

**Koltvíoxíd frá Eyjafjallajökli og  
efnasamsetning linda og straumvatna í nágrenni  
Eyjafjallajökuls og Mýrdalsjökuls**

Sigurður Reynir Gíslason

**RH-06-2000**

RAUNVÍSINDASTOFNUN HÁSKÓLANS  
Dunhaga 3, 107 Reykjavík



mars 2000

## ÚTDRÁTTUR

Tilgangur rannsóknarinnar var að leggja mat á streymi koltvíoxíðs frá Eyjafjallajökli miðað við stakar mælingar í Jökulsá, útfalli lónsins fyrir framan Gígjökul, á árunum 1993 til 2000. Enn fremur að kanna hve mikið CO<sub>2</sub> tapaðist úr vatninu í lóninu til andrúmslofts áður en það rann í Jökulsá. Aðstæður við Eyjafjallajökul eru einstakar. Askja eldstöðvarinnar er vel afmörkuð, og hún er hulin jökli sem hefur eitt vel afmarkað útrennsli um Gígjökul. Koltvíoxíð sem streymir upp í öskjuna, leysist að miklu leyti upp í jökulvatni sem kemur undan Gígjökli og rennur í Jökullónið. Með því að mæla rennslið úr lóninu og heildarmagn uppleystra kolefnissambanda í vatninu má meta heildarstreymi koltvíoxíðs inn í öskjuna.

Dýpi lónsins, hitastig og efnasamsetning var mælt 8. janúar árið 2000. Nokkru frá ströndinni var dýpið frá 9 til 15 m. Hitastig vatnsins var við 0°C, en um 70 sm þykkur ís var á lóninu þegar mælingin var gerð, og vök við útfallið. Vatnið var aðeins minna kalt 0,1° til 0,2 °C við botn í suðvestur horni lónsins og í norðausturhluta þess. Efnasamsetning lónsins var svipuð vítt og breitt um lónið, jafnt upp undir ísnum og niðri við botn. Flatarmál lónsins var um 40300 m<sup>2</sup> og rúmmál þess reiknast vera um 383000 m<sup>3</sup>. Dvalartími vatnsins í lóninu fer eftir rennsli í það og hefur mælst frá hluta úr degi upp í rúma viku. Koltvíoxíð reikar frá yfirborði lónsins til andrúmslofts og voru efnaskiptin frá öllu yfirborði lónsins, þegar mest var, um 300 kíló af CO<sub>2</sub> á klukkustund. Gasstreymi inn í öskju Eyjafjallajökuls hefur verið breytilegt, frá um 300 kílóum af CO<sub>2</sub> á klukkustund í rúm 3 tonn af CO<sub>2</sub> á klukkustund. Gasinnstreymið í öskju Eyjafjallajökuls var með minnsta móti 18. október 1999 og 8. janúar 2000. Gasið sem kom inn í öskjuna var nær hreint og lyktarlaust CO<sub>2</sub>. Gasið hefur haft lítinn tíma til efnaskipta við berg því pH gildi vatnsins var lágt. Þetta bendir til þess að stutt sé í kviku og/eða gasið berist til yfirborðs öskjunnar í afmörkuðum leiðara sem hefur lítinn snertiflöt milli vatns og bergs. Mæling sem gerð var 8. janúar síðastliðinn bendir til þess að CO<sub>2</sub> sé farið að streyma inn á vatnasvið Steinsholtsár.

Hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í Jökulsá var frá 0,5 til 56 millibör. Ef hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> er minni í andrúmsloftinu fyrir ofan vatnið reikar CO<sub>2</sub> úr vatninu til andrúmslofts þar til hlutþrýstingurinn er sá sami í vatni og lofti. Venjulega er hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í andrúmslofti 0,32 millibör. Hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> getur verið töluvert hærri en 0,32 millibör í kyrrstæðu lofti sem fyllir sprungur og svelgi sem ná til botns í jöklinum og eru í snertingu við vatn sem rennur með jökulsólanum. Miðað við hlutþrýsting CO<sub>2</sub> í Jökulsá þá getur hlutþrýstingur í lofti, sem var í snertingu við vatn við jökulsólann, hafa verið a.m.k. 56 millibör þegar hann mældist mestur 6.9. 1997. Með öðrum orðum, CO<sub>2</sub> gæti hafa fyllt

um 5,6% af rúmmáli kyrrstæðs loftis fyrir ofan vatnið í Jökulsá í september 1997. Hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> gæti hafa verið nokkuð hærri undir Gígjökli því sýnið var tekið við útfallið eftir um 20 klukkustunda dvalartíma í lóninu. Vinnueftirlit ríkisins setur hættumörk CO<sub>2</sub> í andrúmslofti við 5%. Samkvæmt vinnureglum eftirlitsmanna sömu stofnunar er miðað við að loftræsta þurfi rými ef styrkur CO<sub>2</sub> í andrúmslofti fer yfir 1%. Jón Haukur Steingrímsson (1997) mældi styrk CO<sub>2</sub> í svelg neðarlega í Gígjökli í nóvember 1997 nokkru eftir mælingarnar í Jökulsá. Þá var styrkur CO<sub>2</sub> í svelgnum mikill á 15 til 35 m dýpi og við botn var hann um 5 % af rúmmáli kyrrstæða loftisins.

Efnisyfirlit	
ÚTDRÁTTUR.....	2
Inngangur.....	6
Fyrri rannsóknir.....	6
Aðferðir.....	7
Niðurstöður.....	9
Dýpi lónsins fyrir framan Gígjökul, hitastig, efnasamsetning og rúmmál þess.....	10
Streymi koltvíoxíðs frá Eyjafjallajökli með botni Gígjökuls. ....	10
Styrkur koltvíoxíðs og súrefnis í lofti sprungna og svelgja í Gígjökli.....	14
Umræður.....	16
Þakkarorð.....	17
Heimildir.....	18
Tölur.....	21
Tafla 1: Efnagreiningar af vatni í nágrenni Eyjafjallajökuls og Mýrdalsjökuls. ....	22
Tafla 2. Samantekt efnagreininga og rennismælinga vatns í nágrenni Eyjafjallajökuls. ....	23
Tafla 3. Samantekt reikninga á CO <sub>2</sub> í straumvatni í nágrenni Eyjafjallajökuls.....	24
Tafla 4. Hitastig og dýpi lónsins fyrir framan Gígjökul. ....	25
Tafla 5. Leiðni, pH og heildarmagn uppleysts kolefnis í lóninu fyrir framan Gígjökul 8. Janúar 2000. ....	26
Tafla 6. Gögn til reikninga á rúmmáli lónsins fyrir framan Gígjökul. ....	27
Tafla 7. Rúmmál lónsins fyrir framan Gígjökul. ....	28
Tafla 8. Staðsetning borhola á ísnum á Gígjökulslóninu 8. Janúar 2000. ....	29
Myndir.....	30
1. mynd. Kort af sýnatökustöðum. Lítillega breytt frá Jóni Hauki Steingrímssyni (1994). Hringir tákna sýnatökustaði þar sem einungis var mæld leiðni og hitastig vatnsins.....	31
2. mynd. Flugljósmynd af Eyjafjallajökli horft til suðurs. Útlínur öskjunnar bera við himin, Gígjökull skríður úr öskjunni niður í Jökullónið, en úr því rennur Jökulsá. Ljós. Oddur Sigurðsson.....	32
3. mynd. Flugljósmynd af Eyjafjallajökli horft til suðurs. Sjónarhornið er nokkru austar en á 1. mynd. Áin austan við Gígjökul er Steinhóltsá. Örvagnar á myndinni sýna mælistaðina í ánum. Ljós. Oddur Sigurðsson.....	32
4. mynd. Loftmynd af lóninu fyrir framan Gígjökul. Mælikvarði 1:5000.....	33

5. mynd. Riss af staðsetningu hola sem boraðar voru í gegnum ísinn á lóninu fyrir framan Gígjökul, 8. janúar 2000. ....	34
6. mynd. Gildi pH í Jökulsá og Steinsholtsá. ....	35
7. mynd. Heildarstyrkur uppleysts kolefnis, táknað sem CO <sub>2</sub> , í Steinsholtsá og Jökulsá frá 1991 til 2000. ....	35
8. mynd. Vensl heildarstyrks uppleysts kolefnis, táknað sem CO <sub>2</sub> , og rennslis í Jökulsá. ....	36
9. mynd. Koltvíoxíð (CO <sub>2</sub> ) frá kviku undan Gígjökli, dvalartími vatns í Gígjökulslóninu og reiknaður hlutþrýstingur CO <sub>2</sub> í Jökulsá (útfalli lónsins). ....	37
10. mynd. Heildarstyrkur uppleysts kolefnis, táknað sem CO <sub>2</sub> , í Jökulsá frá 1993 til 2000, og styrkbreytingin vegna reikis CO <sub>2</sub> úr lóni til andrúmslofts á dvalartíma vatnsins í lóninu. ....	38
11. mynd. Streymi CO <sub>2</sub> frá kviku, sem kemur undan Gígjökli, og reiki CO <sub>2</sub> úr Gígjökulslóninu til andrúmslofts. ....	38
12. mynd. Streymi koltvíoxíðs (kg af CO <sub>2</sub> á sekúndu) frá Eyjafjallajökli og nokkrum innlendum og erlendum eldfjöllum. Gert er ráð fyrir um 2,5 tonna CO <sub>2</sub> streymi á klukkustund frá Eyjafjallajökli. Athugið að kvarðinn á lóðréttu ásnum er lógaritmískur. Tölurnar fyrir Kilauea, St. Helena og Etnu eru frá Gerlach (1991), fyrir Grímsvötn frá Önnu M. Ágústsdóttur og Susan Brantley (1994) og fyrir Heklu frá Sigurði R. Gíslasyni o.fl. (1992). ....	39
13. mynd. Koltvíoxíð sem berst út í andrúmsloftið af völdum Íslendinga (Umhverfissráðuneytið. 1992) og heildarútstreymi frá íslenskum eldfjöllum (Stefán Arnórsson og Sigurður R. Gíslason, 1994) er sýnt á stöplaritinu. Enn fremur er brotnám koltvíoxíðs úr andrúmslofti, vegna efnaveðrunar bergs á Íslandi, sýnt á myndinni (Sigurður R. Gíslason o.fl., 1996). ....	39
Viðauki: GPS gögn um staðsetningu borhola á ís lónsins fyrir framan Gígjökul. ....	40

## Inngangur

Koltvísýringur í andrúmslofti rekur uppruna sinn til bergs, þ.e. til jarðskorpu, möttuls og e.t.v. loftsteina. Koltvísýringur berst frá bergi út í andrúmsloftið í eldgosum, frá eldfjöllum milli eldgosa vegna afgösunar bergs og kviku djúpt í rótum þeirra. Einnig losnar koltvísýringur við myndbreytingu bergs t.d. í fellingafjöllum. Talið er að mun meiri koltvísýringur berist frá eldfjöllum út í andrúmsloftið milli eldgosa en í gosunum sjálfum. Þetta stafar af því að gosin standa stutt, en goshléin eru löng, og kvikan sem kemur upp í gosum hefur haft góðan tíma til afgösunar ofarlega í jarðskorpunni (Gerlach, 1991). Á Íslandi berst 10-20 sinnum meiri koltvísýringur út í andrúmsloftið milli eldgosa en í eldgosum (Stefán Arnórsson og Sigurður Gíslason, 1994).

Tilgangur þessarar skýrslu er að taka saman mælingar sem gerðar hafa verið á Raunvísindastofnun á efnasamsetningu og rennsli straumvatna í nágrenni Eyjafjallajökuls og Mýrdalsjökuls (1. mynd). Að taka saman og bæta við fyrri reikninga á streymi koltvíoxíðs ( $\text{CO}_2$ ) frá Eyjafjallajökli (Jón Haukur Steingrímsson 1994; Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 1995). Og loks að greina frá mælingum á dýpi, hitastigi, efnasamsetningu og rúmmáli lónsins fyrir framan Gígjökul, og að kanna hve mikið  $\text{CO}_2$  tapaðist úr vatninu í lóninu til andrúmslofts áður en það rann í Jökulsá.

Aðstæður við Eyjafjallajökul eru einstakar. Askja eldstöðvarinnar er vel afmörkuð, og hún er hulin jökli sem hefur eitt vel afmarkað útrennsli um Gígjökul (2. mynd). Koltvíoxíð sem streymir upp í öskjuna, leysist að miklu leyti upp í jökulvatni sem kemur undan Gígjökli og rennur í Jökullónið. Með því að mæla rennslið úr lóninu og heildarmagn uppleystra kolefnissambanda í vatninu má meta heildarstreymi koltvísýrings inn í öskjuna.

Ef gasrík kvika streymir inn í kvikuþró undir eldfjalli, er líklegt að gasútstreymi frá eldfjallinu aukist. Langtímamælingar á koltvíoxíði í Jökullóninu gætu því nýst til þess að meta líkur á eldgosi. Gígjökull er eitt vinsælasta svæði landsins til æfinga í ísklifri. Ef vatnið undir Gígjökli er mettað af koltvíoxíði, er líklegt að koltvíoxíð berist frá vatninu og upp í sprungur sem ná til botns. Styrkur koltvíoxíðs í sprungunum er þá meiri en í venjulegu andrúmslofti. Það er því mikilvægt að kanna hve mikill hann er og hvort hann geti valdið köfnun.

## Fyrri rannsóknir

Guðmundur Sigvaldason (1963) rannsakaði áhrif jarðhita m.a. á efnasamsetningu Jökulsár á Sólheimasandi. Jón Jónsson (1985) birti m.a. styrk uppleystra efna í volgum lindum sunnan Eyjafjallajökuls. Sigurður Reynir Gíslason (1992) kannaði efnasamsetningu jökulíss, linda og straumvatna m.a. í nágrenni Eyjafjallajökuls og Mýrdalsjökuls og fann þá

m.a. háan styrk koltvíoxíðs í Jökulsá sem rennur frá Gígjökli. Styrkur koltvíoxíðs í lindum vestan Eyjafjallajökuls var lítil en mestur vestur af Fagrafelli (Tafla 1 og 1. mynd). Jón Haukur Steingrímsson (1994) skrifað BS ritgerð við Háskóla Íslands um efnafræði vatns í nágrenni Eyjafjallajökuls. Jón skýrði mikinn styrk koltvíoxíðs og súlfats í jarðhitavatni sunnan Eyjafjallajökuls og koltvíoxíðs í Jökulsá með streymi kvikugass úr rótum eldfjallsins vegna kólnandi innskots, kvikuhólfs eða streymi beint neðan úr möttli. Sigurður Reynir Gíslason o. fl. (1995) lögðu mat á streymi koltvíoxíðs frá Eyjafjallajökli með því að mæla mismun á styrk  $\text{CO}_2$  í Jökulsá sem rennur úr Gígjökullóninu og Steinholtsánni sem er næsta á austan við Jökulsá (1. – 4. mynd). Á árunum 1997 og 1998 mældu Orkustofnun og Raunvísindastofnun með tilstyrk RANNÍS, Vegagerðarinnar og Viðlagasjóðs rennsli, aurburð og styrk uppleystra efna m. a. í Leirá og Múlakvísl sem renna úr austanverðum Mýrdalsjökli (Hrefna Kristmannsóttir o. fl. 2000). Árið 1999 og 2000 settu Vatnamælingar Orkustofnunar upp síritandi mælistöðvar (vatnshæð, vatns- og lofthita og rafleiðni vatns) við Hólmsá, Skálm, Múlakvísl, Jökulsá á Sólheimasandi, Markarfljót og við útfallið úr lóninu fyrir framan Gígjökul (Sverrir Elefsen ofl. 2000).

## Aðferðir

Rennsli Jökulsár var mælt um 20 metrum neðan við vaðið sem er efst í útfalli Jökullónsins (1. og 2. mynd) nema í janúar 2000 þegar það var mælt við vaðið. Rennsli Steinholtsár, sem er næsta á fyrir austan Jökulsá, var mælt um 20 metrum fyrir ofan efra vaðið, en árið 1993 var það mælt upp við jökul eins og sýnt er á 3. mynd. Rennslismælingin var gerð með því að mæla þverskurðarflatarmál árinna og meðalrennslihraða vatnsins. Rennslishraðinn við vatnsyfirborð var mældur nærri bakkanum og í miðjum streng og meðaltal mælinga notað. Reynsla hefur sýnt að rennslismælingar eins og hér er lýst ofmeta raunverulegt rennsli. Reiknað rennsli var því margfaldað með stuðlinum 0,8 (Snorri Zóphoniásson, persónulegar upplýsingar). Rennslið var mælt í janúar 2000 af Vatnamælingum Orkustofnunar með því að mæla þverskurðarflatarmál og rennslishraða með þar til gerðum rennslishraðamæli víða í þversniðinu.

Dýpi og hitastig lónsins var mælt með Thermistor hitamæli í gegnum holur, sem boraðar voru í gegnum ísinn á lóninu fyrir framan Gígjökul 8. janúar 2000. Óvissan í hitastigsmælingunni er 0,1 °C. Leiðslan úr hitanemanum var kvörðuð á 50 sm bili og 500 g lóð bundið neðst við leiðsluna. Dýpið var miðað við vatnsborð í holunum.

Rúmmál lónsins var reiknað út frá dýptarmælingum. Lóninu var skipt niður í svæði (1 til 39) með ákveðið flatarmál sem afmarkaðis af holum sem boraðar voru í ísinn, með hnitin 1.3 til 4.6 á 5. mynd, fjörunni og áætluðu dýpi við ísbrún og úrfall, táknað með

hringjum (0) á 5. mynd og í Töflu 6 og 7). Gert var ráð fyrir að dýpi við ísbrún á svæðum 27, 28, 29 væri það sama og við norðurenda svæðanna (5. mynd og Töflur 6 og 7). Enn fremur var gert ráð fyrir að dýpi við suðurmörk svæðis númer 34 væri það sama og við norðurenda þess (Tafla 6). Gert var ráð fyrir 0,5 m dýpi í norðvesturhorni svæðis 39, þ. e. í útfalli lónsins. Meðaldýpi á hverju svæði var reiknað og síðan margfaldað með flatarmáli (Tafla 7).

Dvalartími vatns, þ.e. hámarksdvalartími vatns er reiknaður með því að deila rennsli í útfalli, þ.e. þegar sýni voru tekin til efnagreininga, upp í heildarrúmmál lónsins. Þá er ekki gert ráð fyrir að vatn sitji eftir á kyrrum svæðum í lóninu og að lónið nái ekki inn undir ísbrúnina, þ.e. ísbrúnin er svo að segja botnföst.

Sýni til mælinga á uppleystum efnum og rafleiðni voru tekin á ákveðnu dýpi niður um ís í janúar 2000 með teflon sýnataka ("bailer") en annars með hreinni vatnskönnu. Sýni til mælinga á pH, rafleiðni og uppleystu ólífrænu kolefni voru tekin á 30 ml og 250 ml dökkar glerflöskur. Efnasambönd kolefnis í vatni eru  $\text{CO}_2$  (koltvíoxíð),  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (kolsýra),  $\text{HCO}_3^-$  (bikarbónat) og  $\text{CO}_3^{--}$  (karbónat). Styrkur einstakra efnasambanda er háður pH gildi vatns og hitastigi. Með því að mæla heildarstyrk kolefnis (Cheildar) eða basavirkni (alkalinity) og pH gildi við ákveðið hitastig má reikna styrk einstakra efnasambanda kolefnis í vatninu og svokallaðan hlutþrýsting koltvíoxíðs ( $\text{pCO}_2$ ) í vatninu. Heildarstyrkur uppleysts ólífræns kolefnis og pH gildi var ýmist mælt við sýnatöku, og þá við hitastig sem var svipað og vatnshitinn (Töflur 1 og 2), samdægurs sýnatöku eftir að sýnin höfðu hitnað nokkuð, eða á rannsóknarstofu við stofuhita einum til tveimur dögum eftir sýnatöku (sýni frá 1999 og 2000). Eftir að pH gildi og hitastig sýnanna var mælt, var pH gildi sýna hækkað í 8,4 með NaOH lausn og þá títrað úr 8,4 niður í reiknaðan endapunkt títrunar (4,45 fyrir Jökulsá), með 0,1 N HCl sýru. Sýni sem aflað var 1999 og 2000 voru títruð með svokallaðri alkalinity (basavirkni) títrun og heildarmagn uppleysts kolefnis reiknað út frá pH mælingu og basavirkni (alkalinity).

Sýni til almennra efnagreininga voru síuð í gegnum síur, með 0,1 míkrómetra þvermáli pora, í tvær 200 ml plastflöskur ("low density polyethylene"). Sýnið í annari plastflöskunni var sýrt með 1 ml af mettaðri og hreinsaðri saltpéturssýru, en þetta sýni var notað til mælinga með ICP-AES litrófsmæli (sjá nánar Sigurð R. Gíslason og Stefán Arnórsson, 1993). Styrkur klórs og flúors var mældur með rafskautum fyrir árið 1999 en sýni tekin eftir það voru mæld með jónaskilju Orkustofnunar.

Hlutþrýsting koltvísýrings ( $\text{pCO}_2$ ) í vatni var reiknaður með eftirfarandi jöfnu:



$$P_{\text{CO}_2} = \frac{C_{\text{heildar}}}{K_h + \frac{K_h K_1}{a_{\text{H}^+}} + \frac{K_h K_1 K_2}{a_{\text{H}^+}}} \quad (1)$$

Þar sem  $C_{\text{heildar}}$  er heildarmagn uppleysts kolefnis (mól/kg),  $K_H$ ,  $K_1$  og  $K_2$  eru hitastigsháðir dreifi- og kleyfnistuðlar fyrir koltvísýring, kolsýru og bíkarbónat (Plummer og Busenberg, 1982) og  $a_{\text{H}^+}$  er virkni  $\text{H}^+$  jónarinnar í vatninu ( $10^{-\text{pH}}$ ). Í þessum reikningum var gert ráð fyrir að virkni og styrkur efnasambanda hafi verið eitt og hið sama. Enn fremur var hlutþrýstingurinn reiknaður við hitastig vatnsins við sýnatöku, en pH vatnsins var mælt við stofuhita. Af þessu stafar nokkur skekkja. Ef hlutþrýstingur koltvísýrings ( $\text{pCO}_2$ ) í vatni er meiri en andrúmslofts berst koltvíoxíð út í andrúmsloftið, en án þess að augað greini, nema ef hlutþrýstingurinn í vatninu er meiri en 1 bar (1000 millibör), þá berst koltvísýringur svo hratt út í andrúmsloftið að vatnið freyðir, svipað og þegar gosflaska er opnuð.

## Niðurstöður

Niðurstöður mælinga og reikninga eru sýndar í töflum 1 til 7 og á myndum 6 til 12.

### *Efnasamsetning vatns í nágrenni Eyjafjallajökuls og Mýrdalsjökuls.*

Styrkur uppleystra efna í bráðnum ís frá Gígjökli og Steinsholtsjökli var lítill (Tafla 2).

Hann er minni en meðalstyrkur uppleystra efna í vetrarákomunni á Vatnajökli og Langjökli 1996-1997 (Sigurður R. Gíslason 1997; Sigurður Reynir Gíslason ofl., 2000) og þar af leiðandi töluvert minni en styrkur uppleystra efna í úrkomu sem fellur á Eyjafjallajökul þar sem hann er nær sjó en hinir jöklarnir. En styrkur uppleystra efna minnkar í úrkomu með fjarlægð frá sjó og hæð yfir sjávarmáli (Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson, 1988, Sigurður Reynir Gíslason 1993). Því má gera ráð fyrir að styrkur uppleystra efna í úrkomu sé töluvert meiri á suðurhluta Eyjafjallajökuls en norðan vatnaskila á jöklinum. Lítill styrkur uppleystra efna í ís skriðjöklanna stafar af útskolun uppleystra efna þegar snjór og ís bráðna að hluta (Sigurður Reynir Gíslason 1991). Eftir síendurtekna þíðu og frost situr eftir efnasnaður ís.

Lindavatn hefur verið efnagreint sunnan og vestan jökulsins, en einungis eitt sýni er til af lindarvatni norðan jökuls, þ.e. vatnsbólínu í Langadal. Styrkur uppleystra efna er mestur í heitu lindunum sunnan Eyjafjallajökuls, í Innra Tungugili og Seljavallalaug (Jón Jónsson 1985; Tafla 1 og 1. mynd). Vestan Jökuls er styrkur uppleystra efna í lindum

mestur vestan í Fagrafelli og minnkar styrkurinn síðar til suðurs. Styrkur uppleystra efna er svipaður í lindinni í Langadal og sunnan í Fagrafelli.

Af straumvötnum sem falla frá Eyjafjallajökli hafa Steinsholtsá og Jökulsá sem fellur úr lóninu fyrir framan Gígjökul verið rannsökuð frá 1991. Enn fremur eru til leiðnimælingar úr nokkrum ám norðvestan við jökulinn og Laugaánni við Seljavelli sunnan Jökuls (Töflur 1 og 2). Rafleiðni gefur óbeinar upplýsingar um styrk uppleystra hlaðinna efna í vatni. Því meiri leiðni því meiri styrkur uppleystra efna. Í janúar 2000 var rafleiðnin norðan jökuls mest í Jökulsá eða  $241 \mu\text{S}/\text{sm}$ , hún var  $90 \mu\text{S}/\text{sm}$  í Steinsholtsá, um  $80 \mu\text{S}/\text{sm}$  í læk norður af Grýtutindi sem e.t.v. rennur frá Skerjunum í Eyjafjallajökli. Á þessum tíma var leiðnin í Markarfljóti  $136 \mu\text{S}/\text{sm}$  (Tafla 1 og 1. mynd). Í haustrigningum í október 1999 var leiðnin í Jökulsá  $76 \mu\text{S}/\text{sm}$ , Steinsholtsánni  $49 \mu\text{S}/\text{sm}$  og  $70 \mu\text{S}/\text{sm}$  í Laugaánni sunnan Jökuls (Tafla 1).

Úr Vestur Skaftafellssýslu, í nágrenni Mýrdalsjökuls hafa nokkur lindarvatnssýni verið efnagreind (Tafla 1). Styrkur uppleystra efna var mestur í Mosalæk, en upptök hans eru beint suður af varnargarðinum við Leirá. Enn fremur er heildarstyrkur uppleystra efna "TDS" rúmlega  $90 \text{ mg}/\text{kg}$  í Háöld- og Blautukvíslarbotnum (Tafla 1). Eins og nærri má geta þá minnkar styrkur  $\text{H}_2\text{S}$  í Jökulsá á Sólheimasandi frá upptökum og niður að brú. Styrkur  $\text{H}_2\text{S}$  var  $0,7 \text{ mg}/\text{kg}$  upp við Sólheimajökul í ágúst 1988 en hann hafði minnkað niður í  $0,2 \text{ mg}/\text{kg}$  niður við brú enda var fýla af vatninu sem benti til afgösunar.

#### *Dýpi lónsins fyrir framan Gígjökul, hitastig, efnasamsetning og rúmmál þess.*

Dýpi lónsins var frá 9 til 15 m nokkru frá ströndinni (4. og 5. mynd og Tafla 4). Hitastig vatnsins var við  $0^\circ \text{C}$ , en um 70 sm þykkur ís var á lóninu þegar mælingin var gerð 8. janúar árið 2000, og vök var við útfallið (Tafla 4). Vatnið var aðeins minna kalt,  $0,1^\circ \text{C}$  til  $0,2^\circ \text{C}$ , við botn í suðvestur horni lónsins og í norðausturhluta þess. Efnasamsetning lónsins var einsleit, þ.e. nærri skekkjumörkum (Tafla 5). Flatarmál lónsins var um  $40300 \text{ m}^2$  og rúmmál um  $383000 \text{ m}^3$  (Töflur 6 og 7).

#### *Streymi koltvíoxíðs frá Eyjafjallajökli með botni Gígjökuls.*

Rennsli, pH, styrkur  $\text{CO}_2$  í Jökulsá, Steinsholtsá og Laugaá, reiknað streymi  $\text{CO}_2$ , streymi  $\text{CO}_2$  frá kviku, hlutþrýstingur  $\text{CO}_2$  í vatni, dvalartími vatns í lóninu, og reiki  $\text{CO}_2$  úr lóninu fyrir framan Gígjökul til andrúmslofts er sýnt í Töflu 3. Eins og sjá má á 6. mynd þá var pH gildi Jökulsár alltaf lægra en Steinsholtsár nema í janúar 2000. Þá var pH gildi Steinsholtsár lægra en Jökulsár, eða 6,29 við stofuhita. Allt til janúar 2000 var

heildarstyrkur uppleysts kolefnis í Steinholtsá stöðugur (7. mynd), þá óx hann nokkuð, en þetta er eina sýnið sem tekið hefur verið um miðjan vetur. Styrkur kolefnis í Jökulsá hefur hins vegar sveiflast mikið allt frá 1991 (7. mynd). Vegna þess hve pH gildið sveiflast í Jökulsá (5,45 til 6,63) er kolefnið ýmist að mestu á formi koltvíoxíðs ( $\text{CO}_2$ ), eða bíkarbónats ( $\text{HCO}_3^-$ ), en bíkarbónat ( $\text{HCO}_3^-$ ) var í mestum styrk í Steinholtsá nema í janúar 2000 þá var styrkur þeirra svipaður enda pH vatnsins komið niður í 6,29. Engin venl eru á milli styrks kolefnis í vatni Jökulsár og rennslis (8. mynd), en í íslenskum vatnsföllum minnkar styrkur kolefnis venjulega með auknu rennsli. Heildarstyrkur kolefnis í Steinholtsánni er svipaður og í öðrum jökulám á Íslandi (Sigurður R. Gíslason o.fl., 1996), en í Jökulsá er styrkurinn hátt í tífaldur þegar hann var hvað mestur. Kolefnið í Steinholtsánni fram til janúar 2000 er að mestu tilkomið vegna upptöku koltvísýrings úr andrúmslofti samfara veðrun bergs. Til þess að áætla það magn sem kemur frá kólnandi kviku inn í öskju Eyjafjallajökuls er gert ráð fyrir að kolefnið í Jökulsá, sem rekur uppruna sinn til andrúmslofts, sé það sama og í Steinholtsánni. Það magn er því dregið frá heildarstyrk kolefnis í Jökulsá (Tafla 3, Cheildar) til þess að reikna streymi  $\text{CO}_2$  úr kviku (Tafla 3 og 9. mynd.).

Hlutþrýstingur koltvíoxíðs ( $\text{pCO}_2$ ) var mun hærri í Jökulsá (6-60 millibör) en í andrúmslofti (0,3 millibör; jafna 1, Tafla 3 og 9. mynd). Koltvíoxíð berst því úr Jökulsá út í andrúmsloftið, en þó án þess að augað greini. Ef vatnið situr lengi í jökullóninu er hætt við að það tapi koltvíoxíði. Því minna sem rennslið var því lengri var dvalartíminn í lóninu (9. mynd) og því meira tapast. Eftir að lónið er ísi lagt, hættir reiki  $\text{CO}_2$  úr vatninu til andrúmslofts.

Það er hægt að leggja mat á hve mikið koltvíoxíð tapaðist úr Gígjökullóninu til andrúmslofts áður en safnað var úr Jökulsá, með svokallaðri Fick's jöfnu (2. jafna). Flæði vatns í straumvötnum er nær undantekningarlaust iðustreymi. Vegna iðustraumanna blandast vatnið vel allt að mörkum vatns og lofts en þar breytist bygging vatnsins. Í stað þess að vera óregluleg eins og víðast í straumnum, verður samröðun sameinda vatnsins þétt og regluleg í yfirborðshimnunni. Þessi þétta vatnshimna skilur í raun að vatn og loft. Hún myndar einskonar varnarlag sem tefur efnaskipti lofts og vatns. Gastegundir eins og súrefni, koltvísýringur og köfnunarefni verða að berast í gegnum þetta lag til þess að komast úr vatni eða í það. Þessi himna brotnar upp þegar vatn freyðir í ölduföldum, fossum og flúðum og verða þá öll efnaskipti hraðari en ella.

Samspili vatns og andrúmslofts eða öllu heldur efnaskiptahraðanum milli þeirra, F (mól/cm<sup>2</sup>/sek), miðað við flatarmálseiningu snertiflatar þeirra, má lýsa með eftirfarandi jöfnu, svokallaðri Fick's jöfnu:

$$F = -D_{0^\circ\text{C}} \frac{\Delta C}{\Delta z}$$

$$F = -D_{0^\circ\text{C}} \frac{(C_w - C_s)}{\Delta z} \quad (2)$$

$$F = -D_{0^\circ\text{C}} \frac{(p\text{CO}_{2\text{internal}} K_h - p\text{CO}_{2\text{external}} K_h)}{\Delta z}$$

Þar sem  $D$  er reikistuðull fyrir ákveðna gastegund í vatni, hann er m.a. háður hitastigi,  $\Delta C$  er mismunurinn á styrk gastegundarinnar í vatnshimnunni sem liggur að andrúmsloftinu ( $C_s$ ) og styrk hennar fyrir neðan yfirborðshimnuna ( $C_w$ ). Vegna blöndunar er styrkur gastegunda ( $C_w$ ) sá sami frá neðra borði yfirborðshimunnar og allt niður á botn árinna eða í þessu tilfalli lónsins.  $\Delta z$  er þykktin á yfirborðsfilmunni. Því meiri styrkmunur sem er um himnuna, því þynnri sem himnan er, og því heitari sem hún er, því meiri er efnaskiptahraðinn. Styrk koltvíoxíðs,  $\text{CO}_2$  við efra og neðra borð vatnshimunnar á Gígjökulslóninu, má lýsa með hlutþrýstingi  $\text{CO}_2$  fyrir ofan og neðan vatnshimnuna og svokölluðum “Henry’s law” fasta,  $K_h$ . Því meiri sem hlutþrýstingur  $\text{CO}_2$  er undir vatnshimnunni ( $p\text{CO}_{2\text{internal}}$ ), því meiri styrkmunur er um himnuna því hlutþrýstingur  $\text{CO}_2$  ofan á vatnsfilmunni ( $p\text{CO}_{2\text{external}}$ ) er alltaf sá sami ef hreyfing er á loftinu, þ.e. meðalhlutþrýstingur  $\text{CO}_2$  í andrúmslofti. Út af þessu gæti brugðið í algeru stafalogni, þá gæti styrkur  $\text{CO}_2$  í andrúmslofti aukist við vatnsfilmuna. Styrkur koltvíoxíðs í Gígjökulslóninu ( $C_w$ ) minnkar smátt og smátt þegar koltvíoxíð berst til andrúmslofts um yfirborðshimnuna og við það minnkar efnaskiptahraðinn ( $F$ ). Því

minna sem dýpi ( $\Delta h$ ) straumvatna og lóna er, því meiri sem efnaskiptahraðinn ( $F$ ) er og því lengur ( $\Delta t$ ) sem gasið berst úr eða í vatn, því meiri verður breytingin á styrk gastegundarinnar ( $\Delta C_w$ ) í vatninu undir hmunni. Þessu er lýst með eftirfarandi jöfnu

$$\Delta C_w = F \Delta t/h \quad (3)$$

en hér er gert ráð fyrir að efnaskiptahraðinn,  $F$ , breytist ekki á tímabilinu  $\Delta t$ . Af þessu má sjá að styrkur gastegunda í grunnum, straumhörðum ám, sem eru langt frá jafnvægi við andrúmsloft breytist hraðast, en eins og áður sagði eykst hraði efnaskiptanna enn þegar yfirborðshimna vatnsins brotnar upp í fossum og flúðum eða í sterkum vindi sem veldur því að öldufaldar freyða.

Efnaskipti vatns og andrúmslofts hafa verið rannsökuð í Brúará á Suðurlandi með tilliti til styrks koltvíoxíðs (Sigurður R. Gíslason, 1989), en árvatn nálægt upptökum, er verulega undirmettað miðað við koltvísýring andrúmsloftsins. Þessar rannsóknir benda til þess að þykkt vatnsfilmunnar ( $\Delta z$ ) sé 100 til 150 míkrómetrar sem var sambærilegt við straumfræðitilaunir á rannsóknarstofu (Liss og Merlivat 1986). Jafna 2 var notuð til þess að leggja mat á hve mikið koltvíoxíð tapaðist úr Gígjökulslóninu til andrúmslofts áður en safnað var úr Jökulsá. Reikistuðull,  $D$ , fyrir  $\text{CO}_2$  í vatni við  $0^\circ\text{C}$  var fenginn hjá Broecker og Peng (1974) og  $K_n$  er frá Plummer og Busenberg (1982) og gert var ráð fyrir að þykkt vatnsfilmunnar hafi alltaf verið sú sama eða um 100 míkrómetrar. Það er svipuð þykkt og mældist í Brúará og svipuð og mældist við órólegar aðstæður í straumfræðitilaunum (Broecker og Peng, 1974). Við kyrrar aðstæður var þykktin 233 míkrómetrar en við nokkurn straum og vind var þykkt vatnsfilmunnar 83 míkrómetrar (Broecker og Peng, 1974). Reiknaður efnaskiptahraði er því hámarkshraði því áætluð þykkt vatnsfilmunnar var lágmarksþykkt. Þegar búið var að reikna efnaskiptahraðann,  $F$  ( $\text{mól}/\text{cm}^2/\text{sek}$ ), var hægt að reikna styrkbreytingar  $\text{CO}_2$  í lóninu og heildarstreymi úr því til andrúmslofts með því að nota upplýsingar um heildarflatarmál lónsins, og dvalartíma vatns í lóninu. Gert var ráð fyrir að efnaskiptahraðinn,  $F$  breyttist ekki á dvalartíma vatnsins ( $\Delta t$ ) í lóninu.

Niðurstöðurnar eru sýndar í Töflu 3 og á 10. og 11. mynd. Eins og sjá má á 10. mynd eru styrkbreytingarnar, vegna reikis  $\text{CO}_2$  úr lóninu á dvalartíma vatnsins í því, litlar en þær hefðu verið miklar í janúar 2000 ef ís hefði ekki verið á lóninu. Reiki  $\text{CO}_2$  frá yfirborði lónsins er lítið miðað við streymi  $\text{CO}_2$  frá kviku. Skekkjan var mest rúmlega 15% 1994 þegar streymi  $\text{CO}_2$  frá kviku var hvað minnst (Tafla 3 og 11. mynd).

Þar sem sýnin úr Jökulsá voru tekin neðan við útfallið úr lóninu er ljóst að reiknað streymi koltvísýrings inn í öskju Eyjafjallajökuls ( $\text{CO}_{2\text{kvika}}$ , Tafla 3. og 11. mynd) er

lágmarksstreymi, vegna þess að hluti hefur tapast úr Jökullóninu út í andrúmsloftið. Þessi hluti var þó lítill, eins og fram kom hér að framan, þegar streymi var mikið, veður kyrrt, eða ís á lóni. Gildi pH í Jökulsá var lágt (5,45-6,63) miðað við pH gildi árvatns á Íslandi (7-9). Þetta lága pH gildi bendir til þess að lítill tími hafi verið til efnaskipta vatns og bergs eftir að koltvíoxíð barst í vatnið undir jöklinum. Enn fremur benda efnagreiningar í töflu 2 til þess að gasið sem streymir inn í öskjuna sé nær hreint CO<sub>2</sub> þar sem styrkur annarra reikulla efna eins og brennisteins og klórs var hlutfallslega lágur.

#### *Styrkur koltvíoxíðs og súrefnis í lofti sprungna og svelgja í Gígjökli*

Það er sjaldgæft að sprungur í jökulum séu mikið dýpri en 30 metrar. Einfaldir reikningar benda til þess að Gígjökull sé um 100 m þykkur þar sem hann er brattastur (Helgi Björnsson, persónulegar upplýsingar, 2. og 3. mynd) þannig að ólíklegt er að sprungur nái til botns. Hins vegar geta svokallaðir “brunnar” eða “svelgir” náð til botns Gígjökuls. Svelgirnir myndast þar sem bráðvatn fossar niður í jökulinn í leysingum.

Þar sem hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í vatni undir Gígjökli er meiri en í venjulegu andrúmslofti berst CO<sub>2</sub> upp í sprungur og svelgi sem ná til botns. Styrkur koltvísýrings í sprungunum er þá meiri en í venjulegu andrúmslofti. Það er því mikilvægt að kanna hve mikill hann er og hvort hann geti valdið köfnun þeirra sem síga niður í svelgina, en Gígjökull er eitt vinsælasta svæði landsins til æfinga í ísklifri.

Eins og sjá má í Töflu 3 þá er hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í vatninu frá 0,5 til 56 millibör. Ef hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> er minni í andrúmsloftinu fyrir ofan reikar CO<sub>2</sub> úr vatninu til andrúmslofts þar til hlutþrýstingurinn er sá sami í vatni og lofti. Venjulega er hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í andrúmslofti 0,32 millibör. Hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> getur verið töluvert hærri í kyrrstæðu lofti, sem fyllir sprungur og svelgi sem ná til botns í jöklinum og eru í snertingu við vatn sem rennur með jökulsólanum. Hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í loftinu getur þó ekki orðið hærri en í vatninu ef jafnvægi ríkir. Ef hann verður hærri í lofti en vatni þá fer CO<sub>2</sub> úr lofti að reika í vatn þar til jafnvægi er náð. Miðað við niðurstöður reikninga í Töflu 3 þá getur hlutþrýstingur í lofti sem var í snertingu við vatn við jökulsólann hafa verið allt að 56 millibörum (6.9. 1997, Tafla 3), m.ö.o. CO<sub>2</sub> gæti hafa fyllt um 5,6% af rúmmáli kyrrstæðs lofts fyrir ofan vatnið í Jökulsá í september 1997. Hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> getur hafa verið nokkuð hærri undir Gígjökli því sýnið var tekið við útfallið eftir um 20 tíma dvalartíma í lóninu (Tafla 3). Vinnueftirlit ríkisins setur hættumörk CO<sub>2</sub> í andrúmslofti við 5%. Samkvæmt vinnureglum eftirlitsmanna sömu stofnunar er miðað við að loftræsta þurfi rými ef styrkur CO<sub>2</sub> í andrúmslofti fer yfir 1%.

Jón Haukur Steingrímsson (1997) kannaði styrk súrefnis og koltvíoxíðs í svelg sem myndaðist í Gígjökli 1997. "Svelgir myndast þar sem yfirborðsvatn rennur niður í gegnum jökulinn og myndar nær lóðrétt göng sem stundum ná niður á botn jöklsins. Eins og áður sagði myndar yfirborðsvatn (regnvatn og bráð af jökli) svelgina sem þýðir að oftast er rennandi yfirborðsvatn í þeim, en ekki bráðvatn undan jölinum sem er yfirmettað af koltvísýringi. Hins vegar er möguleiki á uppsöfnun gass í óvirkum svelgjum. Það er, svelgjum sem yfirborðsvatn rennur ekki lengur í og ná niður undir botn jökulsins. Hættan væri ekki tilfinnanleg nema til kæmi að Gígjökull er eitt vinsælasta æfingasvæði landsins í ísklifri og jöklaþróti. Frá miðjum september og fram að miðjum desember eru björgunarsveitir nánast um hverja helgi við æfingar í jöklinum. Djúpir óvirkir svelgir finnast hins vegar sjaldan og oftast er klifrað í virkum svelgjum sem eru í myndun. Nú í nóvember (1997) var ég á ferð í jöklinum og fór þá niður í svelg við vesturjaðar jökulsins. Svelgurinn var 35 til 40 m djúpur en ekki var hægt að sjá til botns frá yfirborði. Það er skemmt frá að segja að við botn svelgsins sortnaði mér fyrir augum, svimaði og fann fyrir andþrengslum. Með miklum látum náði ég þó að klifra upp aftur án þess að missa meðvitund. Nokkrum vikum síðar fór Atli Þór Þorgrímsson niður í sama svelg, þar fann hann einnig fyrir svima, sortnaði fyrir augum, og fann fyrir andþrengslum. Hann lét hífa sig upp með það sama og var mjög brugðið. Það var ljóst að uppsöfnun á gasi hafði átt sér stað í svelgnum. Í byrjun desember sama haust fór ég enn á ný niður í svelginn í þetta sinn með tæki til þess að mæla súrefnismagn í andrúmslofti og styrk koltvísýrings í andrúmslofti. Tækin voru annars vegar stafrænn Passport mælir frá Vinnueftirliti ríkisins, sem dregur loft í gegnum sig og mælir hlutfallslegan styrk súrefnis. Hins vegar Dräger dæla með hvarfröri frá umhverfisdeild Línuhönnunar hf. Það er einföld mæling á styrk  $CO_2$  í andrúmslofti þar sem að loft er dregið í gegnum rör með hvarfefni í, sem gefur síðan upp styrk  $CO_2$  með u.þ.b 10% nákvæmni. Hvort tveggja eru grófar mæliaðferðir en niðurstaðan var samt sem áður afgerandi. Frá 15 m dýpi og niður á 35 m dýpi er styrkur  $CO_2$  við þau mörk sem vinnueftirlit ríkisins setur um að gasið geti haft áhrif á heilsu manna. Samkvæmt upplýsingum frá Vinnueftirliti ríkisins eru hættumörk  $CO_2$  5% af andrúmslofti. Samkvæmt vinnureglum eftirlitsmanna sömu stofnunar er miðað við að loftræsta þurfi rými ef styrkur  $CO_2$  í andrúmslofti fer yfir 1%. Súrefni er að jafnaði um 21% af andrúmslofti, við botn svelgsins var súrefnisstyrkurinn hins vegar um 16 %, og  $CO_2$  styrkurinn 5%. Styrkur  $CO_2$  í andrúmslofti við "venjulegar" aðstæður er 0,035% að jafnaði" (Jón Haukur Steingrímsson 1997).

Þessar mælingar Jóns falla vel að því sem spáð er með hlutþrýstingi CO<sub>2</sub> í vatni. Hættan af CO<sub>2</sub> í svelgjunum er lúmsk vegna þessa að ekkert lyktsterkt H<sub>2</sub>S er í loftinu sem gæti varað sigmenn við hættunni.

## Umræður

Jón Haukur Steingrímsson (1994) áætlaði hve mikið af kviku frá síðasta gosi í Eyjafjallajökli 1821 þyrfti að storkna og afgangast til þess að valda mældu streymi koltvíoxíðs frá Eyjafjallajökli. Miðað við 2,5 tonna streymi koltvíoxíðs á klukkustund þyrftu um 1,7 km<sup>3</sup> af kvikunni frá 1821 að hafa storknað. Þá gerði Jón ráð fyrir að upphaflegur styrkur CO<sub>2</sub> í kvikunni hafi verið 800 mg/kg og að allt CO<sub>2</sub> losni við kristöllum kvikunnar. Hefðu einungis 200 mg/kg af CO<sub>2</sub> losnað við storknun kvikunnar hefðu 6,7 km<sup>3</sup> af kviku þurft að afgangast, miðað við stöðugt CO<sub>2</sub> streymi allt frá árinu 1821 til dagsins í dag.

Sunnan í Eyjafjallajökli, andspænis Gígjökli, eru kolsýruríkar laugar (Jón Jónsson, 1985). Heildarstyrkur uppleysts kolefnis (Cheildar) er frá 3,57 til 19,0 millimól/kg. Rennsli þessara lauga er lítið miðað við rennsli Jökulsár, þannig að heildarústreymi koltvísýrings með þessu vatni er lítið, þrátt fyrir mikinn styrk. Það er hins vegar áhugavert að í þessu vatni er styrkur reikulu efnanna, brennisteins, klórs og flúors, tuttugu til hundrað sinnum meiri en í Jökulsá. Hlutfallslegur styrkur koltvísýrings, miðað við önnur reikul efni er því mun meiri norðan en sunnan í jöklinum.

Á 12. mynd er koltvísýringsústreymið frá Eyjafjallajökli borið saman við útstreymið frá nokkrum innlendum og erlendum eldfjöllum. Útstreymið frá Eyjafjallajökli er um níundi hluti útstreymis frá Grímsvötnum, og innan við helmingur útstreymis frá Heklu. Útstreymið frá erlendu eldfjöllunum á 12. mynd er mun meira en þeirra íslensku, en útstreymið frá Etnu er það mesta sem mælst hefur frá einu eldfjalli, enn sem komið er. Öll eldfjöllin á 12. mynd, fyrir utan Eyjafjallajökul, voru annaðhvort að gjósa eða höfðu gosið á síðastliðnum tíu árum, þegar mælingarnar voru gerðar.

Koltvísýringur sem berst út í andrúmsloftið af völdum Íslendinga jafngildir koltvísýringsústreymi 150 eldfjalla eins og Eyjafjallajökuls (13. mynd), en hann er að mestu til kominn vegna bruna lífrænna orkugjafa. Útstreymi koltvísýrings frá Eyjafjallajökli er litlu meira en 1% af heildarústreymi koltvísýrings frá eldfjöllum á Íslandi (13. mynd). Brottnám koltvísýrings úr andrúmslofti samfara veðrun bergs á Íslandi er meira en það sem berst frá íslenskum eldfjöllum, og jafnvel meira en það sem berst út í andrúmsloftið af völdum Íslendinga.



Gildi pH og basavirkni í Steinsholtsá í janúar árið 2000 gæti bent til þess að eitthvað af koltvíoxíði sé að byrja að streyma djúpt að, inn á vatnakerfi Steinsholtsár. Til þess að sannreyna þetta þarf að fylgjast með Steinholtsá. Ennfremur þyrfti að kanna hvort efnasamsetning heitu lauganna sunnan Eyjafjallajökuls hafi breyst samfara skjalfahrinu síðustu mánaða og landfræðilegra breytinga í sunnanverðum Eyjafjallajökli.

### Þakkarorð

Fjölmarginir jarðfræðingar og vinir hafa komið að ofangreindum rannsóknum með einum eða öðrum hætti: Jón Haukur Steingrímsson, Ingvi Gunnarsson, Sverrir Elefsen, Sigvaldi Árnason, Paul Frogner, Óliver Hilmarsson, Vala Hjörleifsdóttir, Björn Þór Guðmundsson, Auður Andrésdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Hilmar Jón Brynjólfsson, Andri Stefánsson, Atli Karl Ingimarsson, Brynhildur Magnúsdóttir, Esther Ruth Guðmundsdóttir, Gréta Björk Kristjánsdóttir, Guðríður Arnardóttir, Haraldur Hallsteinsson, Ingibjörg Karlsdóttir, Ingunn María Þorbergsdóttir, Jakob Þór Guðbjartsson, Matthildur Bára Stefánsdóttir, Ófeigur Ófeigsson, Pálmi Erlendsson, Róbert Fanndal Jósavinsson, Sigurður Ásbjörnsson, Vigfús Eyjólfsson, Þorbjörn Rúnarsson og Þráinn Friðriksson. Eins og svo oft áður þá lánaði Oddur Sigurðsson myndir af Eyjafjallajökli og Matthildur Bára Stefánsdóttir las yfir handrit og bætti margvíslega. Öllum þessum vinum og samstarfsmönnum eru færaðar bestu þakkir fyrir hjálpina.

## Heimildir

- Anna M. Ágústsdóttir og Susan Brantley 1994. Volatile fluxes integrated over four decades at Grímsvötn volcano, Iceland. *Journal of Geophysical Research* 99, 9505-9522.
- Broecker H. C. og Peng T. H. 1974. Gas exchange rates between air and sea. *Tellus* 26, 21-35.
- Gerlach, T. M. 1991. Present-Day CO<sub>2</sub> emission from volcanoes. *EOS, Transactions, American Geophysical Union* 72, 249-255.
- Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson 1988. Groundwater resources of Iceland - availability and demand. *Jökull* 38. 35-53.
- Guðmundur E. Sigvaldason 1963. Influence of geothermal activity on the chemistry of three glacial rivers in southern Iceland. *Jökull* 13. 10-17.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Árni Snorrason, Sigurður Reynir Gíslason, Hreinn Haraldsson, Ásgeir Gunnarsson, Sigvaldi Árnason, Snorri Zóphoniásson, Steinunn Hauksdóttir og Sverrir Elefsen 2000. Þróun efnavöktunarkerfis til varnar mannvirkjum við eldsumbrot í jökli. I. Bakgrunnur. *Febrúarráðstefna 2000. Ágrip erinda og veggspjalda. Jarðfræðafélags Íslands*, s. 9-11.
- Jón Jónsson 1985. Þáttur um jarðfræði Eyjafjalla. *Náttúrufræðingurinn* 55, 1-8.
- Jón Haukur Steingrímsson 1994. *Um efnafræði vatns í nágrenni Eyjafjallajökuls. B.Sc. ritgerð*, Háskóli Íslands, 45 bls.
- Jón Haukur Steingrímsson 1997. *Gigjökull, gasstreymi. Minnisblað til Almannavarna ríkisins, dags.: 2.11.97*, 2 bls.
- Plummer, L. N. og Busenberg, E. 1982. The solubilities of calcite, aragonite and vaterite in CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O solutions between 0° and 90°C, and an evaluation of the aqueous model for the system CaCO<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 46, 1011-1040.
- Sigurður Reynir Gíslason 1989. Kinetics of water-air interactions in rivers: A field study in Iceland. In: *Miles D.L.(ed.), Water-Rock Interactions*, bls. 263-266. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Sigurður Reynir Gíslason 1991. Chemistry of precipitation on the Vatnajökull glacier and the chemical fractionation caused by the partial melting of snow. *Jökull* 40, 97 - 117.
- Sigurður Reynir Gíslason 1992. Efnagreiningar 1985-1992. *Raunvísindastofnun Háskóla Íslands, RH-23-92*, 27 bls.
- Sigurður Reynir Gíslason 1993. Efnafræði úrkomu, jökla, árvatns, stöðuvatna og grunnvatns á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn* 63 (3-4), 219-236.

- Sigurður Reynir Gíslason 1997. ARCTIS, Regional Investigation of Arctic Snow Chemistry: Results from the Icelandic expeditions, 1996-1997. *Raunvísindastofnun RH-29-97*. 24 bls.
- Sigurður R. Gíslason og Stefán Arnórsson 1993. Dissolution of primary basaltic minerals in natural waters: saturation state and kinetics. *Chemical Geology* 105, 117-135.
- Sigurður R. Gíslason, Auður Andrésdóttir, Árný E. Sveinbjörnsdóttir, Niels Óskarsson, Þorvaldur Þórðarson, Peter Torssander, Martin Novak og Karel Zak 1992. Local effects of volcanoes on the hydrosphere: Example from Hekla, southern Iceland. í: *Water Rock Interaction (ritstj. Kharaka, Y. K. & Maest, A. S.)* A. A. Balkema Rotterdam. 477-481.
- Sigurður Reynir Gíslason, Auður Andrésdóttir, Jón Haukur Steingrímsson, Róbert Fanndal Jósavinsson, Sigurður Ásbjörnsson, Þorbjörn Rúnarsson, Andri Stefánsson, Guðríður Arnardóttir, Ingibjörg Karlsdóttir og Þráinn Friðriksson 1995. Koltvísýringur frá Eyjafjallajökli. Í: *Eyjar í eldhafi, útg. Gott mál*, Reykjavík, bls. 229-234.
- Sigurður Reynir Gíslason, Stefán Arnórsson og Halldór Ármannsson 1996. Chemical weathering of basalt in SW Iceland: Effects of runoff, age of rocks and vegetative/glacial cover. *American Journal of Science* 296, bls. 837-907.
- Sigurður Reynir Gíslason, Matthildur Bára Stefánsdóttir, og Eydís Salome Eiríksdóttir 2000. ARCTIS, Regional Investigation of Arctic Snow Chemistry: Results from the Icelandic expeditions, 1996-1999. *Raunvísindastofnun RH-05-00*, 40 bls.
- Stefán Arnórsson og Sigurður R. Gíslason 1994. CO<sub>2</sub> from magmatic sources in Iceland. *Mineralogical Magazine* 58A, 27-28.
- Sverrir Óskar Elefsen, Sigvaldi Árnason, Gunnar Sigurðsson, Árni Snorrason, Hrefna Kristmannsdóttir, Sigurður R. Gíslason og Hreinn Haraldsson 2000. Efnavöktunarkerfi til varnar mannvirkjum við eldsumbrot í jökli. II. Kerfis lýsing. Febrúarráðstefna 2000. *Ágrip erinda og veggspjalda. Jarðfræðafélags Íslands*, bls. 24-25.
- Umhverfissráðuneytið 1992. Útstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi árið 1990. *Skýrsla sérfræðinganefndar umhverfissráðuneytisins. Umhverfissráðuneytið*, Reykjavík, 95 bls.



## Töflur

Tafla 1: Efnagreiningar af vatni í nágrenni Eyjafjallajökuls og Mýrdalsjökuls.

Tafla 2. Samantekt efnagreininga og rennslismælinga vatns í nágrenni Eyjafjallajökuls.

Tafla 3. Samantekt reikninga á CO<sub>2</sub> í straumvatni í nágrenni Eyjafjallajökuls.

Tafla 4. Hitastig og dýpi lónsins fyrir framan Gígjökul.

Tafla 5. Leiðni, pH og heildarmagn uppleysts kolefnis í lóninu fyrir framan Gígjökul 8. Janúar 2000.

Tafla 6. Gögn til reikninga á rúmmáli lónsins fyrir framan Gígjökul.

Tafla 7. Rúmmál lónsins fyrir framan Gígjökul.

Tafla 8. Staðsetning borhola á ísnum á Gígjökulslóninu 8. Janúar 2000.

Tafla 1. Efnagreiningar af vatni í nágrenni Eyjafjallajökuls og Mýrdalsjökuls

Sýni nr.	Staður	Staðsetning	Dags- setning	Tíma- setning	T <sup>o</sup> C	Leiðni	T <sup>o</sup> C	Leitni	pH	T <sup>o</sup> C	SiO <sub>2</sub>	Na	K	Ca	Mg	CO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	F	"TDS"	Al	Fe	PO <sub>4</sub>	Sr	Mn	Ti	B	H <sub>2</sub> S	O <sub>2</sub>				
					vatn	S/cm	leitni	leitni			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm				
93-3101	Norðan Eyjafjallajökuls		9.11.93 10:00		3,2				7,61	18,9	23,21	9,72	0,937	7,14	3,54	36,0	4,63	9,92	0,239	108	11	1											
93-3105	Langidalur, vatnsveita		9.11.93 16:10		8,4				6,71	16,8	32,45	9,72	1,432	12,87	0,66	94,0	1,50	8,94	0,154	196	15	4840											
E20	Básar, mýrarvam	634080-194338	8.1.2000 18:00			79	20,8																										
E21	Leskur norður af Grýtnindri	634041-195164	8.1.2000 18:45			77,5	21																										
E22	Skurður norður af Nauthúsgalli	634031-195369	8.1.2000 19:00			124,3	20,9																										
E23	Grólarún	634014-195476	8.1.2000 19:15			85,3	20,9																										
E24	Merkurá	633926-195678	8.1.2000 19:30			136,3	20,8																										
	Markarfljót v/ gömlu bni																																
91-3174	Vestan Eyjafjallajökuls	63°37'05" 19°56'27"	7.31.91 18:00		2,6				7,60	15,0	23,43	7,22	0,852	3,99	2,92	24,4	2,12	8,53	0,120	82	13	5	205	15	1								
91-3175	Sejlandís við upptök Glufnar	63°36'03" 19°59'30"	7.31.91 20:00		3,7				7,73	14,0	22,86	8,98	0,906	3,62	2,79	25,3	2,18	9,03	0,130	85	13	4	301	12	0								
91-3176	Milli Gjúfrabá og Sejlandísfoss	63°36'19" 19°59'00"	8.1.91 9:50		4,0				8,89	19,5	22,26	11,66	0,982	1,74	2,23	22,4	1,99	7,72	0,175	79	35	15	361	6	1								
91-3177	Lind upp af Sejlandi	63°37'36" 19°58'14"	8.1.91 9:50		3,9				8,70	19,2	22,75	12,44	1,154	4,94	3,54	36,5	2,33	7,38	0,171	104	21	6	335	15	0								
91-3178	Lind vestan í Fagrafelli	63°35'47" 19°58'30"	8.1.91 9:50		4,2				8,25	18,6	22,68	7,99	0,872	2,15	2,06	16,6	2,14	8,94	0,112	70	19	3	311	7	0								
	Paradísarfoss																																
	Sunnan Eyjafjallajökuls																																
84-3086	Seljavallalaug		16-júl-84		64,0				7,78	18,0	106,3	193,4	3,52	10,44	0,61	145	212	30,5	2,380	757													
II-1	Seljavallalaug		27-ágú-80		64,0				8,14	22,0	102,6	211,2	3,70	9,50	0,60	157	220	36,6	2,400	800													
II-2	Kaldakvíslaug		27-ágú-80		80,0				7,56	22,0	118,6	207,0	7,80	36,00	5,10	195	300	39,1	2,110	982													
II-3	Innra Tungusúli		27-ágú-80		66,0				6,41	22,0	132,0	321,0	15,30	119	8,00	836	394	76,0	3,370	2209													
93-3242	Þorvaldseyri, hola 1				63,0				7,93	14,0	135,6	257,3	4,16	4,68	0,10	160	274	82,5	2,098	979	60	34										130 0,865	
	Vestur-Skaftafellssýsla				1,9				7,43	2,6	4,48	4,16	0,680	5,01	1,06	19,9	1,80	3,10	0,081	48	35	48	99	17	31	5	8					240 9,75	
88-3035	Jökulsá á Sólheimasandi v/bni	63°30'50" 19°24'10"	7-ágú-88		0,2				7,27	6,5	3,93	3,76	0,670	4,41	0,92	22,1	1,70	2,90	0,078	49	123	147	177	15	36	16	10					736 9,80	
88-3036	Jökulsá á Sólheimasandi v/urptök	63°32'30" 19°20'51"	7-ágú-88																													240	
	Jökulsá á Sólheimasandi v/bni																																736
89-1001	Dýralækjarsker	63°29'11" 18°35'43"	16-9-89	9,25	4,0				8,1	4,6	15,6	9,36	0,90	6,43	0,46	27,0	7,71	7,03	0,304	85	8	7	328	25	0	1	10						
89-1003	Austastíckelir	63°32'45" 18°30'58"	16-9-89	13,50	4,2				8,07	5,8	15,6	8,26	0,74	5,08	0,41	22,4	5,30	7,95	0,281	74	10	17	97	29	0	2	<10						
89-1004	Mosalekur	63°36'24" 18°35'49"	16-9-89	16,09	2,8				7,69	4,2	23,6	9,87	1,11	8,95	0,74	40,9	3,81	7,48	0,470	112	11	14	77	3	0	1	<10						
89-1005	Hoístaðakvísl	63°35'57" 18°35'28"	16-9-89	17,15	2,7				7,9	3,8	18,5	7,98	0,81	4,38	0,36	22,0	3,33	7,01	0,390	73							<10						
89-1006	Stóriekur	63°35'24" 18°34'58"	16-9-89	18,25	2,5				7,89	4	18,9	8,18	0,78	3,94	0,32	18,9	3,74	7,04	0,300	69							<10						
89-1009	Hlautakvíslarbotnar	63°31'11" 18°40'31"	17-10-89	18,50	3,0				7,96	4,3	15,3	9,87	0,89	8,69	0,46	27,7	6,56	12,7	0,170	92	5	7	14	15	0	0	<10						
89-1002	Háidukvíslarbotnar	63°29'34" 18°42'29"	16-9-89	10,55	3,2				8,1	4,4	16,7	9,21	0,92	9,45	0,44	30,5	7,78	8,98	0,301	95	20	30	245	15	0	3	<10						
92-3228	Hlautakvísl Vestur-Skaftafellssýslu	63°31'11" 18°40'31"	11.14.92 15:30						7,72	22,1						32,0																	
92-3229	Háidukvísl Vestur-Skaftafellssýslu	63°29'34" 18°42'29"	11.14.92 16:00						7,99	22,3						28,9																	

Tafla 2. Samantekt efnagreininga og rennsismælinga í nágrenni Eyjafjallajökuls

Sýna	Staður	Staðsetning	Dags.	Rennsti	Leiðni	T°C	T(°C)	pH	SiO <sub>2</sub>	Na	K	Ca	Mg	CO <sub>2</sub>	C	alka-	SO <sub>4</sub>	Cl	F "TDS"	Al	Fe	PO <sub>4</sub>	
nr.				m <sup>3</sup> /s	µS/cm	leiðni	vain	loft	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mmol/l	meq/l	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
									pH					heitdar									
	Ís úr vesturenda Gígjökuls	53°40'10" 19°37'38"	1.8.1991 09:50	0,0	6,14	25,9	0,11	0,15	<0,2	0,03	0,02	2,2	0,43	0,57	<0,02	4	7	1	36				
	Ís úr norðurenda Steinsholtsjökuls	3°40'52" 19°38'16"	1.8.1991 09:50	0,0	6,01	17,5	0,00	0,01	0,000	0,07	0,02	2,6	0,15	<0,3	<0,02	4	2	3	58				
	Ís úr norðurenda Steinsholtsjökuls	3°40'52" 19°38'16"	11.9.1993 12:00	0	6,01	17,5	0	0,01	0	0,07	0,015	2,6	0,34	<0,3	<0,02	4							
	Ís úr norðurenda Steinsholtsjökuls	3°40'52" 19°38'16"	24.9.1994 14:00	0	7,01	17,0	2,9	0,002	0,03			0,0											
	Pollur við jaðar Steinsholtsjökuls		24.9.1994 14:00									26,4											
	Ís úr miðjum enda Steinsholtsjökuls		1.5 18,3		5,68	17,7																	
91-3180	Jökulsá, 20 m neðan við vað		1.8.1991 09:50	1,8	5,92	17,8	9,48	3,40	0,361	3,00	1,35	48,1	1,19	2,76	0,115	87	574	386	197				
93-3103	Jökulsá, 20 m neðan við vað		11.9.1993 13:30	8,5	5,76	14,6	9,48	5,25	0,930	3,90	1,93	114,0	1,64	5,03	0,127	179	249	145	123				
jhs-1	Jökulsá, 20 m neðan við vað		2.10.1993 15:30	5,9	5,45	21,0	9,48					104,0											
	Jökulsá, 20 m neðan við vað		24.9.1994 14:00	1,73			16,2*	5,98	1,34			69,1											
	Jökulsá, 20 m neðan við vað		23.9.1995 11:03	5,63			0,4	6,13	21,0			187,5											
	Jökulsá, 20 m neðan við vað		14.9.1996 10:10	6,14			0,4	11,2	6,20	21,0	8,86	2,2	29,7	0,675									
Þ97-001	Jökulsá, 20 m neðan við vað		6.9.1997 09:50	4,08	21,6	18,3	0,4	5	5,90	20,0		228,9	45,6	1,036	0,679	1,00	3,23	0,187					
99-E002	Jökulsá, 20 m neðan við vað		18.10.1999 11:45	3,064	75,6							204,1	4,638	2,250									
00-E001	Jökulsá, við útfall (ís á löm)		8.1.2000 13:15	0,581	241	20	0	-4,5	6,36	19,4													
	Steinsholtsá, 20 m ofan við efra vað		11.9.1993 15:30	11,2			1,4	7,24	15,6	6,39	4,79	0,570	1,38	0,66	14,9	0,339	1,22	3,10	0,100	35	177	134	236
	Steinsholtsá, upp við jökul		24.9.1994 17:00	1,29				7,01	18,0			15,5											
	Steinsholtsá, 20 m ofan við efra vað		23.9.1995 12:50	8,5			1	2,2	7,25	20,5		14,1											
	Steinsholtsá, 20 m ofan við efra vað		14.9.1996 12:05	10,7			1,9	12,9	7,45	21,5	6,3	2,24	0,302										
	Steinsholtsá, 20 m ofan við efra vað		6.9.1997 09:50	7,16	44,4	17,9			7,20	18,4		22,2	0,504	0,300									
99-E001	Steinsholtsá, 20 m ofan við efra vað		18.10.1999 10:30	*	49,3	16	1,5	10,4	7,61	24,9		18,0	0,410	0,390	0,92	3,17	0,128						
00-E002	Steinsholtsá við vað	3°40'92" 19°36'24"	8.1.2000 18:00		89,5	20,4	0	6,29	20,5			62,9	1,430	0,643									
					87	0																	
99-E003	Laugá við Seljavelli		18-okt-99	4,64	69,6	17,9	4,1	10,1	7,73	25,4		25,3	0,575	0,555	1,96	3,49	0,151						
	Laugá við Seljavelli		5.12.1999 15:30	1,36	113	16	0,7	7,92	16,0			46,3	1,052	1,025									

Tafla 3. Samantekt reikninga á CO<sub>2</sub> í straumvatni í nágrenni Eyjafjallajökuls

Staður	Dags.	Rennsilí T(°C)	pH	pH	CO <sub>2</sub>	C alk-	CO <sub>2</sub>	C	CO <sub>2</sub>	pCO <sub>2</sub>	Dvalar-	Reiki úr löni	Reiki á	Reiki á	Reiki á	
		m <sup>3</sup> /s	vatt		mg/kg	mmol/l	meq/l	mol/sek	mol/sek	g/sek	°C	mmHg	kg CO <sub>2</sub> /klst	tonn CO <sub>2</sub>	mmól/kg	
Jökulsá, 20 m neðan við vað	1.8.1991 09:50		1,8	5,92	17,8	48,1	1,090	22,0	19,1	842	11,5	-52	-1,66	-0,098	-3,8	
Jökulsá, 20 m neðan við vað	11.9.1993 13:30	8,5	0,4	5,76	14,6	114,0	2,590	13,9	11,8	521	30,8	-133	-2,35	-0,139	-5,9	
Jökulsá, 20 m neðan við vað	2.10.1993 15:30	5,9	0,5	5,45	21,0	104,0	2,360	2,7	2,1	93	28,6	-67	-4,11	-0,244	-15,5	
Jökulsá, 20 m neðan við vað	24.9.1994 14:00	1,73	0,6	6,15	17,0	69,1	1,570	24,0	22,2	976	41,1	-187	-3,51	-0,209	-4,9	
Jökulsá, 20 m neðan við vað	23.9.1995 11:03	5,63	0	6,13	21,0	187,5	4,260	4,1	2,5	111	6,1	-27	-0,47	-0,028	-4,1	
Jökulsá, 20 m neðan við vað	14.9.1996 10:10	6,14	0,4	6,20	21,0	29,7	0,675	21,2	19,2	843	55,9	-257	-6,67	-0,396	-7,6	
Jökulsá, 20 m neðan við vað	6.9.1997 09:50	4,08	0,4	5,90	20,0	228,9	5,200	3,2	1,9	84	6,3	-28	-0,96	-0,057	-5,5	
Jökulsá, 20 m neðan við vað	18.10.1999 11:45	3,064	0,5	6,63	25,0	45,6	1,036	2,7	1,9	82	37,6	-171	-31,28	-1,858	-40,1	
Jökulsá, við úrfall (ís á löni)	8.1.2000 13:15	0,581	0	6,36	19,4	204,1	4,638	2,7	1,9	82	37,6	-171	-31,28	-1,858	-40,1	
<i>Hefti tapast ef ekki ís á löni</i>																
Steinshólsá, 20 m ofan við efra vað	11.9.1993 15:30	11,2	1,4	7,24	15,6	14,9	0,339	3,8	0,0	0	0,8					
Steinshólsá, upp við jökul	24.9.1994 17:00	1,29		7,01	18,0	15,5	0,352	0,5	0,0	0	1,3					
Steinshólsá, 20 m ofan við efra vað	23.9.1995 12:50	8,5	1	7,25	20,5	14,1	0,320	2,7	0,0	0	0,7					
Steinshólsá, 20 m ofan við efra vað	14.9.1996 12:05	10,7	1,9	7,45	21,5	11,7	0,265	2,8	0,0	0	0,4					
Steinshólsá, 20 m ofan við efra vað	6.9.1997 09:50	7,16		7,20	18,4	22,2	0,504	3,6	0,0	0	1,3					
Steinshólsá, 20 m ofan við efra vað	18.10.1999 10:30	*	1,5	7,61	24,9	18,0	0,410	0,0	0,0	0	0,5					
Steinshólsá við vað	8.1.2000 18:00		0	6,29	20,5	62,9	1,430	2,7	1,9	82	37,6	-171	-31,28	-1,858	-40,1	

Laugá við Seljavelli	18-okt-99	4,64	4,1	7,73	25,4	25,3	0,575	2,7	0,5	0,5
Laugá við Seljavelli	5.12.1999 15:30	1,36	0,7	7,92	16,0	46,3	1,052	1,4	0,6	0,6

Andrúmsloft																
Rúmmál löns																
Heildarflatarmál																



Tafla 4. Hitastig og dýpi lónsins fyrir framan Gígjökul 8. Janúar 2000. Þykkt issins var um 70 sm.

Hóla, nr. Dýpi (m)	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2
	11,2 Hitastig	14,0 Hitastig	14,4 Hitastig	14,4 Hitastig	13,4 Hitastig
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
13		0,1	0,0	0,0	0,1
14		0,1	0,0	0,0	0,1
15			0,0	0,0	

Hóla, nr. Dýpi (m)	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2
	9,0 Hitastig	13,2 Hitastig	12,6 Hitastig	13,5 Hitastig	14,5 Hitastig	14,3 Hitastig	14,5 Hitastig	8,5 Hitastig
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
10		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
12		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
14		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	
15					0,0	0,0	0,0	

Hóla, nr. Dýpi (m)	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2
	13,8 Hitastig	13,8 Hitastig	14,0 Hitastig	12,7 Hitastig	12,0 Hitastig	10,0 Hitastig	7,8 Hitastig
1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
12	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0		
13	0,1	0,1	0,0	0,0			
14	0,1	0,1	0,0				

Hóla, nr. Dýpi (m)	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
	9,3 Hitastig	12,3 Hitastig	11,0 Hitastig	10,5 Hitastig	9,4 Hitastig	9,3 Hitastig
1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
8	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,1	0,1	0,1	0,0		
11		0,2				
12		0,2				

Sýni til efnarannsóknna voru tekin á skyggðu svæðunum

**Tafla 5. Leiðni, pH og uppleyst CO<sub>2</sub> í lóninu fyrir framan Gígjökul og í Steinsholtssánni 8. Janúar 2000.**

Staður	Sýnarnúmer holu nr.	Staðsetning (sjá Töflu 8)	Dýpi m	Dagsetning	Hitastig (°C) vatn	Leiðni (µS/sm)	Hitastig (°C) leiðnim.	pH	Hitastig (°C) pH	Alkalinity (basavirkni)	C heildar	C heildar	C Hlutbrýstingur CO <sub>2</sub> í lofti í jafnvægi	styrkur CO <sub>2</sub> í lofti í jafnvægi
Jökulsá, við útfall (ís á lóni)	E2000-1			8.1.2000 13:15	0,0	241	20,00	6,36	19,40	2,250	4,64	204	59,9	6
Lón, 1 m ofan botns	1,3 a		8	8.1.2000 14:00	0,0	244	20,00	6,35	19,40	2,301	4,80	211	62,7	6
Lón, 2 m neðan íss	1,3 b		2	8.1.2000 15:30	0,0	238	20,00	6,44	19,60	2,277	4,28	188	50,5	5
Lón, 2 m neðan íss	1,5		2	8.1.2000 15:45	0,0	241	20,40	6,34	19,80	2,269	4,77	210	63,6	6
Lón, 1 m ofan botns	1,8 a		8	8.1.2000 16:00	0,0	245	20,40	6,44	19,80	2,278	4,26	187	50,5	5
Lón, 2 m neðan íss	1,8 b		2	8.1.2000 16:15	0,1	241	20,50	6,46	19,80	2,278	4,19	184	48,4	5
Lón, 1 m ofan botns	4,5 a		13	8.1.2000 16:30	0,0	245	20,50	6,48	20,00	2,283	4,10	181	46,5	5
Lón, 2 m neðan íss	4,5 b		2	8.1.2000 16:40	0,0	245	20,40	6,54	20,00	2,254	3,82	168	40,0	4
Lón, 2 m neðan íss	3,5		2	8.1.2000 16:50	0,0	239	20,80	6,48	20,00	2,165	3,89	171	44,1	4
Lón, 2 m neðan íss	2,5		2	8.1.2000 17:00	0,0	241	21,10	6,59	20,50	2,250	3,63	160	35,8	4
Steinsholtssá við vað	E2000-2	634092-193624		8.1.2000 18:00	0,0	89,5	20,4	6,29	20,5	0,643	1,43	63	20,4	2

Tafla 6. Gögn til reikninga á rúmmáli lönsins fyrir framan Gígjökul.

Hola	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dýpi		14,0	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	0	0
Nr. flatarmáls		27	28	28	29	29	30	30	31
Hola	0	0	0	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	0
Dýpi	0	0	0	11,2	14,0	14,4	14,4	13,4	0
Nr. flatarmáls	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Hola	0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2
Dýpi	0	9,0	13,2	12,6	13,5	14,5	14,3	14,5	8,5
Nr. flatarmáls	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Hola	0	0	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2
Dýpi	0	0	13,8	14,0	14,0	12,7	12,0	10,0	7,8
Nr. flatarmáls	1	2	3	3	4	5	6	7	8
Hola	0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	0	0
Dýpi	0	9,3	12,3	11	10,5	9,4	9,3	0	0
Nr. flatarmáls	32	33	34	35	36	36	37		
Hola	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dýpi		11	10,5	0					
Nr. flatarmáls		38	39						
Hola	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dýpi	0	0	0	0	0,5				

Norður

**Tafla 7. Rúmmál og flatarmál lónsins fyrir framan Gígjökul**

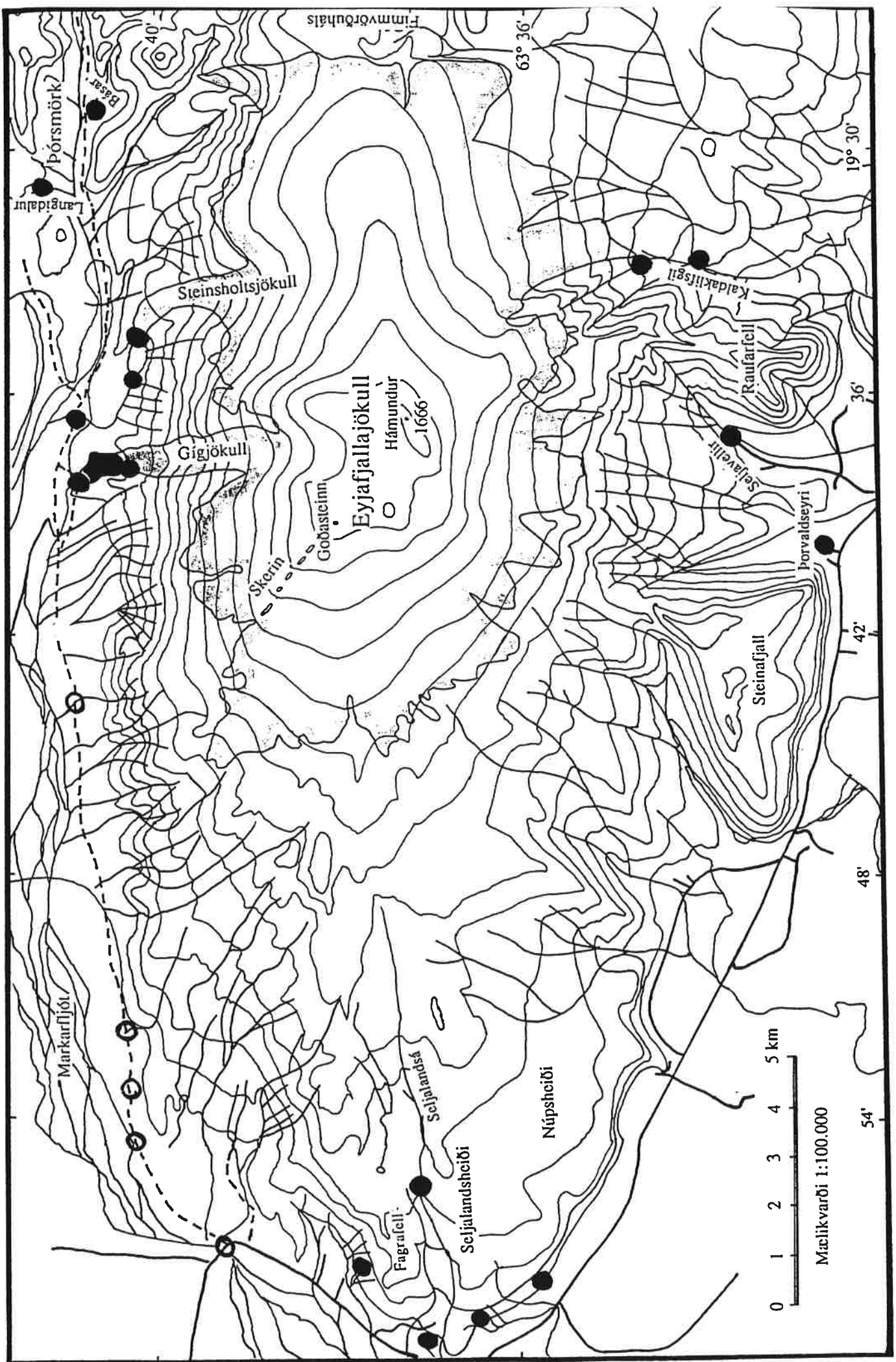
Meðaldýpi	9,5											Norður		
<b>Heildarrúmmál</b>	<b>382553</b>													
<b>Heildarflatarmál</b>	<b>40300</b>													
Nr. flatarmáls	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Rúmmál (m <sup>3</sup> )	3330	3330	6773	13988	15000	21450	21600	19050	6844	4410	8520	10800	9495	5025
Flatarmál (m <sup>2</sup> )	450	600	1050	1500	1500	1500	1500	1500	1250	450	450	450	450	450
Nr. flatarmáls	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Rúmmál (m <sup>3</sup> )	1969	13500	20025	20213	1500	20063	19050	15300	5094	20213	20063	19050	15300	5094
Flatarmál (m <sup>2</sup> )	875	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1250	1500	1500	1500	1500	1250
Nr. flatarmáls	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rúmmál (m <sup>3</sup> )	6497	18450	19163	16725	15263	1500	11663	1250	1250	15263	1500	1500	1500	1250
Flatarmál (m <sup>2</sup> )	875	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1250	1500	1500	1500	1500	1250
Nr. flatarmáls	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Rúmmál (m <sup>3</sup> )	8100	12863	11400	5610	1200	1744	750	750	750	5610	1200	1744	750	750
Flatarmál (m <sup>2</sup> )	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1250	1500	1500	1500	1500	1250
Nr. flatarmáls	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Rúmmál (m <sup>3</sup> )	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Flatarmál (m <sup>2</sup> )	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750

**Tafla 8. Staðsetning borhola í ísnum á Gíkjökulslóninu 8. janúar 2000**

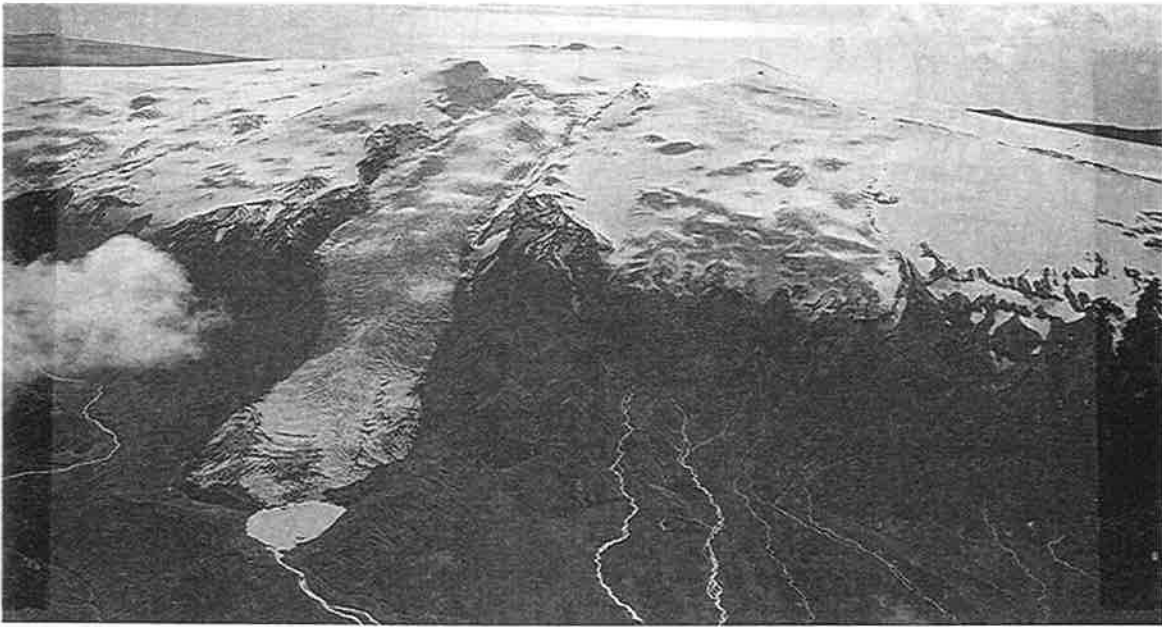
staður (borholunúmer)	N	W	Hæð (HAE) m
1,4	63°40'51.29742"N	19°37'54.12724"W	235
1,5	63°40'51.38957"N	19°37'51.87013"W	237
1,6	63°40'51.41324"N	19°37'49.63195"W	238
1,7	63°40'51.44269"N	19°37'47.47064"W	239
1,8	63°40'51.60409"N	19°37'45.35032"W	244
2,5	63°40'49.83597"N	19°37'51.69620"W	243
2,7	63°40'49.79927"N	19°37'47.31973"W	240
3,2	63°40'48.22329"N	19°37'58.27245"W	243
3,3	63°40'48.23511"N	19°37'56.05369"W	250
3,4	63°40'48.24600"N	19°37'53.90774"W	245
3,5	63°40'48.26230"N	19°37'51.75909"W	247
3,6	63°40'48.18188"N	19°37'49.63455"W	242
3,7	63°40'48.20336"N	19°37'47.41094"W	241
3,8	63°40'48.28040"N	19°37'44.99258"W	241
3,9	63°40'48.34773"N	19°37'42.79109"W	243
4,2	63°40'46.60166"N	19°37'58.48902"W	245
4,3	63°40'46.55460"N	19°37'56.23566"W	244
4,4	63°40'46.53400"N	19°37'53.93887"W	241
4,5	63°40'46.56403"N	19°37'51.61177"W	240
4,6	63°40'46.60097"N	19°37'49.52253"W	245
Brú	63°40'57.39765"N	19°37'59.81946"W	244
Bílavað	63°40'55.57542"N	19°37'56.91469"W	247
Við Útfall	63°40'54.10225"N	19°37'55.06275"W	241

## Myndir.

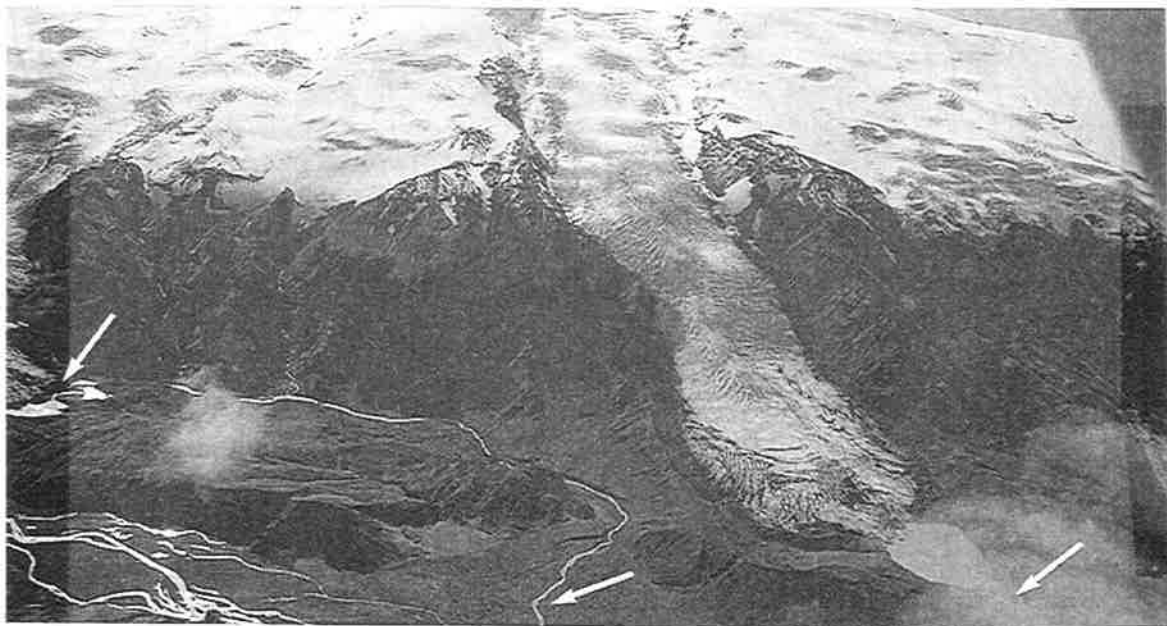
1. mynd. Kort af sýnatökustöðum. Lítillega breytt frá Jóni Hauki Steingrímssyni (1994).  
Hringir tákna sýnatökustaði þar sem einungis var mæld leiðni og hitastig vatnsins.
2. mynd. Flugljósmynd af Eyjafjallajökli horft til suðurs. Útlínur öskjunnar bera við himin, Gígjökull skríður úr öskjunni niður í Jökullónið, en úr því rennur Jökulsá. Ljósmynd. Oddur Sigurðsson.
3. mynd. Flugljósmynd af Eyjafjallajökli horft til suðurs. Sjónarhornið er nokkru austar en á 1. mynd. Áin austan við Gígjökul er Steinhóltsá. Örvarnar á myndinni sýna mælistaðina í ánum. Ljósmynd. Oddur Sigurðsson.
4. mynd. Loftmynd af lóninu fyrir framan Gígjökul. Mælikvarði 1:5000
5. mynd. Riss af staðsetningu hola sem boraðar voru í gegnum ísinn á lóninu fyrir framan Gígjökul, 8. janúar 2000.
6. mynd. Gildi pH í Jökulsá og Steinhóltsá.
7. mynd. Heildarstyrkur uppleysts kolefnis, táknað sem CO<sub>2</sub>, í Steinhóltsá og Jökulsá frá 1991 til 2000.
8. mynd. Vensl heildarstyrks uppleysts kolefnis, táknað sem CO<sub>2</sub>, og rennslis í Jökulsá.
9. mynd. Koltvíoxíð (CO<sub>2</sub>) frá kviku undan Gígjökli, dvalartími vatns í Gígjökulslóninu og reiknaður hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í Jökulsá (útfalli lónsins).
10. mynd. Heildarstyrkur uppleysts kolefnis, táknað sem CO<sub>2</sub>, í Jökulsá frá 1993 til 2000, og styrkbreytingin vegna reikis CO<sub>2</sub> úr lóni til andrúmslofts á dvalartíma vatnsins í lóninu.
11. mynd. Streymi CO<sub>2</sub> frá kviku, sem kemur undan Gígjökli, og reiki CO<sub>2</sub> úr Gígjökulslóninu til andrúmslofts.
12. mynd. Streymi koltvíoxíðs (kg af CO<sub>2</sub> á sekúndu) frá Eyjafjallajökli og nokkrum innlendum og erlendum eldfjöllum. Gert er ráð fyrir um 2,5 tonna CO<sub>2</sub> streymi á klukkustund frá Eyjafjallajökli. Athugið að kvarðinn á lóðrétta ásnum er lógaritmískur. Tölurnar fyrir Kilauea, St. Helena og Etnu eru frá Gerlach (1991), fyrir Grímsvötn frá Önnu M. Ágústsdóttur og Susan Brantley (1994) og fyrir Heklu frá Sigurði R. Gíslasyni o.fl. (1992).
13. mynd. Koltvíoxíðbúskapurinn á Íslandi. Magn koltvíoxíðs (kg af CO<sub>2</sub> á sekúndu) sem berst út í andrúmsloftið af völdum Íslendinga (Umhverfissráðuneytið. 1992) og heildarútreymi frá íslenskum eldfjöllum (Stefán Arnórsson og Sigurður R. Gíslason, 1994) er sýnt á stöplaritinu. Enn fremur er brotnám koltvíoxíðs úr andrúmslofti, vegna efnaveðrunar bergs á Íslandi, sýnt á myndinni (Sigurður R. Gíslason o.fl., 1996).



1. mynd. Kort af sýnatökustöðum. Lítillega breytt frá Jóni Hauki Steingrímssyni (1994). Hringir tákna sýnatökustaði þar sem hitastig og leiðni var einungis mæld í vatni.



2. mynd. Flugljósmynd af Eyjafjallajökli horft til suðurs. Útlínur öskjunnar bera við himin, Gígjökull skriður úr öskjunni niður í Jökullónið, en úr því rennur Jökulsá. Ljós. Oddur Sigurðsson.

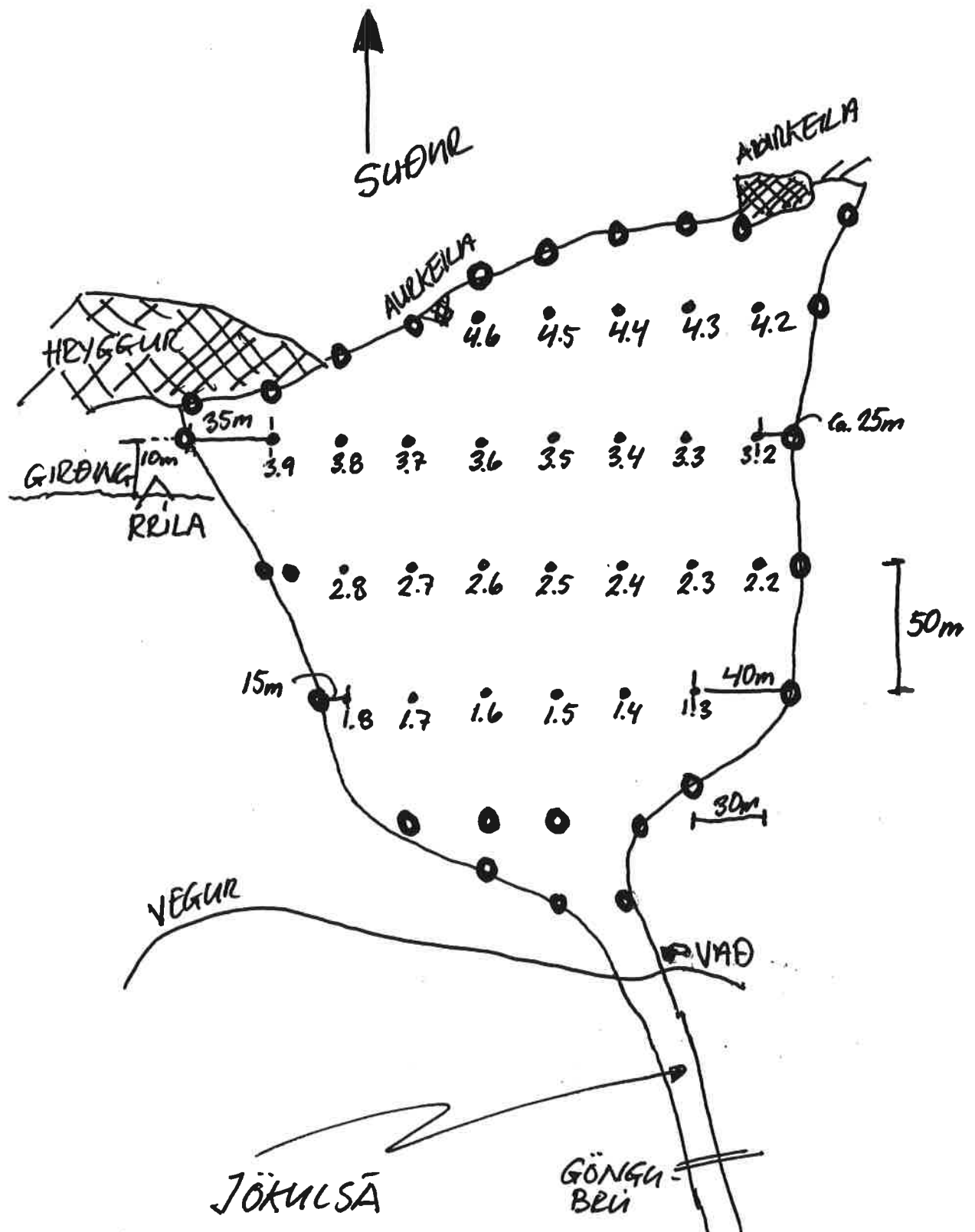


3. mynd. Flugljósmynd af Eyjafjallajökli horft til suðurs. Sjónarhornið er nokkru austar en á 1. mynd. Áin austan við Gígjökul er Steinholtsá. Örvarnar á myndinni sýna mælistaðina í ánum. Ljós. Oddur Sigurðsson.

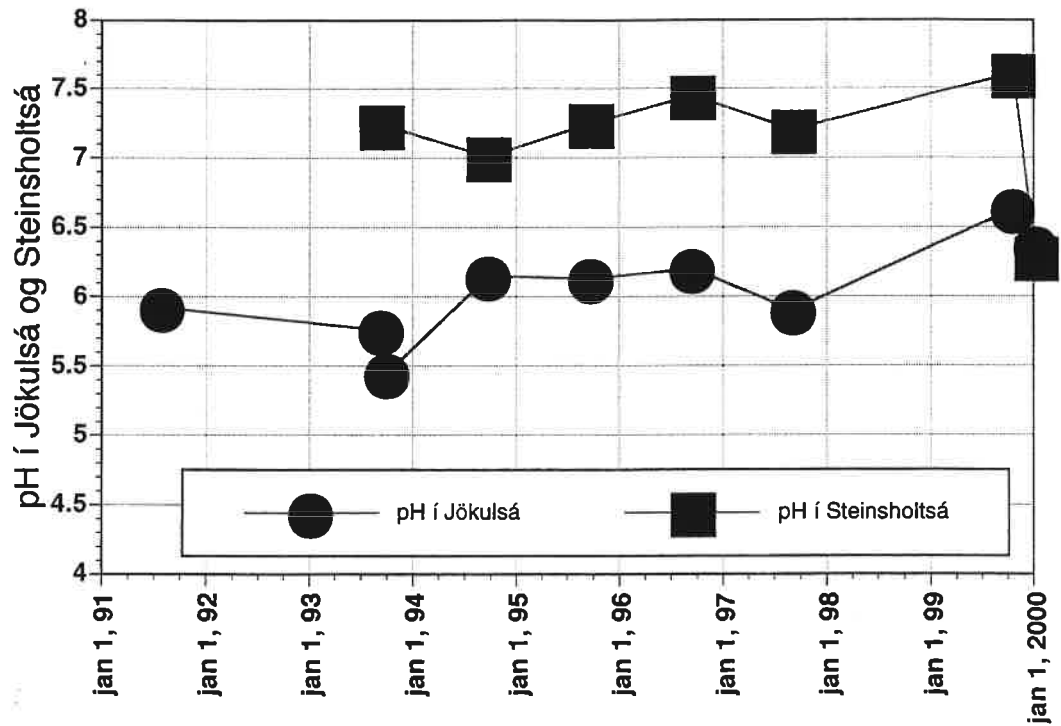




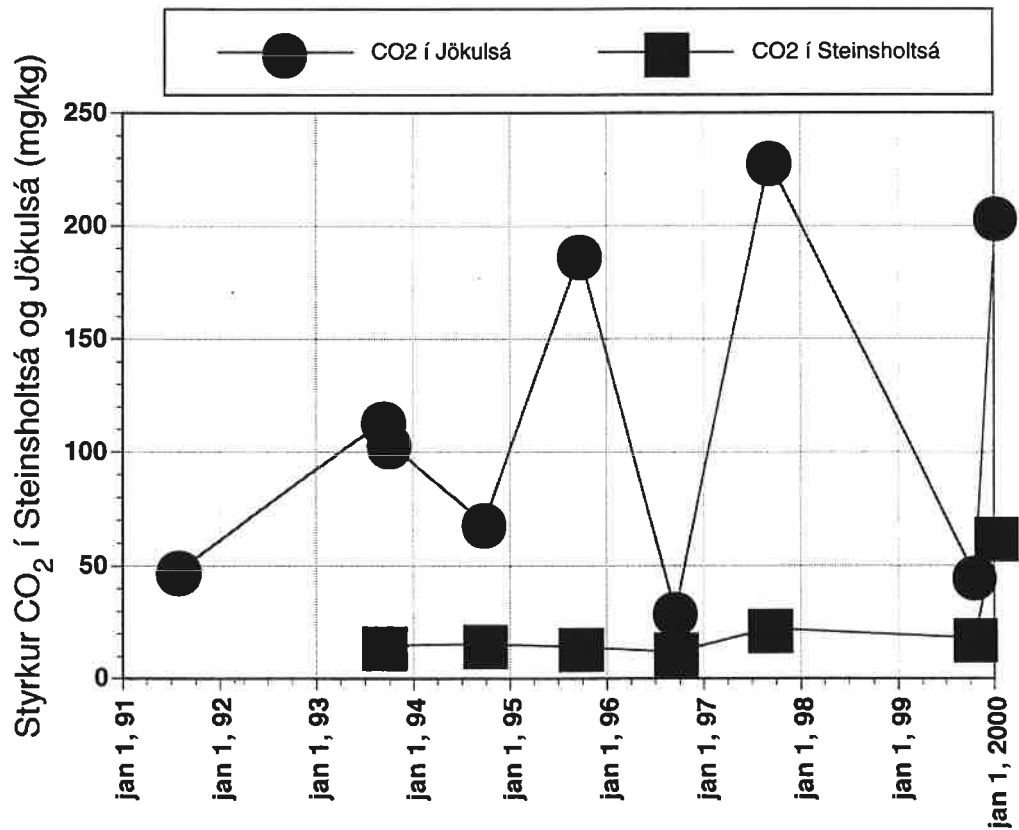
4. mynd. Loftmynd af lóninu fyrir framan Gígjökul. Mælikvarði 1:5000



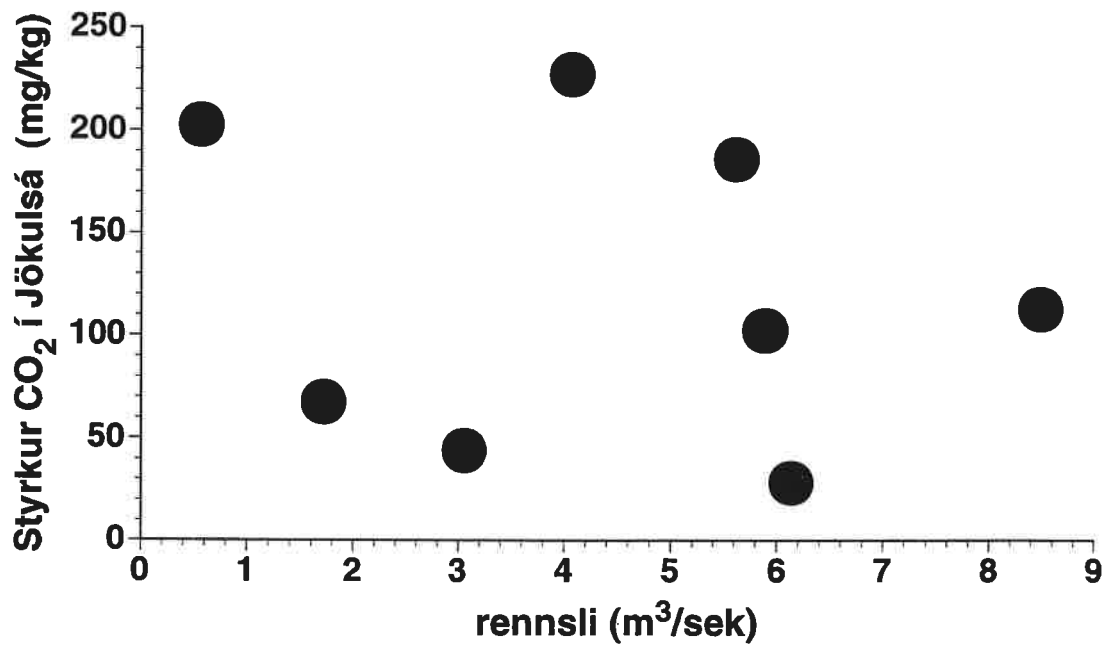
5. mynd. Riss af staðsetningu hola sem boraðar voru í gegnum ísinn á lóninu fyrir framan Gígjökul, 8. janúar 2000. Fylltir hringir tákna holur sem voru boraðar í gegnum ísinn. Hringir tákna horn flata sem notaðir voru til að reikna flatarmál og rúmmál (Tölflur 6, 7 og 8 og viðauki). Gert var ráð fyrir að dýpið væri það sama undir hringjunum og í þeirri holu sem var næst hringnum.



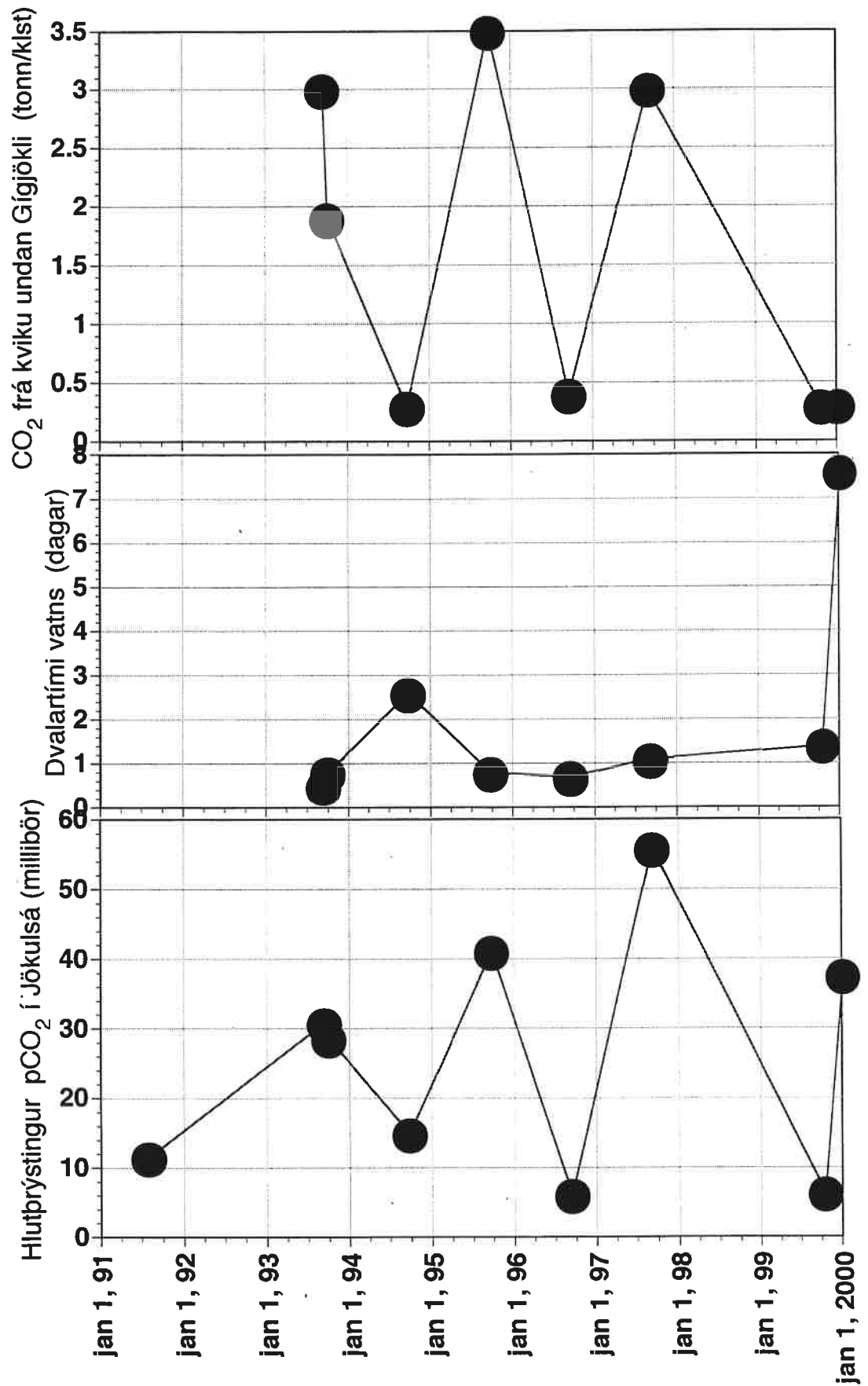
6. mynd. Gildi pH í Jökulsá og Steinsholtsá frá 1991 til 2000.



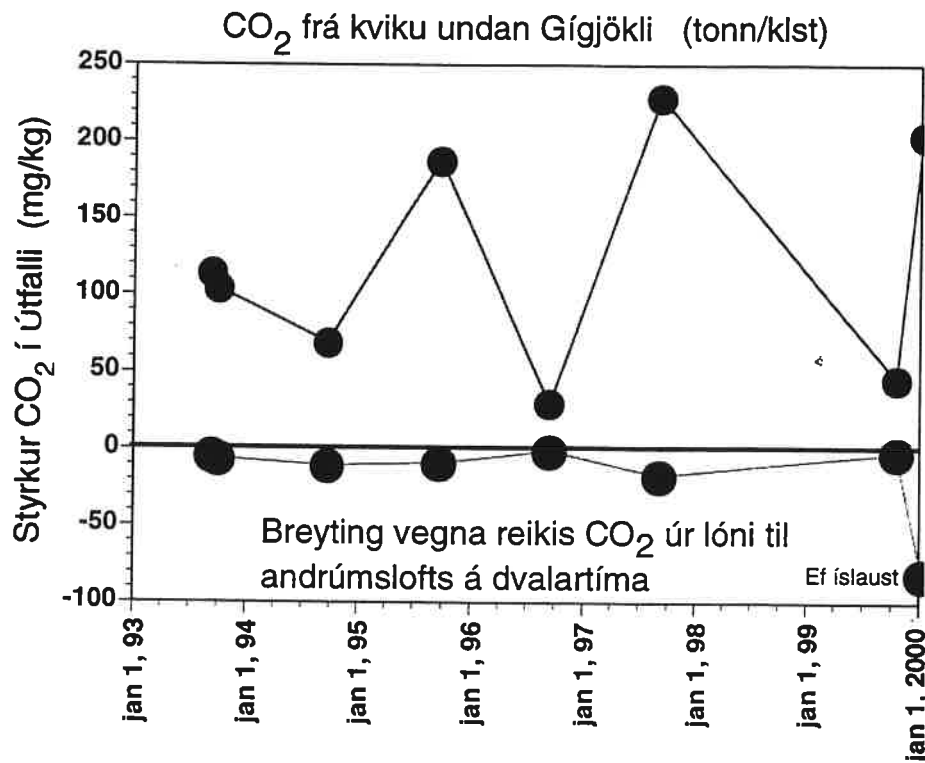
7. mynd. Heildarstyrkur uppleysts kolefnis, táknað sem CO<sub>2</sub>, í Steinsholtsá og Jökulsá frá 1991 til 2000.



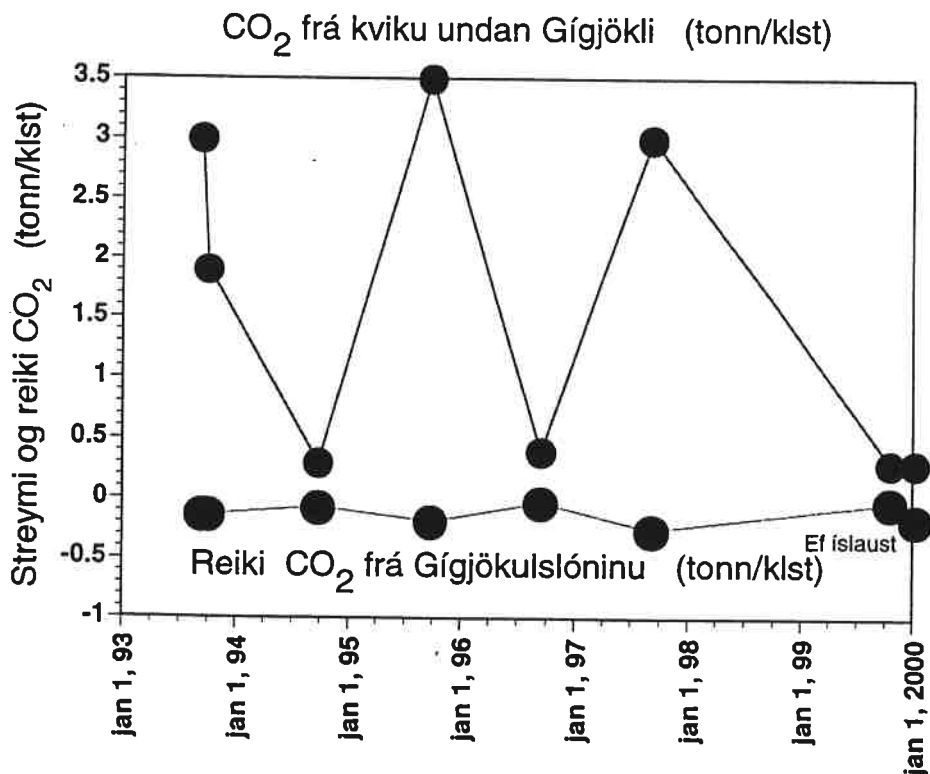
8. mynd. Vensl heildarstyrks uppleysts kolefnis, táknað sem CO<sub>2</sub>, og rennslis í Jökulsá.



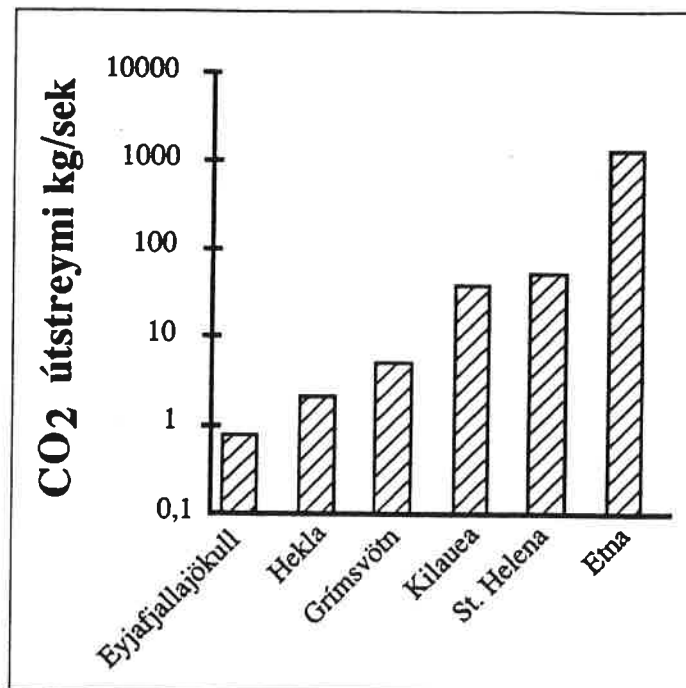
9. mynd. Koltvíoxíð (CO<sub>2</sub>) frá kviku undan Gígjökli, dvalartími vatns í Gígjökulslóninu og reiknaður hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í Jökulsá (útfalli lónsins) allt frá árinu 1991.



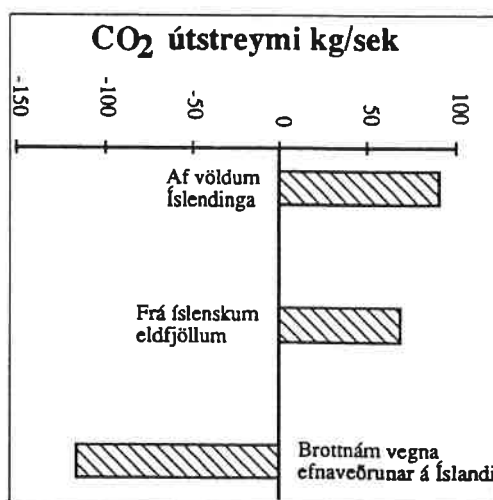
10. mynd. Heildarstyrkur uppleysts kolefnis, táknað sem CO<sub>2</sub>, í Jökulsá frá 1993 til 2000, og styrkbreytingin vegna reikis CO<sub>2</sub> úr lóni til andrúmslofts á dvalartíma vatnsins í lóninu.



11. mynd. Streymi CO<sub>2</sub> frá kviku, sem kemur undan Gígjökli, og reiki CO<sub>2</sub> úr Gígjökulslóninu til andrúmslofts á dvalartíma vatnsins í lóninu.



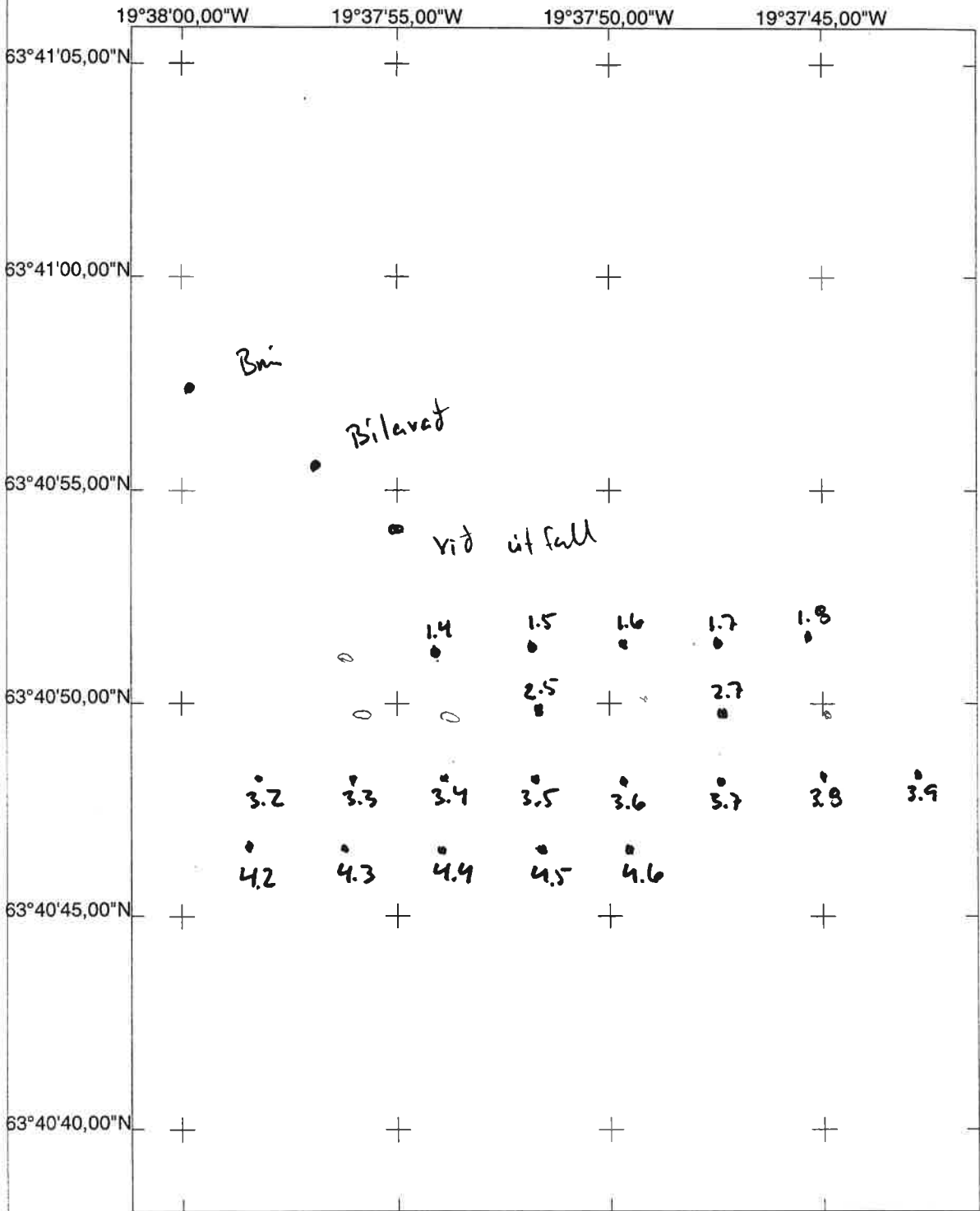
12. mynd. Streymi koltvíoxíðs (kg af CO<sub>2</sub> á sekúndu) frá Eyjafjallajökli og nokkrum innlendum og erlendum eldfjöllum. Gert er ráð fyrir um 2,5 tonna CO<sub>2</sub> streymi á klukkustund frá Eyjafjallajökli. Athugið að kvarðinn á lóðrétta ásnum er lógaritmískur. Tölurnar fyrir Kilauea, St. Helena og Etnu eru frá Gerlach (1991), fyrir Grímsvötn frá Önnu M. Ágústsdóttur og Susan Brantley (1994) og fyrir Heklu frá Sigurði R. Gíslasyni o.fl. (1992).



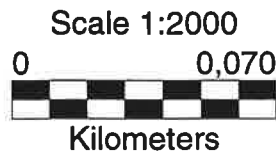
13. mynd. Koltvíoxíð sem berst út í andrúmsloftið af völdum Íslendinga (Umhverfissráðuneytið. 1992) og heildarútstreymi frá íslenskum eldfjöllum (Stefán Arnórsson og Sigurður R. Gíslason, 1994) er sýnt á stöplaritinu. Enn fremur er brottnám koltvíoxíðs úr andrúmslofti, vegna efnaveðrunar bergs á Íslandi, sýnt á myndinni (Sigurður R. Gíslason o.fl., 1996).

Viðauki: GPS gögn um staðsetningu borhola á ís lónsins fyrir framan Gígjökul.





Lat/Long  
WGS 1984



Multiple Files  
7.2.2000  
Pathfinder Office  
 **Trimble**

BRU0015A.COR

Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	35	63°40'57.39765"N	0.34621	63°40'57.37372"N	63°40'57.41848"N
Longitude	35	19°37'59.81946"W	0.08405	19°37'59.82836"W	19°37'59.80811"W
Altitude	35	244.08619	0.64597	242.47873	244.93561

No velocity records in file.

PDOP	2	3.246	0.019	3.232	3.259
HDOP	2	1.983	0.008	1.977	1.989
VDOP	2	2.569	0.018	2.557	2.582
EDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	2	1.823	0.015	1.813	1.834

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:04:55  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:05:31

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

VAD0000C.COR

Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	31	63°40'55.57542"N	0.60749	63°40'55.55251"N	63°40'55.62595"N
Longitude	31	19°37'56.91469"W	0.19159	19°37'56.93596"W	19°37'56.88924"W
Altitude	31	246.58414	1.01614	245.62081	248.06314

No velocity records in file.

PDOP	5	2.621	0.754	2.068	3.459
HDOP	5	1.889	0.104	1.811	2.006
VDOP	5	1.722	0.989	1.000	2.818
EDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	5	1.430	0.526	1.044	2.016

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:12:38  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:13:19

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

1030000D.COR

Statistics Version 3.10

Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
------	------	---------	---------	---------

1030000D.COR is not an SSF file.  
Error #20 calculating statistics.

PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

1040000E.COR

Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	36	63°40'51.29742"N	2.06573	63°40'50.99698"N	63°40'51.34200"N
Longitude	36	19°37'54.12724"W	0.33459	19°37'54.15511"W	19°37'54.05611"W
Altitude	36	235.17006	1.17021	231.66393	236.42180

No velocity records in file.

PDOP	5	4.359	0.243	4.094	4.570
------	---	-------	-------	-------	-------

HDOP	5	2.098	0.159	1.925	2.227
VDOP	5	3.821	0.190	3.614	3.991
EDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	5	2.503	0.052	2.447	2.555

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:25:51  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:26:34

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

1050000F.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	35	63°40'51.38957"N	0.72468	63°40'51.33020"N	63°40'51.45736"N
Longitude	35	19°37'51.87013"W	0.29157	19°37'51.89573"W	19°37'51.83330"W
Altitude	35	236.85670	0.55205	235.99006	238.40599

No velocity records in file.

PDOP	3	4.336	0.296	4.150	4.677
HDOP	3	2.049	0.192	1.936	2.271
VDOP	3	3.821	0.233	3.671	4.089
EDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	3	2.522	0.068	2.475	2.600

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:27:02  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:27:40

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

1060000G.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	38	63°40'51.41324"N	0.39765	63°40'51.39134"N	63°40'51.43493"N
Longitude	38	19°37'49.63195"W	0.26547	19°37'49.67181"W	19°37'49.60564"W
Altitude	38	237.97526	0.64098	236.05047	238.92410

No velocity records in file.

PDOP	4	4.496	0.312	4.211	4.794
HDOP	4	2.129	0.205	1.948	2.319
VDOP	4	3.959	0.244	3.733	4.196
EDOP	4	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	4	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	4	2.575	0.073	2.505	2.650

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:28:09  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:28:50

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

1070000H.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	35	63°40'51.44269"N	1.00395	63°40'51.37379"N	63°40'51.50404"N

Longitude 35 19-37'47.47064"W 0.18456 19-37'47.48982"W 19-37'47.44663"W  
Altitude 35 238.71489 0.50717 237.45730 239.62228

No velocity records in file.

PDOP	4	4.625	0.385	4.275	4.991
HDOP	4	2.177	0.244	1.962	2.403
VDOP	4	4.080	0.306	3.798	4.374
EDOP	4	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	4	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	4	2.632	0.101	2.537	2.733

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:29:28  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:30:14

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

1080000I.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	35	63-40'51.60409"N	1.54109	63-40'51.50999"N	63-40'51.68219"N
Longitude	35	19-37'45.35032"W	0.07902	19-37'45.36434"W	19-37'45.33681"W
Altitude	35	244.49594	1.74470	240.60398	247.97853

No velocity records in file.

PDOP	3	5.135	0.076	5.060	5.211
HDOP	3	2.466	0.033	2.433	2.499
VDOP	3	4.504	0.068	4.436	4.572
EDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	3	2.794	0.032	2.762	2.826

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:31:00  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 15:31:50

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

4050000A.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	34	63-40'46.56403"N	0.44830	63-40'46.53115"N	63-40'46.59569"N
Longitude	34	19-37'51.61177"W	0.77546	19-37'51.73239"W	19-37'51.52804"W
Altitude	34	240.29981	0.90181	238.59223	241.82731

No velocity records in file.

PDOP	3	2.886	0.344	2.682	3.284
HDOP	3	1.521	0.059	1.486	1.589
VDOP	3	2.450	0.367	2.232	2.874
EDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	3	1.477	0.226	1.342	1.738

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:25:30  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:26:06

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7

Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

4060000B.COR

Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	37	63°40'46.60097"N	0.42112	63°40'46.55207"N	63°40'46.61286"N
Longitude	37	19°37'49.52253"W	0.19486	19°37'49.53747"W	19°37'49.46712"W
Altitude	37	244.89400	1.45457	242.53498	246.63534

No velocity records in file.

PDOP	3	3.077	0.312	2.716	3.261
HDOP	3	1.545	0.045	1.493	1.573
VDOP	3	2.659	0.338	2.269	2.856
EDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	3	1.597	0.196	1.371	1.714

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:26:51

End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:27:31

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7

Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

4040000C.COR

Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	34	63°40'46.53400"N	0.71060	63°40'46.50901"N	63°40'46.58626"N
Longitude	34	19°37'53.93887"W	0.42108	19°37'54.02729"W	19°37'53.90857"W
Altitude	34	241.09336	1.53263	239.69443	245.64802

No velocity records in file.

PDOP	5	3.148	0.694	2.776	4.374
HDOP	5	1.523	0.094	1.420	1.678
VDOP	5	2.744	0.738	2.332	4.039
EDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	5	1.703	0.572	1.421	2.724

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:29:30

End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:30:14

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7

Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

4030000D.COR

Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	34	63°40'46.55460"N	0.12823	63°40'46.54878"N	63°40'46.56289"N
Longitude	34	19°37'56.23566"W	0.59675	19°37'56.30047"W	19°37'56.18579"W
Altitude	34	243.68080	1.33941	242.11736	245.72849

No velocity records in file.

PDOP	2	2.909	0.138	2.812	3.007
HDOP	2	1.456	0.081	1.399	1.513
VDOP	2	2.516	0.206	2.370	2.661
EDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	2	1.472	0.029	1.451	1.492

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:31:09

End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:31:46

Datum : WGS-84  
 Coordinate System : Latitude/Longitude  
 Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
 Altitude/Distance Units : Meters  
 Velocity Units : Meters/Second  
 PFSTAT Ver 3.7  
 Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

4020000E.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	39	63°40'46.60166"N	0.13640	63°40'46.59346"N	63°40'46.61012"N
Longitude	39	19°37'58.48902"W	0.42932	19°37'58.53328"W	19°37'58.44454"W
Altitude	39	244.73272	0.53846	243.68926	245.43736

No velocity records in file.

PDOP	3	2.998	0.004	2.993	3.002
HDOP	3	1.390	0.005	1.385	1.394
VDOP	3	2.656	0.002	2.654	2.659
EDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	3	1.480	0.006	1.474	1.486

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:32:22  
 End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:33:07

Datum : WGS-84  
 Coordinate System : Latitude/Longitude  
 Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
 Altitude/Distance Units : Meters  
 Velocity Units : Meters/Second  
 PFSTAT Ver 3.7  
 Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

3020000F.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	36	63°40'48.22329"N	0.18735	63°40'48.21304"N	63°40'48.23606"N
Longitude	36	19°37'58.27245"W	0.20810	19°37'58.30129"W	19°37'58.24882"W
Altitude	36	242.99189	0.56929	241.96635	244.20522

No velocity records in file.

PDOP	3	2.975	0.003	2.971	2.978
HDOP	3	1.362	0.004	1.358	1.367
VDOP	3	2.644	0.001	2.643	2.646
EDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	3	1.446	0.005	1.441	1.451

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:35:37  
 End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:36:13

Datum : WGS-84  
 Coordinate System : Latitude/Longitude  
 Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
 Altitude/Distance Units : Meters  
 Velocity Units : Meters/Second  
 PFSTAT Ver 3.7  
 Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

3030000G.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	35	63°40'48.23511"N	0.07176	63°40'48.23034"N	63°40'48.23976"N
Longitude	35	19°37'56.05369"W	0.14141	19°37'56.07977"W	19°37'56.03583"W
Altitude	35	249.62296	0.49476	248.80886	250.55316

No velocity records in file.

PDOP	2	2.967	0.002	2.965	2.968
HDOP	2	1.352	0.003	1.350	1.354

VDOP	2	2.641	0.001	2.640	2.642
EDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	2	1.432	0.004	1.430	1.435

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:36:55  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:37:33

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

3040000H.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	35	63°40'48.24600"N	0.47556	63°40'48.22618"N	63°40'48.26924"N
Longitude	35	19°37'53.90774"W	0.40211	19°37'53.96690"W	19°37'53.86973"W
Altitude	35	244.68423	2.75681	241.93266	248.64436

No velocity records in file.

PDOP	4	2.978	0.023	2.957	3.004
HDOP	4	1.449	0.126	1.338	1.560
VDOP	4	2.599	0.045	2.554	2.638
EDOP	4	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	4	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	4	1.510	0.109	1.413	1.610

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:38:27  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:39:08

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

3050000I.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	35	63°40'48.26230"N	0.13369	63°40'48.25222"N	63°40'48.26983"N
Longitude	35	19°37'51.75909"W	0.51499	19°37'51.79333"W	19°37'51.67924"W
Altitude	35	246.94846	2.05215	242.96620	248.44406

No velocity records in file.

PDOP	3	2.980	0.045	2.953	3.032
HDOP	3	1.411	0.136	1.331	1.568
VDOP	3	2.623	0.024	2.595	2.637
EDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	3	1.481	0.131	1.403	1.633

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:39:45  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:40:22

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

3060006J.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	33	63°40'48.18188"N	0.59526	63°40'48.13631"N	63°40'48.20393"N
Longitude	33	19°37'49.63455"W	0.26669	19°37'49.68789"W	19°37'49.61721"W

Altitude 33 241.98249 0.65369 240.29791 242.98352

No velocity records in file.

PDOP	3	3.434	0.276	3.115	3.607
HDOP	3	1.593	0.002	1.591	1.595
VDOP	3	3.040	0.314	2.677	3.234
EDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	3	1.704	0.006	1.700	1.710

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:43:25  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:44:01

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

3070006K.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	33	63°40'48.20336"N	0.16254	63°40'48.19073"N	63°40'48.21209"N
Longitude	33	19°37'47.41094"W	0.10850	19°37'47.42040"W	19°37'47.38848"W
Altitude	33	241.21773	0.15819	240.98421	241.56427

No velocity records in file.

PDOP	2	3.515	0.018	3.503	3.528
HDOP	2	1.579	0.003	1.577	1.581
VDOP	2	3.141	0.018	3.128	3.154
EDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	2	1.680	0.006	1.676	1.684

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:44:41  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:45:18

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

3080006L.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	35	63°40'48.28040"N	0.34535	63°40'48.26256"N	63°40'48.29633"N
Longitude	35	19°37'44.99258"W	0.18374	19°37'45.01416"W	19°37'44.97126"W
Altitude	35	241.25075	0.45813	240.51879	242.14487

No velocity records in file.

PDOP	2	3.468	0.017	3.456	3.479
HDOP	2	1.571	0.003	1.569	1.573
VDOP	2	3.091	0.017	3.079	3.103
EDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	2	1.664	0.006	1.660	1.668

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:45:44  
End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:46:25

Datum : WGS-84  
Coordinate System : Latitude/Longitude  
Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
Altitude/Distance Units : Meters  
Velocity Units : Meters/Second  
PFSTAT Ver 3.7  
Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved



3090006M.COR

Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	34	63°40'48.34773"N	0.09290	63°40'48.34204"N	63°40'48.35419"N
Longitude	34	19°37'42.79109"W	0.21754	19°37'42.80967"W	19°37'42.75130"W
Altitude	34	243.11325	0.74403	241.78477	244.36759

No velocity records in file.

PDOP	3	3.347	0.022	3.325	3.370
HDOP	3	1.401	0.005	1.396	1.405
VDOP	3	3.040	0.023	3.017	3.063
EDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	3	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	3	1.972	0.017	1.955	1.989

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:47:10

End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:47:49

Datum : WGS-84  
 Coordinate System : Latitude/Longitude  
 Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
 Altitude/Distance Units : Meters  
 Velocity Units : Meters/Second  
 PFSTAT Ver 3.7  
 Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

2070006N.COR

Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	28	63°40'49.79927"N	1.80770	63°40'49.66880"N	63°40'49.86617"N
Longitude	28	19°37'47.31973"W	0.36586	19°37'47.36230"W	19°37'47.26505"W
Altitude	28	239.74266	1.53949	236.20106	241.38345

No velocity records in file.

PDOP	2	3.266	0.012	3.258	3.275
HDOP	2	1.543	0.001	1.542	1.544
VDOP	2	2.879	0.013	2.870	2.888
EDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	2	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	2	1.594	0.004	1.591	1.597

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:51:22

End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:51:53

Datum : WGS-84  
 Coordinate System : Latitude/Longitude  
 Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
 Altitude/Distance Units : Meters  
 Velocity Units : Meters/Second  
 PFSTAT Ver 3.7  
 Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

2050006O.COR

Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	44	63°40'49.83597"N	0.44383	63°40'49.81701"N	63°40'49.87802"N
Longitude	44	19°37'51.69620"W	0.37053	19°37'51.74344"W	19°37'51.64440"W
Altitude	44	242.72295	0.75980	240.21421	243.78619

No velocity records in file.

PDOP	5	3.075	0.071	2.998	3.140
HDOP	5	1.397	0.051	1.359	1.452
VDOP	5	2.738	0.106	2.623	2.829
EDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	5	1.652	0.204	1.429	1.811

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:52:34

End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:53:22

Datum : WGS-84  
 Coordinate System : Latitude/Longitude  
 Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
 Altitude/Distance Units : Meters  
 Velocity Units : Meters/Second  
 PFSTAT Ver 3.7  
 Copyright (c) Trimble Navigation, Ltd, 1991, 1995. All rights reserved

VIDUTFAL.COR Statistics Version 3.10

	Recs	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Latitude	37	63°40'54.10225"N	1.21761	63°40'54.01919"N	63°40'54.15294"N
Longitude	37	19°37'55.06275"W	1.21165	19°37'55.19013"W	19°37'54.87299"W
Altitude	37	241.41749	0.89691	240.37348	244.05954

No velocity records in file.

PDOP	5	2.606	0.231	2.428	2.994
HDOP	5	1.412	0.045	1.338	1.449
VDOP	5	2.184	0.297	1.950	2.679
EDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
NDOP	5	0.000	0.000	0.000	0.000
TDOP	5	1.331	0.242	1.108	1.696

Start GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:56:42  
 End GPS Week #1043 on 01/08/100 at 16:57:28

Datum : WGS-84  
 Coordinate System : Latitude/Longitude  
 Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
 Altitude/Distance Units : Meters  
 Velocity Units : Meters/Second