



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**JARÐHITASVÆÐIÐ Í MÓRUDAL  
Á BARÐASTRÖND**

Rennsli úr holum og áhrif borana 1987

Grímur Björnsson

OS-88030/JHD-15 B

Ágúst 1988

**JARÐHITASVÆÐIÐ Í MÓRUDAL  
Á BARÐASTRÖND**

Rennsli úr holum og áhrif borana 1987

Grímur Björnsson

OS-88030/JHD-15 B

Ágúst 1988

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 INNGANGUR	3
2 YFIRLIT UM BORHOLUR Í MÓRUDAL	3
3 HITAVEITAN Í KROSSHOLTUM	4
4 ÁHRIF BORANA 1987	5
4.1 Breytingar á holu K-1	5
4.2 Áhrif holu T-1	6
4.3 Áhrif holu T-2	7
4.4 Reiknaður toppþrýstingur holu K-1 fyrir boranir í Tungumúla	7
5 UM HEITAVATNSKERFIÐ Í MÓRUDAL	8
5.1 Þrýstingur á 370 m dýpi og rennislleiðir vatns	8
5.2 Stefnur ganga og misgengja og hugsanleg tengsl hola K-1 og T-2	8
5.3 Almenn hnignun borhola á Barðaströnd	9
6 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA	9
HEIMILDIR	10

## TÖFLUSKRÁ

1 Yfirlit um borholur í Mórudal	5
2 Toppþrýstingur holu K-1 þegar hola T-1 var opnuð	6
3 Inntaksstærðir þrýstifallsreikninga í lögnum	7
4 Reiknað þrýstifall í lögnum, við mismikið rennsli til fiskverkunarhúss	8
5 Hæð hola í Mórudal, dýpi á æðar og áætlaður þrýstingur	9

## MYNDASKRÁ

1. Staðsetning hola í Mórudal	11
2. Hitamælingar í holu K-1	12
3. Hitamælingar í holu T-1	13
4. Hitamælingar í holu T-2	14
5. Hönnun lagna að holu K-1	15
6. Þrýstingur í heitavatnskerfinu í Mórudal á 370 m dýpi	16
7. Gangar og misgengi í mynni Mórudals	16

## 1. INNGANGUR

Með bréfi dagsettu 10. mars 1988, óskaði oddviti Barðastrandarhrepps, Ingvi Haraldsson, eftir því við Jarðhitadeild Orkustofnunar að hún kannaði orsakir minnkandi rennslis úr borholu hreppsins á Krossholtum á Barðaströnd. Sérstaklega var óskað eftir athugun á því hvort holur, sem boraðar voru í landi Tungumúla sumarið 1987, ættu þar hlut í máli. Orkustofnun varð við þeirri beiðni og fór höfundur skýrslu þessarar vestur á Barðaströnd dagana 12.-15. apríl 1988, til mælinga og athugana. Úrvinnslu þeirra gagna auk fleiri athugana er nú lokið og lýsir skýrslan helstu niðurstöðum.

Það olli töluverðum erfiðleikum við mat á áhrifum hinna nýju hola í landi Tungumúla, að vinnslueiginleikar og vinnslusaga hreppsholunnar á Krossholtum er illa þekkt. Til dæmis eru engar skráningar til á rennslí, hitastigi eða þrýstingi hennar frá haustinu 1981. Því varð að afla munnlegra upplýsinga frá fjölmörgum aðilum í hreppnum varðandi hegðun holunnar, og um atburði þá sem ollu því að hreppurinn fór fram á þessa athugun. Þá var borsaga allra hola, hitamælingar, staðsetning æða og rennslí úr holum athugað sérstaklega. Þá var og aflað upplýsinga um dreifikerfi hitaveitunnar og reikningar gerðir á þrýstifalli í lögnum. Þetta var tímafrekt og sér þess merki í skýrslunni. Þannig er langmestum hluta hennar varið í lýsingu á ástandi mála fyrir athuginina í apríl 1988. Umfjöllun um mælingaferðina í apríl 1988 er hins vegar minnihluti skýrslunnar.

Í lok skýrslunnar er kafli sem fjallar um almenna eiginleika jarðhitakerfins við Krossholt og Tungumúla. Lýst er mati á upphaflegum æðaþrýstingi allra hola og dregin upp mynd af líklegustu rennslisleiðum djúpvatns.

## 2. YFIRLIT UM BORHOLUR Í MÓRUDAL

Á mynd 1 er sýnd staðsetning allra hola í Krossholtum og Tungumúla. Auk þess er sýnd byggð og helstu örnefni sem koma við sögu.

Hola 1 við Krossholt (hér eftir kölluð K-1) var boruð með jarðbornum Ými dagana 28. febrúar til 7. maí 1977. Holan var boruð á vegum Barðastrandarhrepps. Hún er boruð í ætlaðan gang sem fannst í segulmælingum og er skammt norðan Krosslaugar (Ólafur G. Flóvenz, 1977). Holan varð 403 m djúp og gaf í borlok sjálfrennslí upp á 20-25 l/s af 43,6 °C heitu vatni (Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson, 1982). Í töflu 1 er sýnd hönnun holunnar og staðsetning helstu æða. Mynd 2 sýnir tiltækar hitamælingar í holunni. Þar á meðal er hitamæling sem gerð var nú í apríl undir 1,5 bara toppþrýstingi og u.þ.b. 4 l/s rennslí. Meginæðar holunnar eru á 280 og 360-370 m dýpi, en einnig kom góð æð í 64-66 m sem var fódruð af. Síðastnefnda æðin gaf í sjálfrennslí 20-30 l/s af 33 °C heitu vatni. Hola K-1 var fljótlega eftir borun tengd skólahúsnæði og félagsheimili að Birkimel auk nokkurra íbúðarhúsa og verslun.

Strax að lokinni borun holu K-1, var boruð önnur hola 10-15 m sunnan við K-1. Sú hola er kölluð í þessari skýrslu K-2. Holan er 78 m djúp og hitti á æð í 60-63 m sem skilaði 5-6 l/s samkvæmt ágiskun bormanna. Rennslí var mælt úr holunni í september 1981 og reyndist það um og yfir 10 l/s af 38,5 °C heitu vatni. Þetta er talið sama rennslí og var úr holunni stuttu eftir borun (Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson, 1982). Holan er tengd inn á sundlaug og búningsklefa. Í töflu 1 er sýnd hönnun holunnar og staðsetning æða. Ekki fannst nein hitamæling úr holunni, og eigi vannst tími til að hitamæla hana í mæliferðinni í apríl 1988.

Sumarið 1987 er jarðborinn Ýmir síðan enn á ferð, og borar nú 2 holur í landi Tungumúla á vegum Bjarna Hákonarsonar bónda í Haga. Byrjað var að bora vestan Móru og sunnan

Þjóðvegur, skammt við þar sem Móra fellur út á Vaðalinn (mynd 1). Þessi hola verður nefnd í skýrslunni T-1. Holunni var ætlað að skera sama gang og hola K-1 er í (Ólafur G. Flóvenz, 1987). Borun stóð yfir frá 18.-26. júní. Æð kom í holuna 24. júní, og var hún á 380 m dýpi. Eftir borun sjálfrennur holan um 3 l/s af 37 °C heitu vatni. Hitamælingar úr holunni eru sýndar á mynd 3. Mælingarnar voru gerðar í apríl 1988. Mæli var rennt niður í lokaða holuna sem var undir 1,7 bara toppþrýstingi. Æðin á 380 m kemur vel fram í hitamælingunni, og er hægt að fullyrða að þar fer eina æð holunnar. Millirennslí er því ekkert meðan holan stendur lokuð.

Þegar hitamælirinn var kominn í botn holu T-1, var opnað fyrir rennsli á toppi og beðið í um ½ klst uns mælt var upp á við á nýjan leik. Hiti vatns úr æðinni á 380 m mældist 40 °C og verður því vinnsluhiti vatns úr holu T-2 eitthvað lægri vegna kælingar vatnsins á leið sinni til yfirborðs.

Strax að lokinni borun T-1 fór Ýmir á nýtt borstæði í vesturhlíðum Mórudals, tæpan 1 km norðan Þjóðvegur (mynd 1). Þar var boruð 424 m djúp hola, sem hér er nefnd T-2. Holan er staðsett samkvæmt niðurstöðum segulmælinga og var ætlað að skera gang sem laugar í hlíðinni raða sér eftir (Ólafur G. Flóvenz, 1987). Borun hófst 28. júní og lauk þann 12. júlí. Smáæðar komu í holuna á 140 og 280-290 m dýpi. Mjög góðar æðar komu síðan inn með þétu millibili frá 378 m og niður í 410 m. Þessar æðar komu inn dagana 9.-12. júlí. Í borlok sjálfrann holan um 40 l/s af 26 °C heitu vatni, samkvæmt upplýsingum bormanna.

Á mynd 4 er sýnd hitamæling í holu T-2 frá í apríl 1988. Sú mæling var gerð með handrúllu, þar sem ófært var með mælingabíl að holunni. Nær jafn hiti mældist frá holutoppi og í botn, 26 °C. Erfitt var að mæla holuna sökum straumpunga og sökk neminn hægt og illa. Lengst gekk hann í 417 m, en ómögulegt var að finna hvort mælirinn lá þar í botni. Hugsanlegt er að mælirinn hafi sest eitthvað fyrri. Mælinum var rennt aftur í holuna með þungan skrúflykil bundinn í endann og gekk þá engu hraðar að sökkva mæli og stöðvaðist hann í rétt rúmum 400 m.

Í tengslum við mæliferðina í apríl, 1988, var komið upp V-laga þversniði við holuna og rennsli mælt um það. Reyndist sjálfrennslið vera 32 l/s og er það 8 l/s minna en bormenn gáfu upp í júlí 1987. Nánar verður fjallað um þennan mun í sérkafla um heitavatnskerfið í Mórudal.

### 3. HITAVEITAN Í KROSSHOLTUM

Á mynd 5 er sýnt á einfaldan hátt hvernig hitaveitan á Krossholtum er uppbyggð. Veitan er tengd inn á holu K-1 með 4" stálrörum. Þau rör liggja að yfirfallstanki, sem er 7,4 m hærra í landi en holutoppur K-1. Sjálfrennsli til yfirfallstanksins er stillt þannig að 0,3-0,4 l/s renna að jafnaði umfram notkun. Dælur sjá síðan um að dæla vatni úr yfirfallstankinum inn á dreifikerfi. Þar fara að jafnaði um 4 l/s.

Yfirfallstankinum sem sýndur er á mynd 4 var komið upp 1984 eða 1985. Fyrir þann tíma sjálfrann beint inn á dreifikerfið. Sköpuðust vandræði af súrefnistæringu í ofnum, og var tankurinn settur upp í þeirri von að aflofta mætti vatnið úr holunni. Uppsetning dæla og tanks stóð í engu sambandi við lækkaðan þrýsting holu K-1 (Finnbogi Kristjánsson, Breiðalæk, munnlegar upplýsingar).

Þá er einnig tengd 3" plastlög inn á 4" lögnina, neðan yfirfallstanks. Sú lögn liggur að fiskverkunarhúsi sem er vestan Móru, um 600 m frá yfirfallstankinum, og 1,9 m hærra í landi. Í fiskverkunarhúsinu voru þurrkaðir fiskhausar frá 1984/1985, venjulega um 9 mánuði á ári. Við þurrkunina voru notaðir um 4 l/s af sjálfrennandi vatni frá holu K-1, og var þá þrýstingur á lögninni við fiskverkunarhúsið um 0,5 bör (Torfi Steinsson, munnlegar upplýsingar). Ekki

**Tafla 1:** Yfirlit um borholur í Mórudal

	Hola K-1	Hola K-2	Hola T-1	Hola T-2
Verktími	28/2-7/5 '77	8/5-12/5 '77	18/6-26/6 '87	28/6-12/7 '87
Bor	Ýmir	Ýmir	Ýmir	Ýmir
Dýpi holu	403 m	77,9 m	418 m	424 m
Fóðring	8 5/8"	8 5/8"	10 3/4"	10"
Fóðringardýpi	74,3 m	10,9 m	6,0 m	7,5 m
Vídd neðan fóðringar	5 5/8"	5 5/8"	6 3/4" í 383 m 5 7/8" í 418 m	6 3/4" í 378 m 6 1/2" í 424 m
Helstu æðar	64-66, 360-370 m	60-63 m	380 m	378-410 m
Sjálfrennsli	20-25 l/s	10 l/s	3 l/s	30-40 l/s
Vatnshiti	43 °C	38,5 °C	37 °C	26 °C
Lokunarþrýst.	2,4 bör	Óþekktur	1,7 bör	Óþekktur
Athugasemdir	Botnfall í holu upp að 391 m			

urðu menn varir við neinar breytingar á rennsli til fiskverkunarhússins frá upphafi hausaþurrkunar 1984/1985 og þar til að vatn þrýtur skyndilega um eða eftir mánaðarmótin júní/júlí 1987.

#### 4. ÁHRIF BORANA 1987

Hér er komið að höfuðviðfangsefni þessarar skýrslu, sem er að meta áhrif nýju holanna í Tungumúla á rennsli úr holu K-1. Mjög einfaldlega mætti skera úr um slíkt rennlissamband, ef til væri regluleg skráning á toppþrýstingi holu K-1. Því miður er eigi svo, og þarf því að fara nokkrar krókaleiðir til að meta toppþrýstinginn milli árana 1981 og 1987. Um það er fjallað hér á eftir.

##### 4.1 Breytingar á holu K-1

Elstu handbæru heimildir um rennsli úr holu K-1, eru frá því í borlok í maí 1977. Þá sjálfrunnu úr holunni 20-25 l/s samkvæmt dagbókum Ýmis. Ekki er getið um lokunarþrýsting holunnar.

Næst í mælingasögu K-1, er rennslisprófun sem Kristján Þórðarson á Breiðalæk gerði í september 1981 og birt er í skýrslu Jóns Benjamínssonar og Sigmundar Einarssonar (1982). Þar kemur fram að holan skilaði inn á hitaveituna um 4 l/s við 2,2 bara toppþrýsting. Lokunarþrýstingur mældist 2,4 bör. Þessi gildi á þrýstingi eru lesin af mæli með 10 bara þrýstisvið og má því gera ráð fyrir að aflestrarnákvæmnin sé um 0,2 bör ( $\pm 15\%$ ). Þessi rennslisathugun var gerð að beiðni Jóns Benjamínssonar á Orkustofnun og stóð í engu sambandi við breytingar á rennsli úr holunni (Jón Benjamínsson og Kristján Þórðarson, Breiðalæk, munnlegar upplýsingar).

Eftir þrýstiprófunina á K-1 haustið 1981 eru engar mælingar til í holunni þar til um sumarið 1987, að vatn þverr til fiskverkunarhússins vestan Móru. Breytinga á rennsli varð vart þegar hausar í þurrkunarklefum tóku að úldna. Hlutaðeigandi aðilar treystu sér hinsvegar ekki til að dagsetja nákvæmlega hvenær þessi rennslisbreyting varð. Þó eru líkur til þess vatnið þverri um eða eftir mánaðarmótin júní-júlí 1987, því Hákon Jónsson, Vaðli, rak ekki minni til þess að jarðborinn Ýmir hafi staðið á holu T-1 þegar vatnsleysið var fyrst athugað. Holan blasir við

beint framundan fiskverkunarhúsinu og borinn fór af henni 26.-27. júní.

Í apríl 1988 er síðan mældur toppþrýstingur á holu K-1, samhliða hitamælingu. Reyndist hann á bilinu 1,4-1,5 bör, og hefur því þrýstingur á holutoppi fallið um rúmlega 0,7 bör síðan í september 1981, miðað við sama rennsli úr holunni.

Í tengslum við hitamælinguna, var 2" loki á holutoppi fullopnaður. Sjálfrunnu þar út á bilinu 5-10 l/s samkvæmt augnmati skýrsluhöfundar, og stóð vatnsstrókurinn 3-4 m upp fyrir holutoppinn. Þrátt fyrir þetta rennsli hélst um 1 bara toppþrýstingur á holunni. Hóla K-1 virðist því enn vel opin til æðanna á 280 og 360-370 m. Þó er hrun í holunni, því 1 ½" sver hitamælir gekk aðeins niður á 391 m í mæliferðinni í apríl 1988. Auk þess rakst neminn í hífingu á fyrirstöðu á 380 m dýpi. Hefur því komið 14 m botnfall í holuna einhvern tímann eftir 11. maí 1977, þegar holan mælist 403 m djúp í hitamælingu.

## 4.2 Áhrif holu T-1

Einn liður mæliferðarinnar í apríl 1988, var að athuga hvort mæla mætti breytingar í toppþrýstingi K-1, með því að opna fyrir sjálfrennsli úr holu T-1. Þá hafði hola T-1 staðið lokuð síðan um mánaðarmótin febrúar/mars 1988. Áður en T-1 var opnuð, var toppþrýstingur K-1 lesinn nokkrum sinnum. Þessi þrýstigildi voru lesin af nýjum vökvafylltum mælum með 1,6 og 2,6 bara mælisviði. Nákvæmni mæligildanna er áætluð  $\pm 0,05$  bör. Niðurstöður þessara mælinga eru sýndar í töflu 2.

**Tafla 2:** Toppþrýstingur holu K-1 þegar hola T-1 var opnuð.

Tími	Hóla K-1		Hóla T-1	
	Toppþrýstingur (bar-y)	Toppþrýstingur (bar-y)	Flæði (l/s)	
12/4 18:00	1,40	1,70	0,0	
13/4 14:30	1,40	1,70	0,0	
- 14:50		0,00	3,42	
- 15:40			3,20	
- 16:10	1,40			
- 17:15	1,40			
- 21:00	1,40		3,02	
14/4 9:00	1,38			
- 21:30	1,54			
15/4 11:30	1,37			
18/4 15:00	1,49			
19/4 11:30	1,55			
- 13:15	1,55			
20/4 11:00	1,55			
22/4 10:30	1,48			
25/4 17:30	1,51			
26/4 14:00	1,51			3

Eins og sjá má af töflu 2, varð ekki merkjanleg lækkun á toppþrýstingi K-1, við frítt rennsli úr holu T-1. Ef eitthvað var, hækkaði toppþrýstingurinn á athugunartímanum. Því má álykta að sjálfrennslið úr holu T-1 valdi ekki þrýstipapinu í K-1. Þessa ályktun má styðja með þeim rökum að hola T-1 er frekar treggæf miðað við hinar holurnar í Mórudal, og líklega er hún illa tengd vatnsleiðurum í dalnum. Nánar verður fjallað um þetta í kafla 5.

### 4.3 Áhrif holu T-2

Holu T-2 er mjög vatnsgæf og vel heppnuð hola. Úr henni hafa runnið að jafnaði milli 30 og 40 l/s síðan í júlí 1987. Þetta er mjög mikil vatnstaka, í raun svo mikil að ólíklegt er annað en að hennar gæti langt út frá holunni. Því er ályktað hér að ef borholurnar í Tungumúla valda einhverjum hluta 0,7 bara þrýstifallsins í holu K-1, þá sé vatnstakan úr holu T-2 orsök.

Ekki eru til nein einföld ráð til að sannreyna þetta. Aðeins 1,5 m af fóðringu holu T-2 eru steypfir fastir í klöpp og er mikil hætt á að vatn sprengi sér leið gegnum steypuna ef holunni er lokað. Hugsanlega má draga eitthvað úr rennsli T-2, en slíkt er ákaflega hættulegt og þyrfti að gera með mikilli aðgát. Þá er og illmögulegt að loka fyrir K-1 og athuga hvort rennsli vaxi í T-2. Slík athugun gæti varað í daga eða vikur og er óvíst að notendur hitaveitunnar sætti sig við það. Hins vegar má prófa að setja á fullt rennsli um yfirfallstank við holu K-1 og mæla samtímis hvort dregur af rennsli holu T-2. Ef mælanlegar breytingar verða, má telja víst að rennslið úr holu T-2 valdi a.m.k. hluta 0,7 bara þrýstifallsins í K-1.

### 4.4 Reiknaður toppþrýstingur holu K-1 fyrir boranir í Tungumúla

Hægt er að reikna með aðferðum straumfræðinnar, hvert þrýstifall verður við mismunandi rennsli í lögnum milli holu K-1 og fiskverkunarhúss. Með slíkum reikningum má áætla hve hár toppþrýstingur holu K-1 þarf að vera til að tryggja 4 l/s rennsli um dreifikerfið að fiskverkun. Tafla 3 sýnir helstu eiginleika vökvans og lagnanna sem reikningar ná til, og tafla 4 sýnir reiknað þrýstifall í mismunandi hlutum heitavatnslagnanna. Í reikningunum er gert ráð fyrir að hitaveitan taki ætíð 4 l/s úr holunni.

**Tafla 3:** Inntaksstærðir þrýstifallsreikninga í lögnum.

	Frá holu K-1 að yfirfallstanki	Frá yfirfallst. að fiskverkun
Hæðarmunur (m)	7,4	1,9
Lengd pípu (m)	100	600
Innanmál pípu (mm)	90	66,4
Hrjúfleiki pípu (mm)	0,05	0,015
Rennsli (l/s)	4-9	0-5
Vatnshiti (°C)	43	43
Seigja (kg/m/s)	$6,2 \times 10^{-4}$	$6,2 \times 10^{-4}$
Eðlisþyngd (kg/m <sup>3</sup> )	990	990

Aftast í töflu 4 er sýnt reiknað "heildarfall" í þrýstingi milli holu K-1 og fiskverkunarhúss. Þetta þrýstifall er jafnframt sá lágmarksþrýstingur sem ríkja þarf á toppi holu K-1 til að uppgæfið rennsli til fiskverkunar sé mögulegt. Samkvæmt töflunni þarf toppþrýstingur holu K-1 að vera um 2,2 bör til að skila 4 l/s rennsli til fiskverkunar. Það rennsli var mælt veturinn 1984-1985, áður en boranir hófust í Tungumúla (Hákon Jónsson, Torfi Steinsson og Kristján Þórðarson, munnlegar upplýsingar). Þá var þrýstingur á toppi K-1 mældur 2,2 bör um haustið 1981. Þrýstifallsreikningarnir sem sýndir eru í töflu 4, benda því eindregið til þess að toppþrýstingur holu K-1 hafi fallið við borun holanna í Tungumúla.

Það heildarfall í vatnsþrýstingi sem sýnt er í töflu 4 gerir ekki ráð fyrir þrýstítapi vegna samskeyta á rörum, hnjóa og beygja eður af lagnakerfi því sem er inni í fiskverkunarhúsinu. Þetta mat á þrýstifalli er því lágmarksmat. Má til dæmis benda á að núverandi toppþrýstingur holu K-1 ætti að nægja til að knýja um 2 l/s sjálfrennsli til fiskverkunar, miðað við að lögnin að húsinu yrði rofin við húsvegg. Það rennsli fæst hins vegar ekki í dag (aðeins seytli, Hákon



**Tafla 4:** Reiknað þrýstifall í lögnum frá holu K-1, við mismikið rennsli til fiskverkunarhúss, en fast 4 l/s rennsli til hitaveitu.

Rennsli til fiskverkunarhúss (l/s)	Þrýstifall (bör)				
	Frá holu K-1 að tanki Hæðarfall	Núningsfall	Frá tanki að fiskverkun Hæðarfall	Núningsfall	Heildarfall
0	0,72	0,05	0,18	0	0,95
1	0,72	0,07	0,18	0,09	1,06
2	0,72	0,10	0,18	0,32	1,32
3	0,72	0,13	0,18	0,66	1,69
4	0,72	0,17	0,18	1,13	2,20
5	0,72	0,21	0,18	1,70	2,81

Jónsson, munnlegar upplýsingar). Skýring á þessu ósamræmi er þá að leita til þeirra "viðbótarþrýstítapa" í lögnum sem ekki er gert ráð fyrir í töflu 4. Þetta vanmat á þrýstifalli bendir einnig til að toppþrýstingur holu K-1 hafi verið nokkru hærri í september 1981 en 2,2 bör.

## 5. UM HEITAVATNSKERFIÐ Í MÓRUDAL

### 5.1 Þrýstingur á 370 m dýpi og rennislleiðir

Tafla 5 sýnir afstæða hæð holutoppa í Mórudal ef miðað er við að hola T-1 hafi hæðina 0. Hæðarmælingarnar voru gerðar af Gunnari Guðmundssyni, Skjaldvararfossi, og Hákonni Jónssyni, Vaðli, í apríl 1988. Tekin voru lárétt mið milli þrýstimæla á holum og lögnum og lóðréttar hæðir mældar á stuttum köflum. Einnig er sýnt í töflu 5 dýpi á meginæðar holanna í þessu hæðarkerfi og áætlaðan þrýsting þeirra við upphaf vinnslu. Þrýstingurinn er reiknaður út frá þunga vatnssúlnanna í holunum, lokunarþrýstingi holanna (ef tiltækur) og heildarrennsli. Mynd 6 er byggð á þessari töflu, en hún sýnir þrýsting á 370 m dýpi í holum K-1, T-1 og T-2. Einnig eru dregnar inn jafnþrýstilínur á þessu dýpi og líkleg rennislisstefna heita vatnsins samkvæmt þeim.

Eins og sjá má af töflu 4, þá eru allar djúpu vatnsæðarnar í holum Mórudals á 350-380 m dýpi. Þá sést einnig að þrýstingur við holu T-2 er 4-5 börum hærri en í holum K-1 og T-1, miðað við sama dýpi. Þessi há æðaþrýstingur skýrir mikið rennsli úr holu T-2. Ekki er augljóst hvað veldur þessum hækkaða þrýstingi. Hugsanlega má rekja það til hækkunar í landi og þar með herra grunnvatnsborðs en einnig kemur vel til greina að "háþrýst" vatnskerfi sé til staðar í Mórudal og að þrýstingur í því fari vaxandi eftir því sem innar kemur í dalinn. Má því til stuðnings benda á að mestur hiti og sjálfrennsli lauga er í Laugatungum fremst í Mórudal. Þó eru laugarnar í 80-85 m hæð yfir sjó. (Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson, 1982).

### 5.2 Stefnur ganga og misgengja og hugsanleg tengsl hola K-1 og T-2

Á mynd 7 eru dregin upp gangar og misgengi í mynni Mórudals. Við gerð myndarinnar var stuðst við loftmynd og greinargerð Ólafs G. Flóvenz frá 1987. Ekki var unnt að greina legu ganga og misgengja niðri í sjálfum dalnum, en hins vegar sést mikill fjöldi ganga uppi á Tungumúlafjalli. Þá eru sýnd á mynd 7 tvö misgengi sem komu fram í segulmælingum á borvæði holu T-2 og stefna þau NV-SA. Hægt er að rekja syðra misgengið upp á Tungumúlafjall en óvíst er með stefnu þess til SA. Þó er sýnd ágiskun stefna þess til Krossholta. Ef þetta er rétt stefna og halli fyrir misgengið, er líklegt að bæði hola K-1 og hola T-2 skeri það, meðan hin treggæfa hola T-1 lendir sunnan þess. Slík tenging hola K-1 og T-2 um misgengi skýrir þá

**Tafla 5:** Hæð hola í Mórudal, dýpi á meginæðar og áætlaður þrýstingur þeirra.

Hola	Hæð (miðað við holu T-1) (m)	Dýpi á meginæð (m)	Áætlaður þrýstingur á 370 m (bör)
K-1	2,3	365	38,5
T-1	0	380	38
T-2	45	350	42-43

hvers vegna rennsli úr holu T-1 hefur áhrif á holu K-1.

Það er athyglisvert að laugarnar sem koma upp í Laugatungum og við Hagagarð (mynd 1), raða sér á línu með svipaða stefnu og syðra misgengið sem sýnt er á mynd 7. Er það önnur ábending um að hugsanlega stefni vatnsleiðararnir í Mórudal í NV-SA.

### 5.3 Almenn hnignun borhola á Barðaströnd

Í skýrslu Jóns Benjamínssonar og Sigmundar Einarssonar um jarðhita í Barðastrandasýslum, nefna þeir tvö atriði sem einkenna holur dýpri en 200 m sem boraðar hafa verið utan Reykhóla. Annars vegar nefna þeir að vatn úr holunum hefur kólnað við vinnslu en hins vegar að verulega hefur dregið úr sjálfrennsli úr þeim með tíma. Hugsanlegt er að þetta eigi sér nú stað í holu T-2, en sjálfrennslið úr henni virðist hafa minnkað úr rúmlega 40 l/s í 32 l/s á þeim 9 mánuðum sem liðu frá borlokum og þar til holan var næst mæld. Hitastig hola í Mórudal hefur hins vegar haldist stöðugt.

Eins og fyrr hefur verið nefnt í þessari skýrslu er mjög bagalegt að ekki finnast mælingar á toppþrýstingi holu K-1 frá 1981-1988. Ef lítið er til reynslu af öðrum holum á Barðaströnd, þá er það reglan að sjálfrennsli minnkar með notkun. Þetta er fyllilega eðlilegt, þar sem jarðhitakerfin eru ekki óþrjótandi. Oftast nær er vatnstaka úr borholum margföld á við náttúrulega endurnýjun í jarðhitakerfunum og bregðast svæðin við vinnslunni að hluta til með lækun vatnsborðs, samþjöppun pora og þenslu vökvans. Þannig er gengið á vatnsforða svæðanna og afleiðingin er að sjálfrennsli minnkar úr holum og í verstu tilfellum hefst kólnun. Með þetta í huga, er annað ólíklegt en að eitthvað hafi dregið úr gæfni holu K-1 við þá 4-8 l/s vinnslu sem staðið hefur frá 1977. Því verður að telja að einhver hluti 0,7 bara þrýstifallsins í holu K-2 stafi af eðlilegri hnignun jarðhitakerfisins í Mórudal.

## 6. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

Helstu niðurstöður úttektar á heitavatnskerfinu í Mórudal eru eftirfarandi:

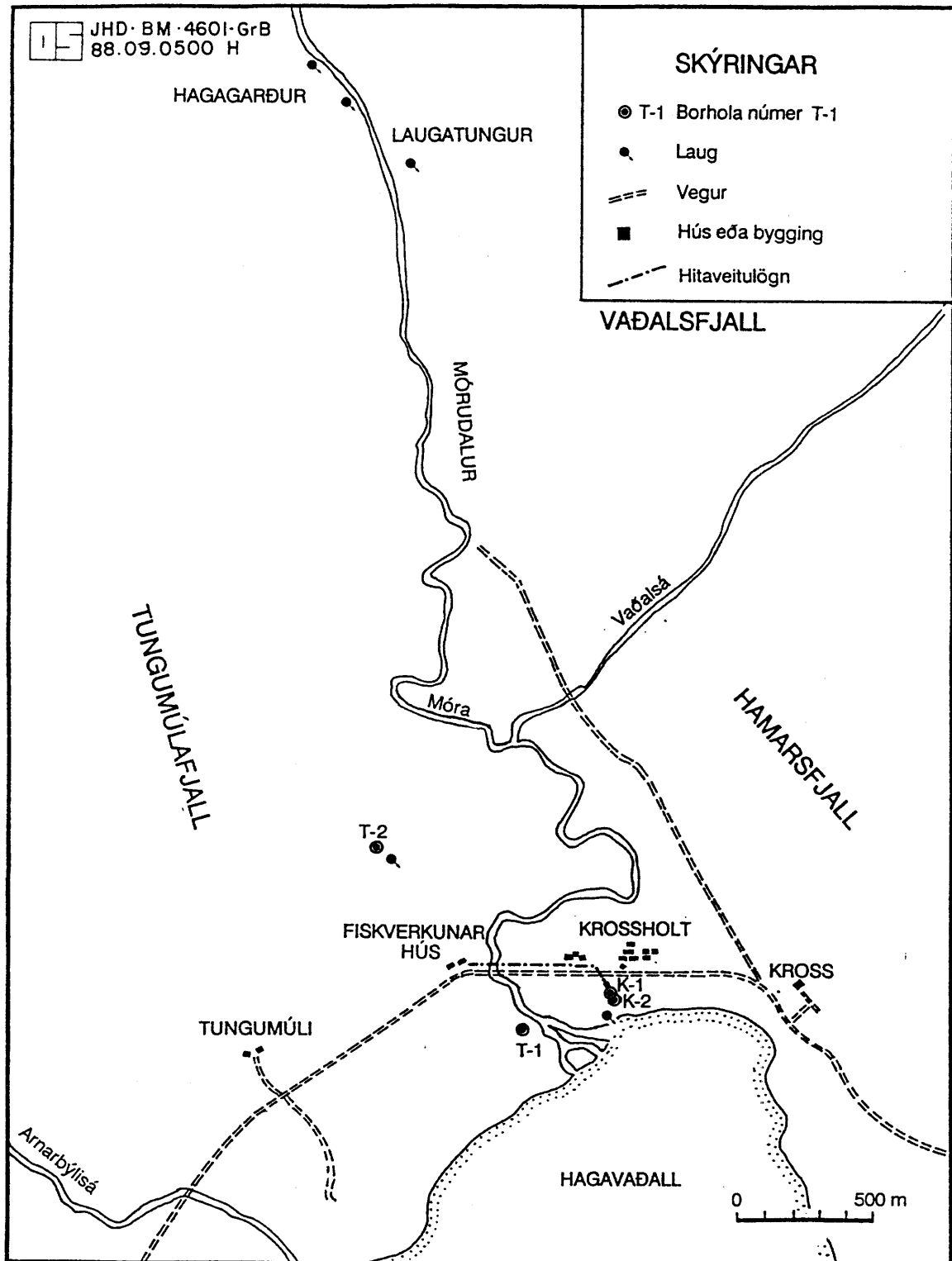
1. Toppþrýstingur holu K-1 hefur fallið úr 2,2 í 1,5 bör einhvern tíma milli september 1981 og apríl 1988.
2. Holan hætti að skila vatni til fiskverkunarhúss um eða eftir mánaðamótin júní-júlí, 1987, um sama leyti og holur T-1 og T-2 voru boraðar og fóru í sjálfrennsli.
3. Ekki tókst að mæla holu K-1 neðar en í 391 m en holan var boruð 14 m dýpra. Einnig fannst fyrirstaða í 380 m. Þessar hindranir eru neðan vinnsluæða og eru ekki taldar hafa áhrif á rennsli úr holunni.
4. Þrátt fyrir að hola K-1 hafi fallið í toppþrýstingi, er holan enn vel opin til vinnsluæða sinna. Þannig virtist holan skila auðveldlega 5-10 l/s sjálfrennsli við 1 bar toppþrýsting.

5. Ekki var unnt að finna neinar mælingar á toppþrýstingi holu K-1 frá í september 1981 og þar til í apríl 1988. Hins vegar benda reikningar á þrýstifalli í heitavatnslögnum til þess að hola K-1 megni ekki að skila 4 l/s sjálfrennsli til fiskverkunarhúss, utan að toppþrýstingur hennar sé svipaður og í september 1981. Því er talið hér að boranirnar í Tungumúla valdi miklu um skyndilegt vatnsleysi til fiskverkunar. Þessi ályktun er þó háð því að rennsli til fiskverkunar hafi sannarlega numið nálægt 4 l/s allt fram að borunum í Tungumúla. Að auki verður að telja líklegt að hluti þrýstifallsins stafi af eðlilegri hnignun jarðhitakerfisins í Mórudal vegna vinnslu þeirrar sem staðið hefur úr K-1 síðan 1977.
6. Ekki var unnt að greina nein merki um að hola T-1 valdi þrýstifallinu í holu K-1, en hinsvegar er líklegt að hola T-2 valdi einhverjum hluta þess vegna mjög mikillar vatnstöku sem þá gætir á stóru svæði.
7. Skoðun á dýpi og þrýstingi æða í holum Mórudals bendir til þess að heita vatnið í þeim sé ættað norðan úr dalnum.
8. Athugun á stefnu ganga og misgengja bendir til hugsanlegra tengsla hola K-1 og T-2 um NV-SA lægt misgengi sem báðar holurnar vinna þá vatn úr.

Gera má ráð fyrir að toppþrýstingur holu K-1 komi til með að fara hægt lakkandi um næstu framtíð vegna þeirrar vatnsvinnslu sem nú fer fram í dalnum. Þannig er t.d. ekki hægt að loka holu T-2 og byggja upp þrýsting í Mórudal, vegna frágangs á fóðringu. Hinsvegar er auðvelt að bæta úr vatnsskortri til fiskverkunarhúss með því að færa dælurnar í veitukerfinu neðar í landið og dæla vatni til fiskverkunar. Slíkt mun þó hafa í för með sér kostnað vegna flutnings dæla og aukinn rekstrarkostnað. Þá má einnig reyna að létta á þrýstifalli í lögnum með breyttum tengingum og víðari rörum, og örva þannig rennsli til fiskverkunar.

## HEIMILDIR

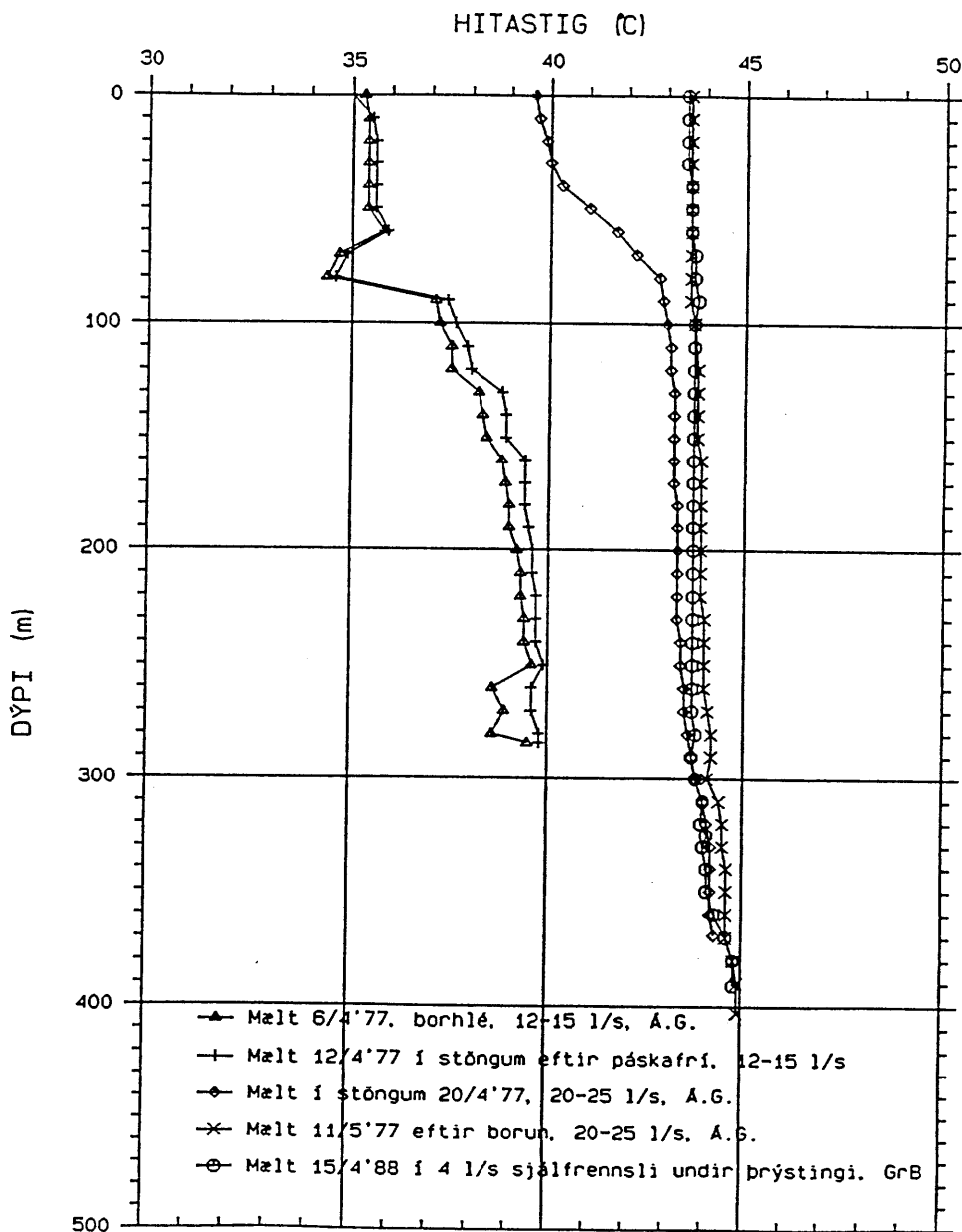
- Jón Benjamínsson og Sigmundur Einarsson, 1982: JARÐHITI Í BARÐASTRANDASÝSLUM. Orkustofnun, OS82030/JHD04. 118 s.
- Ólafur G. Flóvenz, 1977: JARÐHITALEIT Á VESTFJÖRÐUM 1976. Orkustofnun, OS JHD 7701.
- Ólafur G. Flóvenz, 1987: JARÐHITARANNSÓKN Í LANDI HAGA Á BARÐASTRÖND. Orkustofnun, greinargerð, ÓGF-87/04.



Mynd 1: Staðsetning hola í Mórudal.

JHD-BM -4601. Gr.B  
88.09 0501. T

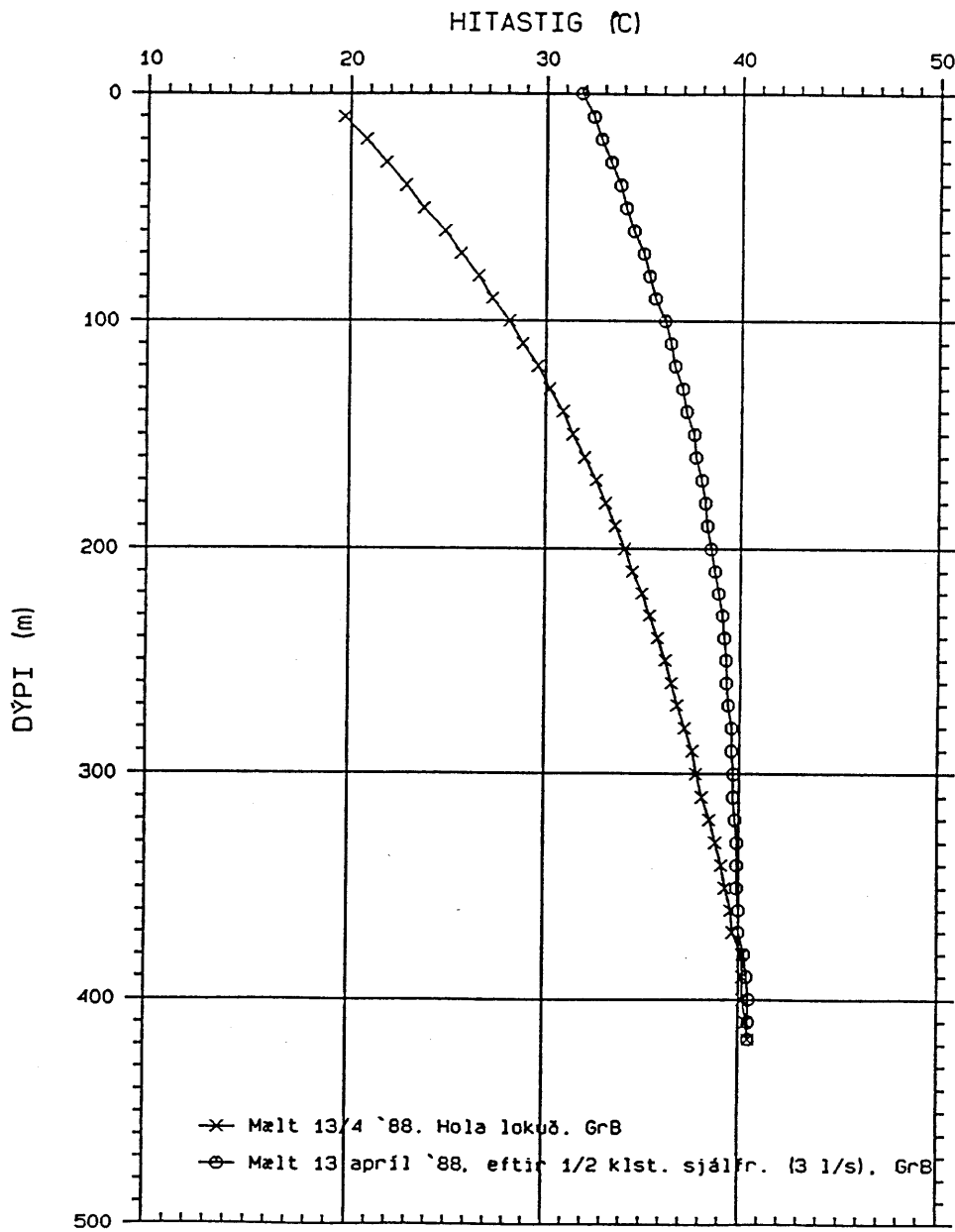
### KROSSHOLT HOLA K-1 HITAMÆLINGAR



Mynd 2: Hitamælingar í holu K-1.

JHD- SM-4601. Gr.B  
88.09. 0502. T

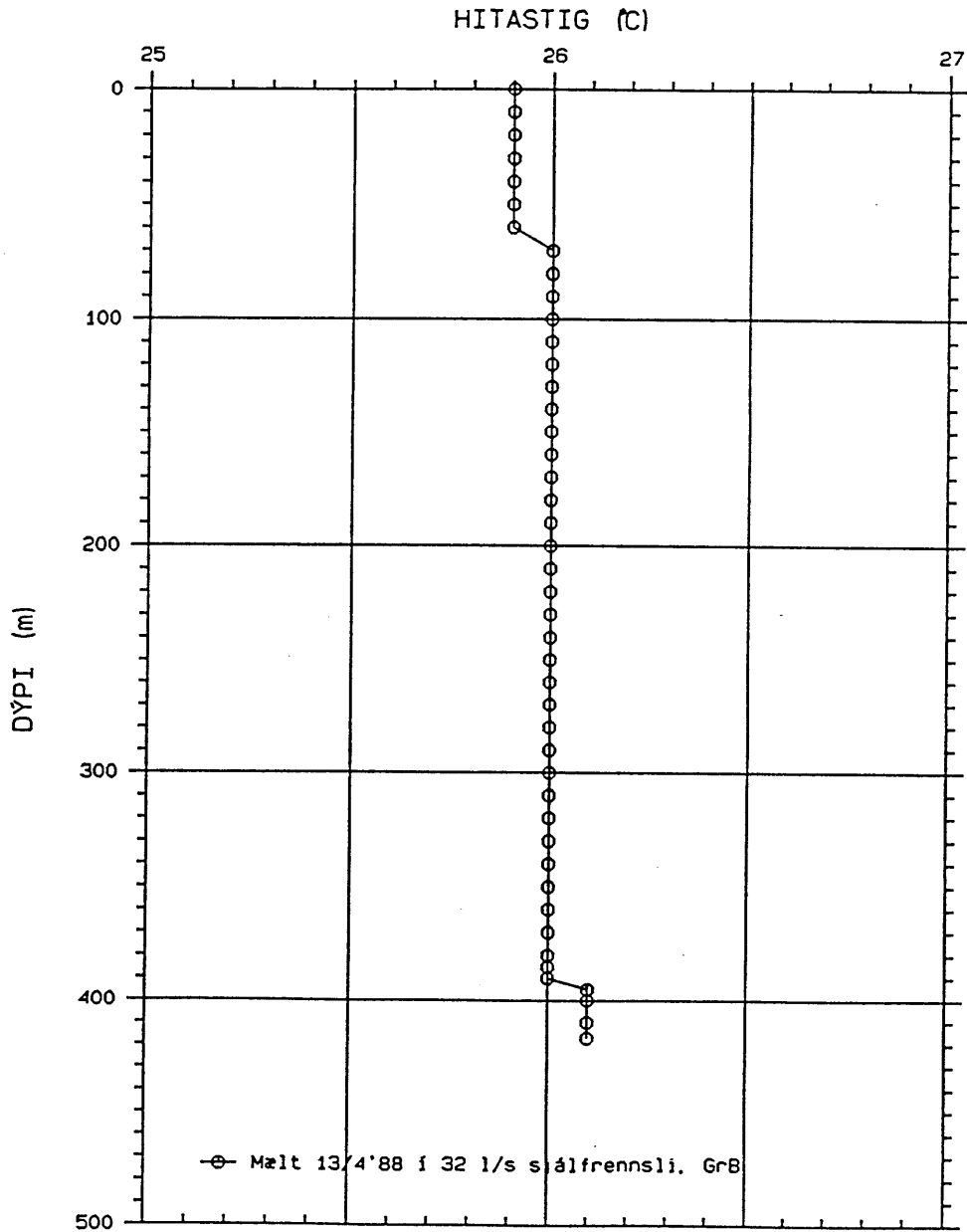
### TUNGUMÚLI HOLA T-1 HITAMÆLINGAR



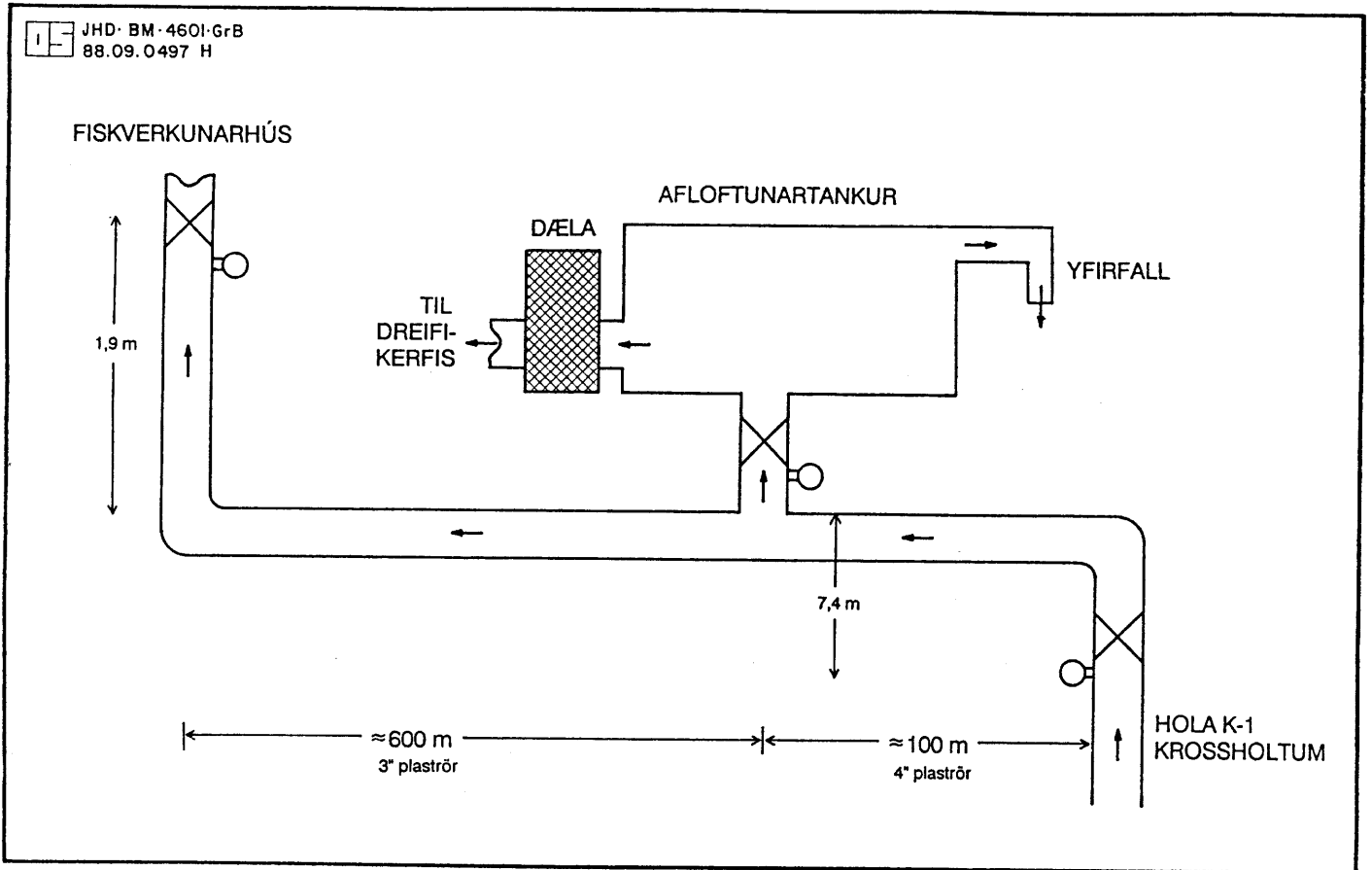
Mynd 3: Hitamælingar í holu T-1.

JHD- BM-4601. Gr.B  
88.09. 0503. T

### TUNGUMÚLI HOLA T -2 HITAMÆLINGAR

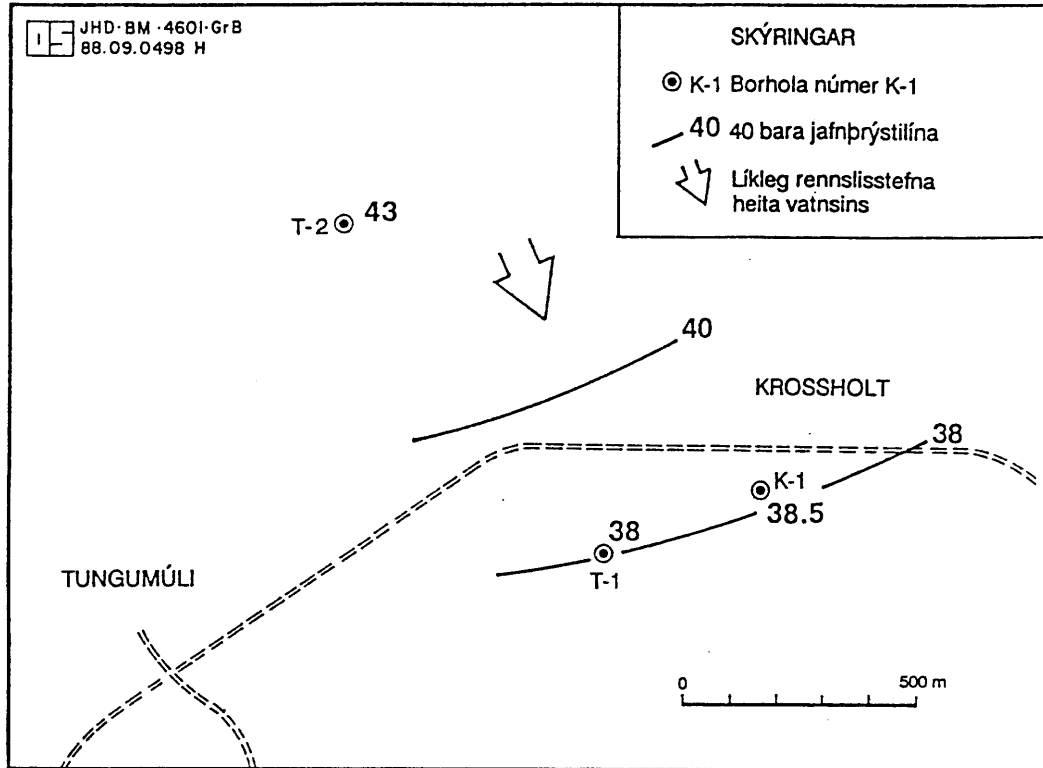


Mynd 4: Hitamælingar í holu T-2.

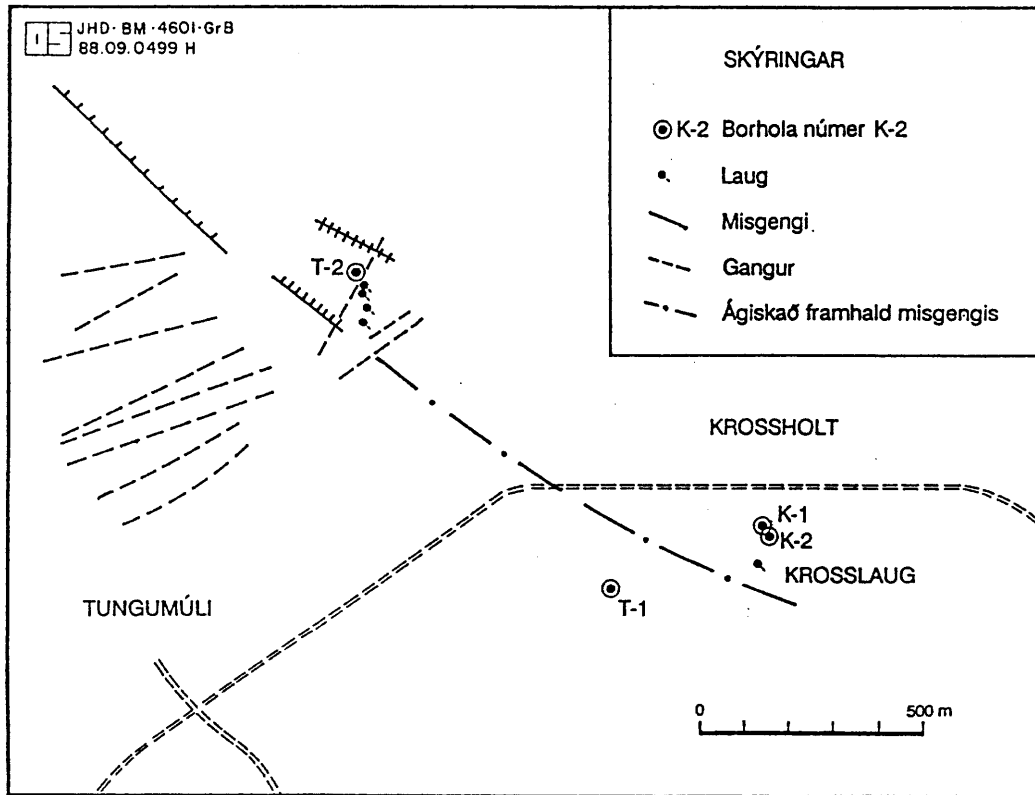


Mynd 5: Hönnun lagna að holu K-1.





Mynd 6: Áætlaður upphafsprýstingur heitavatnskerfis í Mórudal á 370 m dýpi.



Mynd 7: Gangar og misgengi við Tungumúla og Krossholt. Einnig er sýnt ágiskað framhald misgengis sem holur K-1 og T-2 vinna hugsanlega báðar úr.