



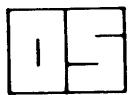
ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Halldór Ármannsson  
Sigmundur Einarsson

# GAS Í LAGARFLJÓTI

OS-87035/JHD-09

Reykjavík, september 1987



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Halldór Ármannsson  
Sigmundur Einarsson**

# **GAS Í LAGARFLJÓTI**

**OS-87035/JHD-09  
Reykjavík, september 1987**

## ÁGRIP

Metangas streymir upp á nokkrum stöðum í Lagarfljóti og á aurum Jökulsár í Fljótsdal. Gasstreymið heldur opnum vökum á ís á vetrum og eru elstu heimildir um vakir frá því um 1500.

Niðurstöður fyrri rannsókna bentu til að um mýragas sé að ræða. Helstu fundarstaðir gassins eru fjórir; við Hreiðarsstaði, undan landi Buðlungavalla, við Fljótsbotninn og á aurum Jökulsár við Vallholt.

Berggrunnur á svæðinu er hraunlagastafla frá síðasta hluta Terti. Jarðlagahalli er 5-8° til vesturs. Hann er óvenju mikill við innanvert Fljótið eða 15-20°, en svæðið er hluti hallabeltis (flexúru) sem liggur samsíða gosbeltinu og nær frá Bakkaflóa um Fljótsdal og Hornafjörð í átt að Öræfajökli. Ekki er vitað til að óvenju mikil setlög af lífrænum uppruna fylgi hallabeltinu né heldur að því fylgi brotakerfi sem leiða mundi gas úr iðrum jarðar.

Frá lokum ísaldar hefur Jökulsá í Fljótsdal fyllt upp innstu 10 km dalsins og hleður nú framburði sínum liðlega 1 metra fram í Fljótið árlega. Setlög á botni Lagarfljóts eru a.m.k. 10-20 m þykk og reikna má með að samskonar setlög hafi grafist undir dalfyllingunni í Fljótsdal. Samkvæmt jarðlögum í borholu á Gilsáreyri er botnsetið aðallega leirlög og jurtaleifar. Jurtaleifarnar rotna í súrefnismánuðu umhverfi og mynda metangas. Gasið getur sums staðar náð að safnast saman undir þéttum leirlögum og streyma upp um ákveðnar rásir og myndað nokkuð stöðugar gaslindir.

Árin 1984 og 1985 voru tekin til efna- og ísótópagreininga fjögur gas-sýni og tvö vatnssýni frá gasuppstreynum í Lagarfljóti.

Sýnin voru greind hjá Orkustofnun, Global Geochemistry Corporation og Scripps Institute of Oceanography. Samkvæmt viðurkenndum túlkunar-aðferðum benda niðurstöður greininganna eindregið til þess, að gasið í Lagarfljóti sé ungt, óþroskað lífverugas (mýragas), sem myndast við gerlarotnun, en ekki eldra gas, sem gæti tengst olíumyndun.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP .....	2
EFNISYFIRLIT .....	3
MYNDASKRÁ .....	4
TÖFLUSKRÁ .....	4
1 INNGANGUR .....	5
2 FYRRI RANNSÓKNIR .....	6
3 LÝSING UPPSTREYMISINS .....	9
3.1 Hreiðarstaðir .....	9
3.2 Vallholt .....	9
3.3 Fljótsbotn .....	9
3.4 Buðlungavellir .....	11
3.5 Gasstreymi .....	11
4 LAGARFLJÓTSORMURINN .....	12
5 JARÐFRÆDILEGAR AÐSTÆÐUR .....	13
5.1 Berggrunnurinn .....	13
5.2 Ísöld og nútími .....	14
6 EFNA- OG ÍSÓTÓPASAMSETNING .....	17
6.1 Sýnataka og efnagreiningar .....	17
6.2 Túlkun .....	19
6.3 Ályktanir .....	20
7 NIÐURSTÖÐUR .....	23
HEIMILDIR .....	24

## MYNDASKRÁ

Bls.

1	Lagarfljót, afstöðumynd .....	5
2	Gasuppstreymi við Hreiðarsstaði .....	10
3	Gasuppstreymi við Fljótsbotn .....	10
4	Lagarfljótsormurinn .....	12
5	Hallabeltið á Austurlandi .....	13
6	Stílfærð mynd af jarðlögum við Fljótsbotn .....	15
7	Jarðlög í borholu á Gilsáreyri .....	16
8	Flokkun gasa úr kolvatnsefnum .....	21
9	Samband $\delta D$ ( $CH_4$ ) og $\delta^{13}C$ ( $CH_4$ ) í gösum úr kolvatnsefnum	
10	Dreifing $\delta D$ í lífverumetani .....	22
11	Samband $\delta D$ í metani og grenndarvatni .....	22

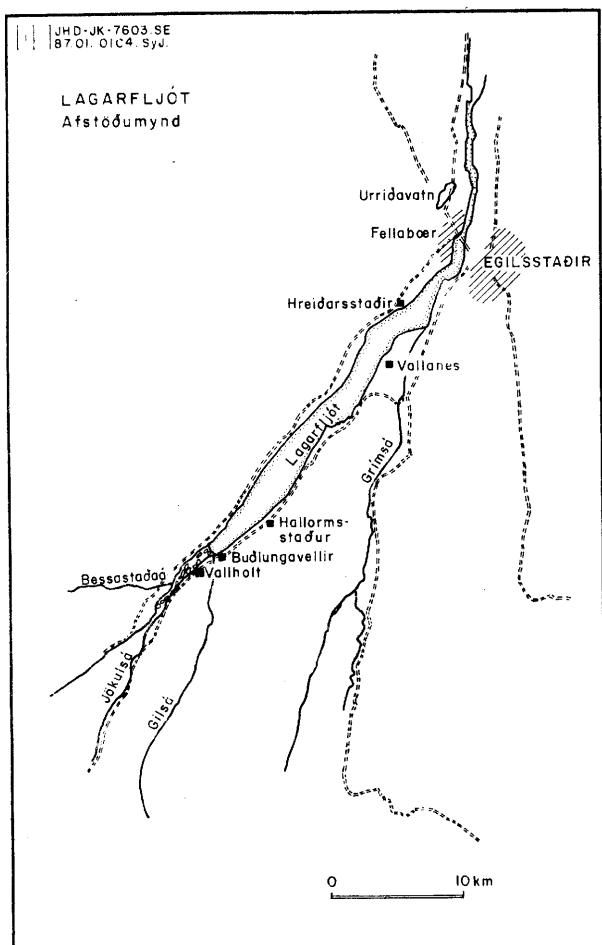
## TÖFLUSKRÁ

1	Niðurstöður gasgreininga .....	8
2	Niðurstöður greininga stöðugra ísótópa .....	18
3	Niðurstöður vatnsgreininga .....	18

## 1 INNGANGUR

Árið 1983 hófust hjá Jarðhitadeild rannsóknir á uppstreymi gass í Lagarfljóti að tilhlutan Hafsbotsnefndar. Markmið rannsóknanna var að sýna fram á hver væri uppruni gassins. Stöðugt gasstreymi frá botni nægir til að halda opnum vökum á ís á vetrum. Gasbólurnar fera með sér heitara vatn ( $4^{\circ}\text{C}$ ) frá botni og halda stöðugri hreyfingu á vatninu. Fyrri rannsóknir bentu til að gasið, sem er nær hreint metangas, eigi rætur að rekja til rotnandi jurtaleifa á botni Fljótsins. Slík gasmyndun er algeng í tjörnum í mómyrum og gasið því oft nefnt móragas. Óyggjandi sannanir hefur skort fyrir því að sá sé uppruni gassins í Lagarfljóti og því hafa vonir manna um að gasið standi í sambandi við jarðolíu ekki slokknað.

Ætlunin var að taka sýni á öllum helstu uppstreymisstöðum vorið 1984 en þá náðist aðeins eitt sýni vegna þess að ísa leysti óvenju snemma. Sýni voru síðan tekin í febrúar 1985 og send til greiningar í Bandaríkjunum. Halldór Ármannsson sá um efnafræðilegan hluta verksins og Sigmundur Einarsson um jarðfræðilega þætti. Mynd 1 sýnir Lagarfljót og helstu staði sem koma við sögu í skýrslunni.



MYND 1 Lagarfljót, afstöðumynd

## 2 FYRRI RANNSÓKNIR

Elstu heimildir um gasuppstreymi í Lagarfljóti er að finna í Fljótsdælasögu. Þar er minnst á vakir á ís undan Hreiðarsstöðum. Jón Jóhannesson (1950) segir í formála að Austfirðingasögum að Fljótsdæla-saga sé ekki eldri en frá síðari hluta 15. aldar og ekki yngri en frá fyrri hluta 16. aldar, þ.e. skrifuð einhverntíma milli 1450-1550.

Talið er að Lagarfljótsormurinn sem er þekktasta vatnaskrímsli á landinu standi í sambandi við gasuppstreymi í Fljótinu, en ormsins mun fyrst getið í annálum frá 1345 (Storm 1888) og hefur hann birst mönnum í ýmsum myndum af og til allt fram á þennan dag (Helgi Hallgrímsson 1982).

Rannsóknir á gasstreyminu í Lagarfljóti hófust árið 1963. Kveikjan mun hafa verið sú að í byrjun janúar það ár mældist  $25^{\circ}\text{C}$  hiti á botni Urriðavatns í Fellum undir svokölluðum Tuskuvökum (Jón Jónsson 1964). Nokkurt gasstreymi fylgdi jarðhitanum í Urriðavatni og var því bólustreymi í vökenum, og í raun enginn útlitsmunur á þeim og vökenum á Lagarfljóti. Fljótlega varð ljóst að í Lagarfljóti var um eldfima gastegund að ræða og að gasstreymi var á nokkrum stöðum í Fljótinu. Steinþór Eiríksson á Egilsstöðum tók sýnishorn af gasinu við Hreiðarsstaði snemma árs 1963 (sjá töflu 1) og reyndist það að mestu metangas. Í maí 1963 tóku Jón Jónsson og Gunnlaugur Elísson sýni í Jökulsá við Vallholt (tafla 1) og reyndist það 93,7% metangas.

Til að ganga úr skugga um hvort mögulegt væri að nýta gasið var ákveðið að bora þar sem gasið kemur upp eða sem næst þeim stöðum, og var það gert sumarið 1966.

Við Vallholt streymir gasið upp í bakka Jökulsár þar sem hún rennur undir klettaböfða. Ákveðið var að bora þar holu til að kanna hvort gasið kæmi úr berggrunninum. Á 1,5 m dýpi var komið í fast berg og var borað niður á 49,5 m dýpi. Ekki varð vart við gas í holunni en gasstreymi í árbakkanum hélt áfram eins og áður 2-3 m frá holunni (Jón Jónsson 1967).

Næst var borað yst á Gilsáreyri (sjá mynd 3) en það er allstór aurkeila sem Gilsá hefur myndað út á aura Jökulsár. Með þessari borun skyldi könnuð setfyllingin í dalnum innan við Fljótið. Þessi hola varð 132 m djúp, en þar var loks komið í fast berg. Gróðurleifa varð vart svo að segja alla leið og vottur af gasi kom víðs vegar í holuna. Bergþór Jóhannesson greindi plöntuleifarnar úr holunni og eru niðurstöður birtar í skýrslu Jóns Jónssonar (1967). Talið er að gróðurleifarnar í setlögunum hafi að mestu borist út í Fljótið með ám og lækjum, en að einhverju leyti sem áfok. Einnig kemur fram að

landið virðist að mestu hafa verið orðið klætt gróðri þegar elsti hluti setlaganna var að myndast. Niðurstaða skýrslu Jóns Jónssonar (1967) er sú að bæði niðurstöður efnagreininga og jarðfræðilegar aðstæður bendi til að um mýragas sé að ræða.

Sumarið 1964 komu til landsins D.G. Fallen Bailey olíujarðfræðingur, sem þá starfaði hjá Sameinuðu þjóðunum. Hann skoðaði gasuppstreymið í Lagarfljóti í samvinnu við Jón Jónsson. Fallen Bailey reit skýrslu um rannsókn sína og birtist hún sem viðauki í skýrslu Jóns Jónssonar (1967). Niðurstöður eru mjög í samræmi við niðurstöður Jóns Jónssonar, mýragas sem myndast þegar lífræn efni brotna niður í setlögum í súrefnissnauðu umhverfi.

Árið 1982 ritaði Helgi Hallgrímsson grein í Týli um Lagarfljótsorminn. Þar dregur hann saman gamlar og nýjar heimildir um orminn og birtir kort sem sýnir alla þá staði í fljótinu þar sem ormurinn hefur sést. Niðurstaða Helga er sú sama og hjá öðrum náttúrufræðingum sem um málið hafa fjallað þ.e. að "fyrirbæri þau sem ganga undir samheitinu Lagarfljótsormurinn megi rekja til gasmyndunar í vatnsbotninum og uppstreymis á því við ýmsar aðstæður".

Árið eftir birtist í Týli önnur grein um gasið í Lagarfljóti, rituð af Leó Kristjánssyni (1983). Leó tók sýni af gasinu við Vallholt í samvinnu við Thomas Gold. Leó segir þannig frá honum:

"Á árinu 1980 kemur síðan við sögu Lagarfljótsundranna Thomas nokkur Gold. Hann er Austurríkismaður, sem fluttist til Bretlands á árunum fyrir strið, en er nú forstöðumaður geimrannsóknastofnunar Cornell-háskóla í Bandaríkjunum. Thomas Gold er einn af merkari vísindamönnum, sem nú eru uppi, og hefur komið þar víða við, þó starf hans sé einkum á svíði stjärneðlisfræði. M.a. á hann heiðurinn af því að hafa fyrstur útskyrt eðli svokallaðra tifstjarna. Á síðustu árum hefur Gold velt mjög fyrir sér efnasamsetningu alheimsins og jarðarinnar, og þá bent á, að í ýmsum loftsteinum, sem fundist hafa, er mikið af kolefnissamböndum. Hann telur, að við myndun jarðarinnar úr loftsteinum fyrir ármilljörðum, geti vel hafa lokast djúpt í iðrum hennar mikið magn kolefnis, sem nú geti verið að leka út úr jörðinni í formi metans og annarra kolvetna. Hefur Gold leitt ýmis rök að þessari kenningu sinni, þó fjarri sé því að allir séu honum sammála um hana. Meðal annar telur hann, að gaslindir geti að hluta átt uppruna í þessu "jarð"gasí, og að slíkt gasútstreymi geti skýrt ýmis fyrirbrigði sem fylgja jarðskjálftum."

Niðurstöður efnagreininga og ísótópamælinga sem birtast í grein Leós eru í samræmi við eldri athuganir. Leó tekur ekki afstöðu til uppruna gassins í grein sinni en segir að Gold telji að þarna geti verið um djúpgas að ræða.

Tafla 1 Niðurstöður gasgreininga sýna frá Lagarfljóti nú og fyrr,  
ásamt samanburði við sýni frá Ísafirði og Urriðavatni.

Staður	Dags.	Sýni nr.	Greint af	CO <sub>2</sub> %	N <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> %	CH <sub>4</sub> %	O <sub>2</sub> %	Ar %	Rn dpm/l
Lagarfljót			Orkustofnun							1)
Vallholt	840321	0074	Raunv.stofn.	1,24	1,52			96,65	0,59	124
Lagarfljót			Global Geo-							
Vallholt	840321	0074	Chemistry Corp	1,22	2,50			94,8	1,28	
Lagarfljót										
Vallholt	850225	0110	- " -		1,79	2,50		95,1	0,58	0,05
Lagarfljót										
Buðlungav.	850225	0111	- " -		0,15	34,00	0,005	53,80	12,10	
Lagarfljót										
Hreiðarsst.	850224	0109	- " -		0,15	17,80		76,60	5,30	
Urriðavatn										
Hola UN-8	850223	0108	- " -		0,25	95,40		0,24	0,62	1,46
Lagarfljót			Scripps							175
Vallholt	80		Inst. OC			2,5	2)		97,5	
Lagarfljót			Atvinnud.							
Hreiðarsst.	63		Háskólans		1,6	24,0	3)		74,3	
Ísafjörður										
Suðurtanginn	64		- " -		2,9	9,0	3)		88,1	

1) O<sub>2</sub> + Ar

2) N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> + Ar

3) N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> + Ar

### 3 LÝSING UPPSTREYMISINS

Gasið kemur aðallega upp á tveimur svæðum í og við Fljótið. Nyrðra svæðið er við Hreiðarsstaði, gegnt ósum Grímsár, en syðra svæðið er í suðurenda Fljótsins og á aurum Jökulsár (sjá myndir 2 og 3).

#### 3.1 Hreiðarsstaðir

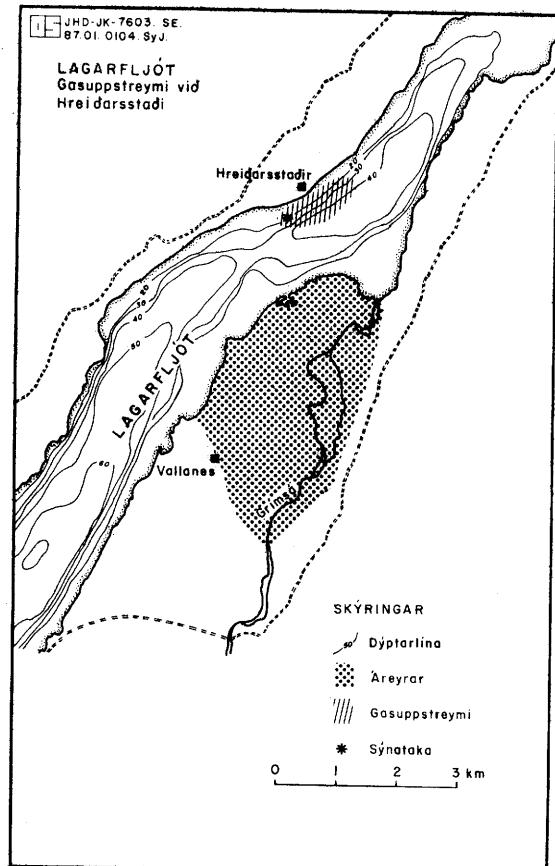
Uppstreymi gass verður vart á vetrum og þar sem streymi er nægilega mikið haldast opnar vakir á ís. Þar sem streymið er minna sjást gasbólur í ísnum. Svæðið var skoðað í mars 1984 og síðan aftur í febrúar 1985. Í fyrra skiptið fundust aðeins gasbólur í ísnum, en hvergi nægilegt gasstreymi til sýnatöku, þrátt fyrir leiðsögn kunnugra. Þann 24. febrúar 1985 var svæðið kannað á ný. Þá var glær ís á Fljótinu, um 30 sm þykkur. Gasbólur voru víða í ísnum á um 1 km löngu svæði með fljótsbakkanum við Hreiðarsstaði og náðu 300-400 m frá landi (sjá mynd 2). Aðeins ein völk fannst þar sem gasstreymi var talið nægjanlegt til sýnatöku og var hún syðst á svæðinu, um 250 m frá landi, þar sem vatnsdýpi er um 20 m. Vökin var sporöskjulaga, 50x70 sm. Steinþór Eiríksson á Egilsstöðum tók sýni við Hreiðarsstaði 1963 og samkvæmt hans upplýsingum var það sýni tekið a.m.k. 500 m til norðausturs frá þessum stað.

#### 3.2 Vallholt

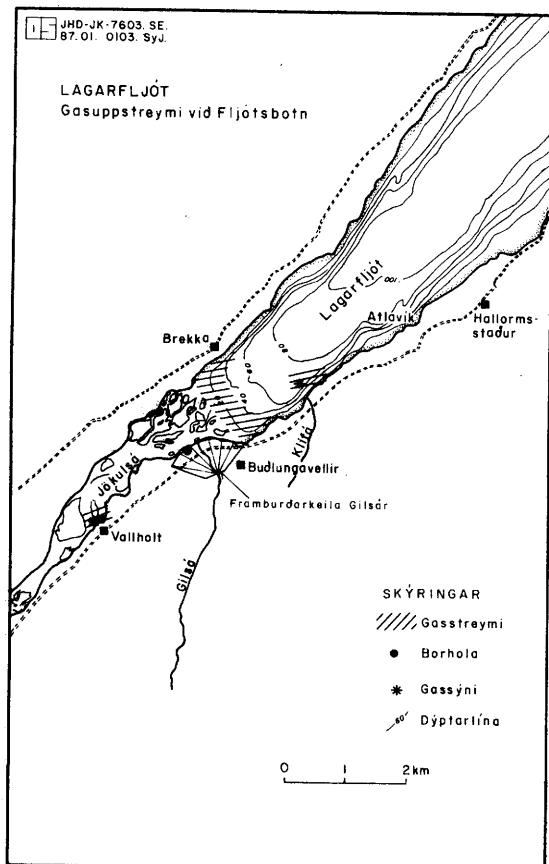
Uppstreymið við Vallholt var skoðað 21. mars 1984 og aftur 25. febrúar 1985 og voru sýni tekin í bæði skiptin. Gasið kemur upp í eystri bakka Jökulsár undir lágum kletti þar sem áin liggur upp að austurhlíð dalsins. Gasið kemur upp úr möl og sandi. Uppstreymissvæðið er mjög lítið, aðeins um 20 m á milli fjarlægustu uppstreymisopa. Sýni hafa oftast verið tekin á þessum stað vegna þess hve uppstreymið er aðgengilegt og ekki þarf að nálgast það á ísi. Spurnir eru af uppstreymi víðar á eyrunum, en það var ekki athugað nánar.

#### 3.3 Fljótsbotn

Stærsta uppstreymissvæðið er framundan ósum Jökulsár (sjá mynd 3). Gasið streymir upp í stórum vökum á um 500 m breiðu belti við Fljótsbotninn og teygir uppstreymið sig lengra til norðurs með bökkunum heldur en fyrir miðju fljóti. Erfitt var að nálgast vakirnar vegna þess hve ísinn var þunnur. Sýnataka var því ekki framkvæmanleg. Dýpi er þarna allt að 40 m.



MYND 2 Gasuppstreymi við Hreiðarsstaði



MYND 3 Gasuppstreymi við Fljótsbotn

### 3.4 Buðlungavellir

Þetta svæði var skoðað og sýni tekið 25. febrúar 1985 og aðstæður eins og þegar sýni var tekið við Hreiðarsstaði daginn áður. Gasuppstreymið er undan landi eyðibýlisins Buðlungavalla, úti á víkinni þar sem Klifá fellur í Fljótið (sjá mynd 3). Vakirnar eru norðantil á víkinni, um 300 m frá landi, þar er dýpi liðlega 60 m. Vakirnar voru 5 talsins, allar 1/2-1 m í þvermál, en þunnur ís næst þeim. Fjórar þær nyrstu röðuðu sér á 10 m langa beina línu með stefnu NA-SV, en fimmta vökin var 30 m í suður frá hinum vökunum.

### 3.5 Gasstreymi

Ekki var gerð bein tilraun til að meta gasmagnið, en til viðmiðunar má nota þann tíma sem þurfti til að safna gasinu, en það tók yfirleitt um hálfa klukkustund að safna einum lítra af gasi um trekt sem hvolft var yfir afmarkað streymi.

Við Hreiðarsstaði var safnað í einu vökinni þar sem streymi var nægjanlegt til sýnatöku. Ógerlegt er því að meta heildarstreymi á þessu svæði vegna þess hve dreift það er og lítið víðast hvar. Af viðræðum við Steinþór Eiríksson á Egilsstöðum virðist ljóst að gasstreymið þar hefur breyst á 20 ára tímabili.

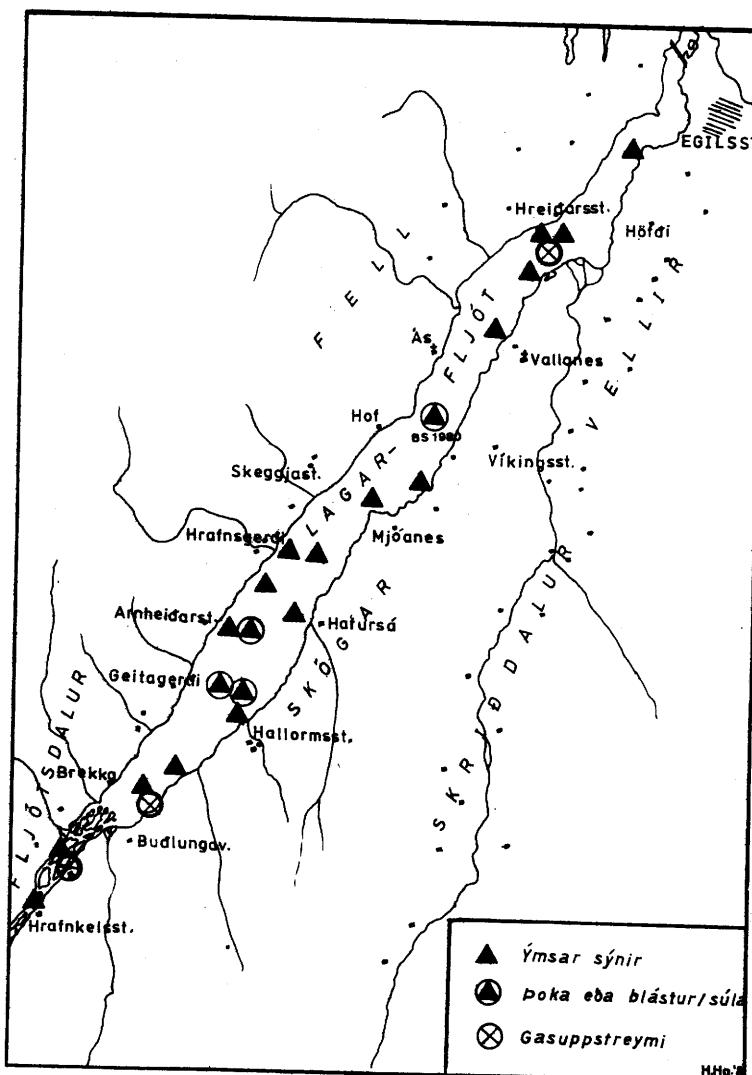
Við Vallholt er gasstreymið á litlu svæði. Jón Benjamínsson reyndi að meta heildar gasstreymi þar í ágúst 1987 og taldi hann það vera a.m.k. 15 l/klst. en sennilega töluvert meira.

Við Buðlungavelli voru vakirnar 5 talsins og safnað í þeirri sem gasstreymið var mest. Heildarstreymi gæti verið 8-10 l/klst.

Við Fljótsbotn er gasstreymi mun meira en annars staðar, en erfitt var að nálgast uppstreymi vegna þess hve ísinn var þunnur og varð svæðið því aðeins skoðað með sjónauka. Ógerlegt reyndist að meta gasmagnið.

#### 4 LAGARFLJÓTSORMURINN

Lagarfljótsormurinn er þekktasta vatnaskrímsli hér á landi. Helgi Hallgrímsson (1982) ritaði ágæta grein um orminn í Týli og eru skrímslinu gerð skil þar. Rekur Helgi skýringar þær sem menn hafa haft á sýnum fólks. Eggert og Bjarni álitu að skýra mætti tilvist ormsins með undarlegum gufum sem birtust í ýmsum myndum (Eggert Ólafsson 1943). Ólafur Davíðsson (1900, 1901, 1902) varð hinsvegar fyrstur til að setja fram þá hugmynd að ormurinn stæði í sambandi við aðstreymi mýragass. Hefur ormurinn átt nokkuð erfitt uppdráttar síðan. Helgi Hallgrímsson (1982) hefur dregið saman á kort helstu staði þar sem ormurinn hefur sést (mynd 4). Þar kemur fram að ormurinn hefur birst oftar á innanverðu Fljótinu en utanverðu og oftar við austurlandið en vestan megin. Hér skal ekkert fullyrt um það hvers eðlis ormurinn er, en ljóst má vera að hann tengist ekki beint helstu uppkomusvæðum gassins sem hér er fjallað um. Nánar er rætt um orminn í kafla 5.2.

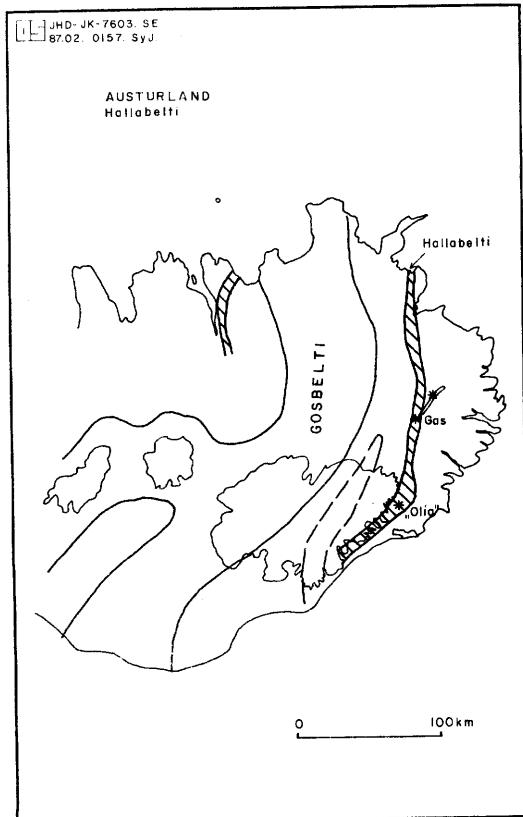


MYND 4 Lagarfljótsormurinn

## 5 JARÐFRÆDILEGAR AÐSTÆÐUR

### 5.1 Berggrunnurinn

Berggrunnurinn á rannsóknarsvæðinu er hraunlagastaflí frá síðasta hluta Tertiér. Strík jarðlaga er nálægt N-S og halli  $5-8^{\circ}$  til vesturs. Aldur jarðlaga við Egilsstaði er um 9 milljón ár (Walker 1964, Watkins and Walker 1977) og við Fljótsbotn er aldurinn um 7 milljón ár (McDougall, Watkins and Kristjánsson 1976). Við innanvert Fljótið er jarðlagahallinn óvenjulega mikill eða  $15-25^{\circ}$ . Svæðið er hluti af tiltölulega mjóu belti sem liggur nær samsíða gosbeltinu og einkennist af þessum mikla jarðlagahalla. Þetta hallabelti (flexúra) liggur frá Bakkaflóa um Fljótsdal og suður í Hornafjörð og þaðan til SV í átt að Öræfajökli (sjá mynd 5). Gasuppstreymið við innanvert Fljótið er innan þessa beltis og svo einkennilega vill til að "olía" sem fannst 1985 við Lambatungujökul í Skyndidal í Lóni (Eystrahorn 10. okt. 1985) er einnig innan þessa hallabeltis. Hallabeltið er líklega orðið til vegna aukinnar gosvirkni í eystra gosbeltinu fyrir um 7,5 milljón árum en hún minnkaði svo fljótlega aftur til fyrra horfs. Vegna þessarar auknu gosvirkni jókst fergus í gosbeltinu um tíma og kemur hún fram sem "mjótt" belti samsíða gosbeltinu þar sem hallinn er óvenju mikill. Ekki er vitað til að óvenju mikil setlöög af lífrænum uppruna fylgi hallabeltinu né heldur að því fylgi brotakerfi sem leiða mundi gas úr iðrum jarðar.



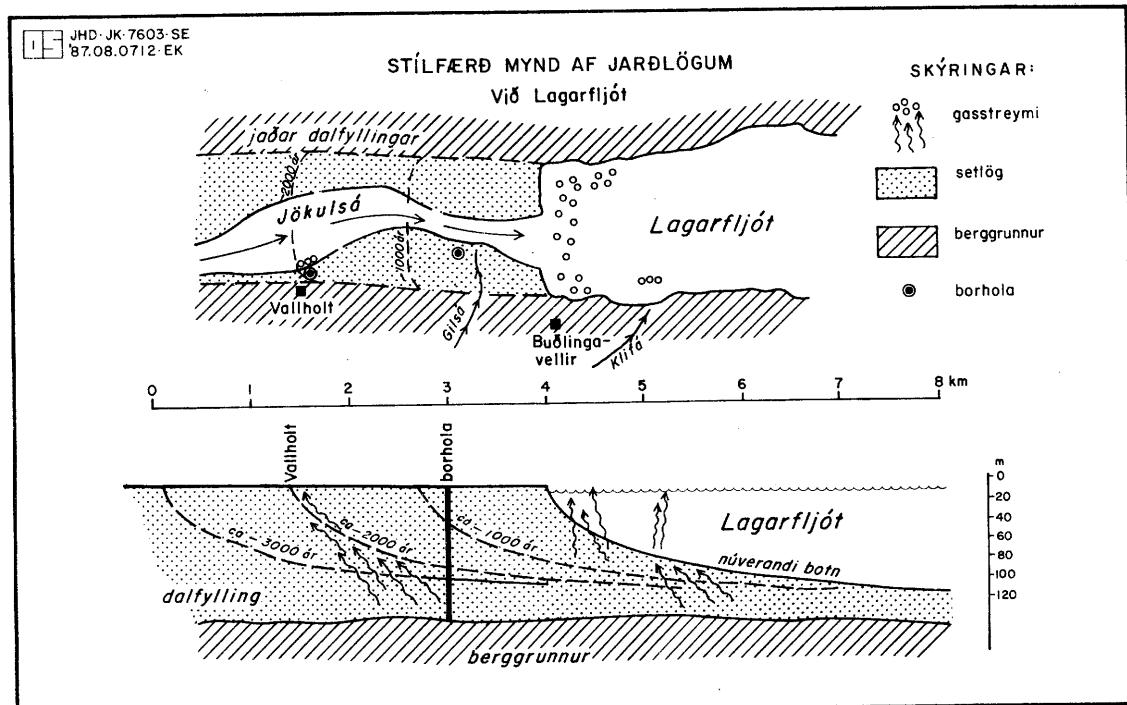
MYND 5 Hallabeltið á Austurlandi

## 5.2 Ísöld og nútími

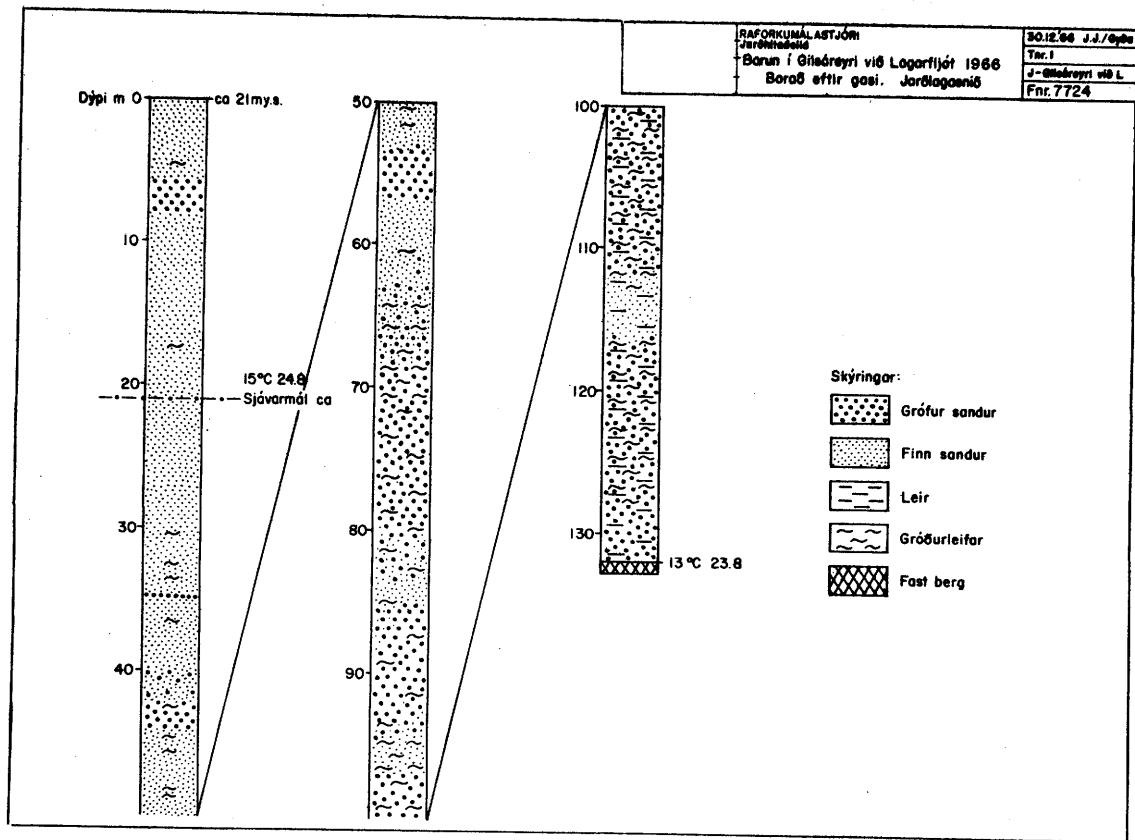
Á ísöld hefur skriðjökull legið út Fljótsdal og Lagarfljótskvosina og grafið hana langt niður fyrir núverandi sjávarmál. Fljótið er lll m djúpt þar sem dýpst er nokkru utan við Hallormsstað (Sigurjón Rist 1971). Þykkt setlaga á botni Fljótsins er ekki þekkt, en búast má við að hún sé a.m.k. 10-20 m víðast hvar (sjá síðar) og mun meiri í nágrenni árósa. Frá lokum ísaldar hefur Jökulsá fyllt innstu 10 km kvosarinnar með framburði sínum. Kvósin er um 1,5 km breið að meðaltali og gera má ráð fyrir að setfyllingin sé um 140 m þykk. Þá er tekið mið af þykkt setlaga í borholunni á Gilsáreyri (Jón Jónsson 1967). Ef reiknað er með að setfyllingin sé mynduð á 10.000 árum hefur framburður Jökulsár verið 200-250 þús. tonn á ári að meðaltali frá lokum ísaldar. Aurburðarmælingar Vatnsorkudeildar Orkustofnunar benda til að nú setji áin af sér um 300 þús. tonn árlega við Fljótsbotninn (Haukur Tómasson, munnl. upplýsingar), en það þýðir að árósarnir færast fram um 1,3 m árlega. Ekki er þó hægt að nota þessar tölur til að ákvarða aldur einstakra hluta dalfyllingarinnar nema 2000-2500 ár aftur í tímann vegna þess að framburður Jökulsár er háður stærð og rofmætti Vatnajökuls, en talið er að vegna hlýrra loftslags á tímabilinu 4000-2500 fyrir okkar daga hafi jöklar verið mun minni en þeir eru núna (Þorleifur Einarsson 1962).

Mynd 6 sýnir á einfaldan og stílfærðan hátt hvernig líklegt er að setlögin hafi hlaðist fram í Lagarfljót á síðastliðnum 2000-3000 árum og er þá reiknað með svipuðum framburði Jökulsár og nú er. Samkvæmt þessu hefur Fljótsbotninn verið við Vallholt fyrir u.p.b. 2000 árum. Einnig má sjá að efstu 80-100 m setlaganna í borholunni á Gilsáreyri eru líklegast myndaðir á síðustu 2000-3000 árum. Rétt er þó að benda á að þessi einfaldaða mynd af setlögunum gerir ekki ráð fyrir að framburður Gilsár hafi nein veruleg áhrif á heildarmyndina. Ef litið er á jarðlagasnið úr borholunni á Gilsáreyri (mynd 7) sést að í efstu 100 m holunnar er grófur og finn sandur á víxl, en neðan 100 m er aðallega grófur sandur og leir. Leirlögin neðst í holunni hafa sest til þegar ósar Jökulsár voru tölувert innan við Vallholt, en grófi sandurinn gæti stafað af nálægð við ósa Gilsár. Má því ætla að setlög í botni Fljótsins séu yfirleitt ekki meira en 30 m þykk, sennilega 10-20 m. Mun meira er af jurtaleifum í neðsta hluta holunnar en ofantil. Þetta bendir til að jurtaleifar sem berast út í Fljótið setjist að verulegu leyti til úti í Fljótinu en ekki einungis við árósana. Setlögin á botni Lagarfljóts eru væntanlega svipuð neðstu lögunum í borholunni og má því vænta rotnandi jurtaleifa undir þéttum leirlögum víða á fljótsbotninum. Það er hinsvegar tilviljunum háð hvað verður um gasið sem myndast við rotnunina. Sums staðar safnast það saman af allstóru

svæði, streymir upp um ákveðnar rásir og myndar nokkuð stöðugar gaslindir. Annars staðar eru leirlögin ekki nægjanlega þétt til að safna gasinu saman í stórar lindir og streymir þá gasið upp dreift á stóru svæði eins og við Hreiðarsstaði. Leirlögin þar eru væntanlega blönduð grófari framburði úr Grímsá. Einnig getur gasið lokast af í gildrum undir þéttum leirlögum og þegar gildran brestur nær allmikið gas að rísa til yfirborðs á skömmum tíma. Gasið getur jafnvel rifið með sér stykki af botninum sem fljóta til yfirborðs, en sökkva síðan aftur er gasið hefur losnað úr þeim. Þetta er í raun sama fyrirbæri og Ólafur Davíðsson (1900, 1901, 1902) notaði til að skýra Lagarfljótsorminn og hefur nær riðið honum að fullu. Skýringin mun reyndar upprunnin í Noregi (Appelöf 1899, Helgi Hallgrímsson 1982). Í Íslandslysingu Odds biskups Einarssonar (1971) sem rituð er um 1600 er Lagarfljótsormurinn tengdur landskjálftum. Vera má að þar sé honum að einhverju leyti ruglað saman við Miðgarðsorm, en hætt er við að Lagarfljótsormurinn hristi sig ef landskjálfti ríður yfir Austurland.



MYND 6 Stílfærð mynd af jarðlögum við Fljótsbotn



MYND 7 Jarðlög í borholu á Gilsáreyri

## 6 EFNA- OG ÍSÓTÓPASAMSETNING

### 6.1 Sýnataka og efnagreiningar

Farnar voru tvær sýnatökuferðir að Lagarfljóti, ein í mars 1984, og önnur í febrúar 1985. Í fyrri ferðinni náðist einungis sýni frá Vallholti, en í seinni ferðinni náðust einnig sýni frá Buðlungavöllum og Hreiðarsstöðum (mynd 1), auk þess sem tekið var sýni úr borholu UN-8 við Urriðavatn til samanburðar. Í öllum tilvikum voru tekin sýni til gasgreininga, en eitt vatnssýni var tekið úr Lagarfljóti í hvort skiptið, og eitt frá Urriðavatni.

Eitt gassýnið var greint á gasgreina bæði á Orkustofnun og hjá Global Geochemistry Corporation í Los Angeles, en hin voru greind hjá þeim síðarnefndu. Ísótópagreiningar voru gerðar við Scripps Institute of Oceanography, San Diego. Eitt sýni var tekið til radongreiningar, sem gerð var á Raunví sindastofnun Háskólags. Vatnssýnin voru greind á Orkustofnun.

Niðurstöður gasgreininga, ásamt niðurstöðum tveggja eldri greininga frá Lagarfljóti og einnar frá Ísafirði (Leó Kristjánsson 1983) eru birtar í töflu 1, niðurstöður ísótópagreininga í töflu 2 og efnagreininga vatns í töflu 3.

Samræmi milli niðurstaðna Orkustofnunar og Global Geochemistry Corporation fyrir fyrra sýnið frá Vallholti, er allgott. Ekki er gott að vita, hvort meira andrúmsloft í sýninu, sem sent var utan, hefur komist inn við sýnatöku eða lekið inn á leiðinni.

Minnst andrúmsloft fylgir sýnum frá Vallholti, en sýnu meira hinum tveimur. Miðað við aðstæður virðist harla ólíklegt að það hafi sloppið inn við sýnatöku. Samanburður við eldri sýni frá Vallholti og Hreiðarsstöðum gefur svipaðar niðurstöður gegnum árin, og er líklegast að gasið komi upp lítt sem ekkert blandað andrúmslofti við Vallholt, en sé að nokkru leyti mengað því á hinum stöðunum. Niðurstöður gas- og ísótópagreininga Vallholtssýnanna tveggja, sem tekin voru með u.p.b. árs millibili, benda til mjög stöðugrar gassamsetningar. Reynt var að greina kolvatnsefni með tveim eða fleiri kolefnisatónum ( $C_{2+}$ ), en þau voru ekki mælanleg á hið geysi nákvæma gasgreiningatæki Global Geochemistry Corporation ( $C_{2+} < 0,01\%$ ).

Tafla 2 Niðurstöður greininga stöðugra ísótópa í gassýnum  
frá Lagarfljóti og Urriðavatni

Staður	Dags.	Sýni nr.	$\text{CH}_4$		$\text{N}_2$		${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ R/Ratm
			${}^{13}\text{C}$ ‰	D ‰	${}^{15}\text{N}$ ‰	R/Ratm	
<b>Lagarfljót</b>							
Vallholt	840321	0074	-72,8	-268			4,4
<b>Lagarfljót</b>							
Vallholt	850225	0110	-72,8	-266			4,4
<b>Lagarfljót</b>							
Buðlungav.	850225	0111	-80,9	-270			4,4
<b>Lagarfljót</b>							
Hreiðarst.	850224	0109	-80,2	-267			4,4
<b>Urriðavatn</b>							
Hola UN-8	850223	0108			+0,6		

Tafla 3 Niðurstöður vatnsgreininga frá Lagarfljóti og Urriðavatni

Staður	Lagarfljót Vallholt	Lagarfljót Buðlungavellir	Urriðavatn Hola UN-8
Dags	840321	850225	850223
Sýni nr	0074	0111	0108
pH/°C	7,68/21,4	7,47/21,5	9,84/21,0
Ohmm/°C	14,3/21,5	127,6/25	25,7/25
$\text{SiO}_2$ mg/kg	12,37	10,95	67,26
Na mg/kg	3,27	4,35	66,38
K mg/kg	0,53	0,47	1,24
Ca mg/kg	7,55	6,54	7,18
Mg mg/kg	2,54	2,31	0,005
$\text{CO}_2$ mg/kg	27,61	22,3	12,1
$\text{SO}_4$ mg/kg	3,73	2,80	58,11
$\text{H}_2\text{S}$ mg/kg	<0,05	<0,05	0,06
$\text{Cl}^-$ mg/kg	3,23	5,73	47,63
F mg/kg	0,053	0,041	0,72
Al mg/kg	0,052	0,039	0,092
B mg/kg	<0,1	<0,1	0,21
Uppl. efni:	42,8	40,0	271,8
$\text{NO}_3^-$		0,17	

## 6.2 Túlkun

Efnasamsetning vatnsins er dæmigerð fyrir steinhefnasnautt jökulvatn, og ekki að ætla, að hún hafi áhrif á gasið, nema ef vera skyldi, að eitthvert koldíoxið leysist í vatninu, og metanið verði hreinna en ella erður því eftirfarandi túlkun byggð á niðurstöðum gas- og ísótópagreininga. Schoell (1980) hefur flokkað gas úr náttúrunni eftir efna- og ísótópasamsetningu og ber hver flokkur merki uppruna síns. Á mynd 8 er flokkun hans eftir styrk og gerð kolvatnsefna sýnd á einfaldaðan hátt. Í ungu, óþroskuðu gasi, sem myndast við rotnun lífvera fyrir tilverknað gerla (lífverugasi), er metan yfirleitt svo til eina kolvatnsefnið ( $C_{2+} < 0,001\%$ ), en töluvert myndast af því. Við frekari þroska myndast lengri kolefniskeðjur, og styrkur annarra kolvatnsefna eykst, suðumark hækkar, og töluverður hluti kolvatnsefna verður á formi olíu. Seinna meir lengjast keðjurnar enn, og föst efni myndast. Að lokum kemur að því, að erfitt verður að brjóta niður hinar löngu keðjur. Minnkar þá gasmyndun, og gasið verður aftur að mestu leyti metan. Þroskinn er mældur sem endurskin frá vitriníti, sem er eitt af grunnefnum kola.

Samkvæmt efnasamsetningu ( $C_{2+} < 0,01\%$ ) er gasið frá Lagarfljóti mjög ungt og óþroskað lífverugas (Flokkur "B").

Schoell (1980) birtir í grein sinni niðurstöður fjölða ísótópagreininga á gasi úr þessum flokkum. Á mynd 9 er sýnt samband D/H og  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  hlutfalla, og dregin þau mörk, sem sýni úr fjórum flokkum falla innan. Niðurstöður Lagarfljótssýnanna hafa verið dregnar inn á myndina og falla greinilega með lífverugasi frá kvarter (B, jökulruðnings- og myrargas).

Schoell (1980) hefur og athugað dreifingu  $\delta\text{D}$  í lífverumetani (B) miðað við umhverfi myndunar þess. Ær hún sýnd á mynd 10, og benda niðurstöður eindregið til þess að gasið í Lagarfljóti eigi uppruna sinn á landi. Þá hafa Nakai o.fl. (1974) tekið til meðferðar samband D/H hlutfalla í metani frá náttúrunni og í grenndarvatni þess. Gas frá Japan fylgdi jöfnunni

$$\delta\text{D}(\text{CH}_4) = \delta\text{D}(\text{H}_2\text{O}) - (\delta^{16}\text{O}(\text{H}_2\text{O}) \pm 10) \text{ ‰}$$

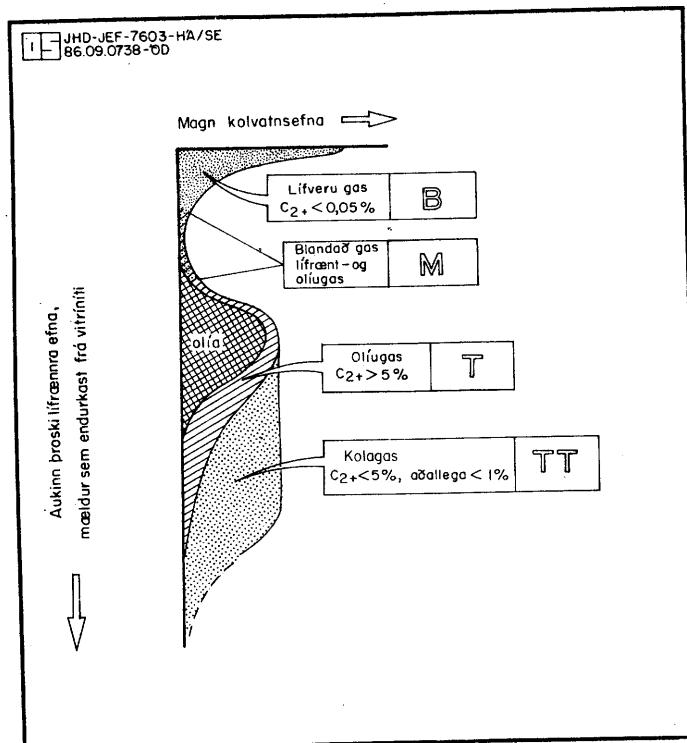
Schoell (1980) komst að svipaðri niðurstöðu. Lína þessi er teiknuð á mynd 11 (með skekkjumörkum  $\pm 20 \text{ ‰}$ ), og eru niðurstöður Schoells (1980) og þær, sem hér er um fjallað, settar inn á og flokkaðar. Þar sem  $\delta\text{DH}_2\text{O}$  var ekki mælt nú, var notuð niðurstaða Braga Árnasonar (1976) um sýni frá Atlavík. Þenn flokkast Lagarfljótssýnin með jökulruðnings- og myragasi, þ.e. óþroskuðu lífverugasi, mynduðu á landi.

Hlutfall  $^3\text{He}/^4\text{He}$  er svipað og fundist hefur annars staðar á Austurlandi og á sennilega ekkert skylt við rotnunargasið metan. Radonstyrkur er fremur lítill, en ástæðan er óljós.

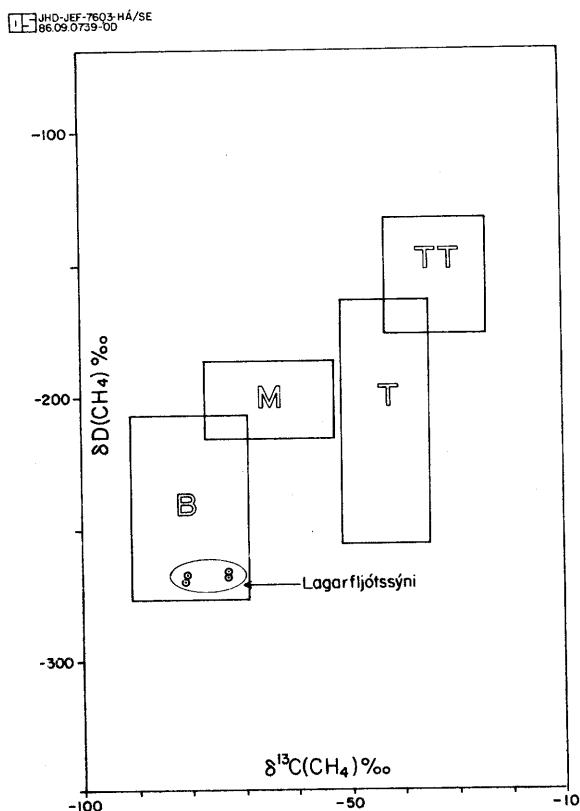
### 6.3 Ályktanir

Á syðsta staðnum, Vallholti, kemur gasið upp við land, og er þar minnst blandað andrúmslofti. Við Buðlungavelli og Hreiðarsstaði streymir gasið gegnum vatnið og virðist blandast andrúmslofti. Örlíttill en merkjanlegur munur á  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  hlutfalli bendir og til mismunandi uppstreyma við Vallholt annars vegar en Buðlungavelli og Hreiðarsstaði hins vegar. Þessi munur gæti bent til þess, að gasið við Buðlungavelli og Hreiðarsstaði væri örlítið yngra en það, sem finnst við Vallholt. Skýring á því gæti verið sú, að eftir að jurta-leifar þær, sem mynda gas við Vallholt, grófust undir dalfyllingunni, hefðu yngri jurtaleifar safnast fyrir og myndað gas utar í Fljótinu. Stöðugleiki í samsetningu milli ára við Vallholt, bendir til þess, að munur sé ekki tímabundinn.

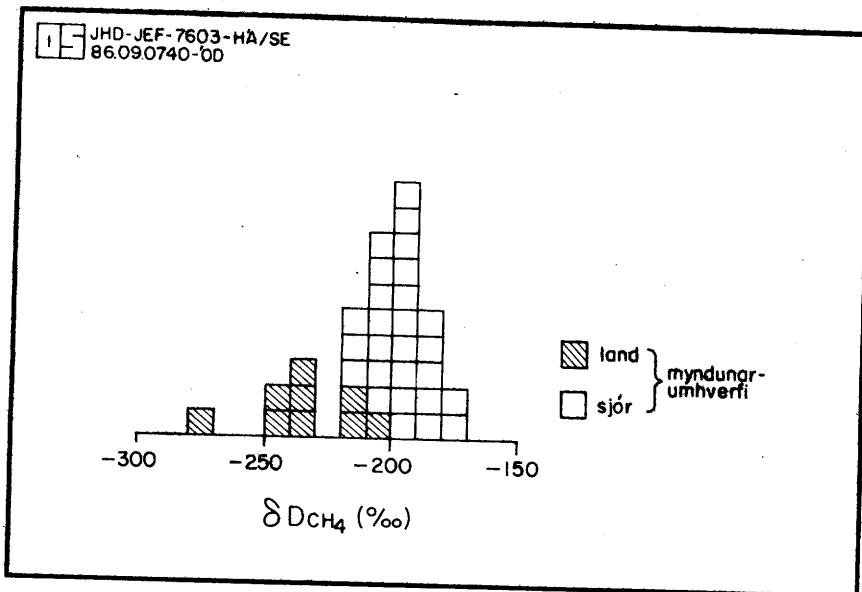
Efna- og ísótópasamsetning bendir eindregið til ungs óþroskaðs lífverugass, sem myndast hefur við gerlarotnun, og útilokað er, að um olíumyndanir geti verið að ræða. Verði reynt að nýta gasið til beinnar brennslu, er Vallholtsgasið heppilegast vegna lítillar andrúmsloftsmengunar.



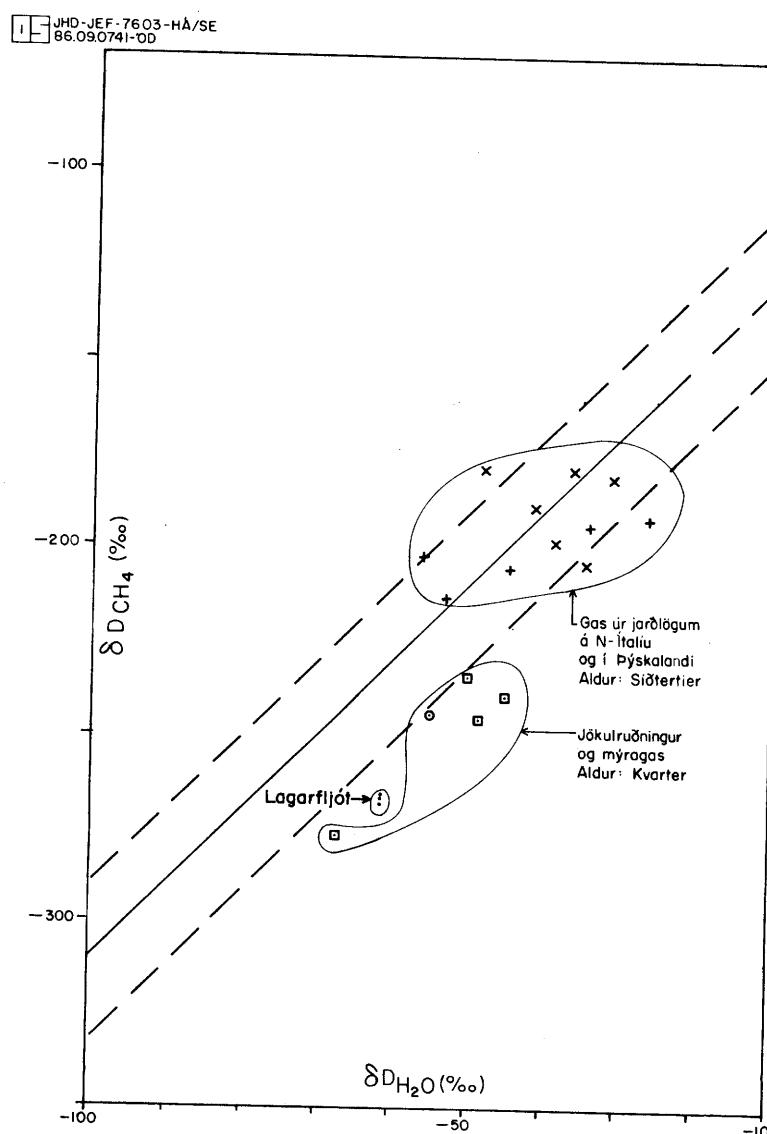
MYND 8 Flokkun gasa úr kolvatnsefnum



MYND 9 Samband  $\delta D(\text{CH}_4)$  og  $\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4)$  í gösum úr kolvatnsefnum



MYND 10 Dreifing  $\delta \text{D}$  í lífverumetani



MYND 11 Samband  $\delta \text{D}$  í metani og grenndarvatni

## 7 NIÐURSTÖÐUR

Berggrunnurinn á rannsóknarsvæðinu er 7-9 milljón ára gamall. Ekki eru þekkt í honum nein óvenju mikil setlög af lífrænum uppruna sem leitt gætu til gasstreymis upp úr berggrunnum.

Á botni Lagarfljóts má búast við a.m.k. 10-20 m þykkum setlögum víðast hvar. Þessi setlög eru væntanlega svipuð neðstu lögunum í borholu á Gilsáreyri, þ.e. jurtaleifar innan um pétt leirlög. Samskonar setлага er að vænta neðst í dalfyllingunni í Fljótsdal. Sums staðar getur gasið náð að safnast saman af allstóru svæði og streyma upp um ákveðnar rásir og myndar þá nokkuð stöðugar gaslindir.

Efna- og ísótópasamsetning gassins styður ofangreinda skýringu. Gasið er ungt óþroskað lífverugas (mýragas) sem myndast hefur við gerlatrotnun og útilokað er að um oliugas geti verið að ræða.

## HEIMILDIR

- Appellöf, A. 1899: Om ferskvandenes og havenes "söorme". Naturen, 23: 97-108.
- Bailey, D.G.F. 1967: Skýrsla um fund eldfimra gastegunda í Lagarfljóti, Íslandi. Viðauki í: Jón Jónsson 1967: Skýrsla um jarðhitarannsóknir á Austurlandi 1963. Raforkumálastjóri, Jarðhitadeild, 5 s.
- Bragi Árnason 1976: Groundwater systems in Iceland traced by deuterium. Vísindafélag Íslendinga, 13, 236 s.
- Eggert Ólafsson 1943: Ferðabók Eggerts Ólafssonar og Bjarna Pálssonar, II bindi. Reykjavík. 317 s.
- Eystrahorn 1985: 3. árg. 36. tbl. fimmtdud. 10. okt.
- Helgi Hallgrímsson 1982: Undrin í Lagarfljóti. Er Lagarfljótsormurinn gufa? Týli 12: 13-26.
- Jón Jóhannesson 1950: Formáli, Austfirðingasögur. Íslensk fornrit, XI. bindi, 380 s. + 120 s. Hið ísl. fornritafélag, Reykjavík.
- Jón Jónsson 1964: Skýrsla um jarðhitarannsóknir á Austurlandi 1963. Raforkumálastjóri, Jarðhitadeild, 13 s.
- Jón Jónsson 1967: Skýrsla um gas í Lagarfljóti og víðar. Raforkumálastjóri, Jarðhitadeild, 11 s.
- Leó Kristjánsson 1983: Enn um Lagarfljótsundrin. Efnagreiningar á gasi o.fl., Týli 13: 19-22.
- McDougall, I., N.D. Watkins & Leó Kristjánsson 1976: Geochronology and paleomagnetism of a Miocene-Pliocene lava sequence at Bessastaðaá, eastern Iceland. Am. J. Sci. 276: 1078-1095.
- Nakai, N., Y. Yoshida, & N. Ando 1974: Isotopic studies on oil and natural gas fields in Japan. Chikyu Kagaku 718: 87-98.
- Oddur Einarsson 1971: Íslandslysing, Reykjavík, 164 s.
- Ólafur Davíðsson 1900, 1901, 1902: Íslenskar kynjaverur í sjó og vötnum. Tímarit hins íslenska bókmennatafélags 21: 159-188, 22: 127-176, 23: 29-47.

Schoell, M. 1980: The hydrogen and carbon isotopic composition of methane from natural gases of various origins. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44: 649-661.

Sigurjón Rist 1971: Stöðuvötn. Orkustofnun, Vatnamælingar, Skilagrein 7102. 1 s + 46 kort.

Storm, G. 1888: Islandske annaler indtil 1578. Christiania (Oslo), 667 s.

Walker, G.P.L. 1964: Geological investigations in eastern Iceland. *Bull. Volcanol.* 27: 351-363.

Watkins N.D. & G.P.L. Walker 1977: Magnetostratigraphy of eastern Iceland. *Am. J. Sci.* 277: 513-584.

Þorleifur Einarsson 1962: Vitnisburður frjógreiningar um gróður, veðurfar og landnám á Íslandi. *Saga* 24: 442-469.