða fáeina metra frá holu KG-3. Hugmyndin var að nýta æðar á um 400 og 800 m dýpi, sem komu fram í holu KG-3. Holan var boruð í september og október 1983 og tók borunin alls 17 daga. Ekki var settur í hana leiðari þar sem ekki var talin þörf á því. Fljótlega komu fram sveiflur í holutoppþrýstingi. Lægst fór hann í 1-2 bör en hæst í tæp 9 bör. Þá um veturinn hrundi holan og hefur ekki enn tekist að gera við hana svo fullnægjandi sé. Líklegasta ástæðan fyrir hruninu eru þrýstisveiflurnar en ekki var búist við neinum sveiflum af því tagi í efrihluta Leirbotna nema þá í tengslum við eldsumbrot. Sennilegasta skýringin á þrýstisveiflum er talin vera samspil á milli gömlu holu KG-3 og KJ-3A. Það sýndi að varasamt getur verið að setja niður holu í efri hluta Leirbotna í nágrenni við holur sem ná niður í neðri hluta kerfisins og eru með vinnslufóðringar aðeins í 600-800 m. Því var athugað hvar væri hægt að setja

niður holu þar sem rekstrarskilyrði væru trygg og vissa fyrir að eftir einhverju væri að slægjast. Ennfremur var efra svæðið (uppi á Brekku) undanskilið, þar sem of mikill kostnaður væri vegna tenginga. Á neðra svæðinu eru lagnir víða fyrir hendi og var það m.a. haft í huga við staðsetningarval.

### STAÐSETNING

Við staðsetningu holu á Leirbotnasvæðinu til að nýta efri hluta kerfisins þarf að hafa eftirfarandi atriði í huga.

- Hitta á góðar vatnsæðar.
- Hitastig verði ekki undir 190-200 °C
- Holan verði ekki fyrir áhrifum neðri hlutans gegnum eldri holur.
- Efnasamsetning vökvans verði viðunandi fyrir nýtingu holunnar.
- Vinnslusögu eldri lágþrýstihola.
- Vera nálægt yfirborðsmannvirkjum til að draga úr kostnaði vegna tenginga við orkuverið.

Fimm fyrst nefndu atriðin eru mikilvæg til þess að árangur náist með borun holunnar. Þar er bæði byggt á reynslu frá fyrri borunum og svo almennum undirstöðuatriðum við staðsetningu borhola fyrir jarðhitanýtingu.

Varðandi síðast nefnda atriðið er fyrst og fremst um að ræða kostnað við mannvirkni og hefur það ekkert með afköst holunnar að gera. Það á ekki að vera bindandi heldur haft til hliðsjónar ef hægt er að koma því við.



## VATNSÆÐAR OG HITI

Í töflu 1 eru taldar upp allar vatnsæðar niður á 1200 m dýpi, sem borað hefur verið í, á Leirbotnasvæðinu. Þær bornar saman við jarðlög og ummyndun gefa til kynna hvernig þær liggja. Það er nánar sýnt á mynd 1. Hitastig og varmainnihald vökvans er nokkuð vel þekkt á þessum slóðum, en minniháttar lækkun á hita frá 200 °C getur þýtt allmikla lækkun á varmainnihaldi, sem getur skipt verulegu máli. Þversnið af hitadreifingu efri hluta Leirbotna er sýnt á mynd 2. Tafla 1 sýnir að allmiklar opningar hafa orðið við boranir í efrihluta svæðisins, en erfitt er að dæma nákvæmlega um afl þeirra hola sem mest skoltöp hafa verið í.

Þar ræður fyrst og fremst, að vinnslufóðringar þeirra ná niður á 600-1100 m dýpi og því eru góðar efri hluta æðar þannig fóðraðar af.

Ekki er ástæða til fjalla hér um tengsl milli efri og neðri hluta í gegnum holur, en þess í stað er vísað á greinargerð um athuganir á endurvinnslu holu KJ-3A sumarið 1987.

Efnainnihald vökvans verður að vera hagstætt rekstrarskilyrðum holunnar og gufuveitunnar. Upplýsingar um vökvann gefa til kynna að hann er yfirmettaður með tilliti til kalsíts og má því búast við útfellingum í holunni þegar hún fer að blása. En útfellingar má hreinsa úr holum eins og gert er nú þegar í holu KJ-9, þannig að það þarf sérstaklega að taka tillit til þess þáttar við hönnum holunnar.

Þrátt fyrir að margar holur séu til staðar á svæðinu þá eru ákaflega takmarkaðar upplýsingar um vinnslu úr efri hlutanum. Til eru beinar upplýsingar um fjórar holur, þ.e. holur KW-2, KJ-3A, KG-5 og KJ-9. Einnig eru til óbeinar upplýsingar um holu KJ-11 og KG-4. Sameiginlegt með öllum holunum er að vinnslusaga þeirra nær yfir stuttan tíma. Það er að segja innan við ár og í mörgum tilfellum er blástursagan slítrótt. Hér á eftir fylgja dæmi um 3 holur.

*Hola KW-2* boruð 1974 niður á 1204 m dýpi. Í skýrslu um aflmælingar í Kröflu árið 1978

(OS JHD 7804) kemur eftirfarandi fram. "Lokunarþrýstingur er 4.8 bar-a fyrir holuna í jafnvægi en hægt er að ná blæstri við yfir 6 bar-a mótþrýsting.

Engrar fyrirstöðu hefur orðið vart í holunni við mælingar og er hún opin niður í 1180 m dýpi. Aflmælingar úr holunni eru sýndar á mynd 3 (aflferill holunnar). Hægt er að ná 40 kg/s en vegna lágs innstreymishita (um 195 °C) er hér að mestu um vatn að ræða....Holan blæs t.d. á jöfnum afköstum á 8" stút en á 5"stút er farið að bera á púlsum. Flestar mælingarnar eru gerðar á 3" stút og er því nokkur skekkja í aflestri á þrýstimælum." Nú er þessi hola stífluð af útfellingu og einnig eru göt á fóðringunni vegna tæringar. Ekki er ráðlegt að eiga nokkuð frekar við hana.

*Hola KJ-9* var boruð niður á 1083 m dýpi undir lok árs 1976. Þar af var 13 3/8" vinnslufóðring niður á 275 m dýpi og 7 7/8" raufaður leiðari í vinnsluhlutanum. Hún var því dæmigerð efrihluta hola og var látin blása fyrri hluta árs 1977 eins og sýnt er á mynd 4. Í skýrslunni frá 1978 um aflmælingar, sem getið var hér á undan kemur m.a. fram "Holan var sett í gos eftir loftdælingu 28. janúar 1977, og blés hún samfelt fram til 21. júlí. KJ-9 var efrakerfishola mjög svipuð í afli og KG-8 og héldust afköst óbreytt út blásturstímann. Við lokun fór toppþrýstingurinn upp í 6-7 bar-a en féll síðan og náði jafnvægi við ca. 2 bar-a á einum sólarhring."

Annars eru ekki miklar upplýsingar frá þessum tíma. Í töflu 2 eru sýndar þrjár afkastamælingar og eru það einu mælingarnar, þar sem allar grunnmælistærðir liggja fyrir. Á þeim tíma mundi hún hafa gefið um 3.5 kg/s af lágþrýstigufu inn á vél sem samsvaraði einu MW.

*Hola KJ-11* var tveggja kerfa hola, þ.e.a.s. hún tók vökva bæði úr efri og neðri hluta og kom fljótlega í ljós að erfitt var að reka efri og neðri hlutann saman. Efri hluta æðarnar voru á 850-1050 m dýpi, en vinnslufóðringin náði niður á 788 m. Vegna rekstrarerfiðleikanna var efri hlutinn



fóðraður af haustið 1978 og var steipt fóðring niður á 1200 m dýpi. Það var gert í tveimur áföngum fyrir og eftir borun holu KG-12 og vann Gufubor verkið. Niðurstöður afkastamælinga frá upphleypingu holunnar og fram til 1980 eru sýndar í töflu 3. Þar kemur mjög skýrst fram hversu mjög heildarafköst minnkuðu við síkkun vinnslufóðringunnar eða sem nemur 25-35 kg/s.

## HÖNNUN

Við hönnun væntanlegrar lágþrýstiholu þarf að leggja eftirfarandi forsendur til grundvallar:

- Vinnanlegur hluti nær yfir dýptarbilið frá 350 í 1200 m, og væri æskilegast að nýta eins stóran hluta og hægt er.
- Búast má við að varmainnihald vökvans verði um 900 kJ/kg.
- Vegna kalsítútfellinga sem fyrirsjáanlega koma til með að verða í holunni er nauðsynlegt að hanna hana með tilliti til þess. Miða þarf við að kalsítið falli út í vinnslufóðringu, en ekki í vinnsluhlutanum.
- Reikna má með að rekstrarþrýstingur holunar verði um 5-6 bar-a.
- Styrkur CO<sub>2</sub> í gufu er 1000-1400 mg/kg og Cl innihald vökvans er um 30 mg/kg.

Tveir möguleikar eru líklegastir á hönnun lágþrýstiholu:

- Borun fyrir 400-500 m 9 5/8" vinnslufóðringu með 12 1/4" krónu og síðan boraður vinnsluhluti niður á rúmlega 1200 m dýpi með 8 1/2" krónu. Vinnsluhlutinn verður síðan fóðraður með raufuðum leiðara.
- Borun fyrir 300-350 m 13 3/8" vinnslufóðringu með 17 1/2" krónu og síðan boraður vinnsluhluti niður á allt að 1200 m dýpi. Vinnsluhlutinn verður síðan fóðraður með raufuðum leiðara.

Gerðar voru athuganir á bestu hugsanlegu hönnun holu í efri hluta Leirbotna með tilliti til holuvíddar og afkasta (Grímur Björnsson 88/05). Leitast var við minnka þrýsting á innstreymisæð eins og mögulegt væri þ.e að skapa sem mestan þrýstimun milli holu og utan við hana. Þannig færast suðuborð neðar í holuna með aukinni holuvídd og hækkar um leið þrýsting á holutoppi. Ekki var tekið tillit til útfellingahættu í þessum athugunum, en það má telja nokkuð víst að kalsít útfelling verði samfara suðu. Því er það ef til vill vafasamur ávinningur að færa suðu langt niður í holu. Ekki er þó hægt að fullyrða að útfellingin setjist til þar sem suðan byrjar. Fræðilega þá fellur allt kalsít út þar sem suða byrjar vegna skyndilegrar hækkunar á sýrustigi vökvans við það að CO<sub>2</sub> ríkur úr honum. Aftur á móti þarf útfellingin ekki endilega að setjast til þar sem suða fer fram heldur benda athuganir til þess að streymishraðinn geti ráðið þar nokkru um. Í því sambandi voru skoðuð gögn frá holu KJ-9 meðan hún var efri hluta hola. Suðan átti sér stað á 300-400 m dýpi, en megin útfellingin var á 230-310 m dýpi. Einnig var útfellingakafli á 330-360 m dýpi og skæni þaðan niður á 410 m. Þetta má skýra með skyndilegri breytingu í streymishraða. 7 7/8" leiðari var hengdur í 13 3/8" fóðringu á um 250 m dýpi eða þar sem útfellingin var einna þykkust og "hrjúfleiki" holunnar þar því mestur. Athuganir á útfellingu í holum KG-8 og KJ-3A styrkja þessa hugmynd.

Þegar þessi skrif voru sett saman lá það ljóst fyrir, að bortæki til verksins mundi verða annað hvort Narfi eða Ísbor. Vafasamt er að bortækin ráði við víðara prógramið og verður því líklega það grennra valið.

## STAÐSETNING HOLU 24

Út frá núverandi þekkingu og reynslu af efri hluta Leirbotnasvæðisins þá liggur ljóst fyrir að mismunur er á afköstum holanna eftir því hvar þær eru settar niður. Til þess að

forðast áhrif frá djúpum holum með stuttum fódoringum er álitlegasti staðurinn fjarri holuþyrpingunni við Hveragil. Efra svæðið er ekki inn í myndinni vegna fjarlægðar frá gufuveitu. Þá er svæðið hjá holu KJ-11 eftir og verður að teljast vænlegt. Hægt er að setja niður holu á borplani holu KJ-11 án þess að hafa áhyggjur af samspili milli holanna síðar meir. Það gerir allan undirbúning og tengingar síðar meir mjög hagkvæmar. Grynna er þar niður á vatnsborð heldur en við holuþyrpinguna við Hveragilið enda er KJ-11 482 m y.s. meðan hola KJ-3A er í tæpum 500 m y.s. Vel kemur til greina að staðsetja holu milli holu KJ-11 og hinna holanna, en þá verður sú hola fjær núverandi gufuveitu og einnig verður meiri kostnaður við undirbúningsvinnu. Hafa verður í huga að holu KJ-11 hallar til suðausturs að meðaltali um  $4.5^\circ$  niður á 1200 m dýpi, en það þýðir um 90 m frávik frá holutoppi. Þannig að bein hola niður á borplani holu KJ-11 verður ekki endilega endurtekning gömlu holunnar.

Við ákvörðun á staðsetningu holu K?-24 á borplani holu KJ-11 vó einna þyngst að rekstrarskilyrði voru metin öruggari þar en við holuþyrpinguna vestan Hveragils. Einnig þykir nokkuð víst að holan skili árangri í ljósi breytinga, sem urðu á holu KJ-11 eftir síkkun fódringar.

Tafla 1.

SKOLTÖP Í EFRI HLUTA LEIRBOTNA															
Dýpi (m)	KW-1 l/s	KW-2 l/s	KG-3 l/s	KG-4 l/s	KG-5 l/s	KJ-6 l/s	KJ-7 l/s	KG-8 l/s	KJ-9 l/s	KG-10 l/s	KJ-11 l/s	KG-12 l/s	KJ-13 l/s	KJ-15 l/s	KJ-3A l/s
0-99							*								
100-199			2	2			*			3	5				
200-299				>40			>40 10								*
300-399		15 18	>40					>40		>20	2	>40	>30		3
400-499		>18							12			2	>30		
500-599					>40 >40							4 5			
600-699	3	5-18		3				*							
700-799	16	>18	>40		2		13	*	3		2			>30	
800-899			>40	2				*	5		2	*		3	*
900-999				2	3		4	*		3				3	
1000-1099				6											
1100-1199	5-9		>40	>40			10	9							

Tafla 2.

KRAFLA HOLA KJ-9  
AFKASTAMÆLINGAR

Dag- setning	Kl.	Topp- þryst. (bary)	Heildar- streymi (kg/s)	Varma- innih. (kJ/kg)	Gufa v. 1.2 bary (kg/s)	Vatn v. 1.2 bary (kg/s)	Athugasemdir
77.02.16	12:00	4.30	17.3	930.	3.3	14.1	1100 m djúp
77.03.01	:	4.30	18.0	936.	3.4	14.6	
77.03.01	12:00	4.3	18.0	936.	3.4	14.6	



Tafli 3.

KRAFLA HOLA KJ-11  
AFKASTAMÆLINGAR

Dag- setning	Kl.	Topp- þryst. (bary)	Heildar- streymi (kg/s)	Varma- innih. (kJ/kg)	Gufa v. 1.2 bary (kg/s)	Vatn v. 1.2 bary (kg/s)	Athugasemdir
77.02.04	:	6.40	18.4	800.	2.4	16.1	
77.02.27	:	9.00	43.6	1337.	16.3	27.3	
77.03.24	:	8.60	41.9	1386.	16.6	25.3	
77.03.30	10:15	9.60	43.5	1434.	18.2	25.4	
77.03.31:	8.60	42.5	1402.	17.1	25.3		
77.04.21	:	8.70	41.4	1369.	16.1	25.3	
77.04.24	:	9.00	43.6	1337.	16.3	27.3	
77.05.12	:	9.80	40.9	1352.	15.5	25.3	
77.07.06	18:00	9.20	40.3	1335.	15.0	25.3	
77.07.14	:	9.00	40.3	1335.	15.0	25.3	
77.08.28	:	9.20	36.3	1393.	14.5	21.8	
77.11.11	15:00	6.70	23.7	851.	3.6	20.1	
77.11.14	20:00	6.50	23.3	909.	4.1	19.1	
77.11.17	14:45	6.20	26.9	907.	4.8	22.1	
77.11.17	21:00	5.80	25.0	947.	4.9	20.1	
77.11.18	13:20	5.80	25.0	947.	4.9	20.1	
77.12.22	14:25	6.40	35.3	1266.	12.0	23.3	
78.10.24	13:55	3.10	11.6	1097.	3.1	8.5	Eftir viðg. A
78.10.24	14:32	2.70	14.3	1004.	3.2	11.2	
78.10.24	16:15	3.10	14.7	1040.	3.5	11.2	
78.10.25	13:30	3.10	14.7	1049.	3.6	11.2	
78.12.13	10:25	6.40	8.3	1503.	3.7	4.6	Eftir viðg. B
78.12.14	14:05	6.50	8.2	1536.	3.8	4.4	
78.12.16	10:18	6.60	8.1	1551.	3.8	4.3	
78.12.17	20:20	6.90	8.0	1622.	4.0	4.0	
78.12.18	10:00	6.80	8.0	1582.	3.9	4.1	
78.12.19	15:45	6.80	7.7	1623.	3.9	3.8	
78.12.21	13:20	6.90	7.7	1623.	3.9	3.8	
78.12.22	14:00	6.60	7.6	1650.	3.9	3.7	
78.12.27	09:05	6.60	7.4	1681.	3.9	3.5	
78.12.28	11:15	7.60	7.1	1583.	3.5	3.7	
78.12.30	11:30	7.10	7.3	1761.	4.1	3.2	
79.01.02	08:30	6.80	7.1	1759.	4.0	3.1	
79.01.04	14:35	6.80	7.2	1769.	4.1		
79.01.08	11:30	6.75	7.1	1798.	4.233.0		
79.01.09	18:00	8.00	7.0	1778.	4.0	3.0	
79.01.12	08:30	8.10	6.9	1794.	4.0	2.9	
79.03.01	10:10	7.30	6.3	1916.	4.0	2.3	
79.03.02	09:15	7.30	6.4	1927.	4.1	2.3	
79.03.03	11:45	7.30	6.3	1919.	4.0	2.3	
79.07.26	17:45	6.90	5.7	1942.	3.7	2.0	
79.07.27	11:45	7.10	5.9	1919.	3.8	2.1	
79.10.31	10:45	8.00	6.9	2142.	5.1	1.8	SÝNI 1044
79.12.17	14:30	7.40	6.5	2119.	4.7	1.7	
80.02.25	16:50	7.40	6.2	2119.	4.5	1.7	
SP 0.2							

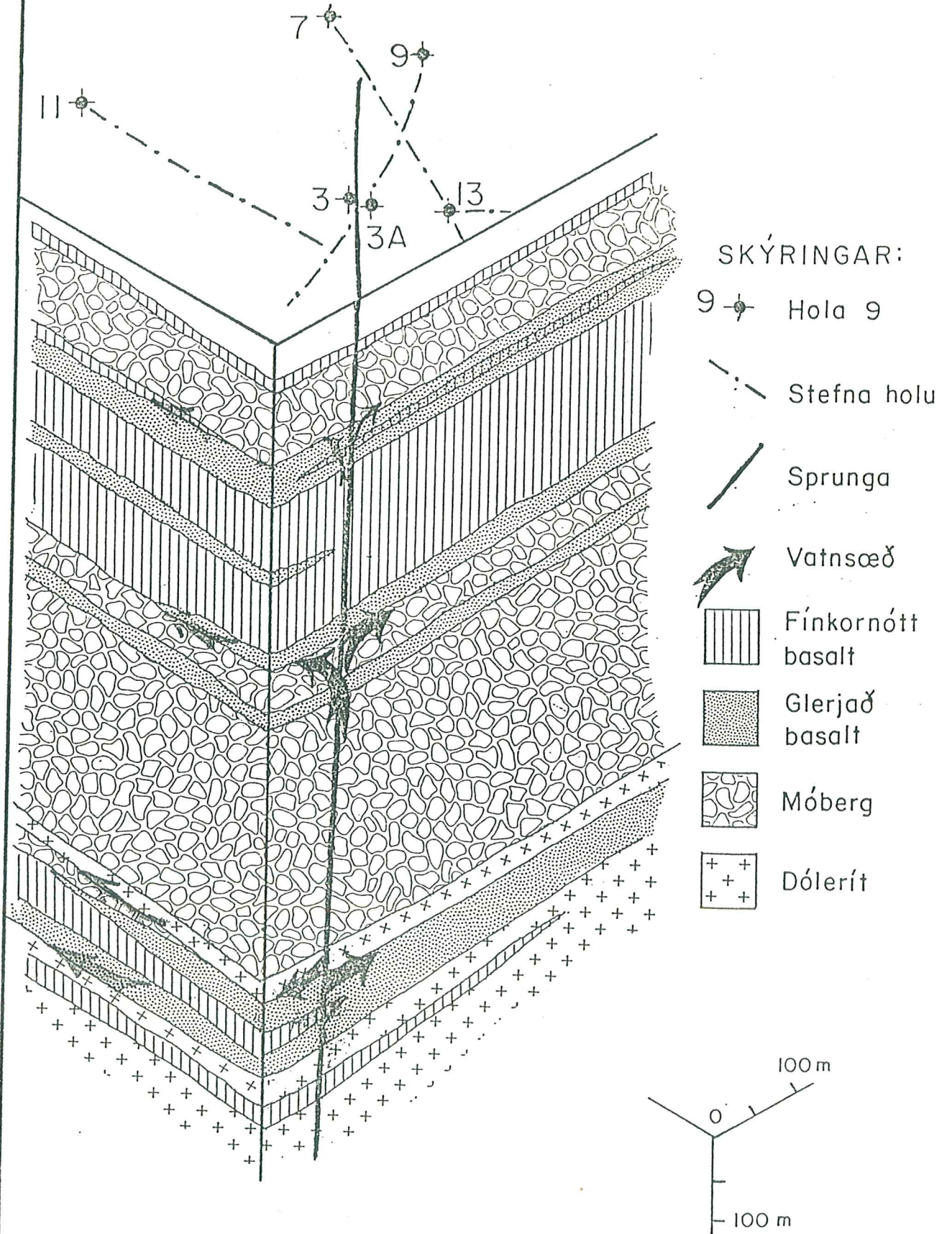




JHD·BJ·6607·ÁsG  
 '84.03.0463·ÁsG/EK

# KRAFLA

Tengsl vatnsæða við jarðlög í Leirbotnum



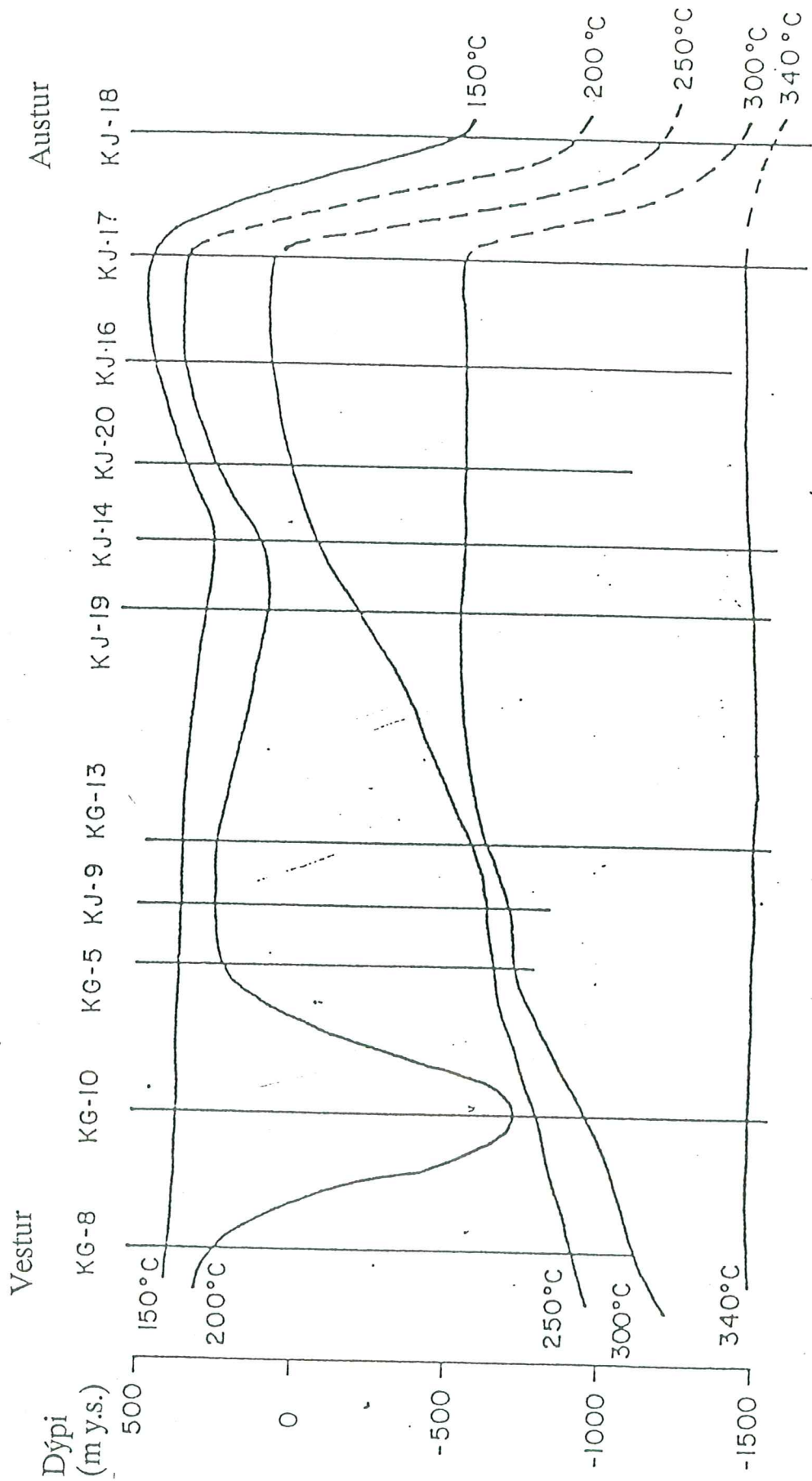
Mynd 1

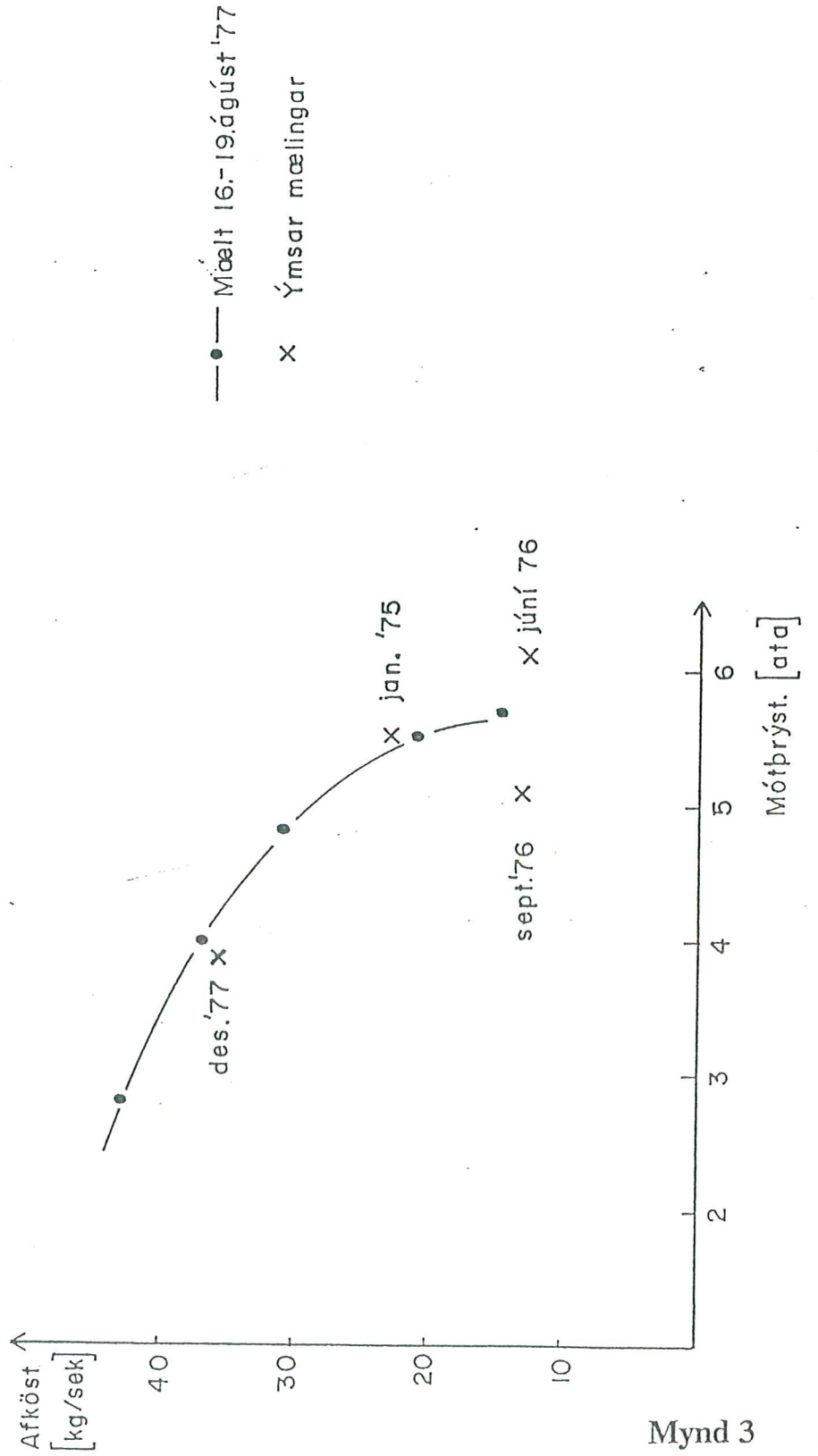
JHD-8J-6607. ÁsG  
87.02. 0154. SyJ

### KRAFLA

## LEIRBOTNAR - SUÐURHLÍÐAR

### HITADREIFING





Mynd 3





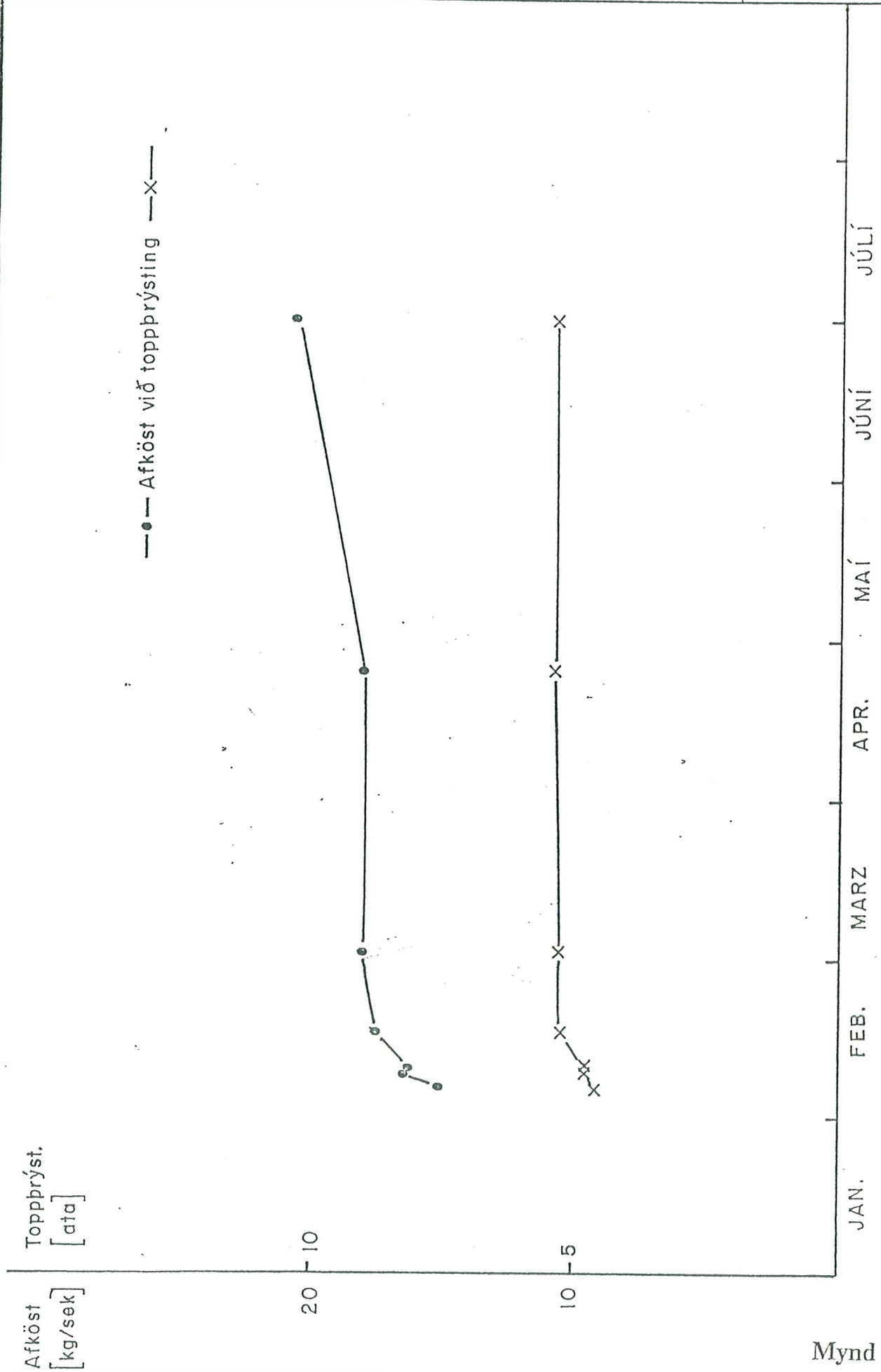
Krafla KJ-9

T 4465

Breytingar á afli í tíma

Krafla

F 16215



1977