

Gangur verkefnisins „Þróun
efnavöktunarkerfis til varnar mannvirkjum við
eldsumbrot í jökli“

Hrefna Kristmannsdóttir

Greinargerð HK-99-01A

Gangur verkefnisins “Þróun efnavöktunarkerfis til varnar mannvirkjum við eldsumbrot í jökli”

Ágrip

Lokið er þeim hluta verkefnisins sem snýr að sýnatöku og efnagreiningum á vatnssýnum og hafa fengist mjög góð gögn um sveiflur í efnastyrk í þeim ellefu ám, sem rannsakaðar voru innan verkefnisins. Efnastyrkur árvatnsins og breytingar á honum eru mjög mismunandi í þessum ám. Á tímabilinu varð jökulhlaup í Skeiðará og einnig hefur verið leki úr Grímsvötnum í Skeiðará svo sveiflur í efnastyrk hafa verið óeðlilega miklar þar. Tvö hlaup hafa orðið í Skaftá á tímabilinu. Þar var reynt að reka samfellda leiðnimælingar s.l. tvö sumur, sem gaf góðar ábendingar um framtíðaruppsetningu og rekstur slíkra mælinga í ám með miklum aurburði. Valin hafa verið vaktgildi fyrir leiðni miðað við mismunandi rennsli í þeim ám sem rannsakaðar voru. Í kjölfar gossins í Vatnajökli í desember 1998 var komið upp í tilraunarekstri siritandi leiðnimæli í Skeiðará ofan brúar. Vegagerð ríkisins hefur alfarið kostað tíðar leiðnimælingar á vatni úr bæði Jökulsá og Skeiðará innan verkefnisins. Lagt er til að þróa og setja upp búnað til sjálfvirkra leiðnimælinga í Jökulsá á Fjöllum og í Skaftá. Jafnframt að halda áfram tilraunarekstri mælis í Skeiðará. Einnig er lagt til að þróa gasskynjara, sem nema mjög lágan gasstyrk brennisteinsvetnis og er talið heppilegt að prófa slíkan búnað í Skaftá.

Inngangur

Markmið verkefnisins er að koma á sjálfvirku vöktunarkerfi byggðu á efnabreytingum í jökulám, sem viðvörðun við jökulhlaupum og flóðum vegna eldsumbrota í Vatnajökli og Mýrdalsjökli. Stór hluti jökla á Íslandi liggur yfir eldvirka beltinu og því er ætíð hættu á að eldsumbrotum geti fylgt flóð, sem eytt geta byggðum og skemmt mannvirki. Breytingar verða á efnainnihaldi vatns í jökulám við örlítið innrennsli af jarðhitavatni eða vatni sem hefur komist í snertingu við kviku. Líklegt er talið að jarðhitavirkni og gasútstreymi geti magnast áður en eldsumbrot hefjast. Afrennsli frá svæðinu ætti því að breyta efnasamsetningu jökulvatns þaðan. Í Skeiðará- og Skaftárhlaupum er þekkt að veruleg breyting verður á árvatninu vegna jarðhitaáhrifa og reyndar stundum eldvirkni. Lengi hefur verið vitað að í Skeiðarárhlaupum verður breyting á efnainnihaldi áður en hlaup hefjast, oft nokkrum vikum áður.

Við gos í jökli bráðnar vatn, sem tekur upp efni sem við gos út í andrúmsloftið berst burt með gosstrókum. Þessi efni eru bæði gastegundir og ýmis önnur efni eins og málmar, fosfór, flúor, köfnunarefni o.fl. Bræðsluefnið verður einnig mun súrara en ella og við það eykst hvörfun við aurburð og uppleyst efni aukast enn meira. Einnig hefur sést hækkun í leiðni vatnsins talsvert löngu fyrir upphaf Skeiðarárhlaupa. Reyndar eru einu samfelldu leiðnigögnin sem til eru frá óvenjulegu tímabili þegar talið var að viðvarandi hafi lekið háhitavatn í Skeiðará. Bagalegt er að hafa ekki gögn frá tímabili þegar eðlilegra ástand ríkti og einnig þyrftu gögnin að ná yfir lengra tímabil. Skeiðará er nokkuð sér á parti þar sem uppsöfnun vatns á sér stað í Grímsvötnum og hægt að fylgjast með hæð þar. Eftir að umbrot hefjast getur gefist fyrirvari um hvert vatnið muni leita með því að merkja leka vatns frá umbrotasvæðinu í árvatni. Til að finna slíkar breytingar og vita hvert viðvörunargildið er þarf að vera til góð bakgrunnsþekking um efnasamsetningu árvatnsins, tengsl þess við rennsli og árstíða-bundnar breytingar.

Í umbrotum í Vatnajökli 1996 kom í ljós að bakgrunnsþekkingu vantaði fyrir efnasamsetningu jökuláa frá Vatnajökli. Miklar árstíðabundnar sveiflur eru á efnastyrk jökuláa. Árstíðabundin áhrif í sumum ám, geta verið svipuð og áhrif, sem aðeins gætu þýtt yfirvofandi flóð vegna eldsumbrota í öðrum. Einnig fer það eftir rennslisleið, aurburðarmagni og fleiru hvaða áhrif koma skýrast fram á hverjum stað. Með vitneskju um efnastyrk við mismunandi rennsli má augljóslega greina breytingar vegna áhrifa eldvirkni með mun meiri næmni.

Fyrsti áfangi þessa verkefnisins var því sá að afla bakgrunnsgagna um efnasamsetningu og árstíðabundnar breytingar vatns í þeim ám, sem slík áhrif gætu komið fram í. Frá niðurstöðunum átti síðan að velja heppilega þætti til vöktunar á hverjum stað og ákveðin viðvörunargildi fyrir styrk þeirra. Einnig þarf að velja heppilegan stað þar sem marktækar breytingar sjást sem allra fyrst.

Síðara stig verkefnisins felst í að þróa sjálfvirka skynjara til að fylgjast með þessum þáttum í samvinnu við tvö íslensk fyrirtæki, Vistu og Element skynjaratækni. Sá þáttur verkefnisins byggir alfarið á niðurstöðum þess fyrri.

Það sem í upphafi var talið koma helst til greina voru gasskynjarar, sem nema mjög lágan gasstyrk og var þá einkum litið til brennisteinsvetnis. Hefur komið fram sú hugmynd að hugsanlega væri hægt að setja upp skynjara fyrir gas í lágum styrk nálægt útrennslisstöðum og tengja við fjarskiptastöð, sem sendi út viðvörum ef afbrigðileg gildi mældust. Einnig var rætt um þróun leiðnimælis, sem reka má í mjög gruggugu vatni, en finn aurburður getur bæði truflað niðurstöður og einnig valdið rekstrarörðugleikum á mælinum. Miklar árstíðasveiflur eru í leiðni, mismunandi efni gefa mismikið útslag í rafleiðni og góð bakgrunnsþekking á efnasamsetningu viðkomandi árvatns því nauðsynleg til að túlka sveiflur og skilja út óeðlilegar breytingar frá árstíðasveiflu.

Verk- og tímaáætlun

Verkþættir ársins fólust í fyrsta lagi í sýnatöku í ánum og samhliða rennslismælingu og aurburðarsýnatöku. Þennan þátt önnuðust Vatnamælingar Orkustofnunar að mestu leyti, en Rannsóknarsvið Orkustofnunar og Raunvísindastofnun Háskóla Íslands að

hluta. Þessum verkþætti lauk samkvæmt áætlun í lok júlí 1998. Annar meginverkþáttur ársins var efnagreining vatnssýnanna, sem Rannsóknarsvið Orkustofnunar og Raunvísindastofnun Háskóla Íslands annast. Þeim verkþætti lauk í endanlega í febrúar 1999, en hann tafðist nokkuð vegna óvissu um fjármögnun verksins í ársbyrjun 1998. Helstu niðurstöður voru þó ljósar í október 1998 og undirbúningur lokaáfangna verksins tafðist því ekki af þessum sökum. Vegagerð ríkisins fjármagnaði hluta af vinnu Orkustofnunar og Raunvísindastofnunar en auk þess lögðu þeir fram vinnuframlag við skipulagningu verksins og túlkun niðurstaðna. Auk þess lagði Vegagerðin fram verulegt vinnuframlag og kostnað við tíðar leiðnimælingar í Skeiðará og Jökulsá, sem ekki var áætlað innan ramma verkefnisins en reyndist ómetanlegt við úrvinnslu gagnanna. Í tengslum við verkefnið var unnið að doktorsverkefni í Skaftá sem einnig nýttist því mjög vel. Í því kostnaðaruppgjöri, sem fylgir þessari áfangaskýrslu er ekki talinn neinn kostnaður við þessi verkefni. Í því uppgjöri er kostnaður Vatnamælinga við verkefnið einungis færður sem viðbótarkostnaður samkvæmt áætlun, en ljóst er að raunkostnaður þeirra er verulega hærri þar sem stór hluti sýnatökufærða var eingöngu farinn vegna þessa verkefnis. Elementskynjaratækni hóf vinnu við þróun skynjara á árinu eins og áætlun gerði ráð fyrir. Mjög lítið fjármagn var áætlað til verksins enda ljóst að forsendur frá fyrri áfanga lægju ekki fyrir fyrr en síðari hluta þessa árs. Þær vörður sem skilgreindar voru í umsókn fyrir 1998 hafa því flestar náðst eða munu fyrirsjáanlega nást innan tilskilins tíma. Verkfræðistofan Vista kemur fyrst inn í verkefnið í þessum lokaáfangna þess.

Niðurstöður

Tekin hafa verið sýni mánaðarlega í heilt ár til efnagreininga á árvatni úr Skjálfafljóti við Aldeyjarsfoss, úr Jökulsá á Fjöllum, bæði við Grímsstaði og Upptýppinga, úr Kreppu á brú, úr Skeiðará á brú, úr Gígju af austurbakka við brú, úr Súlu á brú, úr Djúpá á vesturbakka við brú og úr Ása-Eldvatni af vesturbakka rétt norðan við brú. Einnig voru tekin sýni úr Múlakvísl norðan brúar á vesturbakka og úr Leirá um 3 km ofan brúar. Jafnframt var mælt rennsli í ánum og einnig tóku Vatnamælingamenn sýni til mælinga á aurburði.

Fyrsta sýnatökufærð var farin um mánaðarmótin júní-júlí 1997. Í þeirri ferð fóru sérfræðingar í jarðefnafræði frá Orkustofnun og Raunvísindastofnun með Vatnamælingamönnum Orkustofnunar til að fara yfir handbrögð og koma á samræmdum vinnubrögðum við sýnatöku. Í fyrstu sýnunum voru greind öll aðalefni, pH, basavirkni, brennisteinsvetni, helstu þungmálmar og kvikasilfur, valin sporefni, næringarsölt og stöðugar samsætur (vetni og súrefni). Einnig voru tekin sýni til aldursgreiningar með ^{14}C aðferð, þótt ekki sé til fjármagn til þeirra mælinga að svo stöddu. Miðað við niðurstöður mælinga á sýnum úr Jökulsá á Fjöllum á meðan á umbrotum í Vatnajökli stóð og á sýnum úr Skeiðará í hlaupi (Útdráttur birtur á ráðstefnu Jarðfræðafélags Íslands, 22. febrúar, 1997, Kafli í skýrslu Vegagerðar ríkisins, júlí, 1997) er líklegt að ómetanlegar upplýsingar um uppruna vatnsins geti fengist með slíkum greiningum og verður reynt að afla fjármagns til þeirra. Í sýnum frá næstu tveimur sýnatökum voru greind aðalefni og valin sporefni auk súrefnissamsætna. Þessa sýnatökur önnuðust starfsmenn Vatnamælinga. Um mánaðarmótin september-október voru svo aftur tekin sýni úr öllum ánum, til greininga á öllum sömu efnum og í fyrstu sýnatökunni. Aftur voru tekin sýni í byrjun nóvember, í byrjun desember og í síðarihluta janúar 1998. Í þessum sýnum voru greind aðalefni og valin sporefni auk

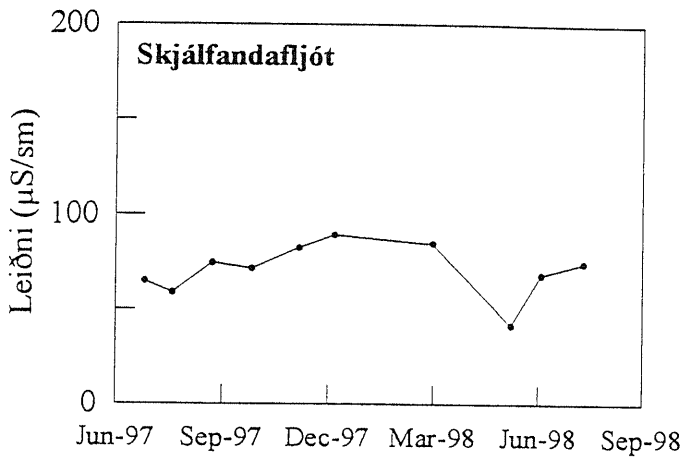
súrefnissamsætna. Í mars, júní og júlí 1998 voru tekin stórsýni til greininga á fleiri efnum, en í apríl og maí sýni til umfangsminni efnagreininga.

Nú liggja fyrir að mestu niðurstöður efnamælinga á sýnum af árvatninu og eru þær sýndar í töflu 1. Talsvert miklar sveiflur koma fram milli sýna frá mismunandi tímum og er það í samræmi við það sem búist hafði verið við. Einnig er verulegur munur milli mismunandi áa, bæði hvað varðar efnastyrk og sveiflur með árstíma. Á þessum tíma virðist hafa lekið úr Grímsvötnum í Skeiðará og efnasamsetning árvatnsins því ekki dæmigerð. Sé hins vegar litið á Jökulsá á Fjöllum þá er efnainnihald verulega lægra en í eldsumbrotunum í október 1996. Samanburður við gögn um heildarefnasamsetningu bendir til að efnasamsetning þar sé í eðlilegu horfi. Um flestar hinar árnar sem fylgst hefur verið með voru til sáralítill fyrri gögn, svo þar er nánast enginn samanburður til a.m.k. hvað einstök efni varðar.

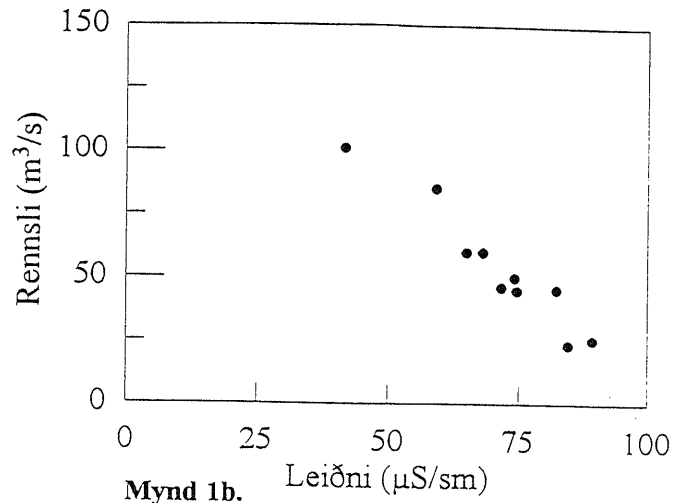
Leiðni á móti rennsli sýnir mjög ólíka ferla fyrir mismunandi ávatnsföll. Tengsl leiðni við rennsli er einnig talsvert mismunandi eftir ám (myndir 1a-11a). Almenn séð virðist þetta samhengi tengjast því hversu mikill hluti vatnsins er jökulvatn. Hlutfall þessarar þátta er mismunandi reglulegt, enda margir þættir sem hafa áhrif á þá (rennislisleið, mismunandi vatnasvið og berggrunnur, hitastig o.fl). Spönn leiðnigilda yfir árið er mjög mismunandi (Tafla 2, myndir 1b-11b). Leiðni með tíma sýnir að leiðni í árvatninu sveiflast yfirleitt á bilinu 40-100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Í Kreppu og Djúpa er mælist leiðni lægri en í flestum hinna. Einnig er fremur lág leiðni í Skjálfandafljóti. Í Jökulsá, bæði við Grímsstaði og Upptypinga og Leirá er hámarksleiðni 150-170 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Leiðni í Múlakvísl sveiflast milli 100 og 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Heildarstyrkur karbónats er á bilinu 20-30 mg/l í Skjálfandafljóti, Kreppu, Gígju, Súlu og Djúpa. Sama má segja um Skaftá, nema í hlaupum sem urðu í ánni síðsumars. Brennisteinsvetni mælist í engu tilviki utan örlítils votts í einu lekasýninu í Skeiðará.

Styrkur kísils í flestum ánum er nálægt 10 mg/l. Í Kreppu fer styrkurinn niður í um 5 mg/l yfir hásumarið. Áhrif hlaupvatns koma fram í Skaftá í kísilstyrk yfir 20 mg/l, en kísill í vatni úr Skeiðará á aðal lekatímabilinu og í hlaupinu er 40-50 mg/l. Klóríðstyrkur árvatnsins er alls staðar mjög lágur, 1-4 mg/l. Undantekning er Leirá þar sem styrkurinn er hærri, 4-6 mg/l. Styrkur klóríðs hækkar lítið sem ekki í hlaupum. Styrkur súlfats er bæði mjög mismunandi hér í mismunandi ám og breytileiki er einnig mismikill. Hæstur styrkur og mestur breytileiki sést eðlilega þar sem einhver jarðhitaáhrif koma fram og sömuleiðis þar sem berggrunnur er ummyndaður. Hlutfall stöðugra samsætna, vetnis- og súrefnissamsætna, endurspeglar hversu mikill hluti vatnsins er staðbundið rigningavatn og hversu mikill hluti er bráðið jökulvatn. Einnig er líklegt að bræðsla jökuls frá mismunandi stöðum komi fram í hlutföllum stöðugra samsætna. Mjög lágur styrkur þungmálma er í árvatninu utan örfárra sýna í Kreppu, Súlu og Skeiðará. Í fyrri tveim tilvikunum virðist vera um gallaða sýnatöku að ræða, en í Skeiðará er leki úr Grímsvötnum. Styrkur kvikasílfurs mælist í flestum tilvikum enginn eða um og undir bakgrunnsmörkum. Jafnvel í lekavatni úr Grímsvötnum og hlaupvatni úr Skaftá virðist styrkur kvikasílfurs ekki hækka.

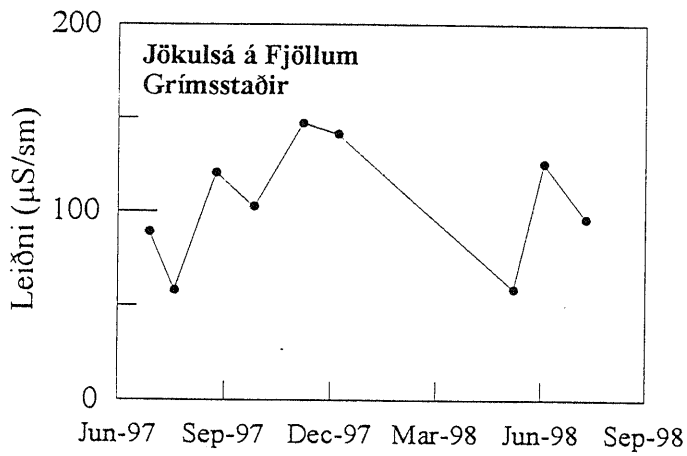
Staður	Númer	Dægt	Renull	Ledull	Heil	pH	pHmill	CO ₂	H ₂ S	B	SiO ₂	Uptil	SD	SD ²	Na	K	Mg	Ca	St	F	Cl	Br	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	SO ₄	Al	Cy	Mn	Fe	Cu	Zn	Asen	Cd	Hg	Pb		
Múlakvísl	19970506	30.06.97	100	48,9	2,5	8,06	21,7	17,8	0	0,06	13,10	16	-73,8	-10,73	5,04	0,21	1,01	4,45	0,000	0,07	1,16	0,000	0,0166	0,0037	0,0264	0,0361	2,47	1,91	0,0015	0,0384	1,85	0,0058	0,0060	0,0001	0	0	0	0	
	19970517	22.07.97	79	56,8	2,7	8,05	21,4	19,5	0	0,00	9,30	33	-72,5	-10,59	5,78	0,20	0,75	4,47	0,001	0,08	1,34	0,006	0,0061	0,0397	0,0216	0,0228	4,05	0,037	0	0,0010	0,0065	0,0001	0,0008	0	0	0	0		
	19970529	02.10.97	86	56,8	2,7	8,05	21,4	19,5	0	0,00	9,30	33	-72,5	-10,59	5,78	0,20	0,75	4,47	0,001	0,08	1,34	0,006	0,0061	0,0397	0,0216	0,0228	4,05	0,037	0	0,0010	0,0065	0,0001	0,0008	0	0	0	0		
	19970552	29.07.97	82	29,4	5,4	7,30	21,3	9,3	0	0	6,17	24	-70,8	-10,45	2,84	0,21	0,51	2,06	0,002	0,08	1,29	0,004	0,0069	0,0054	0,0054	0,0332	1,90	0,010	0	0,0134	0,0066	0,0054	0,0022	0,0001	0	0	0	0	
	19970559	02.10.97	35	47,9	1,8	7,52	21,8	15,0	0	0	10,00	0	-73,8	-10,57	4,60	0,33	0,89	3,16	0,005	0,10	2,07	0,008	0,0027	0,0720	0,0279	0,0054	0,0646	1,52	0,075	0	0,0089	0,0026	0,0023	0,0001	0	0	0	0	
	19970560	12.11.97	34,2	91,7	3,1	7,67	19,4	21,1	0	0,04	17,10	76	-71,8	-10,38	10,20	0,57	3,66	16,70	0,020	0,13	4,15	0,012	0,0039	0,0705	0,0283	0,2850	10,60	0,037	0	0,0247	0,0188	0,001	0,0019	0,0001	0	0,0000043	0,0002	0,0003	0
	19970561	13.11.97	30	74,8	4,0	7,60	21,1	34,1	0	0	10,89	37	-76,5	-11,18	5,78	0,21	0,51	2,06	0,002	0,10	2,37	0,009	0,0028	0,0273	0,0162	0,0437	7,42	0,016	0	0,0032	0,0049	0,0002	0,0011	0	0	0	0		
	19970562	02.10.97	30	132,3	1,1	7,68	21,5	48,3	0	0,04	16,90	84	-70,2	-10,45	10,60	1,16	3,92	9,83	0,025	0,37	3,88	0,014	0	0,1257	0,0265	0,0147	6,12	0,018	0	0,1330	0,0129	0,0001	0,0018	0	0	0	0		
	19970569	20.12.97	30	103	0,7	7,46	18,4	32,9	0	0,04	21,80	102	-68,6	-9,98	11,10	1,20	6,23	14,20	0,04	0,34	4,83	0,017	0,0070	0,1437	0	0,0367	8,55	0,026	0	0,0600	0,0126	0,0001	0,0018	0	0	0	0		
	19980104	23.01.98	4,5	171,6	0,3	7,16	21,9	58,7	0	0,00	20,80	29	-69,8	-10,07	11,20	1,16	3,50	7,63	0,022	0,22	5,41	0,021	0,0066	0,3321	0,0080	0,0073	4,34	0,029	0	0,0560	0,155	0,0001	0,0018	0	0	0	0		
	19980115	19.02.98	6	131	0,2	7,70	21,7	41,7	0	0	15,10	74	-69,9	-10,23	9,40	1,02	4,49	9,52	0,028	0,30	8,50	0,030	0,0041	0,1871	0,0157	0,0080	0,0796	8,25	0,010	0	0,0350	0,0122	0,0001	0,0018	0	0	0	0	
	19980128	05.05.98	19,5	70,0	10,0	7,64	25,7	20,2	49,8	0	0	7,70	83	-93,5	-9,85	8,70	1,02	4,87	10,20	0,030	0,27	6,50	0,023	0,0064	0,0064	0	0,0245	4,44	0,016	0	0,0470	0,163	0,0001	0,0018	0	0	0	0	
19980144	14.06.98	23	95,4	8,8	7,66	25,3	35,8	0	0	10,40	38	-64,8	-9,50	5,40	0,73	3,48	7,14	0,021	0,19	2,46	0,007	0,0026	0,0688	0,0038	0,0091	2,83	0,034	0,0004	0,0299	0,015	0,0003	0,0011	0	0	0	0			
19980153	20.07.98	51	124	4,7	7,32	22,1	40,0	0	0,05	28,40	53	-66,3	-10,09	10,80	1,01	2,21	10,60	0,030	0,17	6,03	0,022	0	0,0161	0,0054	0,0323	5,78	0,115	0	0,0530	0,0371	0,0003	0,0013	0	0	0	0			
19970521	23.07.97	64	104,5	2,7	7,38	22,4	33,2	0	0	13,31	49	-67,9	-10,17	8,99	1,20	1,73	8,65	0,025	0,21	4,75	0,018	0,0083	0,0701	0,0180	0	0	4,81	0,035	0	0,0750	0,054	0,0003	0,0011	0	0	0			
19970542	28.08.97	95	136,7	2,6	7,25	21,7	51,9	0	0,03	17,90	94	-70,5	-10,49	12,70	1,22	2,17	11,60	0,032	0,30	3,10	0,012	0	0,0694	0,0090	0,0180	0	0	4,67	0,022	0	0,1440	0,147	0,0003	0,0011	0	0	0		
19970553	03.10.97	37	164,7	0,6	7,77	21,7	62,9	0	0,05	21,30	107	-71,6	-10,38	14,40	1,40	1,92	15,20	0,042	0,31	4,97	0,018	0	0,0241	0,0267	0,0161	0	0	6,19	0,022	0	0,1310	0,0079	0,0001	0,0010	0	0	0	0	
19970562	13.11.97	19	256	0	7,56	21,7	96,4	0	0,13	41,70	169	-72,7	-10,32	24,40	2,56	4,24	22,10	0,058	0,41	5,83	0,020	0,0074	0,0693	0	0,0360	10,50	0,104	0	0,2390	0,160	0,0001	0,0010	0	0	0	0	0		
19970571	20.12.97	2,4	121,7	0,6	7,62	21,0	36,1	0	0,07	12,20	66	-63,3	-9,45	9,40	0,98	2,37	10,20	0,035	0,21	6,87	0,026	0,0073	0,3163	0,0115	0,0063	6,41	0,077	0	0,0310	0,050	0,0001	0,0010	0	0	0	0	0		
19980107	23.01.98	3,5	164,4	0,7	7,63	22,1	30,0	0	0,00	18,40	51	-63,5	-9,39	12,80	0,81	2,44	8,13	0,026	0,18	8,33	0,028	0,0034	0,1463	0	0,0843	5,19	0,008	0,0002	0,0087	0,0122	0,0011	0,0164	0	0	0	0	0		
19980116	19.02.98	8,9	104,6	2,0	7,63	22,1	30,0	0	0	13,10	29	-63,1	-9,16	8,70	1,08	2,44	8,13	0,026	0,18	8,33	0,028	0,0034	0,1463	0	0,0843	5,19	0,008	0,0002	0,0087	0,0122	0,0011	0,0164	0	0	0	0	0		
19980127	03.05.98	8	166	7,4	7,66	23,8	117,8	0	0	38,10	143	-60,7	-9,98	26,50	2,70	4,93	25,60	0,074	0,41	8,92	0,027	0,0110	0,1308	0	0,0843	5,19	0,008	0,0002	0,0087	0,0122	0,0011	0,0164	0	0	0	0	0	0	
19980128	05.05.98	5	301	0	7,64	23,5	155,6	0	0	14,40	42	-62,7	-9,38	11,50	1,18	3,32	12,90	0,042	0,28	7,36	0,028	0,0034	0,1431	0	0,0413	9,05	0,021	0	0,0910	0,0397	0,0001	0,0010	0	0	0	0	0		
19980131	04.06.98	13,7	131	9,4	7,22	25,5	48,1	0	0,08	17,30	55	-65,7	-9,28	10,90	1,34	3,32	9,66	0,043	0,28	7,88	0,013	0,0037	0,0377	0,0039	0,0203	6,99	0,015	0	0,0910	0,0397	0,0001	0,0010	0	0	0	0	0		
19980156	20.07.98	44,5	117,9	7,8	7,57	25,5	41,0	0	0,03	11,10	18	-68,6	-10,05	9,70	0,93	2,04	9,51	0,026	0,25	4,50	0,015	0,0042	0,1149	0,0083	0,0193	5,01	0,021	0	0,0700	0,0282	0,0003	0,0021	0	0	0	0	0		



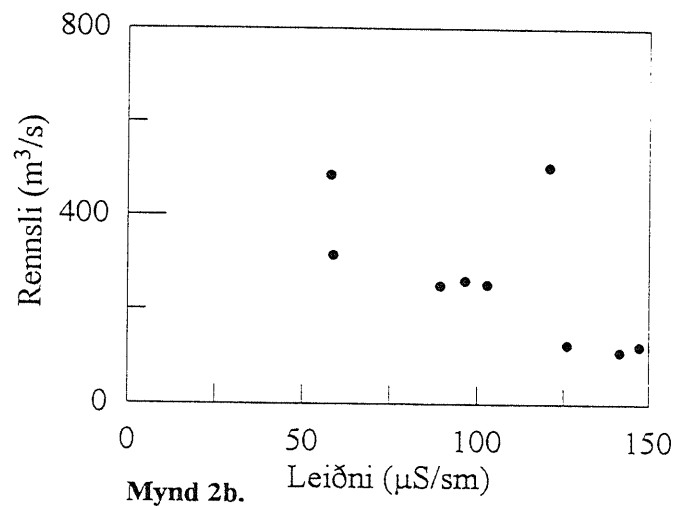
Mynd 1a.



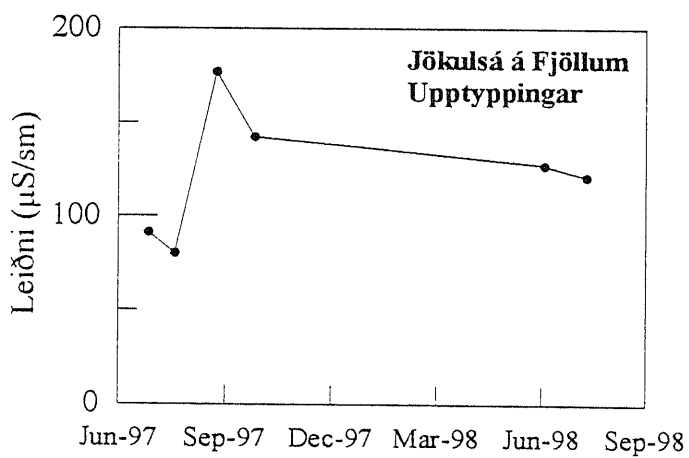
Mynd 1b.



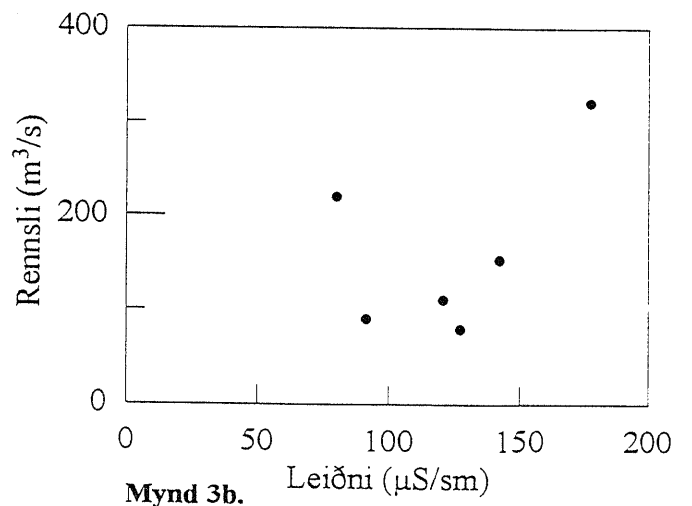
Mynd 2a.



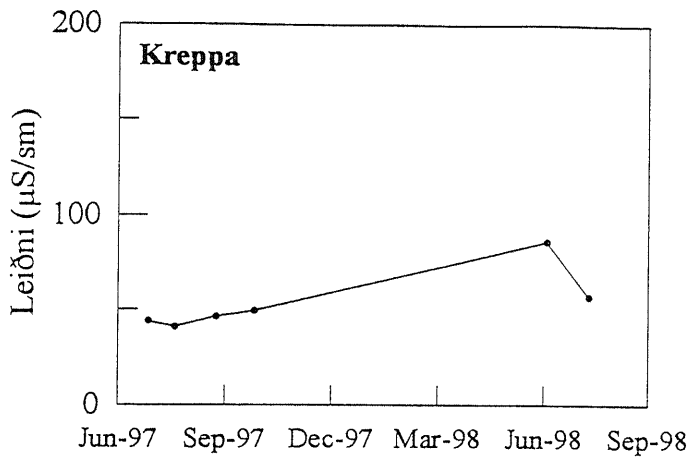
Mynd 2b.



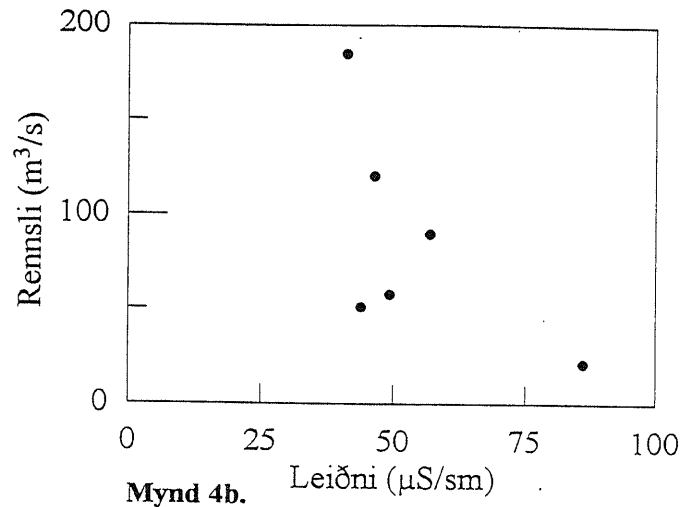
Mynd 3a.



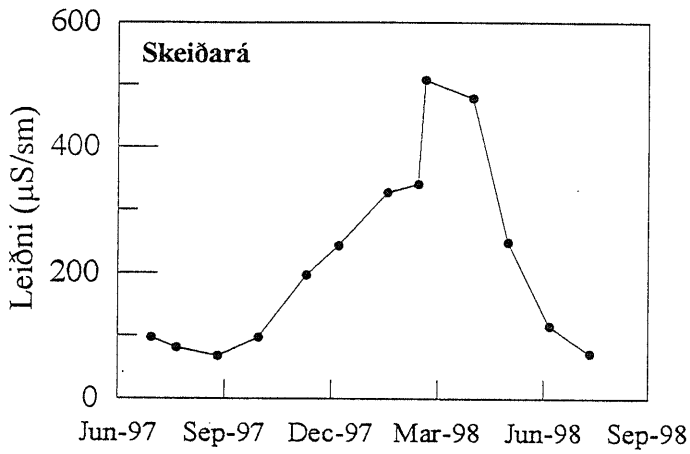
Mynd 3b.



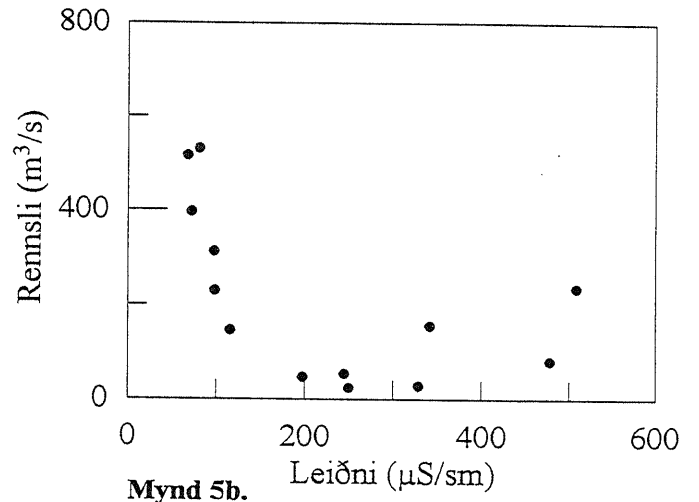
Mynd 4a.



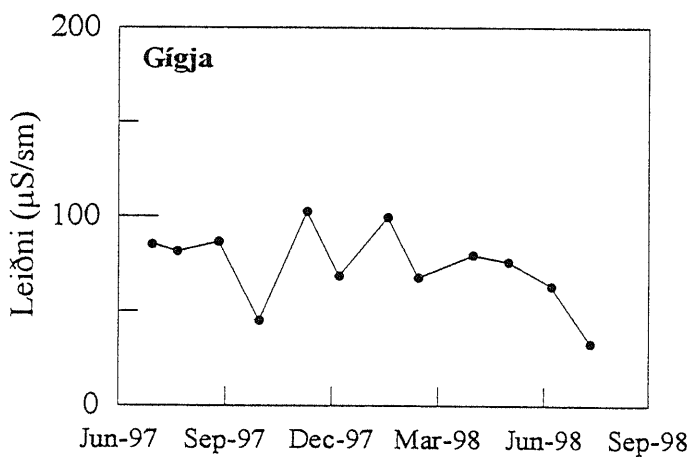
Mynd 4b.



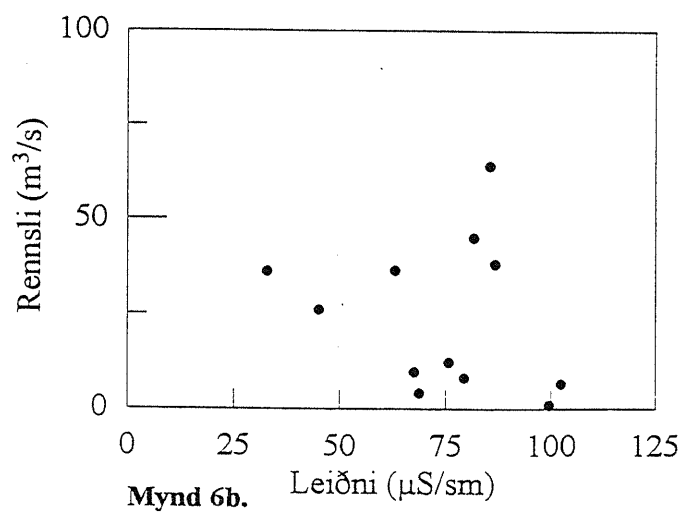
Mynd 5a.



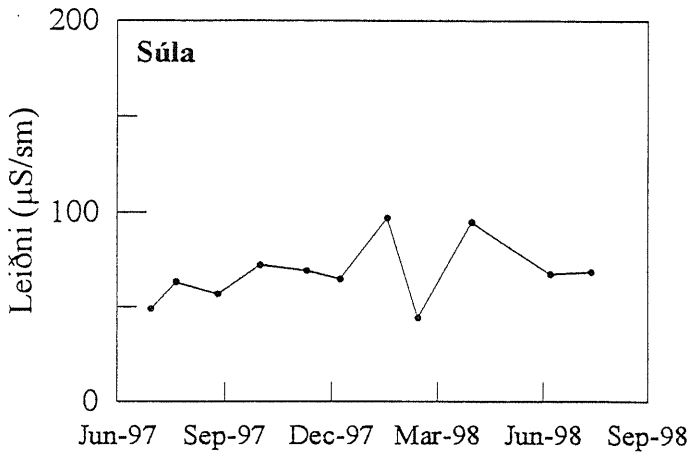
Mynd 5b.



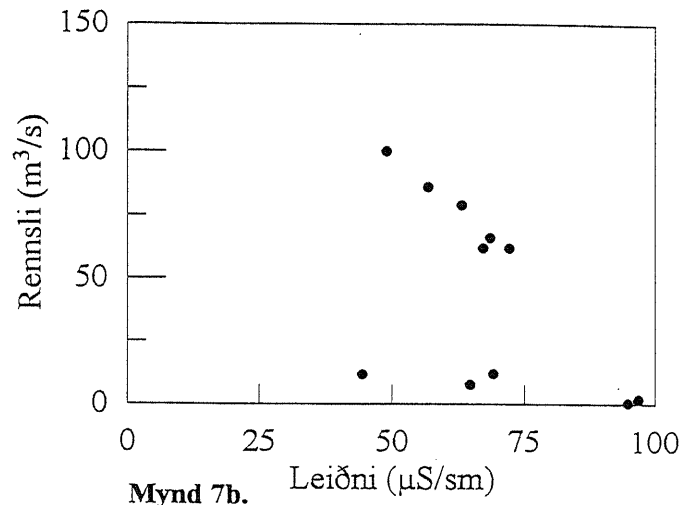
Mynd 6a.



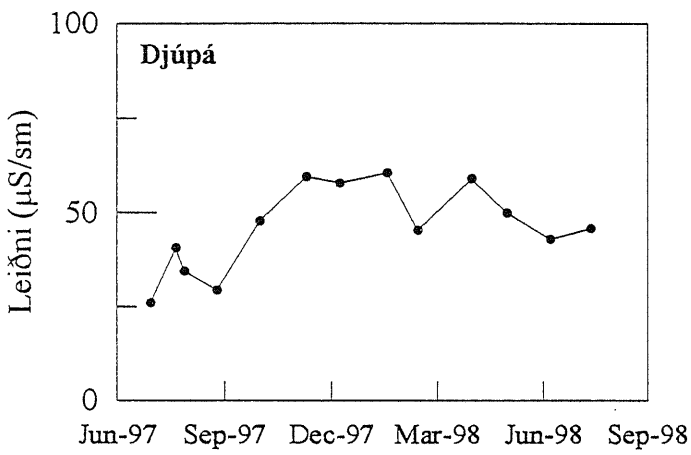
Mynd 6b.



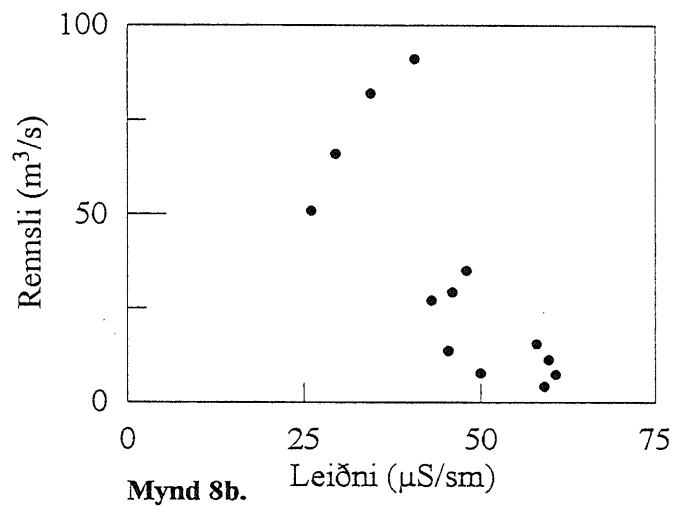
Mynd 7a.



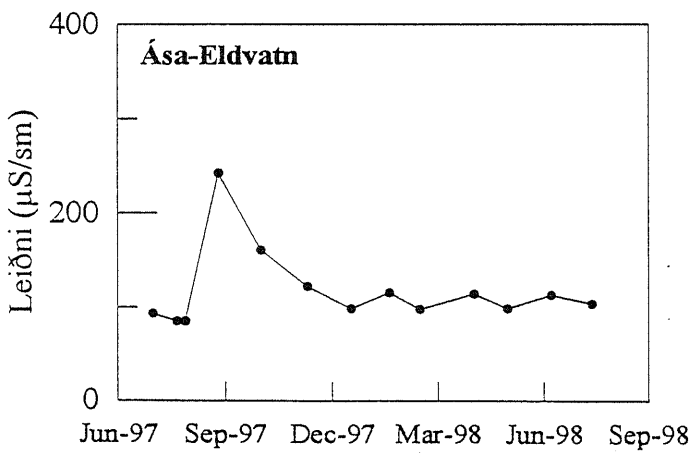
Mynd 7b.



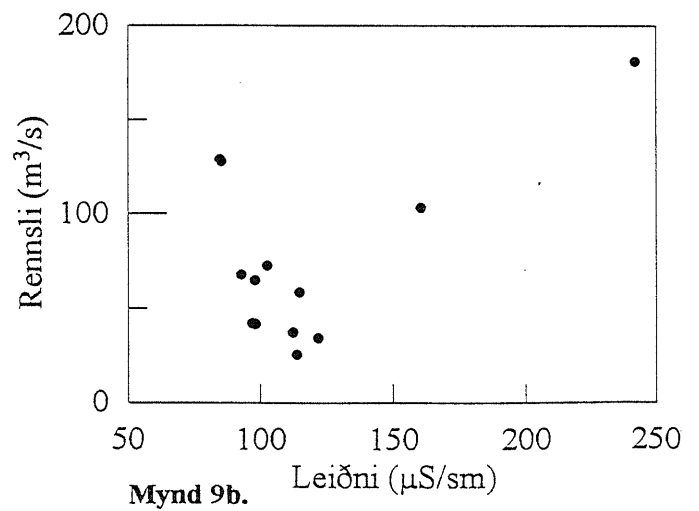
Mynd 8a.



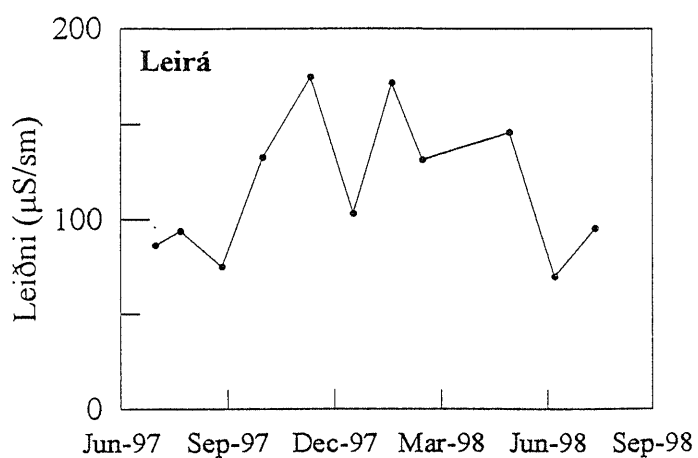
Mynd 8b.



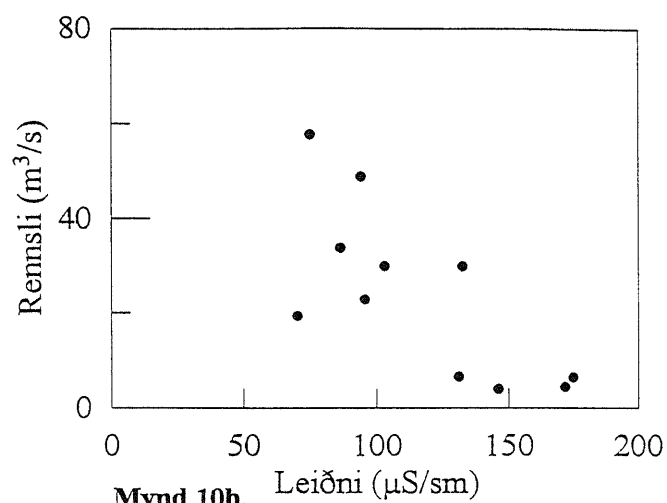
Mynd 9a.



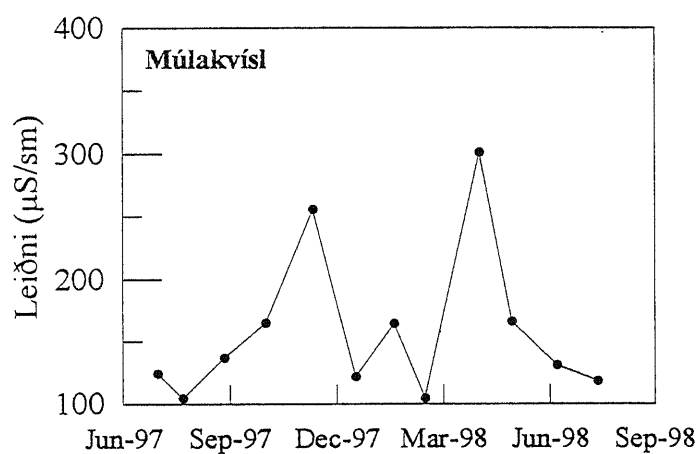
Mynd 9b.



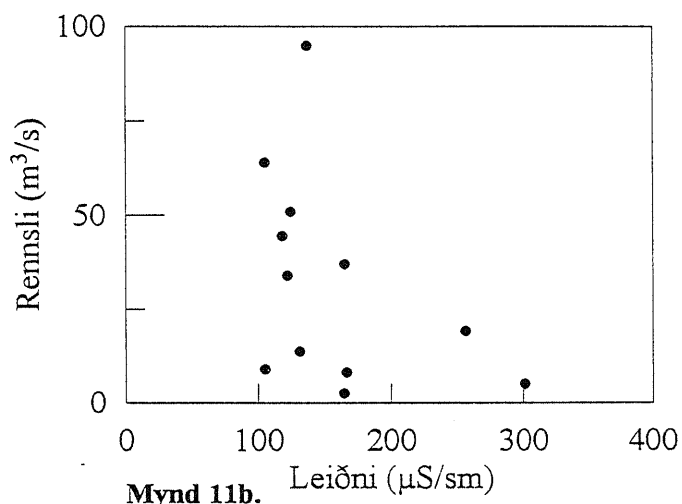
Mynd 10a.



Mynd 10b.



Mynd 11a.



Mynd 11b.

1-11a. Leiðni með tíma í árvatni úr Skjálfandafljóti við Aldeyjarfoss, úr Jökulsá á Fjöllum, bæði við Grímsstaði og Upptyppinga, úr Kreppu á brú, úr Skeiðará á brú, úr Gígju af austurbakka við brú, úr Súlu á brú, úr Djúpá á vesturbakka við brú, úr Ása-Eldvatni af vesturbakka rétt norðan við brú, úr Múlakvísl norðan brúar á vesturbakka og úr Leirá um 3 km ofan brúar.

1-11b. Leiðni á móti rennsli í árvatni úr Skjálfandafljóti, Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði og Upptyppinga, Kreppu á brú, Skeiðará á brú, Gígju af austurbakka, Súlu á brú, Djúpá á vesturbakka, Ása-Eldvatni af vesturbakka, Múlakvísl og Leirá.

Í töflu 2 er yfirlit yfir spönn leiðnigilda í ánum og hlutfall leiðni og rennslis. Jafnframt eru sett upp viðvörunargildi fyrir þessa þætti í mismunandi ám.

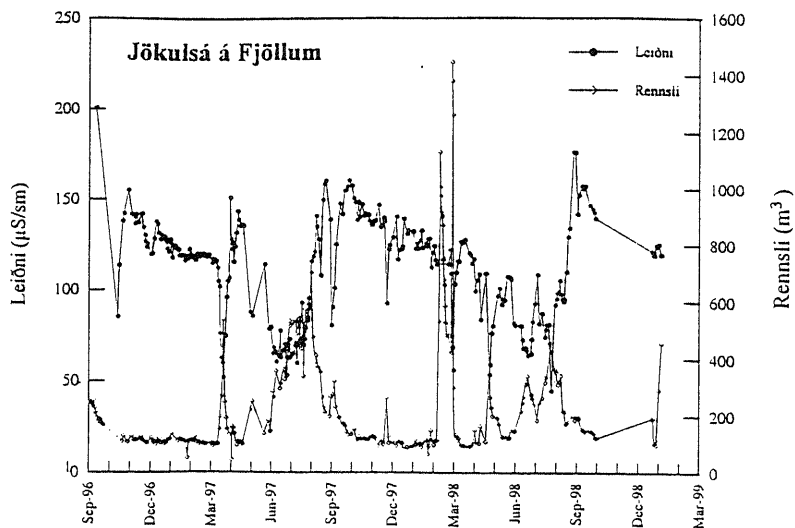
Tafla 2. Spönn leiðnigilda í ánum

Sýnatökustaður	Hámarks leiðni í $\mu\text{S}/\text{cm}$	Hámark leiðni/rennslis	Lágmarks-leiðni í $\mu\text{S}/\text{cm}$	Lágmark leiðni/rennslis	Viðvörunar gildi leiðni
Kreppa	86	4	41	0.2	90
Jökulsá/Uppty	177	1.6	80	0.5	180
Jölulsá/Grímst	147	1.3	58	0.1	150
Skjálfafljót	90	3.5	42	0.4	100
Skeiðará	510*(115)	0.2	67	11.7	180
Gígja	100	15.7	33	0.9	100
Súla	97	8.6	44	0.5	100
Djúpa	61	14.1	26	0.5	70
Skaftá/Eldvatn	242*(115)	4.5	85	0.7	130
Leirá	172	38.1	70	1.9	180
Múlakvísl	301	65.8	105	1.4	320

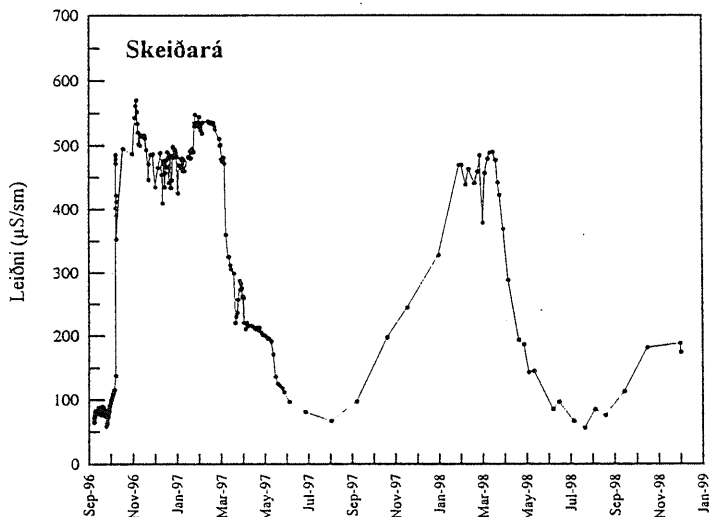
* Gildi frá jökulhlaupum

Mæld hefur verið leiðni árvatns u.þ.b. tvisvar í viku í vatni Jökulsár við Grímsstaði (mynd 12) frá því um vorið 1997 og lesið samhliða af vatnshæðamæli sem gefur samtímarennsli. Leiðni var einnig mæld í Skeiðará (mynd 13) frá um mánuði fyrir stóra hlaupið en mælingar lögðust síðan af í júní 1997 (fram í mars 1998, þegar þær voru teknar upp aftur með minni tíðni). Með slíkum mælingum fæst áreiðanlegri ákvörðun á viðvörunargildi, einkum þar sem rennslis- eða vatnshæðarmælingar eru gerðar samtímis. Nauðsynlegt er hins vegar að hafa samhliða upplýsingar um efnasamsetningu til að geta túlkað hvað ræður leininni í vatninu.

Niðurstöður verkefnisins sýna að leiðnimælingar munu í mörgum ám gefið viðvörun um yfirvofandi flód vegna eldsumbrota. Leiðnimælingar eru í sjálfu sér einfaldar en samfelldur rekstur í mjög aurugu vatni er erfiðleikum bundinn og þróa þarf viðvörunarbúnað með gildum, sem eiga við hverja á fyrir sig. Í tengslum við verkefnið gerði breskur háskólanema í doktorsnámi prófanir á tilraunir með rekstur samfelldra leiðnimælinga í Skaftá. Hann rak í samvinnu við Orkustofnun sjálfvirka sýnasöfnun og leiðnimælingar um nokkurra mánaða skeið í Skaftá bæði við Ása- Eldvatn og Sveinstinda. Góð reynsla fékkst af því hvers konar leiðniskynjara unnt er að nota og hvernig búa þarf um þá til að aurburðurinn fylli ekki mælirörin á skömmum tíma. Ljóst er þó að hreinsa þarf mælirörin og skynjarana reglulega. Gögnunum var safnað í gagnasöfnunarbúnað en ekki var um að ræða sjálfvirkar sendingar á gögnum né neinn viðvörunarbúnað. Eftir gosið í Grímsvötnum í desember 1998 var settur upp í Skeiðará leiðnimælíbúnaður sem tengdur var sendibúnaði sem sendir gögnin reglulega frá söfnunarbúnaðinum (mynd 14). Einnig voru forrituð inn viðvörunargildi, sem fengist hafa frá mælingum í ánni, og fari leiðnin yfir þau sendir búnaðurinn út viðvörun. Verið er að sníða vankanta af þessum búnaði og safna reynslu til að útbúa búnað til langtímareksturs.

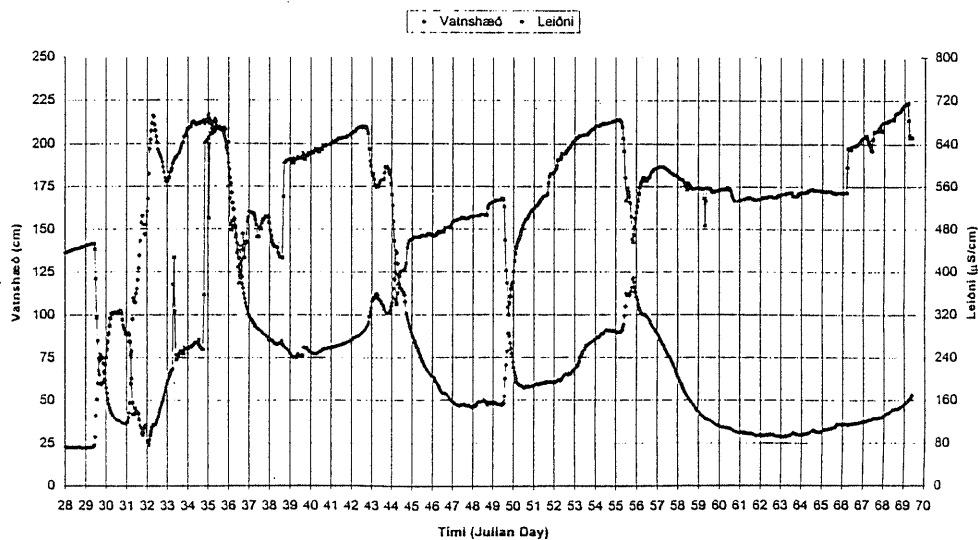


12. Leiðni og rennsli í Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði frá október 1996 fram í mars 1999.



13. Leiðni í Skeiðará frá október 1996 fram í janúar 1999.

Vatnshæð og leiðni Skeiðarár við stíflugaró.



14. Síritandi mælingar á leiðni og vatnshæð í Skeiðará frá desember 1998 fram í mars 1999.

Prófanir Element skynjaratækni með sjálfvirka skynjara fyrir brennisteinsvetnisgas eru á byrjunarstigi. Ljóst er þó að eigi einhver möguleiki að vera á því að nema brennisteinsvetni þurfa þeir að nota skynjara sem byggja á annarri tækni en namar sem þeir hafa smíðað hingað til og hefur fyrirtækið verið að safna upplýsingum um mismunandi aðferðir sem notaðar eru við mælingar á gastegundinni. Nokkur undirbúningsvinna hefur einnig farið fram hjá Vatnamælingum til að leysa hvernig unnt sé að safna gasinu og staðsetja nemanna yfir vatnsborði í tengslum við vatnsborðsmælihusin. Æskilegt væri að setja þennan prófunarbúnað upp í tilraunaskyni við Sveinstinda, þar sem hlaup í Skaftá eru nær árleg og grunur um að þar sé oft leki jarðhitavatns í árvatnið. Kvikasilfur virðist nokkuð áhugavert efni til vöktunar, þar sem það hefur ekki mælst nema í tengslum við eldvirkni. Neminn þarf hins vegar að geta numið mjög lágan styrk og ekki hefur enn fundist heppileg aðferð til slíkrar vöktunar í jökulvatni.

Útgefin rit um niðurstöður verkefnisins:

Útdráttir birtir á ráðstefnu Jarðfræðafélags Íslands, 22. febrúar, 1997 og 20. apríl 1999.

Kaflí í skýrslu Vegagerðar ríkisins, júlí, 1997.

Í útgáfu er grein hjá tímaritinu Journal of Volcanology and Geothermal Research