



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**NESJAVELLIR, HOLA NG-7**

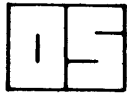
**Upphitun, upphleyping og blástur**

Valgarður Stefánsson  
Einar Gunnlaugsson

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-85035/JHD-11 B

Máí 1985



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer 611113

**NESJAVELLIR, HOLA NG-7**

**Upphitun, upphleyping og blástur**

Valgarður Stefánsson

Einar Gunnlaugsson

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-85035/JHD-11 B

Maí 1985

## EFNISYFIRLIT

	bls.
1 INNGANGUR	3
2 UPPHITUN	3
3 UPPHLEYPING	5
4 BLÁSTURSSAGA	8
5 EFNASAMSETNING BORHOLUVÖKVA	14
5.1 Niðurstöður efnagreininga	14
5.2 Breytingar á efnasamsetningu með tíma	14
5.3 Efnahiti og jafnvægi bergs og vatns	15
5.4 Gas í gufu	17
5.5 Ópalmettun	17
5.6 Kalk	18
6 SAMANBURÐUR VIÐ AÐRAR HOLUR	21
7 NIÐURSTÖÐUR	23
HEIMILDASKRÁ	25

## MYNDASKRÁ

Mynd 1 Vatnsborð í NG-7 í byrjun upphitunar	26
Mynd 2 Hiti í NG-7 á fyrstu fjórum mánuðum upphitunar	27
Mynd 3 Hiti í NG-7 eftir 1 kls. upphitun	28
Mynd 4 Upphitun á 900 og 1004 m dýpi	29
Mynd 5 Upphitun á 1400 og 1800 m dýpi	30
Mynd 6 Upphitun á 1955 m dýpi	31
Mynd 7 Berghiti við holu NG-7	32
Mynd 8 Þrýstingur í NG-7 dagana 24. nóv. 1983 og 21.	33
Mynd 9 Mismunur á þrýstingi í NG-7	34
Mynd 10 Hiti í NG-7 þann 13. apríl 1984	35
Mynd 11 Hiti í NG-7 þann 22. maí 1984	36

	bls.
Mynd 12 Hiti í NG-7 þann 22. maí 1984	37
Mynd 13 Rennslissaga NG-7 fram til ársloka 1984	38
Mynd 14 Aflferill NG-7	39
Mynd 15 Styrkur SiO <sub>2</sub> (mg/kg) í heildarrennsli holu NG-78	40
Mynd 16 " H og N " " " " "	41
Mynd 17 " CO " H s " " " "	42
Mynd 18 " CH " O + A" " " "	43
Mynd 19 " Ca og F " " " " "	43
Mynd 20 " Na og K " " " " "	44
Mynd 21 " SO og Cl " " " " "	45

#### TÖFLUSKRÁ

1 Mælingar í NG-7 á upphitun eftir borun	11
2 Upphitun í holu NG-7	11
3 Þrýstimælingar í NG-7	12
4 Mismunur þrýstimælinga í holu NG-7	13
5 Aflmælingar á NG-7 fram til ársloka 1984	14
6 Efnasamsetning borholuvökva við 270°C í holu NG-7	19
7 Efnainnihald í heildarrennsli úr holu NG-7 á Nesjavöllum	20
8 Hlutföll nokkurra efna í rennsli	20
9 Efnahiti reiknaður út frá efnasamsetningu vökva úr holu NG-7 á Nesjavöllum	21
10 Gas í gufu úr holu NG-7, miðað við 7 bar-a þrýsting	22
11 Meðal samsetning gass úr holu NG-7 miðað við 7 bar-a þrýsting	22
12 Hitastig ópalmettunar við hvellsuðu.	22

## 1 INNGANGUR

Hola NG-7 á Nesjavöllum var sett í blástur þann 13. júlí 1984 og hefur hún blásið síðan. Alllangan tíma tók að koma holunni í blástur vegna þess hve efri hluti hennar er kaldur. Nokkrar aðferðir voru reyndar, en sú aðferð sem dugði var að lyfta kalda vatninu úr holunni með bullu.

Í þessarri skýrslu er fjallað um upphitun holunnar frá því að borun lauk í nóvember 1983, upphleypingu holunnar og blástur fram til ársloka 1984.

Greint er frá hönnun holunnar og staðsetningu í skýrslu eftir Hjalta Franzson og Hilmar Sigvaldason (1985).

## 2 UPPHITUN

Upphitun holunnar hófst kl 12 á hádegi þann 17. nóvember 1983, en bá var hætt að dæla köldu vatni í hana.

Mynd 1 sýnir vatnsborðshækkun í holunni fyrstu fjóra mánuði upphitunar. Sést þar glögglega að holan er mjög lengi að ná hitajafnvægi við umhverfið.

Meðan á upphitun holunnar stóð frá 17. nóvember 1983 til 13. júlí 1984 voru gerðar allmargar hita- og þrýstimælingar í henni. Eru þessar mælingar taldar upp í töflu 1.

Eftir að byrjað var að reyna að hleypa holunni upp í apríl 1984 er ástand hennar verulega truflað og eru því hinar eiginlegu upphitunarmælingar gerðar dagana 24. nóvember 1983, 9. desember 1983, 21. desember 1983 og 13. mars 1984. Mynd 2 sýnir hita í holunni þessa fyrstu fjóra mánuði upphitunar. Nokkuð öruggt er að ekki er milli-rennsli í holunni á þessu tímabili.

Holan hitnar hraðast upp á dýptarbilinu 1000-1100 m. Eru það áhrif frá æðum á 1020 og 1060 m dýpi sem gera þennan hitatopp. Raunar sjást þessi áhrif æðanna best í hitamælingu sem gerð var eftir einnar klukkustundar upphitun meðan á borun stóð (sjá mynd 3). Svona hröð

upphitun við æðar í holunni verður ekki skýrð á annan hátt en að það sé tiltölulega kröftugt lárétt rennsli í berginu utan við holuna á 810, 1020 og 1060 m dýpi.

Í sumum tilvikum hefur hröð upphitun við æðar verið sett í samband við suðu í jarðhitakerfi. Samanburður á hita- og þrýstimælingum í holu NG-7 sýna hins vegar að jarðhitakerfið við holuna er hvergi í suðu. Hinn langi upphitunartími og hitaferlar á mynd 2 eru einnig í samræmi við þá túlkun að jarðhitakerfið sé ekki í suðu.

Hiti mældur í borholu er mjög sjaldan sá sami og í berginu utan við holuna. Ef holan hitnar upp vegna varmaleiðni eingöngu, má áætla berghita með því að skoða upphitun með tíma, og framreikna fram jafnvægishitastig.

Hitaferlar í NG-7, mynd 2, sýna, að það er ekki millirennslí í holunni. Hins vegar er lárétt rennsli í bergi á 810, 1020 og 1060 m dýpi, og gilda því ekki forsendur um varmaleiðni í námunda við þessar æðar í holunni.

Þar sem diffusion jafna stjórnar hæði upphitun vegna leiðni og þrýsti-hækkun í holu eftir lokun þá má taka að láni frá geymisfræðum svokallað Horner plot til þess að meta jafnvægishita. Er þá hitastig teiknað á móti stærðinni  $\frac{t + \Delta t}{\Delta t}$  þar sem:

$t$  = tími sem holan er kæld  
 $\Delta t$  = upphitunartími

Þegar  $t \rightarrow \infty$  er  $\frac{t + \Delta t}{\Delta t} = 1$  og ferillinn á Hornergrafi er bein lína.

Oft er erfitt að meta kælitímann en hér hefur verið valið að nota tímann 10 daga.

Tafla 2 sýnir þau hitagildi sem notuð voru til þess að meta berghita. Mynd 4 sýnir Horner graf af upphitun á 900 og 1000 m dýpi. Mælipunktur falla sæmilega að beinni línu þó að fyrirfram sé vitað að lárétt rennsli er í berginu nálægt þessum stöðum í holunni. Berghiti á 900 m dýpi gæti því verið nálægt 270°C en um 290°C á 1000 m dýpi.

Sambærilegir upphitunarferlar eru á mynd 5 fyrir 1400 og 1800 m dýpi. Ætla má að þessir staðir séu tiltölulega lítið truflaðir af massastreymi enda falla mælipunktur mjög vel að beinni línu, og skiptir þar ekki máli hvort miðað er við 5 eða 10 daga kælitíma. Hiti hefur hæst mælst 276°C á þessu dýpi, svo berghiti þarna er hærri en 276°C. Mynd 6 gefur að jafnvægishiti geti verið nálægt 285°C.

Það er eftirtektarvert að framreiknaður berghiti á bilinu 1400-1800 m er lægri en sá hiti sem mælst hefur á 1000 m og í botni holunnar (1955 m). Á mynd 7 hefur verið dreginn upp ferill sem sýnir trúlegan berghita samkvæmt upphitunarmælingum. Hér verður að taka fram að framreiknað hitastig er háð því að forsendur séu réttar, t.d. að kæling og upphitun fari fram sem hitaleiðni. Skekkjur í framreiknuðum hita geta því verið verulegar. Forsendur virðast þó vera sæmilega uppfylltar fyrir dýptarbilið 1700-1800 m og þar er framreiknaður hiti 40-50°C lægri en mældur hiti ofar og neðar í holunni.

Þrýstingur var mældur fjórum sinnum í hinni eiginlegu upphitun, þ.e. dagana 24. nóvember 1983, 9. og 21. desember 1983 og 13. mars 1984. Mynd 8 sýnir tvo af þessum þrýstiprófílum. Ferlarnir skerast á u.þ.b. 1400 m dýpi. Til þess að ákvarða þennan vendipunkt betur var mismunur þrýstimælinga skoðaður sérstaklega. Tafla 3 sýnir þrýstingsmælingar í holu NG-7, en tafla 4 sýnir mismun þrýstimælinga. Mæling frá 9. desember 1983 var ekki notuð í þessum samanburði því að hún er gölluð neðan við 1500 m dýpi.

Mynd 9 sýnir mismun á mældum þrýstingi með dýpi í holunni. Skurðpunktur prófíla virðist sæmilega vel ákvarðaður á 1400 m dýpi. Meðaltal þrýstimælinga á þessu dýpi er 114,78 kp/cm eða 112,6 bar. Þetta ætti að vera þrýstingurinn í jarðhitakerfinu á þessu dýpi.

Ekki er mikið vitað um æðar á þessu dýptarbili. Eftir smá festu í 1518 m jókst skoltap um ca 5 l/s sem gæti verið vísbending um æð á 1518 m dýpi. Skurðpunktur brýstiferla gæti þá þýtt að þessi æð sé sterkasta æð holunnar.

### 3 UPPHLEYPING

Aðgerðir til upphleypingar hófust 9. apríl 1984 með því að byrjað var að dæla lofti á holuna. Var 36 bar þrýstingur hafður á holunni í 3-4 daga og síðan reynt að hleypa henni upp þann 13. apríl 1984. Það tókst ekki. Holan var hitamæld eftir þessa tilraun, mynd 10. Kom þar fram að tekist hafði að hita hana verulega ofan við 1000 m dýpi, en hitastig var lítið breytt í neðri hluta holunnar. Hitatoppurinn í 1000-1100 m hefur allur færst upp og bendir það til að innrennsli í holuna hafi verið á 1518 m. Hins vegar var hiti í efri hluta holunnar alls staðar undir suðumarksferli, svo holan náði ekki að fara í suðu.

Önnur tilraun var gerð með að dæla lofti á holuna, og láta hana standa í lengri tíma áður en hleypt væri af henni. Tókst að setja 41 bar

þrýsting á holuna, og hún látin standa í 10 daga. Þegar til átti að taka þann 2. maí 1984 var þrýstingur kominn niður í 14 bar, og auðvitað var það of lítið til að fá holu í blástur. Við frekari tilraunir við að dæla lofti á holuna kom í ljós að sífellt var erfiðara að ná upp þrýstingi. Var það túlkað svo að leki væri um skotgöt á 180 m dýpi sem gerð voru til þess að steypa efsta hluta 9 5/8" fóðurrörs. Þar sem lekinn ágerðist með tíma þótti auðsýnt að ekki mundi takast að koma holu í blástur með þessari aðferð.

Næsta aðferð sem reynd var í holu NG-7 var að hita holuna upp með blöndu af vatni og gufu frá holu NG-5. Lögð var 2" leiðsla frá skiljustöð við holu NG-5 og sett inn á kæfingarstút á holu NG-7. Var þeirri aðgerð lokið 20. maí 1984 og var þá strax farið að hita holuna upp með renni frá holu NG-5. Ekki tókst að fá upp nema 1-2 bar þrýsting á holutopp, og dugði það lítt til þess að fá holuna í blástur.

Næstu daga var tilraunum haldið áfram og fylgst með hitastigi í holunni.

Mæling, sem gerð var 22. maí 1984 (mynd 11) sýnir að holan hitnar efst í 130°C en jafnframt kælir rennslið holuna. Þessi upphitun nægir því aðeins til að skvetta af holunni nokkrum tugum metra af vatni, en holan fer ekki að sjóða þar fyrir neðan.

Var holan nú látin hitna í eina viku og hegðun hennar skrásett með hitamælingum þann 28. maí 1984, mynd 12. Ferill A á myndinni sýnir hitaferil áður en gufu og vatni er dælt í holu, en ferill B er hitaferill eftir stutta ádælingu. Sést glögg á þessari mynd að tveggja fasa rennslið úr holu NG-5 rekur kalda vatnið á undan sér niður í æðar dýpra í holunni. Þótti nú einsýnt að þessi aðferð dygði ekki ef notuð væri blanda af gufu og vatni til þess að hita holuna upp. Eina ráðið væri að dæla hreinni gufu í holuna, svo að þessi upphitunaraðgerð gæti skilað árangri.

Áður en að þeirri aðgerð kom var hins vegar brugðið á það ráð að draga holuna upp með bullu. Stóðu þeir Dagbjartur Sigursteinsson og Karl Ragnars hjá JBR fyrir því verki, en þeir hafa báðir notað þessa aðferð með góðum árangri í Bjarnarflagi. Hefur Dagbjartur skrifað greinar- góða lýsingu af aðgerðinni, og fer hún hér á eftir:



"1984.07.13

Hola NG-7 Nesjavöllum dregin upp í gos.

7UP

Allmikið hafði verið reynt að ná holu NG-7 í gos með loftdælingu, það er, lofti hafði verið dælt niður í holuna og vatnsborð pressað niður og látið hitna. Þetta hafði ekki borið neinn árangur svo að ákveðið var að freista þess að draga hana upp með stimpli.

Stimpill sem þétti út í 9 5/8" fódringu holunnar og með einstefnuloka sem aðeins hleypti vatni upp í gegnum sig en ekki niður var smíðaður í Vélsmiðju Einars Guðbrandssonar (VEG).

Fyrsta tilraun var gerð með uppdrátt holunnar 11. júlí. Holutoppur samanstóð af Holuventli 10" (full bore) neðst, þá var vinnsluventill 10" (full bore) með heimaásoðnum flönsum og téstykkjum og efst var blindflans með 3" ventli. Téstykkjin voru tengd hljóðdeyfi skammt frá holunni.

Er setja átti stimpilinn niður kom í ljós að suður á vinnsluventli stóðu ekki mál, voru of þröngar fyrir stimpilinn svo skorið var utan af þéttingum á honum en við það varð hann of grannur er niður í fódringuna kom svo tilgangslaust var að reyna uppdrátt. Settar voru nýjar pakkningar á stimpilinn og vinnsluventillinn með téstykkjunum tekinn af holunni.

Stimpillinn var nú settur niður í holuna. Neðan í honum var allþungt lóð en að ofan vír sem rann í gegn um blökk sem beltagrafa hélt uppi, stimpillinn var settur niður í 93 m dýpi en vatnsborð stóð í 83 m. Nota átti jeppa til að draga upp stimpilinn en hann reyndist ekki nægilega kraftmikill né nægilega þungur fyrir uppdráttinn, náði ekki nema sáralítilli ferð á stimpilinn svo lítið sem ekkert náðist upp af vatni. Fenginn var nú dráttarbill 2ja drifa og veitti ekki af. Eftir 2 ferðir niður með stimpilinn kom upp vatn og var áætlað að 5-6 m hefðu komið upp í ferð næstu 5 ferðirnar en að þeim loknum hætti að koma upp og reyndust þéttingar utan á stimplinum búnar. Settar voru nýjar þéttingar á stimpilinn og jafnframt var settur flans ofan á holuventilinn með 9 5/8" röri sem náði upp úr kjallaranum. Gerðar voru nú tvær atlögur að holunni, hvor um sig með 9 ferðum niður, ekkert vatn kom upp í fyrstu ferð og var sem eina ferð þyrfti til að slípa saman stimpilþéttingar og rör, í næstu 6-7 ferðum kom upp vatn 6-8 m í ferð en að því loknu voru þéttingar uppslitnar. 30 km/klst hraða virtist þurfa á stimpilinn til að hann skilaði vatni upp svo nokkru næmi. Eftir þessar aðgerðir var ákveðið að fresta frekari aðgerðum og láta breyta þéttingum stimpilsins þannig að efsta þétting yrði gerð breiðari og settur yrði stálhringur undir hana til styrktar henni og trausts, og útbúið þyngra lóð neðan í stimpilinn. Þessar aðgerðir höfðu tekið 18 klst. með ferðum til og frá Reykjavík."

7UP aðgerð númer 2 var gerð 13. júlí.

"Stimpillinn er endurbættur samkvæmt áður nefndu og aðgerðir fara eins fram og áður nema hvað nú er það Skania 110 búkkabíll sem upp dregur en hann er aflmeiri en fyrri bíllinn.

Fyrsta niðursetning er kl. 11.07, vatnsborð er ekki mælt en virðist vera í rúmum 80 m. Ekkert kemur upp í fyrstu ferðinni og frekar lítið í þeirri næstu en í næstu 11 ferðum kemur upp ca. 6-8 m í ferð eða ca 2800 l eða 75 m súla úr fódurrörunum. Að þessum 13 ferðum loknum er farið að sjá það mikið á vírnum á neðstu 10 m næst stimplinum að ekki er fært annað en færa upp á hann. Útbúinn segulnagli til að hlífa vírnum við frekari skemmdum. Þessi atrenna stóð í 0,5 klst. svo hver ferð hefur tekið 2,3 mínútur. Vatnsborð var mælt að aðgerðinni lokinni og mælist nú í 63 m dýpi. Suða heyrir niðri í holunni. Önnur lota hefst kl. 13.30 og lýkur um kl. 14.00 með 7UP. 13 ferðir voru farnar og virtist vatnsborð nú stöðugt fara hækkandi í holunni svo farið var 1-2 metrum styttra niður með hverri ferð og stöðugt jókst það sem upp kom hverju sinni en ekki er ólíklegt að það hafi að meðaltali komið 10 m í ferð eða 130 m í allt. Heildarvatnsmagn sem upp hefur verið dregið þennan dag áður en holan kom í gos gæti því verið um 7500-8000 lítrar sem samsvarar 200 m vatnssúlu í fóðringunni. Þegar síðasti dráttur var kominn upp í holutopp hélt áfram að renna upp úr holunni í gegnum stimpilinn svo hann var tekinn upp úr. Ekki mun hafa liðið nema um ca. 5 mín. frá því að stimpillinn var kominn upp úr holunni þar til hún var komin í hörkuagos.

Holan var nú látin gjósa í rúmar 2 klst., en að þeim liðnum var lokað fyrir hana og vinnsluventillinn með téstykkjunum settur á og tengdur hljóðdeyfi. Þótt opnað hafi verið fyrir holuna aftur þegar aðeins var búið að tylla toppnum lauslega á aftur mátti engu muna að hún sofnaði ekki við þá aðgerð en hafði samt af að vaka og hresstist furðu fljótt.

Aðgerð 7UP er lokið og árangur er nokkuð góður þrátt fyrir vantrú ýmissa reyndra holuupptökumanna og góðlátlegt grín."

Dagbjartur Sigursteinsson  
(sign)

#### 4 BLÁSTURSSAGA

Holan hefur blásið frá 13. júlí 1984. Aflmælingar á holunni eru sýndar í töflu 5 og rennsli og varmáinnihald á mynd 12. Fyrsta dag blásturs var varmáinnihald um 1150 kJ/kg, en hækkaði eftir nokkra daga í um 1200 kJ/kg. Eftir 40-60 daga blástur hækkaði varmáinnihald enn samhliða því að vatnsrennsli minnkaði. Rennsli gufufasa breytist hins vegar lítið. Þessi hegðan holunnar bendir til að holan sjóði út í berg. Allmiklar sveiflur eru í rennsli holunnar, sem stafar líklega af því að vatnsgusur koma öðru hverju úr einhverri eða einhverjum æðum holunnar.

Holan hefur verið rekin við þrjár opningar. Fyrstu 93 dagana var hún fullopin á 158,6 mm mælistút. Holutoppsprýstingur var þá 7,3-8,3 bar. Á 94-132 degi var 210,0 mm mælistútur notaður. Var holutoppsprýstingur 3,5-4,3 bar. Holutoppsprýstingur var síðan hækkaður í 10,5 bar með því að setja 125 mm blendu á blásturslegg. Aflferill holunnar er sýndur á mynd 14. Sést þar að rennsli breytist lítið þó að prýstingi á holutoppi sé breytt. Er þetta í samræmi við það að holan sjóði langt út í berg.

Á fyrsta blástursdegi er varmáinnihald vökvans um 1130 kJ/kg sem samsvarar varmáinnihaldi á 260°C vatnsfasa. Líklegt er því að meðalhitastig á þeim vökva sem holan vinnur sé nálægt 260-270°C (1130-1190 kJ/kg). Í kafla 2 hér að framan var bent á að 286°C hiti hafi mælst á 1000 m dýpi, en upphitun holunnar benti til að hiti á 1400-1500 m dýpi væri 30-40°C lægri. Ef meðalhitastig á vinnsluvökva er 260-270°C þýðir það að verulegt innrennsli er í holuna á kalda kafla hennar - þ.e. á bilinu 1400-1800 m.

Engar sterkar æðar komu fram í borun á þessum kafla, en lítil vísbending um æð er á 1518 m dýpi. Sá möguleiki er því fyrir hendi að þessi æð á 1518 m sé ein gjöfulasta æð holunnar, og að skurðpunktur prýstiferla á 1400 m dýpi (sjá kafla 2) sé ótvírætt merki þess að sterkasta æð holunnar sé á þessu dýptarbili.

TAFLA 1 Mælingar í NG-7 meðan á upphitun stóð frá 17. nóvember 1983 til 13. júlí 1984.

Dags.	Tími kl.	Hvað mælt	Dýptarbil (m)	Ástand holu	Tilgangur Aths. mælinga
831124	14.20-15.00	Hiti-dT-CCL	0-500(1975)	Borun lokið	Upphitun Upphitun hófst 17.11.83
- "	15.15-16.20	Am.Hiti	0-1975(1975)	- " -	- " -
- "	17.00-18.30	Am.Þrýstingur	0-1975(1975)	- " -	- " -
831209	18.00-19.00	Hiti-dT-CCL	0-510(1975)	- " -	- " -
- "	19.00-20.30	Am.Hiti	0-1975(1975)	- " -	- " -
- "	20.30-21.30	Am.Þrýstingur	0-1975(1975)	- " -	- " -
831221	19.00-19.50	Hiti-dT-CCL	0-520(1975)	- " -	- " -
- "	19:55-21:18	Am.Hiti	0-1975(1975)	- " -	- " -
- "	21:48-22:55	Am.Þrýstingur	0-1975(1975)	- " -	- " -
840313	13:00-14:00	Hiti-dT-CCL	0-490(1975)	- " -	- " -
- "	-	Am. Hiti	0-1975(1975)	- " -	- " -
- "	-	Am.Þrýstingur	0-1975(1975)	- " -	- " -
840413	11:30-13:30	Am. Hiti	0-1962	- " -	Upphleyping mistókst
840522	15:00-17:00	Hiti-dT-CCL	0-800	- " -	- " -
840522	18:00-21:30	Am. Hiti	0-1950	- " -	- " -
840528	13:00-13:45	Hiti-dT-CCL	0-535	- " -	- " -
- "	13:45-17:00	Hiti-dT-CCL	0-580	- " -	- " -

TAFLA 2 Upphitun í holu NG-7. Kælitími 10 dagar.

Dags.	$\Delta t$ dagar	$\Delta t + t$ ---- $\Delta t$	900 m °C	1000 m °C	1400 m °C	1800 m °C	1955 m °C
831117	0						
831124	7	2,42	229	244	210	194	192
831209	22	1,45	249	269	245	220	229
831221	34	1,29	256	275	253	225	259
840313	117	1,08	268	282	263	236	276

TAFLA 3 Þrýstimælingar í holu NG-7

Dags.	831124	831209	831221	840313
Dýpi m	kp/cm <sup>2</sup>	kp/cm <sup>2</sup>	kp/cm <sup>2</sup>	kp/cm <sup>2</sup>
100				1,2
200	6,21	9,3	9,90	10,2
300	16,20	19,3	19,83	21,7
400	26,35	29,2	30,03	32,2
500	36,47	39,3	40,04	42,4
600	46,25	48,3	49,23	51,2
700	55,36	57,6	58,54	59,7
800	64,04	65,6	66,60	67,6
900	72,13	73,6	74,35	75,4
1000	80,16	81,6	82,34	83,4
1100	88,48	89,5	90,20	91,6
1200	96,93	97,6	98,23	89,9
1300	106,13	106,0	106,59	106,7
1400	114,70	114,3	114,74	114,9
1500	123,53	-	123,15	122,9
1600	132,52	131,6	132,06	131,5
1700	141,21	140,0	140,29	139,8
1800	150,24	148,4	149,03	148,2
1900	-	-	157,56	-
1975	165,72	163,6	162,33	160,09

Tafla 4 Mismunur á þrýstingi í NG-7

Dýpi m	840313 - 831124 kp/cm <sup>2</sup>	840313 - 831221 kp/cm <sup>2</sup>	831221 - 831124 kp/cm <sup>2</sup>
200	4,0	0,3	3,69
300	5,5	1,9	3,63
400	5,9	2,2	3,68
500	5,9	2,4	3,57
600	5,0	2,0	2,98
700	4,3	1,2	3,18
800	3,6	1,0	2,56
900	3,3	1,1	2,22
1000	2,2	1,1	2,18
1100	3,1	1,4	1,72
1200	-7,0	0,7	1,30
1300	0,5	0,1	0,46
1400	0,2	0,2	0,04
1500	-0,6	-0,2	-0,38
1600	-1,0	-0,6	-0,46
1700	-1,4	-0,5	-0,92
1800	-2,0	-0,8	-1,21
1970	-4,8	-1,4	-3,39

TAFLA 5. Aflmælingar á NG-7 fram til ársloka 1984.

HITAVEITA REYKJAVIKUR  
1985-03-27

Nesjavellir NG-7

AR	MAN	DAG	KL		THVER- MAL STUTS.	P0 BAR	PC BAR	VATN RENNSL KG/S	H ENTH. KJ/KG	HEILD. RENNSL KG/S	GUFA VID 1 BAR ABS. KG/S	GUFA VID 7 BAR ABS. KG/S	Ath.
84	07	13	1730	AG	158.6	7.9	2.30	33.32	1116.	48.2	14.9	9.8	
84	07	13	1740	AG	158.6	7.9	2.30	33.32	1116.	48.2	14.9	9.8	
84	07	13	1848	AG	158.6	7.7	2.25	31.89	1133.	46.7	14.8	9.9	
84	07	13	2230	SJ	158.6	7.6	2.20	31.89	1124.	46.4	14.5	9.7	
84	07	14	0110	SJ	158.6	7.8	2.20	31.19	1138.	45.8	14.6	9.8	
84	07	14	1015	SJ	158.6	7.5	2.17	30.50	1146.	45.0	14.5	9.8	
84	07	14	1515	SJ	158.6	7.5	2.17	30.50	1146.	45.0	14.5	9.8	
84	07	14	2230	SJ	158.6	7.5	2.17	30.50	1146.	45.0	14.5	9.8	
84	07	15	1000	SJ	158.6	7.5	2.17	30.50	1146.	45.0	14.5	9.8	
84	07	15	1605	SJ	158.6	7.5	2.17	30.50	1146.	45.0	14.5	9.8	
84	07	15	2210	SJ	158.6	7.5	2.17	30.50	1146.	45.0	14.5	9.8	
84	07	16	1040	SJ	158.6	7.5	2.17	29.15	1174.	43.8	14.7	10.2	
84	07	16	1630	EG	158.6	7.7	2.10	28.82	1168.	43.1	14.3	9.9	
84	07	17	1300	EG	158.6	7.3	2.15	28.82	1179.	43.4	14.6	10.2	
84	07	17	2110	SJ	158.6	7.4	2.15	28.82	1179.	43.4	14.6	10.2	
84	07	18	2155	SJ	158.6	7.5	2.15	28.82	1179.	43.4	14.6	10.2	
84	07	20	1100	EG	158.6	7.8	2.12	28.82	1172.	43.3	14.4	10.0	
84	07	22	2245	SJ	158.6	7.8	2.16	27.84	1202.	42.6	14.8	10.5	
84	07	23	1105	SJ	158.6	7.8	2.18	27.19	1221.	42.1	15.0	10.7	
84	07	24	2100	SJ	158.6	8.0	2.20	29.82	1166.	44.6	14.7	10.2	
84	07	25	1400	EG	158.6	7.8	2.15	27.19	1215.	42.0	14.8	10.6	
84	07	26	2010	SJ	158.6	7.8	2.20	28.82	1188.	43.7	14.9	10.4	
84	07	28	1915	SJ	158.6	7.9	2.20	28.82	1188.	43.7	14.9	10.4	
84	07	31	1530	EG	158.6	8.2	2.20	28.82	1188.	43.7	14.9	10.4	
84	08	03	1700	SJ	158.6	8.2	2.20	28.82	1188.	43.7	14.9	10.4	
84	08	07	1805	SJ	158.6	8.3	2.20	28.82	1188.	43.7	14.9	10.4	
84	08	14	1220	SJ	158.6	8.2	2.25	28.82	1197.	43.9	15.1	10.7	
84	08	20	1430	SJ	158.6	8.2	2.15	28.82	1179.	43.4	14.6	10.2	
84	09	14	1615	MG	158.6	7.7	2.18	24.11	1297.	39.4	15.3	11.5	
84	09	23	1717	MG	158.6	7.8	2.14	22.64	1328.	37.9	15.3	11.6	
84	09	29	1600	EG	158.6	7.8	2.08	26.40	1220.	40.9	14.5	10.4	
84	10	01	1816	MG	158.6	7.7	2.14	25.62	1250.	40.5	14.9	10.9	
84	10	03	2015	MG	158.6	7.7	2.14	24.11	1289.	39.2	15.1	11.3	
84	10	08	1500	MG	158.6	7.8	2.10	24.11	1281.	39.0	14.9	11.1	
84	10	12	0900	MG	158.6	7.7	2.15	24.11	1291.	39.2	15.1	11.3	
84	10	16	1822	MG	158.6	7.7	2.13	22.64	1327.	37.9	15.2	11.6	
84	10	17	1340	EG	210.0	4.2	0.82	25.62	1274.	41.2	15.6	11.6	- Skipt um mælistút - loki settur á gufu- veitu
84	10	17	1625	EG	210.0	4.1	0.82	25.93	1267.	41.5	15.6	11.5	
84	10	18	1515	EG	210.0	4.1	0.78	25.93	1253.	41.1	15.2	11.1	
84	10	19	1655	EG	210.0	4.2	0.77	25.62	1257.	40.7	15.1	11.1	
84	10	26	1120	MG	210.0	3.5	0.80	23.22	1330.	38.9	15.7	12.0	
84	10	31	1315	MG	210.0	3.5	0.81	22.93	1341.	38.8	15.8	12.1	
84	11	03	1445	MG	210.0	4.3		22.64					
84	11	11	1015	SJ	210.0	4.2	0.76	22.64	1332.	38.0	15.4	11.7	
84	11	12	1615	SJ	210.0	4.2	0.75	22.36	1337.	37.7	15.3	11.7	
84	11	16	1716	MG	210.0	3.6	0.73	22.07	1338.	37.2	15.1	11.6	
84	11	22	0950	MG	210.0	4.2	0.75	22.64	1329.	37.9	15.3	11.6	
84	11	22	1050	NG	210.0	4.2	0.75	22.64	1329.	37.9	15.3	11.6	
84	11	24	1340	MG	210.0	10.2	0.70	21.24	1352.	36.2	14.9	11.5	- 125 mm blenda sett aftan við loka að hljóðdeyfi 23/11
84	11	28	1055	MG	210.0	10.6	0.63	22.07	1302.	36.2	14.2	10.6	
84	11	30	1305	MG	158.6	10.6	1.78	25.62	1177.	38.5	12.9	9.0	- Skipt um mælistút
84	12	04	1510	MG	158.6	10.4	1.80	24.11	1220.	37.3	13.2	9.5	
84	12	13	1430	MG	158.6	10.8	1.80	21.24	1299.	34.8	13.6	10.2	

## 5 EFNASAMSETNING BORHOLUVÖKVA

Eftir að hola NG-7 kom í blástur var safnað reglulega sýnum af vatni og gasi til efnagreininga. Fyrsta mánuðinn var safnað um það bil mánaðarlega, en síðan hefur liðið lengra á milli. Þessi samantekt skýrir frá niðurstöðum 7 efnagreininga fyrstu mánuðina. Söfnunar- og efnagreiningaaðferðum sem beitt var var lýst í skýrslu um holu NG-6 á Nesjavöllum (Valgarður Stefánsson o.fl., 1983).

### 5.1 Niðurstöður efnagreininga

Efnasamsetning borholuvökvans er hér sett fram á tvennan hátt. Annars vegar er gefin upp samsetning í heildarrennslis og hins vegar sem djúpvatn við ákveðið hitastig.

Tafla 6 er efnasamsetning borholuvökvans gefin upp í heildarrennslis holunnar. Ef varmáinnihald borholuvökvans er hærra en gufumettaðs vatns við sama þrýsting og er í jarðhitakerfinu er það vísbending um að tveggja fasa streymi sé að ræða. Sum efni eru bæði í gufufasa og vatnsfasa og er dreifing þeirra milli fasa háð þrýstingi. Efnasamsetning heildarrennslis er aftur á móti sú sama ef sama ástand ríkir í jarðhitageyminum.

Tafla 7 sýnir djúpvatnssamsetningu vatnsins við 270°C. Ástæðan fyrir því að 270°C varð fyrir valinu er byggð að miklu leiti á niðurstöðum efnahitamæla (sbr. kafla 5.3). Í útreikningum á djúpvatnssamsetningu er gert ráð fyrir því að varmáinnihald vökvans sé hið sama og gufumettaðs vatns við 270°C, þ.e. 1184 KJ/kg. Mælt varmáinnihald er sambærilegt, sérstaklega þegar fyrstu fimm sýnunum var safnað.

### 5.2 Breytingar á efnasamsetningu með tíma

Á myndum 15 - 21 eru sýndar breytingar á efnáinnihaldi heildarrennslis úr holu NG-7 frá því henni var hleypt í blástur. Einungis fá efni sýna einhverja breytingu með tíma. Helstu breytingar eru á styrk klórs og súlfats.

Á mynd 15, sem sýnir styrk kísils með tíma eru engar marktækar breytingar sjáanlegar. Á mynd 16 eru sýndar breytingar á styrk vetnis og köfnunarefnis. Breytingar eru litlar, en þó má sjá lækkun í styrk



köfnunarefnis. Þessi lækun er líklega vegna þess að við borun er dælt niður miklu magni af köldu vatni, mettuðu af andrúmslofti, sem síðan hreinsast út í byrjun blásturs. Hlutfallið  $N_2/H_2S$  lækkar með tíma (tafla 8) af sömu ástæðu.

Breytingar á styrk kolsýru og brennisteinsvetnis (mynd 17) eru nokkuð sveiflukenndar, en þó virðist styrkur kolsýru frekar hafa aukist. Ekki er hægt að sjá breytingar á hlutföllum gastegundanna  $H_2/H_2S$  og  $CO_2/H_2S$  með tíma (tafla 8). Engar breytingar eru sjáanlegar á styrk súrefnis + argon, metans (mynd 18), kalsíums, flúors (mynd 19), natríums og kalíums (mynd 20).

Mynd 21 sýnir styrk súlfats og klórs með tíma. Styrkur beggja þessara efna lækkar við blástur og hlutfallið  $H_2S/SO_4$  hækkar (tafla 8). Orsök fyrir lækun á styrk súlfats og þar með hækkun á hlutfallinu  $H_2S/SO_4$  getur stafað af áhrifum skolvatns, mettuðu af andrúmslofti. Það hefur oxandi áhrif og hærri styrkur súlfats í upphafi blásturs getur því stafað af oxun á brennisteinsvetni í súlfat.

Ekki er vitað hvað stjórnar lækun á styrk klórs með tíma. Þess má geta að hola NG-6 byrjaði með lágan styrk klórs þegar hún fór fyrst í blástur. Eftir um viku blástur jókst klórstyrkurinn og hefur síðan sveiflast nokkuð. Á þessu stigi verður ekki reynt að skýra þessa hegðun, en vonast er til að frekari gögn úr holum NG-9 og NG-10 geti varpað þar ljósi á. Vegna lækunar á styrk klórs, en nokkuð stöðugum styrks natríums hækkar  $Na/Cl$  hlutfallið með tíma (tafla 8).

### 5.3 Efnahiti og jafnvægi bergs og vatns

Allir útreikningar á efnahita byggja á því að jafnvægi ríki milli jarðhitavökvans og bergsins. Styrkur efnanna stjórnast þá af uppleysanleika steintegundanna, en uppleysanleikinn er háður hitastigi. Efnin eru misjafnlega til þess fallin að nota þau sem hitamæla. Mest reynsla hefur fengist við að nota styrk kísils (kísilhiti) og hlutföll natríums og kalíums (alkalíhiti). Á háhitasvæðum hafa gashitamælar reynst hjálplegir við að meta hita í jarðhitakerfum. Í töflu 9 er sýndur útreiknaður kísilhiti, alkalíhiti og hiti reiknaður út frá styrk gastegunda.

Þrjár kvarðanir eru sýndar fyrir kísilhitann. Eru það kvarðanir Stefáns Arnórssonar o.fl. (1983b), Fourniers og Potters (1982) og Kristínar Völu Ragnarsdóttur og Walters (1983). Fyrri tvær kvarðanirnar gefa mjög sambærilegar niðurstöður, eða  $269^\circ C$  að meðaltali, en kvörðun Kristínar Völu Ragnarsdóttur og Walter gefur nokkuð hærri gildi eða  $289^\circ C$  að meðaltali. Meðaltal fyrir allar kvarðanir er  $276^\circ C$ .

Þrjár kvarðanir eru líka gefnar fyrir alkalíhita. Þær gefa allar sambærileg gildi, að meðaltali um 260°C. Þegar efnagreiningar frá holu NG-6 voru skoðaðar (Valgarður Stefánsson o.fl. 1983) kom í ljós að alkalíhiti gaf svipaðar niðurstöður og mældur hiti (290-300°C) og einungis ein kvörðun á kísilhita (kvörðun Kristínar Völu Ragnarsdóttur og Walters) gaf sambærileg gildi. Af þessari ástæðu og jafnframt þeirri að sú kvörðun byggði á uppleysanleikatilraunum á kísli við 250°C var talið að sú kvörðun ætti betur við.

Í töflu 9 eru jafnframt sýnd útreiknuð gildi byggð á styrk gastegunda. Gashitamælarnir eru kvarðaðir miðað við að safnað sé úr gufuaugum. Það þarf því að gera ráð fyrir suðu djúpvatns í 100°C til að hægt sé að nota líkingarnar sem gefnar eru með töflu 9. Kolsýruhiti er lægri en bæði kísilhiti og alkalíhiti, sama hvaða kvarðanir eru notaðar. Aftur á móti gefur hiti byggður á styrk brennisteinsvetnis í gufu og hiti byggður á styrk vetnis í gufu nærri 270°C. Hiti byggður á hlutföllum kolsýru og vetnis er aftur á móti um 300°C. Lágur kolsýruhiti bendir til að kolsýra hafi tapast. Það getur líka skýrt háan hita samkvæmt kolsýru/vetnishitamæli.

Meðaltal allra hitamæla gefur 271°C, sem er sambærilegt við það sem varmainnihald vatnsins gefur ef gert er ráð fyrir að vökvinn sé gufumettað vatn. Þetta er ástæðan fyrir því að 270°C hiti var valinn til að reikna samsetningu djúpvatns (tafla 7).

Munur á hita byggðum á styrk mismunandi efna er ekki mikill. Mismunur hæsta og lægsta meðaltals er um 25°C ef undan er skilinn kolsýruhiti og hiti byggður á hlutfalli kolsýru og vetnis. Munur á útreiknuðum gildum getur qefið til kynna breytingar innan svæðisins. Þannig þarf að skýra hvers vegna kvörðun Kristínar Völu Ragnarsdóttur og Walters fyrir kísilhitann ber vel saman við alkalíhita í holu NG-6 en sýnir hærri hita í holu NG-7. Ef aftur á móti aðrar kvarðanir fyrir kísilhita teljast trúverðugar er óskýrt hvers vegna kísill er ekki í jafnvægi í holu NG-6. Í öllum tilfellum verður að ganga út frá sömu kvörðun á kísilhita alls staðar á svæðinu. Ef enn er gengið út frá að kvörðun Kristínar Völu Ragnarsdóttur og Walters sé sú rétta, þarf að skýra hvers vegna kísilhiti er hærri en alkalíhiti. Alkalíhiti byggir á hlutfallslegum styrk natríums og kalíums, en kísilhiti eingöngu á styrk kísils. Af þeim sökum er alkalíhiti ekki eins næmur fyrir áhrifum suðu og blöndunar á misheitu vatni. Báðar þessar skýringar gætu gengið til að skýra hærri kísilhita en alkalíhita í holu NG-7. Suða gæti jafnframt haft áhrif á gashitamæla, sérstaklega ef gufan hefur tapast. Athugun á efnasamsetningu vökva í holum NG-9 og NG-10 getur hjálpað til að skýra þessi atriði.

Þessir efnahitamælar sem hér hafa verið notaðir taka til 6 af aðalefnum vökvans. Önnur helstu aðalefnin eru kalsíum, magnesíum, flúor, súlfat og klór. Stefán Arnórsson o.fl. (1983a) sýndu fram á að ýmis óhlaðin sýrumólikúl (mynduð úr anjónum) og katjóna/prótónu-hlutföll í jarðhitavatni haga sér mjög reglulega með hita. Á þetta við um allar anjónir að undanskildu klóri, sem ekki tekur þátt í efnajafnvægjum bergs og vatns. Þessi sambönd efna og hita má því nota til að kanna í grófum dráttum hvort jafnvægi ríkir við ákveðið hitastig. Styrkur magnesíums í háhitavatni er mjög lágur og nærri mörkum þess sem unnt er að greina með aðferðinni. Magnesíum/prótonu hlutfallið gefur því litlar upplýsingar. Allar eru þessar kvarðanir ónákvæmar við hærri hita en 250°C vegna þess að við kvörðun eru fá gögn við hærri hita. Kvarðanir eru sérstaklega slæmar fyrir Ca/H og HF þar sem jafnvægisferlar eru farnir að beygja mikið og litlar breytingar eru með hita. Sýrumólikúl súlfats ( $H_2SO_4$ ) gefur hita á bilinu 250 - 260°C.

#### 5.4 Gas í gufu

Magn gass í gufu er einn þeirra þátta, sem skipta miklu máli við nýtingu. Í töflu 10 er sýnt hver þyngdarprósenta gass í gufu yrði fyrir hvert sýni ef skilið væri við 7 bara þrýsting. Meðalgildi fyrir þessi 7 sýni er um 0,60 % gas í gufu.

Við rannsóknir í Kröflu hefur nokkuð verið notast við nálgunaraðferðir við að áætla gas í gufu (Halldór Ármannsson, 1982). Miðast þetta við það að hafa aðferð, sem gefur áreiðanlegar niðurstöður mjög fljótt. Samanburður þessara aðferða við útreiknuð gildi út frá heildargreiningu gass hefur gefið viðunandi niðurstöður. Í þessum nálgunum er gert ráð fyrir að allt gas sé  $CO_2$ , en það er í Kröfluholum yfir 90 % af gasinu. Athugað var hvort þessar nálganir giltu fyrir Nesjavelli. Í ljós kom að þyngdarprósenta gass í gufu, ákveðin út frá hlutfalli af rúmmáli gass og rúmmáli þéttivatns gaf um 28 % of lág gildi. Aftur á móti gefur nálgunin, þar sem gert er ráð fyrir að gasið sé eingöngu  $CO_2$  og  $H_2S$  (lútarsöfnun) um 10 % of lág gildi. Þessar tvær gastegundir eru tæplega 90 % af heildargasi í holu NG-7 (tafla 11). Nálganir þessar þarf því að nota með varúð á Nesjavöllum.

#### 5.5 Ópalmettun

Jarðhitavökvinn í holu NG-7 inniheldur um 550 mg/kg af kísli, ef gert er ráð fyrir 270°C hita. Við suðu eykst styrkur kísils, sem nemur þeirri gufu sem tapast við suðuna. Með lækkanði hita má búast við að vatnið geti orðið yfirmettað með tilliti til ópals, en ópall er aðal-

skeljunarform kísils á jarðhitasvæðum. Reiknað hefur verið út við hvaða hitastigi jarðhitavökvinn nær ópalmettun (tafla 12). Vatnið nær ópalmettun við um 166°C hita sem samsvarar 7,18 bar a þrýstingi. Ef hola NG-7 er rekin við lægri þrýsting en 7 bar a er hætta á ópal-útfellingum. Það er því lagt til að hola sé að jafnaði rekin við hærri þrýsting en 7 bara.

## 5.6 Kalk

Samkvæmt reynslu eiga kalkútfellingar sér einungis stað ef jarðhita-vökvi er verulega yfirmettaður af kalsíti. Í holu NG-7 er vökvinn mettaður af kalsíti, eins og jarðhitavatn í jafnvægi við berg er yfir-leitt. Við suðu verður vökvinn síðan aðeins undirmettaður. Hætta á útfellingu kalsíts er því hverfandi.

TAFLA 6. Efnasamsetning borholuvökva við 270°C í holu NG-7.

Reiknað er með varmainsihaldi gufumetaðs vatns (1184 KJ/kg)  
Styrkur efna í mg/kg.

Sýni	5248	5249	5254	5257	5262	5270	5277
Dags.	840716	840720	840725	840731	840820	840922	840929
Ps(bar a)	8,6	8,7	8,8	9,0	9,0	7,8	8,7
pH	6,82	7,03	6,91	6,88	6,96	6,93	6,94
SiO <sub>2</sub>	533,5	534,1	519,5	543,6	554,4	548,2	606,0
Na	127,4	124,4	121,8	126,4	124,9	121,6	135,7
K	21,4	20,8	19,2	20,3	20,7	21,2	21,3
Ca	0,62	0,62	0,62	0,47	0,39	0,39	0,39
Mg	0,008	0,016	0,031	0,008	0,008	0,008	0,008
SO <sub>4</sub>	185,1	157,3	166,9	176,6	136,4	69,8	23,4
Cl	48,2	47,1	49,3	50,5	52,2	5,7	5,5
F	0,93	1,01	1,01	1,10	1,10	1,08	1,17
CO <sub>2</sub>	1176	814	1031	1005	914	970	1214
H <sub>2</sub> S	344,0	300,0	377,9	381,9	286,5	421,4	300,0
H <sub>2</sub>	23,5	24,5	37,0	33,0	29,4	42,9	27,0
O <sub>2</sub> +Ar	2,53	2,42	4,81	2,99	2,33	6,40	1,90
CH <sub>4</sub>	9,1	7,6	9,7	9,5	7,4	9,7	6,9
N <sub>2</sub>	132,7	96,2	124,3	97,8	66,6	93,1	57,6

TAFLA 7. Efnainnihald í heildarrennsli úr holu NG-7 á Nesjavöllum. Styrkur efna í mg/kg.

Sýni	5248	5249	5254	5257	5262	5270	5277
dags	840716	840720	840725	840731	840820	840922	840929
PO bara	8,7	8,7	8,8	9,0	9,0	7,8	8,7
HO kJ/kg	1168	1172	1215	1188	1179	1328	1220
SiO <sub>2</sub>	539,4	538,6	509,8	542,7	556,7	499,0	592,4
Na	128,8	125,5	119,5	126,2	125,4	110,7	132,7
K	21,7	21,0	18,8	20,2	20,7	19,3	20,8
Ca	0,63	0,64	0,62	0,48	0,40	0,35	0,36
Mg	0,008	0,016	0,030	0,008	0,008	0,007	0,008
SO <sub>4</sub>	187,2	158,6	163,8	178,3	137,0	63,5	22,9
Cl	48,7	47,5	48,3	50,4	52,4	5,2	5,6
F	0,96	1,01	1,01	1,06	1,08	0,96	1,12
CO <sub>2</sub>	1132	792	1200	1013	903	1267	1308
H <sub>2</sub> S	336	295	396	384	284	500	315
H <sub>2</sub>	22,7	23,8	39,5	33,2	29,0	56,0	29,1
CH <sub>4</sub>	8,8	7,4	10,4	9,6	7,3	12,7	7,5
N <sub>2</sub>	127,8	93,5	132,7	95,5	65,7	121,5	62,2
O <sub>2</sub> +Ar	2,4	2,0	5,1	3,0	2,3	8,3	2,1

TAFLA 8. Hlutföll nokkurra efna í rennsli.

Sýni	H <sub>2</sub> S/SO <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	Na/Cl
84-5248	1,79	0,38	0,068	3,37	2,65
84-5249	1,86	0,32	0,081	2,69	2,64
84-5254	2,42	0,33	0,100	3,03	2,47
84-5257	2,15	0,25	0,087	2,64	2,50
84-5262	2,07	0,23	0,102	3,18	2,39
84-5270	7,87	0,24	0,112	2,54	21,3
84-5277	13,7	0,20	0,092	4,16	29,0

TAFLA 9. Efnahiti reiknaður út frá efnasamsetningu vökva úr holu NG-7, Nesjavöllum.

	T samsv. enthalp	T SiO <sub>2</sub> A	T SiO <sub>2</sub> B	T SiO <sub>2</sub> C	T NaK D	T NaK E	T NaK F	T CO <sub>2</sub> G	T H <sub>2</sub> S H	T H <sub>2</sub> I	T CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> J		
84-5248	267	266	267	285	266	260	258	253	266	271	290		
84-5249	268	266	266	286	265	260	259	238	261	272	302		
84-5254	276	263	262	282	259	254	253	249	269	280	307		
84-5257	271	268	269	288	261	256	254	247	269	277	304		
84-5262	269	270	271	291	264	258	257	243	261	275	304		
84-5270	(297)	269	267	289	270	264	264	250	272	283	312		
84-5277	277	280	282	304	259	254	252	254	263	274	292		
Meðaltal	271(275)	269			289	263		258	257	248	266	276	302
		276				259							

- A.  $t(^{\circ}\text{C}) = 1164/(4.90 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$  (180-300 $^{\circ}\text{C}$ ). Arnórsson o.fl. (1983b). Styrkur efna í mg/kg.
- B.  $t(^{\circ}\text{C}) = -42.198 + 0.28831 (\text{SiO}_2) - 3.6686 \cdot 10^{-4} (\text{SiO}_2)^2 + 3.1665 \cdot 10^{-7} (\text{SiO}_2)^3 + 77.034 \log (\text{SiO}_2)$  (0-330 $^{\circ}\text{C}$ ) Fournier og Potter (1982). Styrkur efna í mg/kg.
- C.  $t(^{\circ}\text{C}) = 39.536 + 0.58127 (\text{SiO}_2) - 6.1713 \cdot 10^{-4} (\text{SiO}_2)^2 + 3.7499 \cdot 10^{-7} (\text{SiO}_2)^3 + 19.985 \log (\text{SiO}_2)$  (180-340 $^{\circ}\text{C}$ ) Ragnarsdóttir og Walter (1983). Styrkur SiO<sub>2</sub> í mg/kg.
- D.  $t(^{\circ}\text{C}) = 1217/(\log \text{Na/K} + 1.483) - 273.15$  (100-300 $^{\circ}\text{C}$ ). Fournier (1979). Styrkur Na og K í mg/kg.
- E.  $T(^{\circ}\text{C}) = 1319/(1.699 + \log \text{Na/K}) - 273.15$  (250-350 $^{\circ}\text{C}$ ). Arnórsson o.fl. (1983b). Styrkur Na og K í mg/kg.
- F.  $\log \text{Na/K} = -1.782 - 2775.5/T + 558780/T^2 - 0.00964T + 4.104 \log T$  (25-360 $^{\circ}\text{C}$ ). Arnórsson o.fl. (1983b). Styrkur Na og K í mole/kg (T í  $^{\circ}\text{K}$ ).
- G.  $t(^{\circ}\text{C}) = -44.1 + 269.25Q - 76.88Q^2 + 9.52Q^3$ . Þar sem  $Q = \log \text{CO}_2$  (mmole/kg). Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).
- H.  $t(^{\circ}\text{C}) = 173.2 + 65.04 \log \text{H}_2\text{S}$ . Styrkur í mmole/kg. Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).
- I.  $t(^{\circ}\text{C}) = 212.2 + 38.59 \log \text{H}_2$ . Styrkur í mmole/kg. Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).
- J.  $t(^{\circ}\text{C}) = 311.7 - 66.72 \log (\text{CO}_2/\text{H}_2)$ . Styrkur í mmole/kg. Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).

TAFLA 10. Gas í gufu úr holu NG-7, miðað við 7 bar a þrýsting

Dags.	Sýni	Gas í gufu % þyngdar
84-07-16	5248	0,68
84-07-20	5249	0,49
84-07-25	5254	0,64
84-07-31	5257	0,61
84-08-20	5262	0,52
84-09-22	5270	0,61
84-09-29	5277	0,62

TAFLA 11. Meðalsamsetning gass úr holu NG-7 miðað við 7 bar a þrýsting.

CO <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> S %	H <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> +Ar %	CH <sub>4</sub> %	N <sub>2</sub> %
71,6	17,6	2,4	0,3	0,7	7,4

TAFLA 12. Hitastig ópalmettunar við hvellsuðu.

Dags.	Sýni	Styrkur SiO <sub>2</sub> í djúpvatni (mg/kg)	Hitastig ópal- mettunar	P (bar a)
84-07-16	5248	533,5	164	6,84
84-07-20	5249	534,1	164	6,84
84-07-25	5254	519,5	161	6,34
84-07-31	5257	543,6	165	7,01
84-08-20	5262	554,4	167	7,36
84-09-22	5270	548,2	166	7,18
84-09-29	5277	606,0	175	8,92

## 6 SAMANBURÐUR VIÐ AÐRAR HOLUR

Varmainnihald rennslis úr NG-7 er svipað og í rennsli úr NG-5, en mun lægra en í rennsli úr holu NG-6. Talið er að jarðhitakerfið við holu 5 og 7 sé eins fasa vatnskerfi, en að hola NG-6 taki vökva úr sjóðandi jarðhitakerfi. Varmainnihald rennslis fer að miklu leyti eftir þeim aðstæðum í jarðhitakerfinu.

Hiti og þrýstingur í jarðhitakerfinu við holu NG-7 er svipaður og við holu NG-5, en mun lægri en er í námunda við NG-6. Framreiknaður berg-hiti við holu NG-7 er mjög athyglisverður, og verður varla túlkaður á annan hátt en að lárétt rennsli sé ráðandi í jarðhitakerfinu á þessum stað.

Afl holu NG-7 er um 45 MW af hrávarma eftir 150 daga blástur. Er þetta sambærilegt og afl í holu NG-6, en afl hennar er nú um 55 MW af hrávarma. Afl holu NG-7 virðist dala nokkru meira en í holu NG-6, og má vera að það stafi af því að hola NG-7 tekur vökva úr hreinu vatnskerfi en hola NG-6 úr sjóðandi kerfi. Það flækir þó þennan samanburð að afl holu NG-6 hefur verið að aukast á árinu 1984, en hola NG-7 er ennþá a.m.k. í hreinum hnignunarfasa. Rennslissaga holu NG-7 bendir til að holan sjóði langt út í berg, þannig að rennsli úr holunni skapar suðu-ástand í næsta nágrenni holunnar. Hvort sú kæling, sem verður vegna suðu í bergi við holu NG-7 verður til þess að aflíð aukist með tíma eins og gerst hefur við holu NG-6 er ekki hægt að spá um á þessu stigi máls.

Í stórum dráttum má segja, að ekki sé mikill munur á efnasamsetningu jarðhitavatns á Nesjavöllum. Þó eru nokkur atriði sem líta má á og er trúlegt að þau skýrist betur þegar farið verður að vinna frekar úr gögnum úr borholum NG-9 og NG-10.

Sá munur sem fram kemur í varmainnihaldi vatnshola (NG-5 og NG-7) annars vegar og hola sem taka vökva úr suðuhluta jarðhitakerfisins (NG-6 og NG-9) endurspeglast að hluta til í efnasamsetningu borholuvökvans. Þannig er styrkur flestra steinefna í heildarrennsli í vatnsholum hærri en í holum á suðuhluta jarðhitakerfisins og á sama hátt er styrkur gastegunda í heildarrennsli lægri. Klór hegðar sér þó einkennilega. Styrkur hans er að því er virðist lægri í holum í suðuhluta jarðhitakerfisins en í vatnsholunum. Þó nokkrar sveiflur eru í styrk klórs í hverri holu og er þetta því ekki alveg greinilegt í öllum sýnum. Vonir standa til að athuganir á fleiri holum leiði í ljós hvort hér sé um raunverulegan mun að ræða. Styrkur gastegundanna köfnunarefnis og metans er meiri í holu NG-7 en NG-6, sem gæti stafað af því að fyrrnefnda holan er nær jaðri jarðhitakerfisins.



Styrkur gass í gufu er mjög svipaður í holum NG-6 og NG-7. Í holu NG-7 er styrkur þess að meðaltali 0,60 % af þunga við 7 bar a þrýsting, en 0,64 % í holu NG-6 í september 1984. Það er bó eftirtektarvert að styrkur einstakra gastegunda er ekki sá sami. Til dæmis fer samanlagður styrkur kolsýru og brennisteinsvetnis í holu NG-7 aldrei yfir 90 % af gasinu, en í holu NG-6 (og NG-9) eru þessar gastegundir um 97 %. Á móti kemur aukinn styrkur köfnunarefnis og metans í holu NG-7.

## 7 NIÐURSTÖÐUR

Í þessari skýrslu er fjallað um vinnslueiginleika holu NG-7 á Nesjavöllum. Hiti og þrýstingur í jarðhitakerfinu er metinn og efna-samsetning jarðhitavökvans er ákvörðuð. Helstu niðurstöður er þessar:

- Afl holunnar er 45 MW af hrávarma eftir 150 daða blástur.
- Aðalæð holunnar er á 1518 m dýpi og er hitastig vökvans nálægt 270°C.
- Hiti á 1000-1100 m dýpi, svo og neðan við 1700 m dýpi er hærri en við aðalæð.
- Vinnanlegur jarðhiti er ekki ofan við 700-800 m dýpi á þessum stað, og til þess að koma holunni í blástur þarf að fjarlægja efsta hlutann af köldu vatnssúlunni í holunni.
- Við upphaf vinnslu er jarðhitakerfið í hreinum vatnsfasa, en suða færir mjög fljótlega út í berg og skapar suðukerfi í næsta nágrenni holunnar.

## HEIMILDASKRÁ

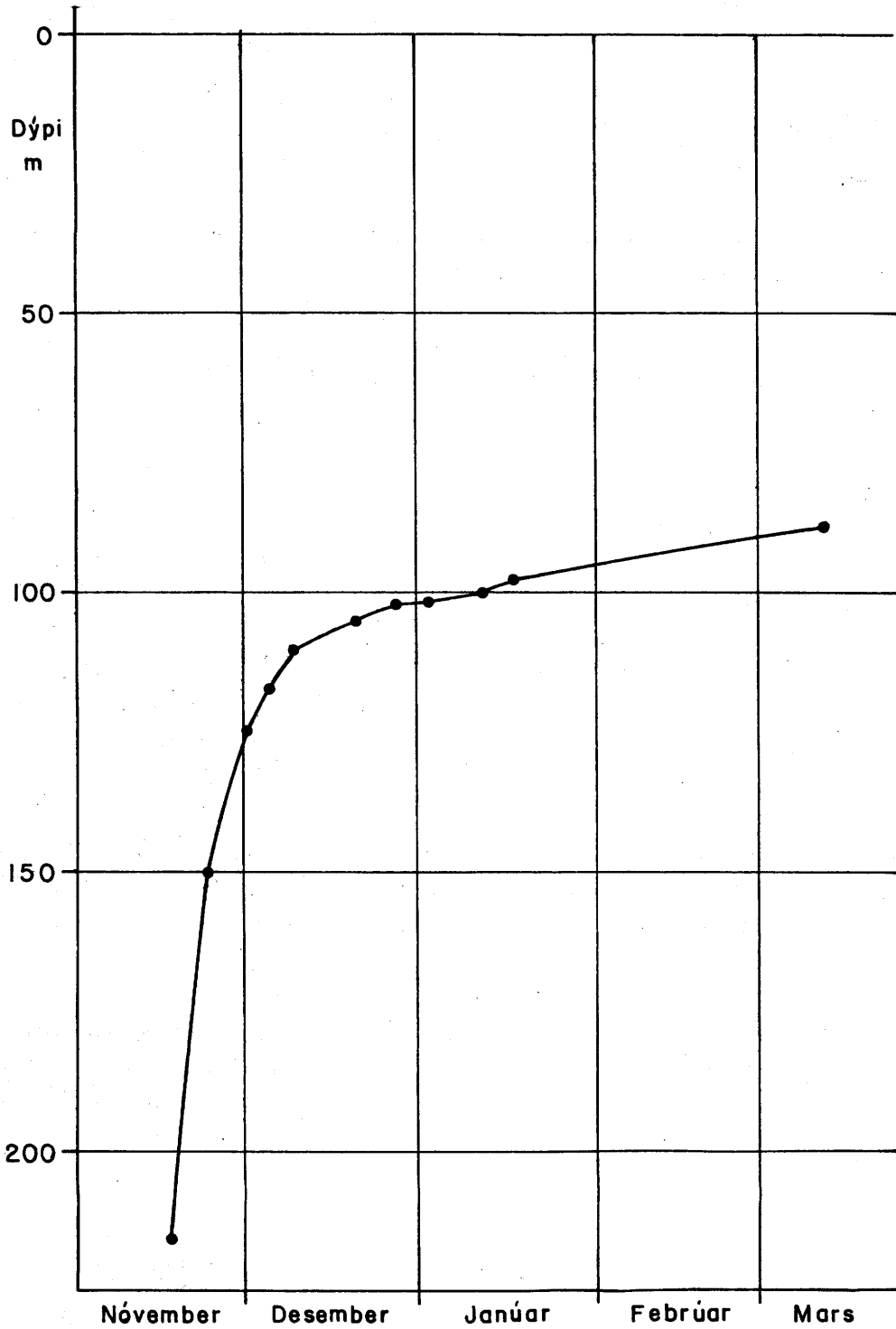
- Fournier, R.O. 1979: A revised equation for the Na/K geothermometer. Geothermal Resources Council Transactions, 3: 221-224.
- Fournier, R.O. and Potter, R.W., 1982: A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. Geothermal Resources Council Bulletin, Nov. 1982: 3-9.
- Halldór Ármannsson, 1982: Gas í gufu. Lýsing og prófun ákvörðunar- aðferða. Skýrsla OS-83093 / JHD-32B.
- Hjalte Franzson og Hilmar Sigvaldason, 1985: Nesjavellir hola NG-7. Jarðlög, vatnsæðar og ummyndun (í prentun).
- Kristín Vala Ragnarsdóttir and Walter, J.V., 1983: Pressure sensitive "silica geothermometer" determined from quartz solubility experiments at 250°C. Geochim. Cosmochim. Acta. Geochim. Cosmochim. Acta, 47: 941-946.
- Stefán Arnórsson, and Einar Gunnlaugsson, 1985: New gas geothermometers for geothermal exploration-calibration and application. Geochim. Cosmochim. Acta. Í prentun.
- Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson, and Hörður Svavarsson, 1983a: The chemistry of geothermal waters in Iceland. II. Mineral equilibria and independent variables controlling water compositions. Geochim. Cosmochim. Acta, 47: 547-566
- Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson, and Hörður Svavarsson, 1983b: The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations, Geochim. Cosmochim. Acta, 47: 567-577.
- Valgarður Stefánsson, Jens Tómasson, Einar Gunnlaugsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalte Franzson, Ómar Sigurðsson, 1983: Nesjavellir, hola NG-6. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun OS-83023/JHD-04, 100 s.



JHD-BM-8715.VS  
85.02.0298.SyJ

Mynd I

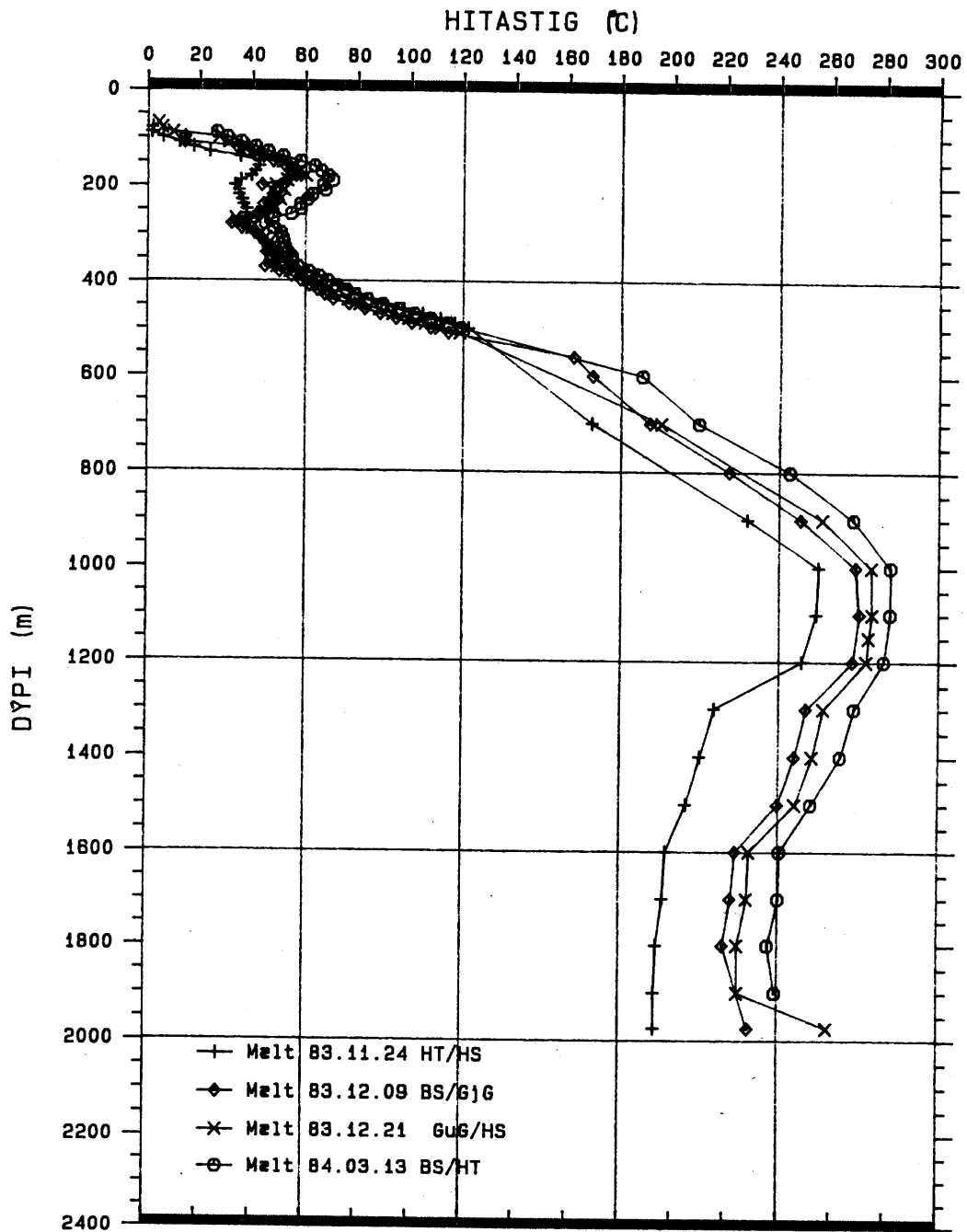
NESJAVELLIR NG-7  
Vatnsborð í byrjun upphitunar.



JHD-BM-8715 GJG  
85.03.0354 T

MYND 2

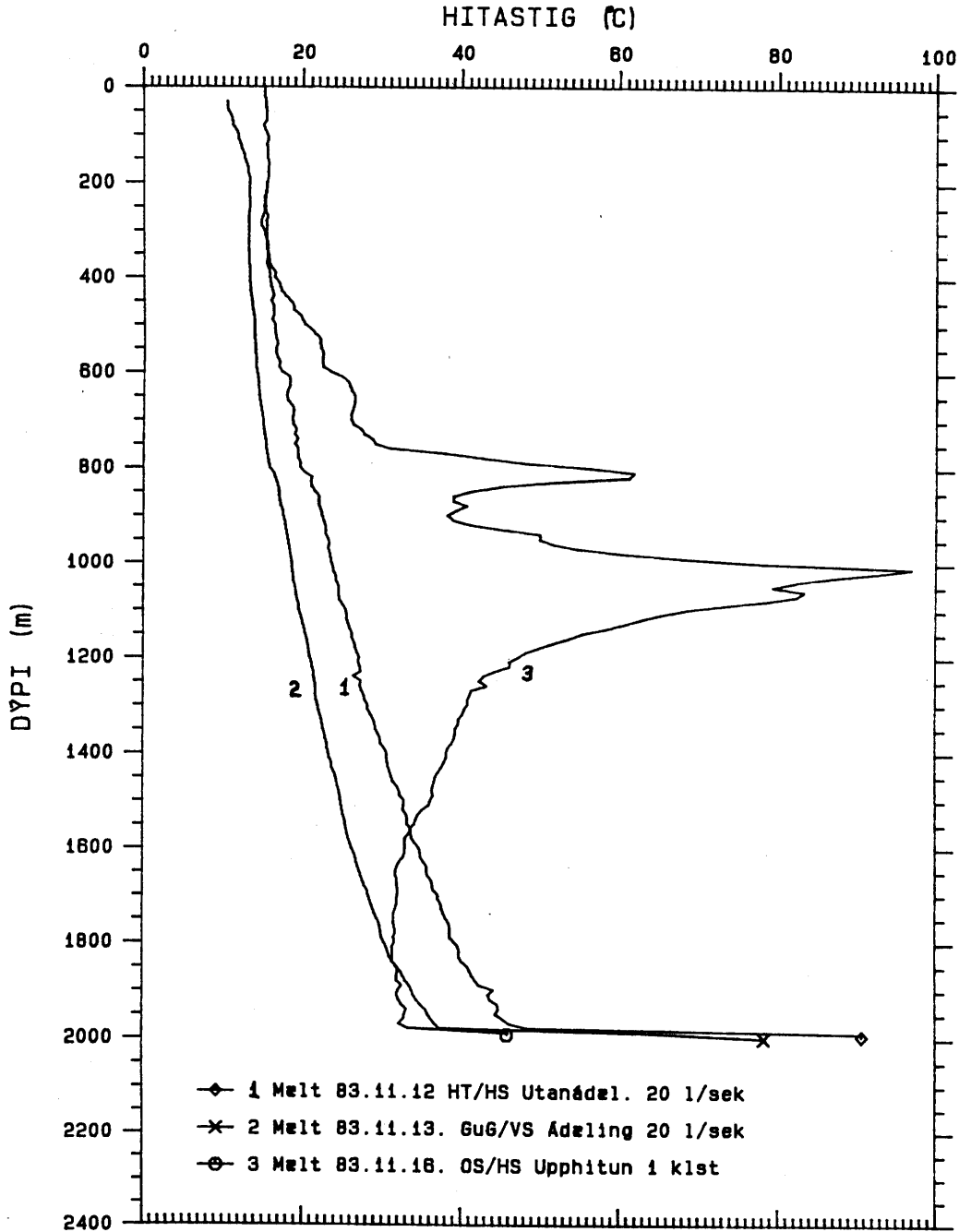
### NESJAVELLIR HOLA NG-7 HITAMÆLINGAR Í UPPHITUN



JHD-BM-8715 GjG  
85.03.0355 T

MYND 3

### NESJAVELLIR HOLA NG-7 HITAMÆLINGAR VIÐ BORLOK

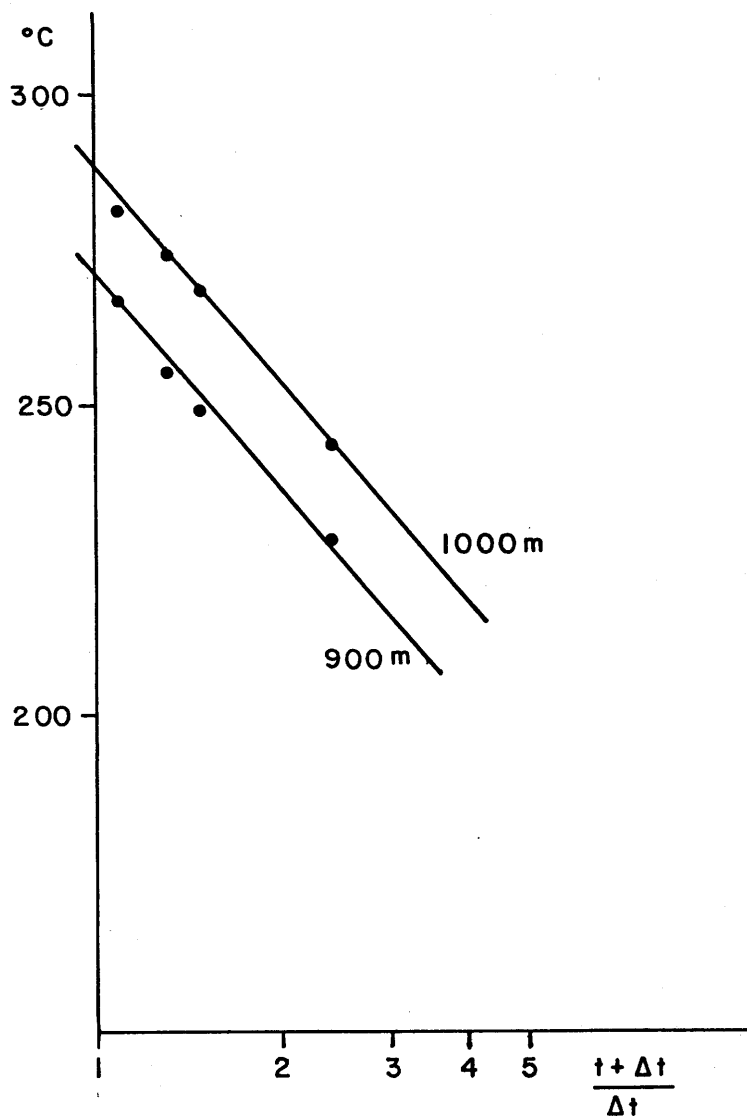




JHD-BM-8715.VS  
85.02.0299.SyJ

Mynd 4

NESJAVELLIR  
Upphitun á 900 og 1000m dýpi  
t=10 dagar

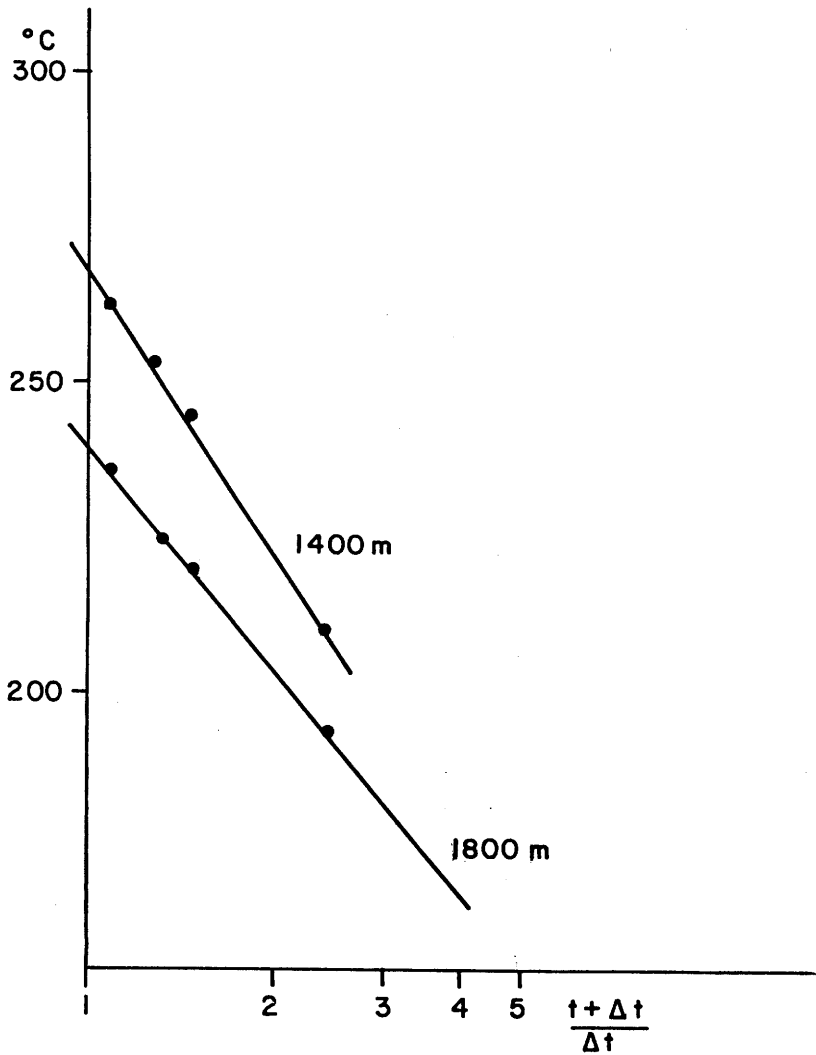




JHD-BM-8715. VS  
85.02. 0300. SyJ

Mynd 5

NESJAVELLIR  
Upphitun a 1800 og 1400m dypi.  
t=10 dagar

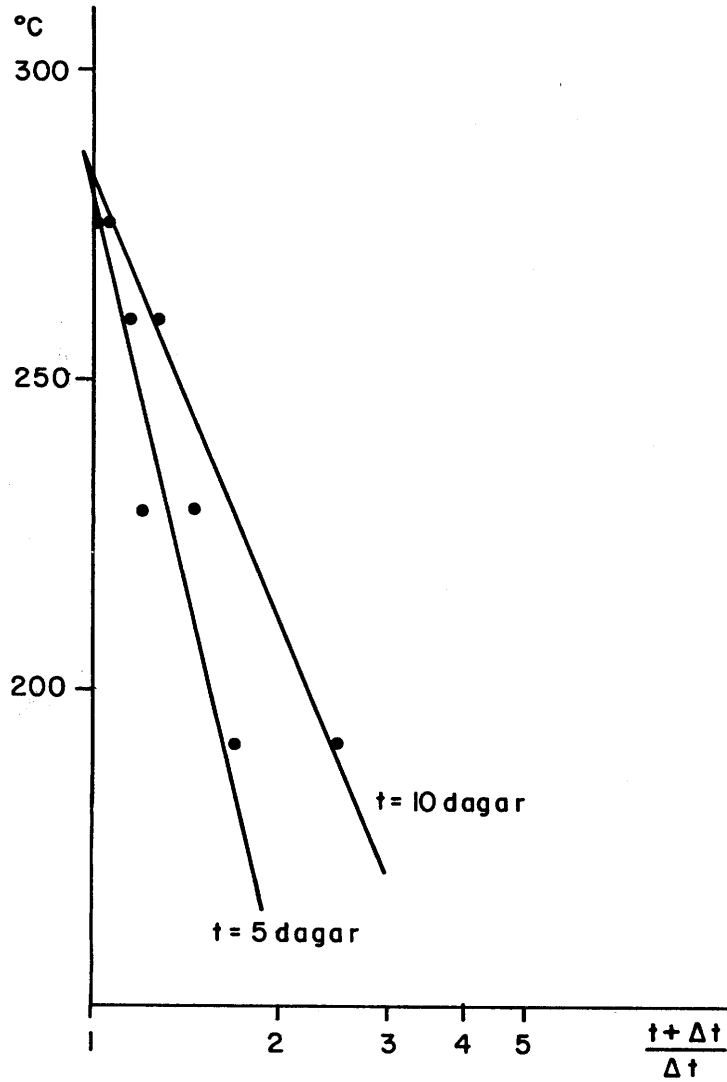




JHD-BM-8715. VS.  
85.02. 0301. SyJ.

Mynd 6

### NESJAVELLIR Upphitun á 1955m dýpi



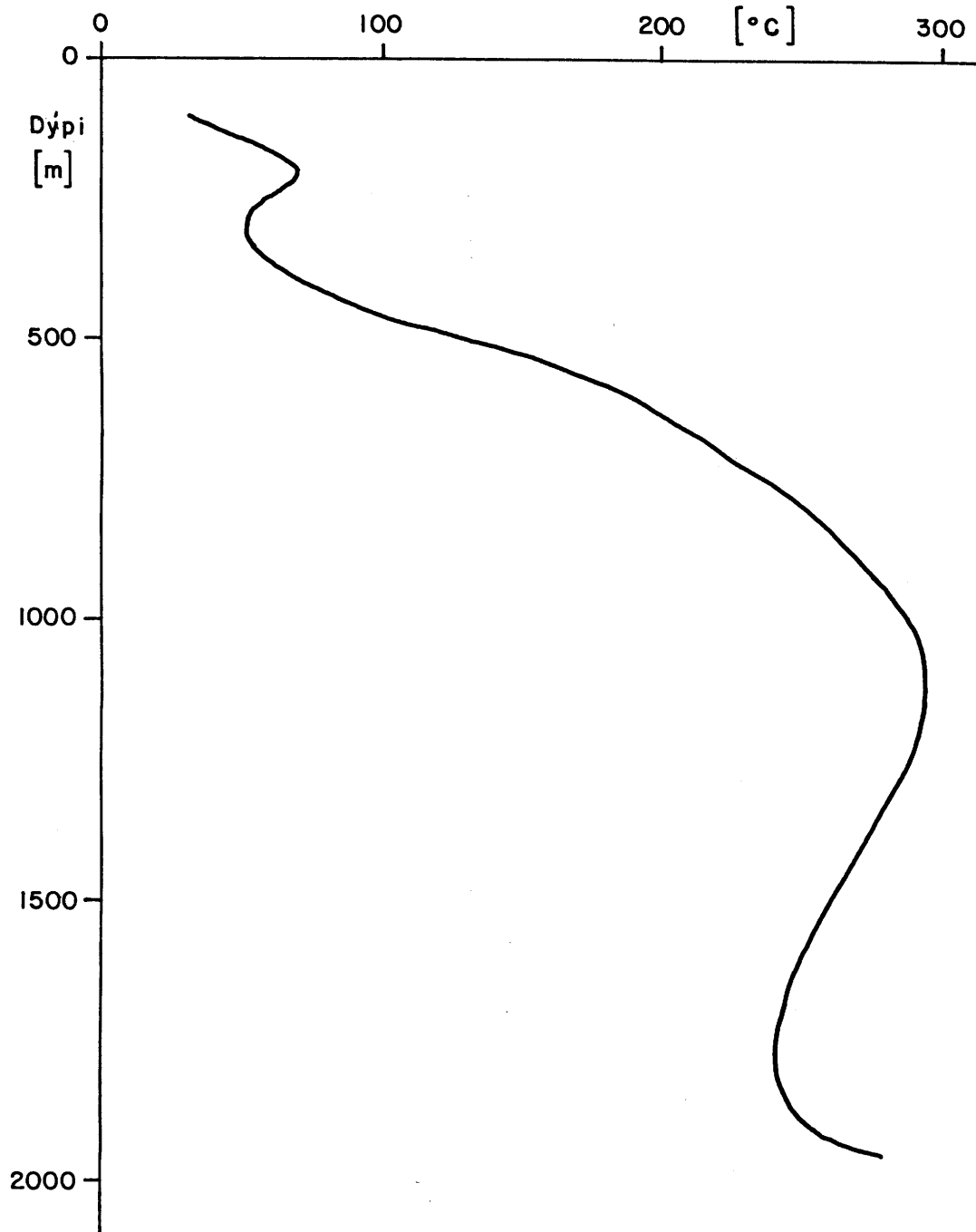




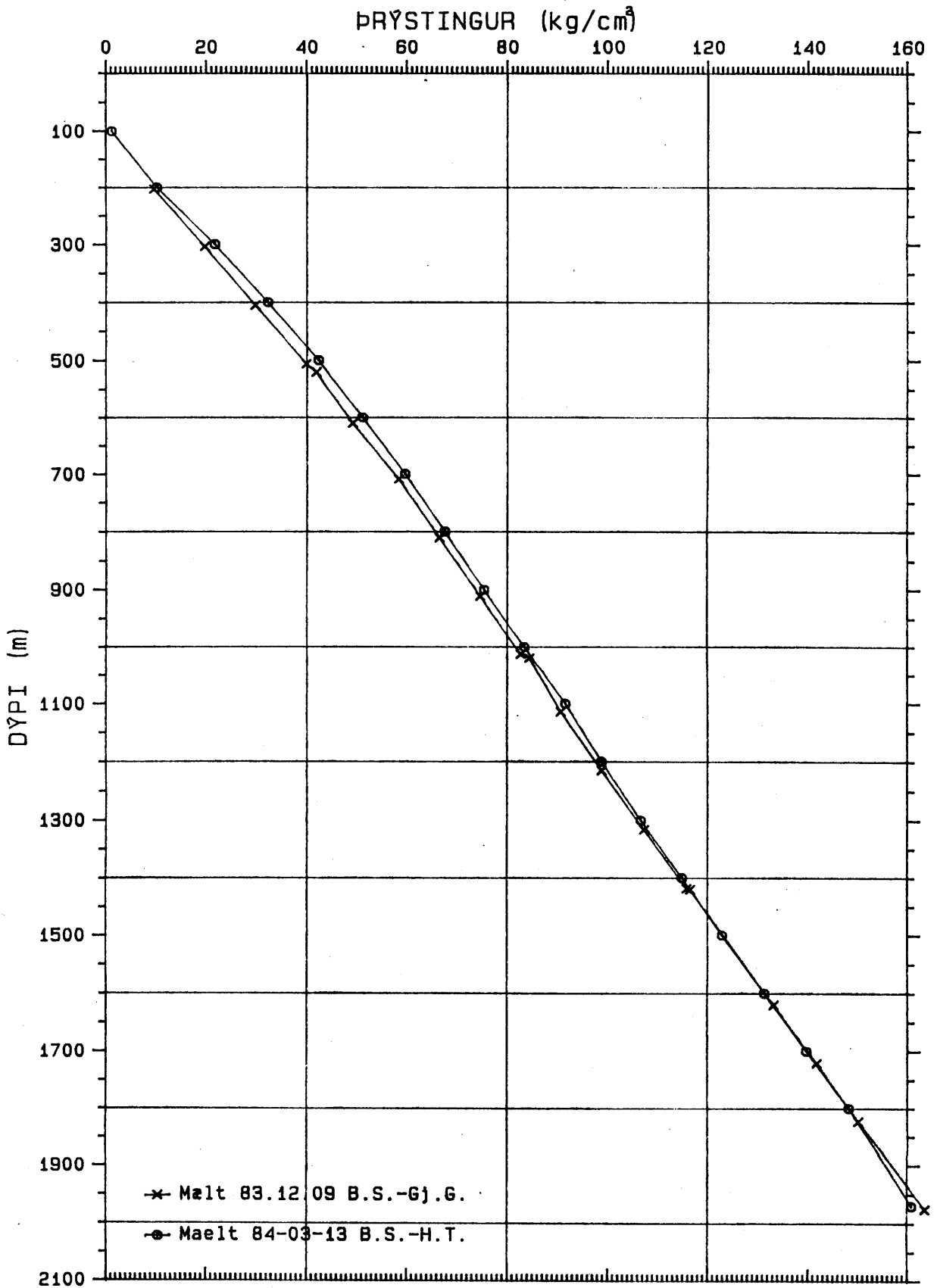
JHD-BM-8715. VS  
85.02.0302. SyJ

Mynd 7

### NESJAVELLIR Trúlegur berghiti við holu NG-7



# ÞRÝSTINGUR Í NG-7

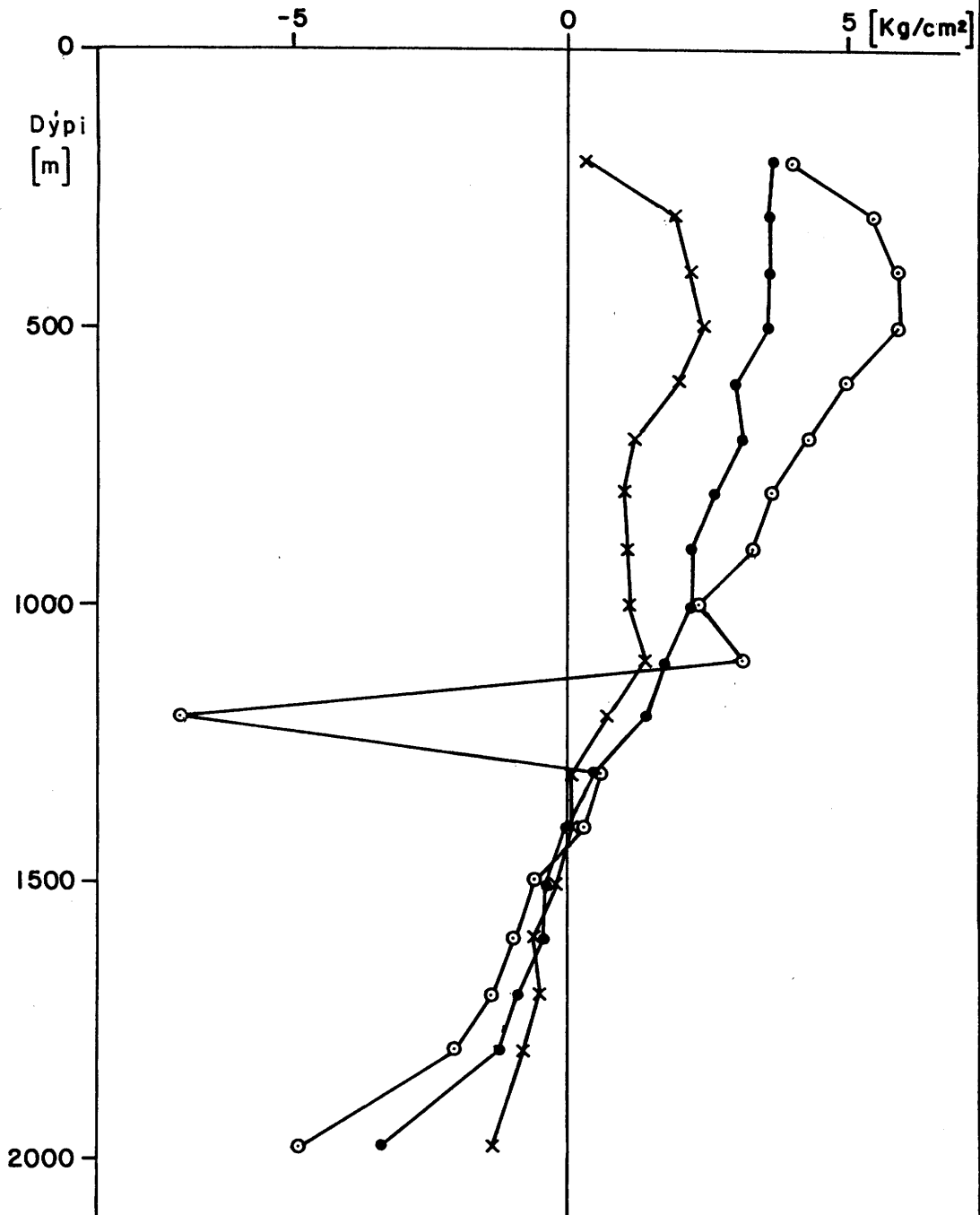




JHD-BM-8715. VS  
85.02.0303. SyJ.

Mynd 9

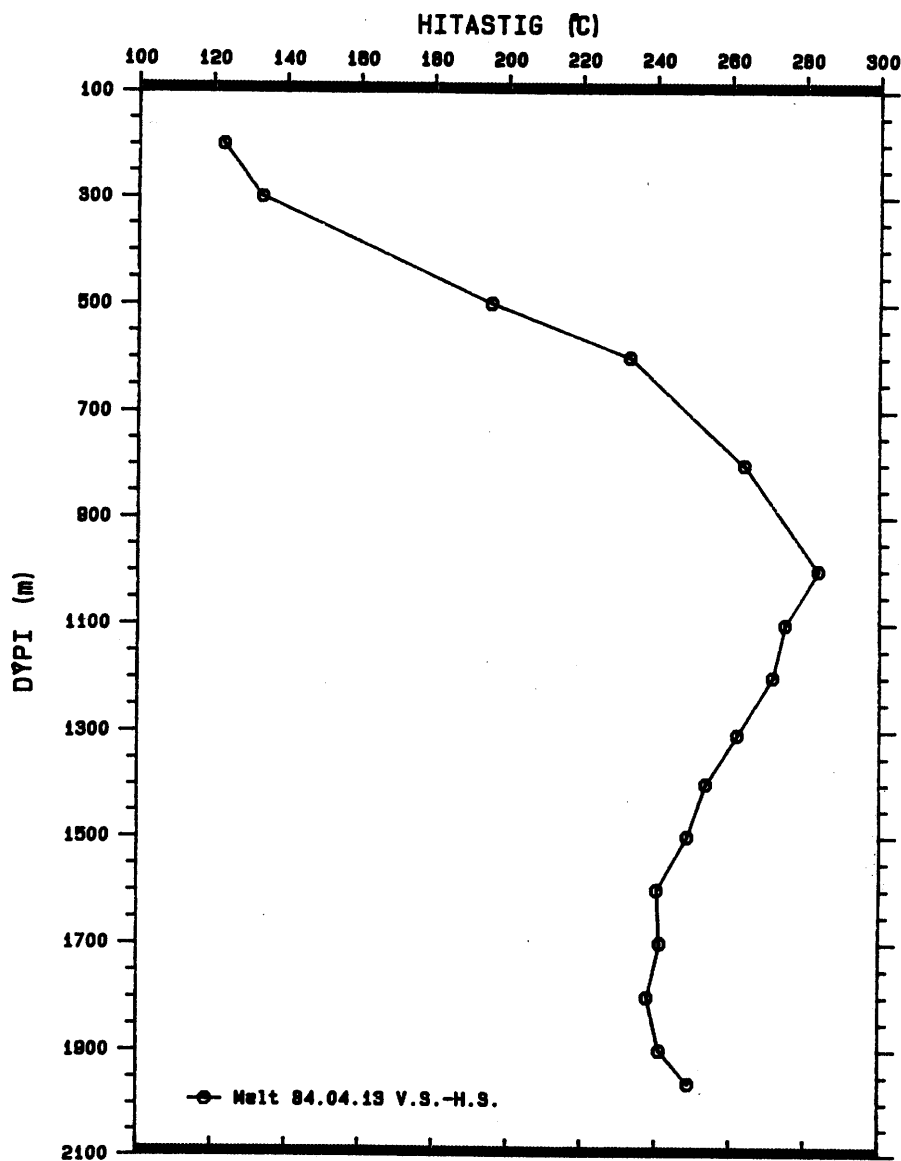
### NESJAVELLIR NG-7 Mismunur þrýstimælinga



- 83.12.21 - 83.11.24
- ×— 84.03.13 - 83.12.21
- 84.03.13 - 83.11.24

Mynd 10

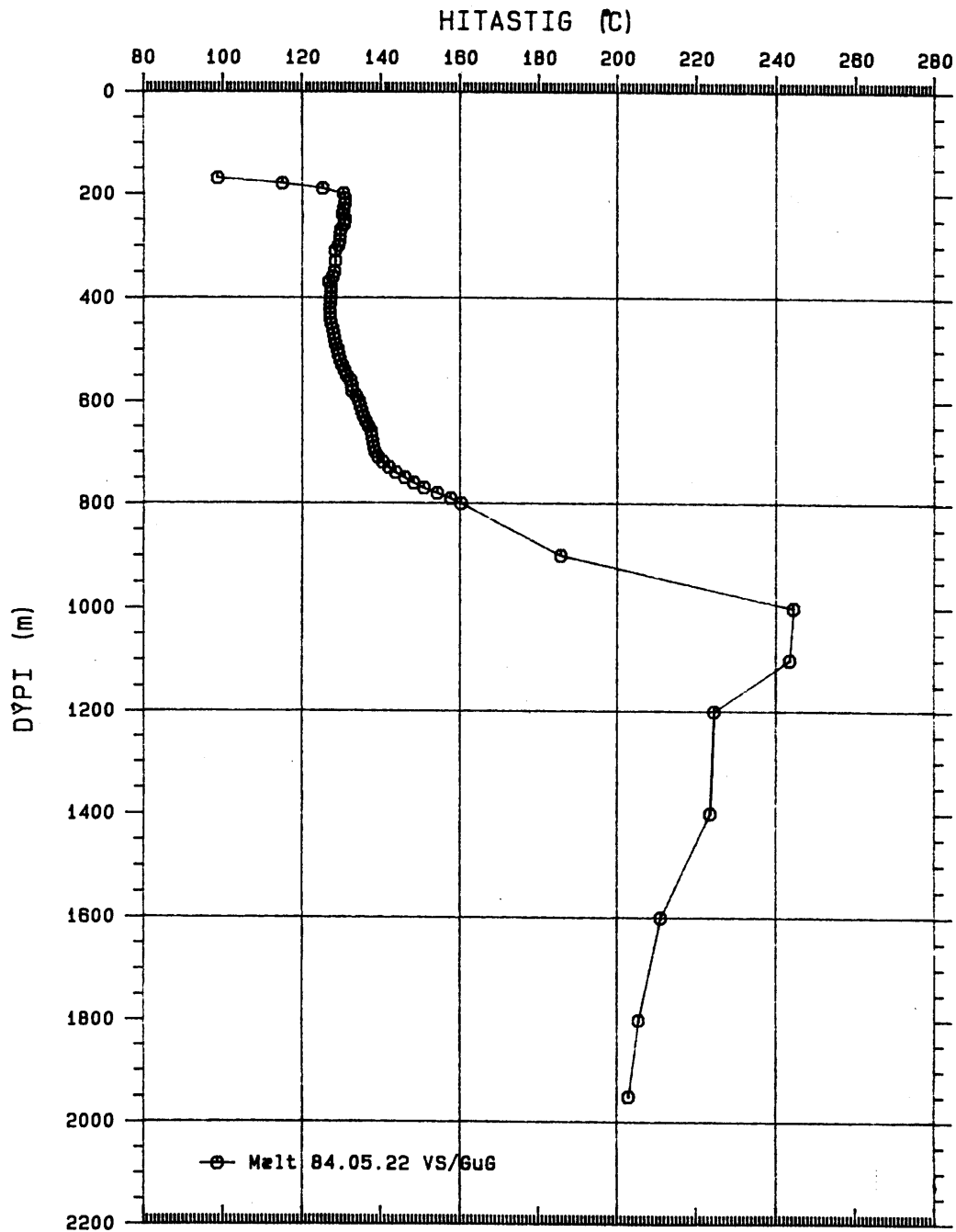
### HITI I NG-7 84.04.13



JHD-BM-8715 GjG  
85.03.0356 T

MYND 11

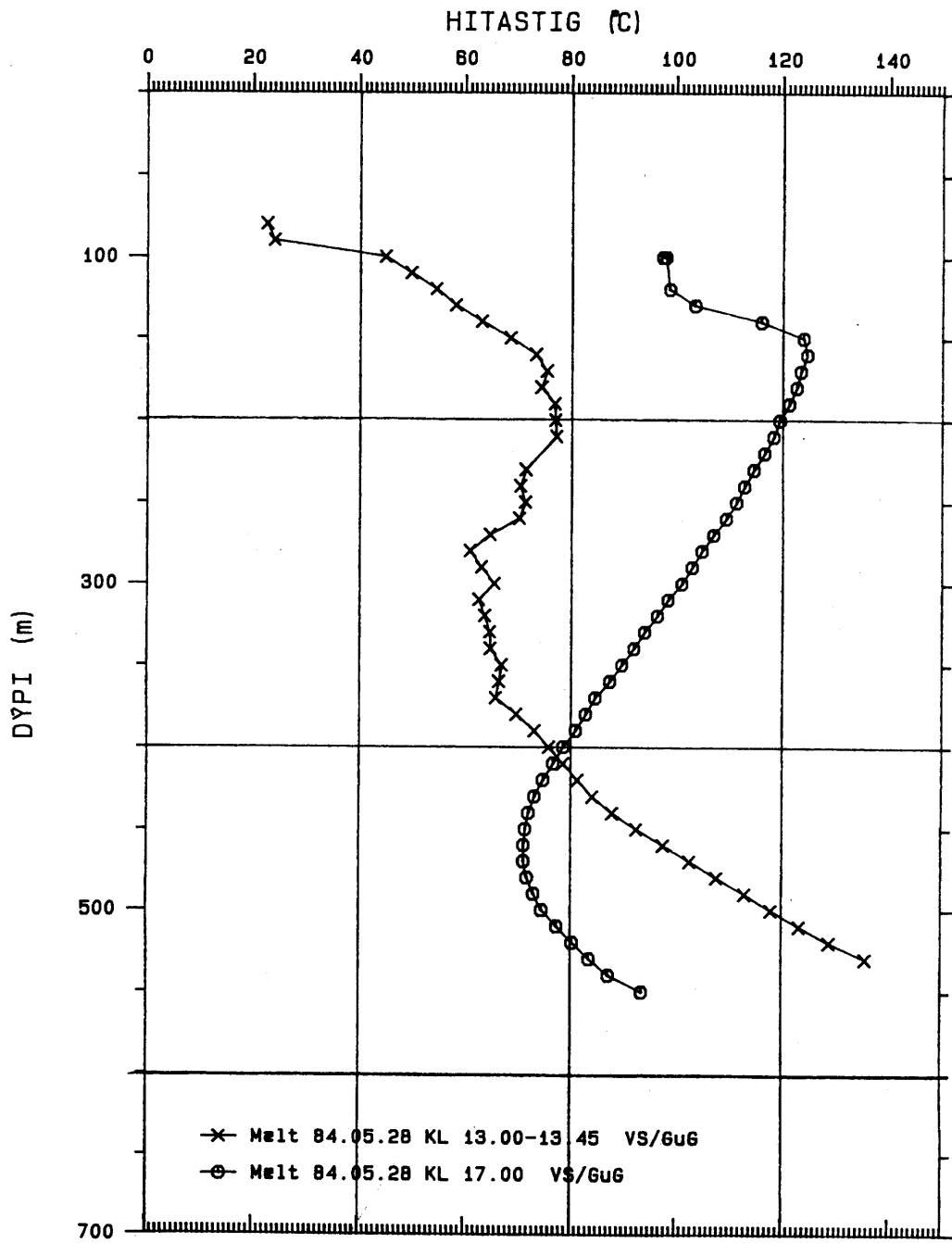
### NESJAVELLIR HOLA NG-7 HITAMÆLING 84.05.22



JHD-BM-8715 GJG  
85.03.0357 T

MYND 12

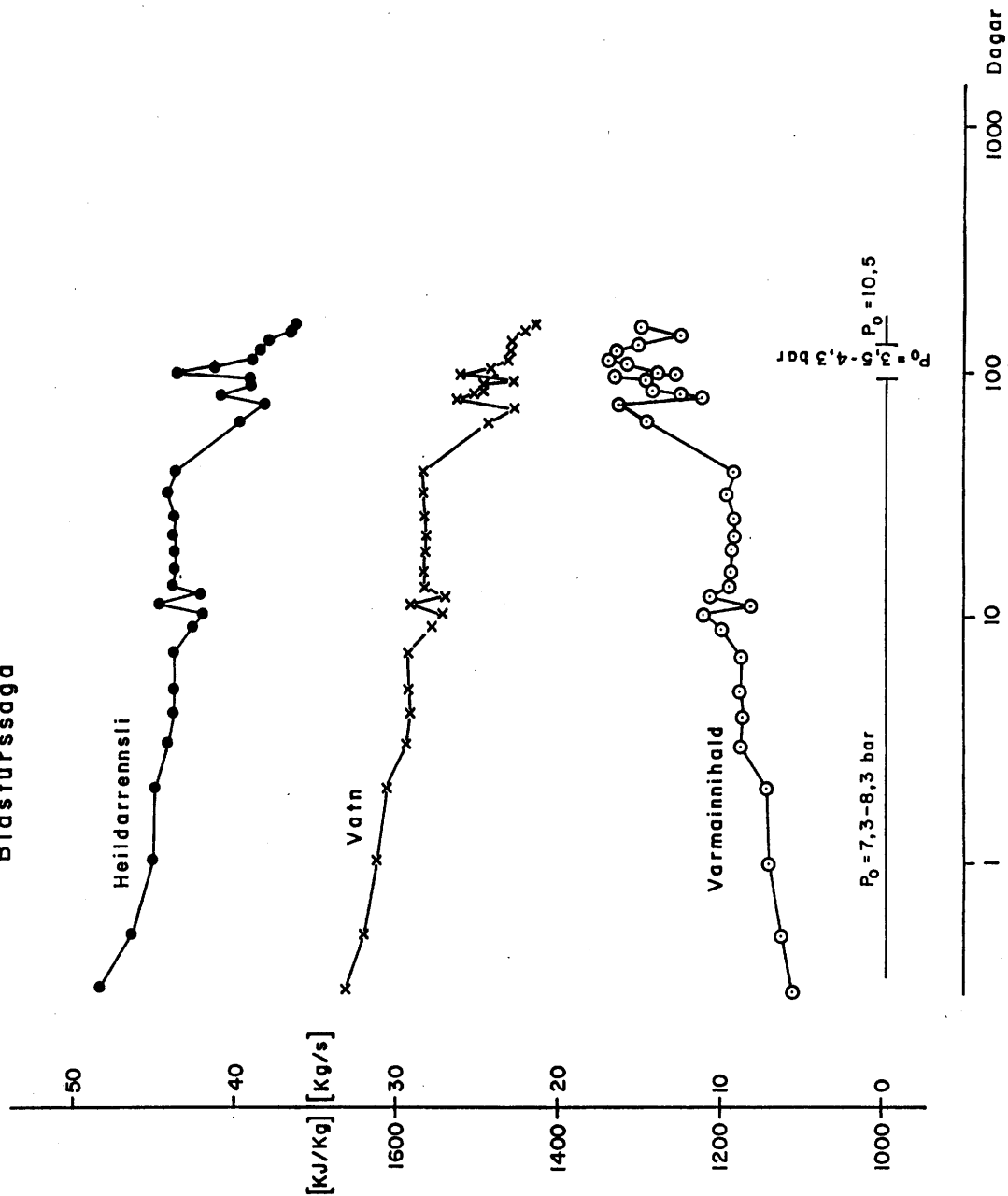
### NESJAVELLIR HOLA NG-7 HITAMÆLINGAR 84.05.28



JHD-BM-8715.VS  
85.02.0305.SyJ.

Mynd 13

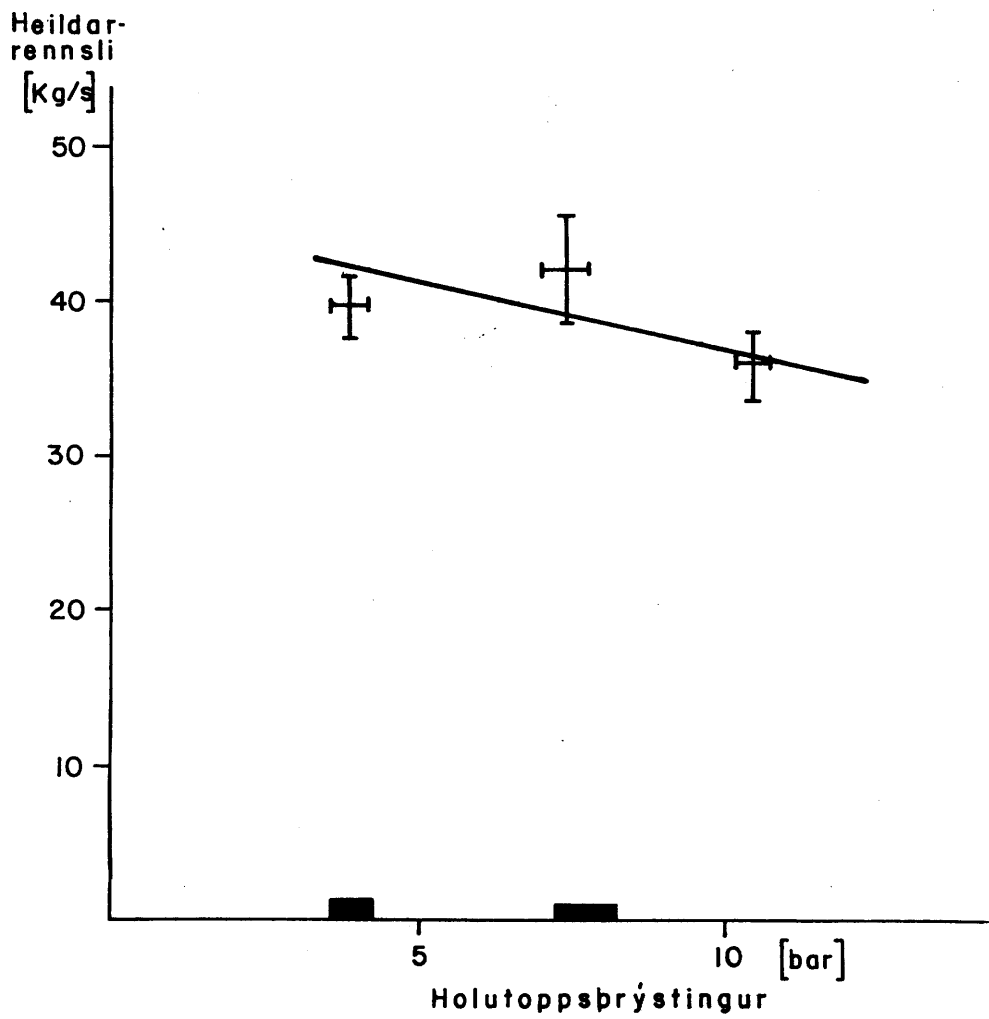
### NESJAVELLIR NG-7 Blásturssaga



JHD-BM-8715.VS  
85.02.0304.SyJ

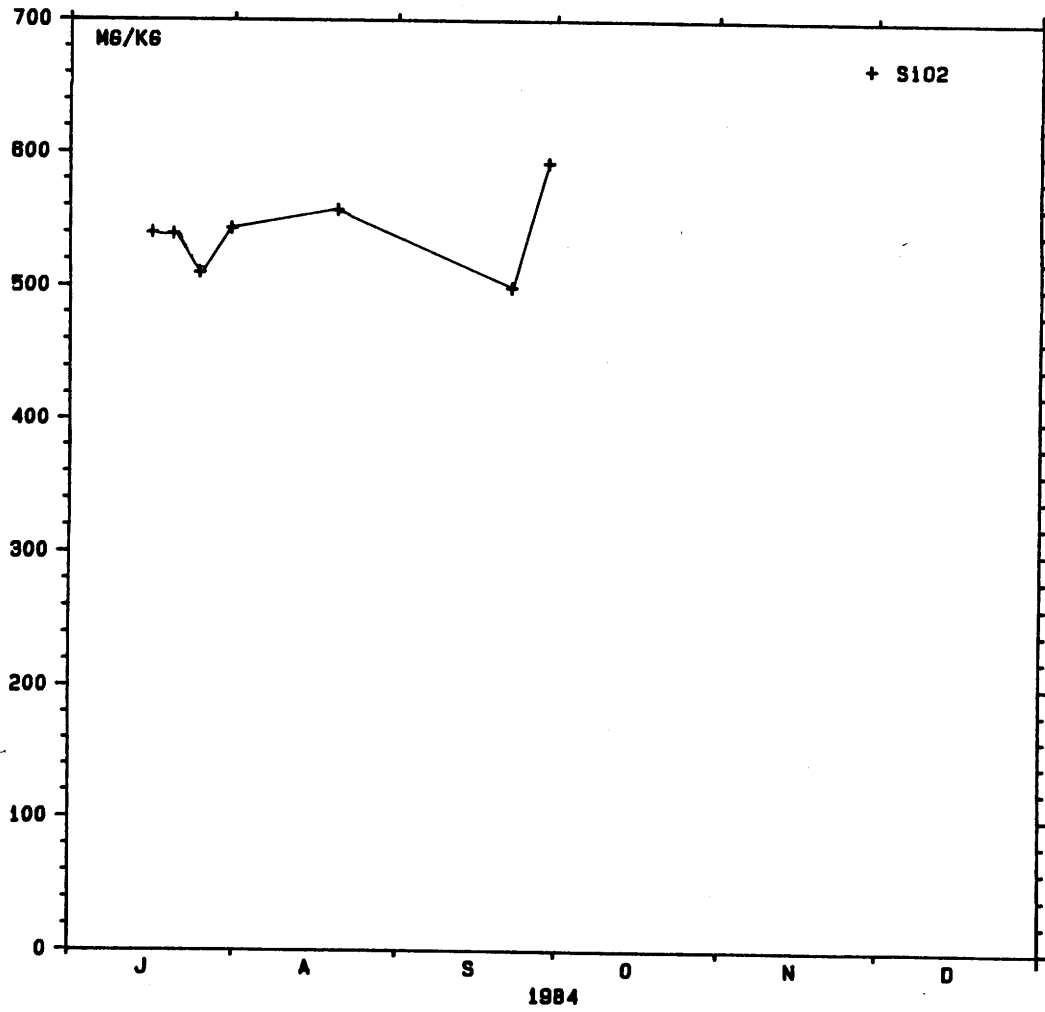
Mynd 14

### NESJAVELLIR NG-7

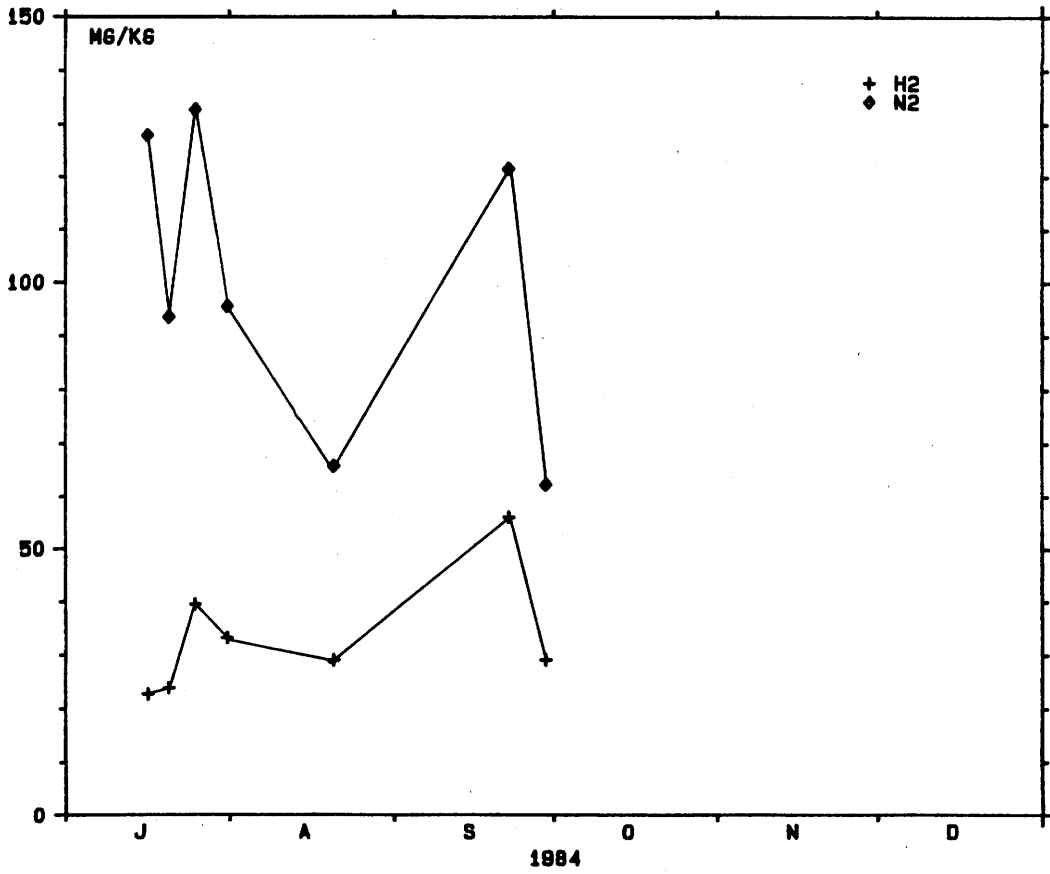




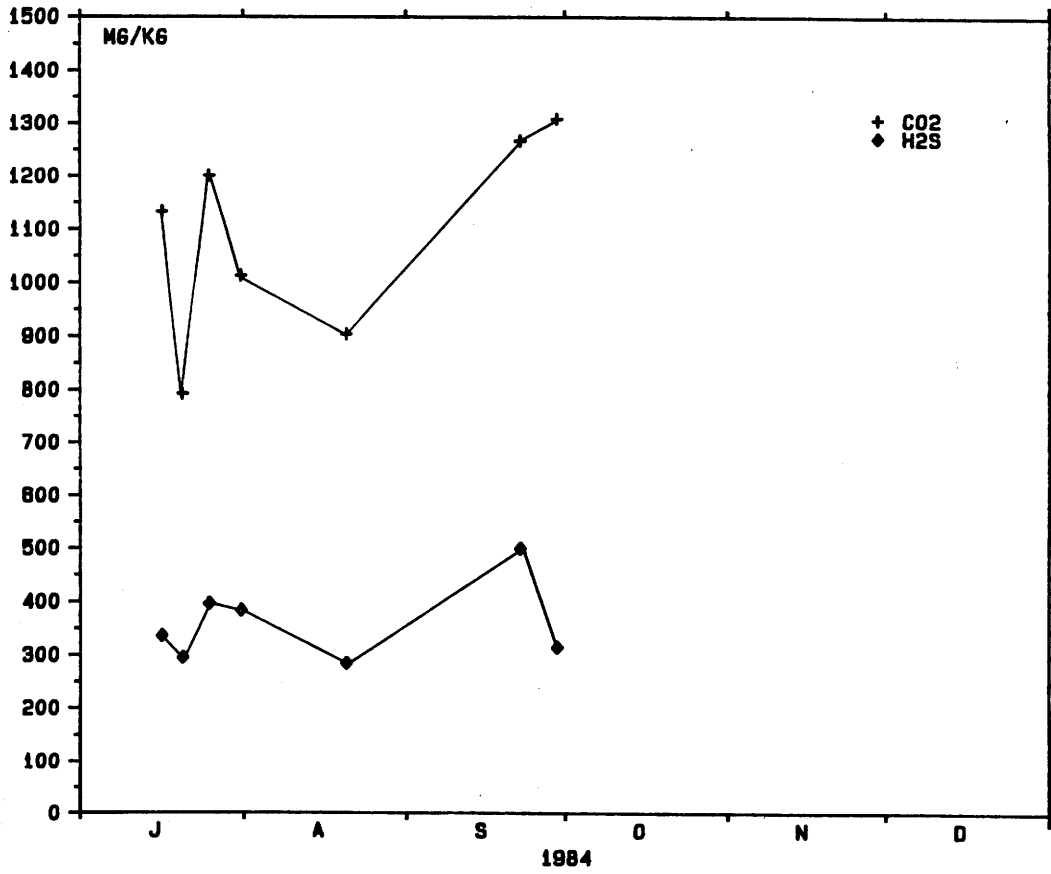
Mynd 15



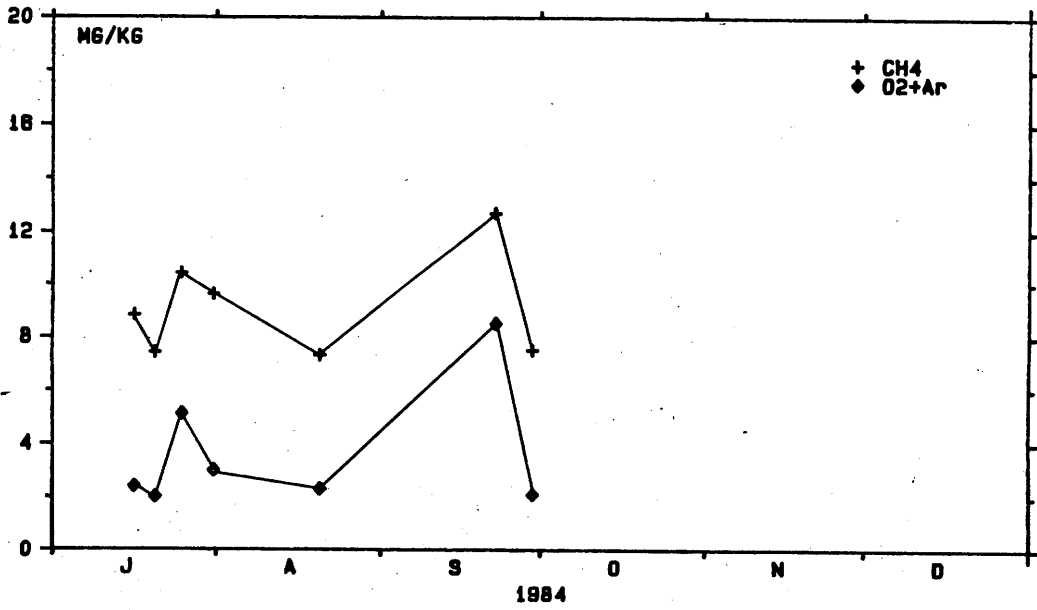
Mynd 16



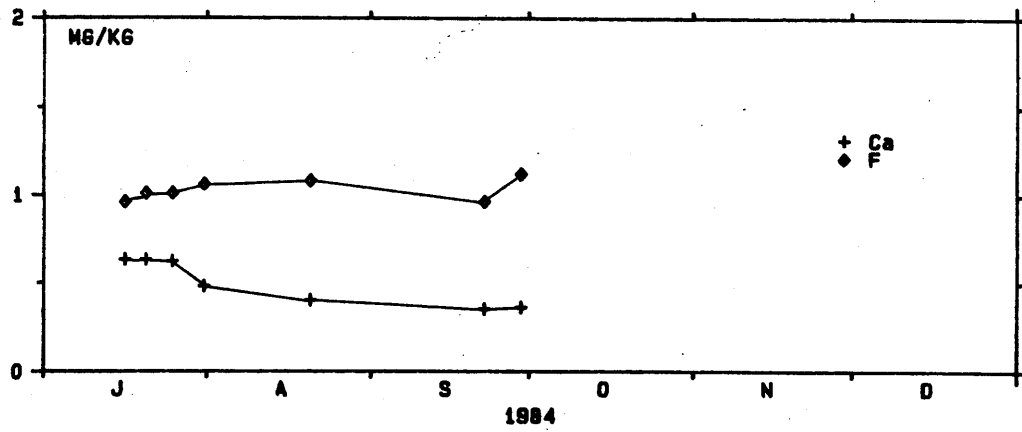
Mynd 17



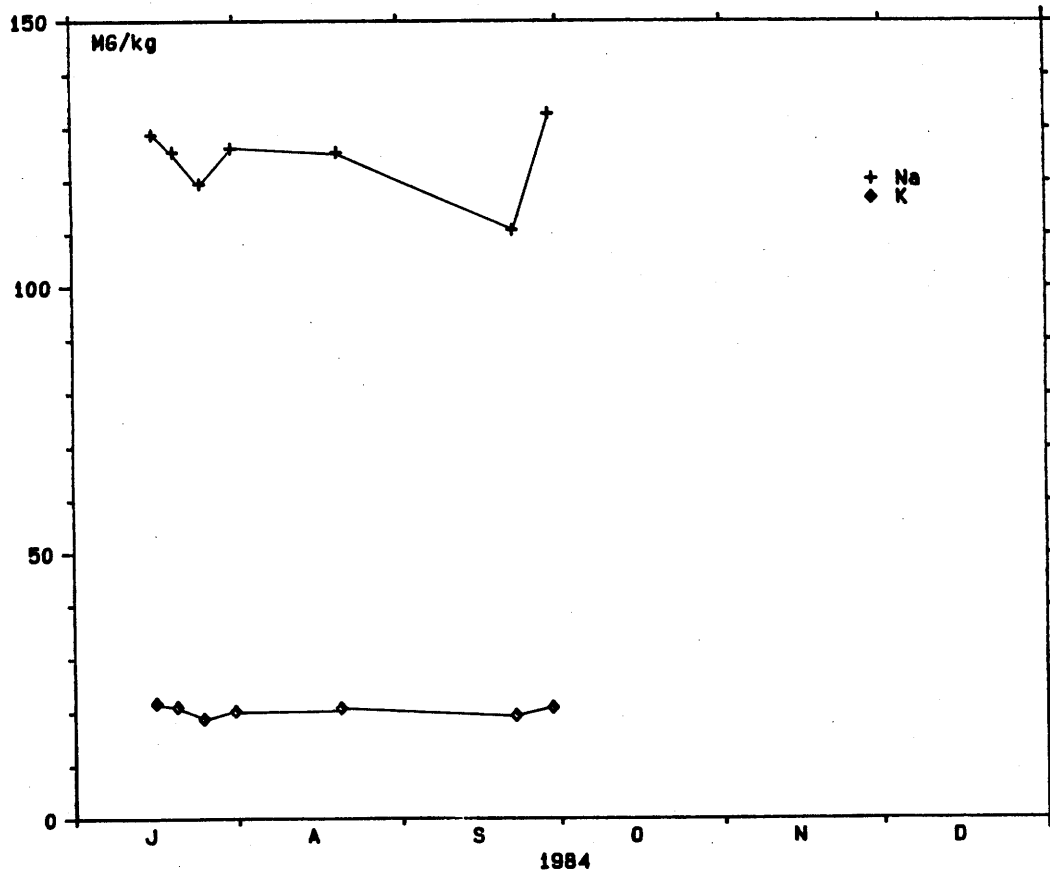
Mynd 18



Mynd 19



Mynd 20



Mynd 21

