

Efnasamsetning og rennsli Skaftár í hlaupi, september 2002

Sigurður Reynir Gíslason¹, Eydís Salome Eiríksdóttir¹, Sverrir Óskar Elefsen²,

RH-05-2003

¹Raunvísindastofnun Háskólans, Dunhaga 3, 107 Reykjavík.

²Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík.



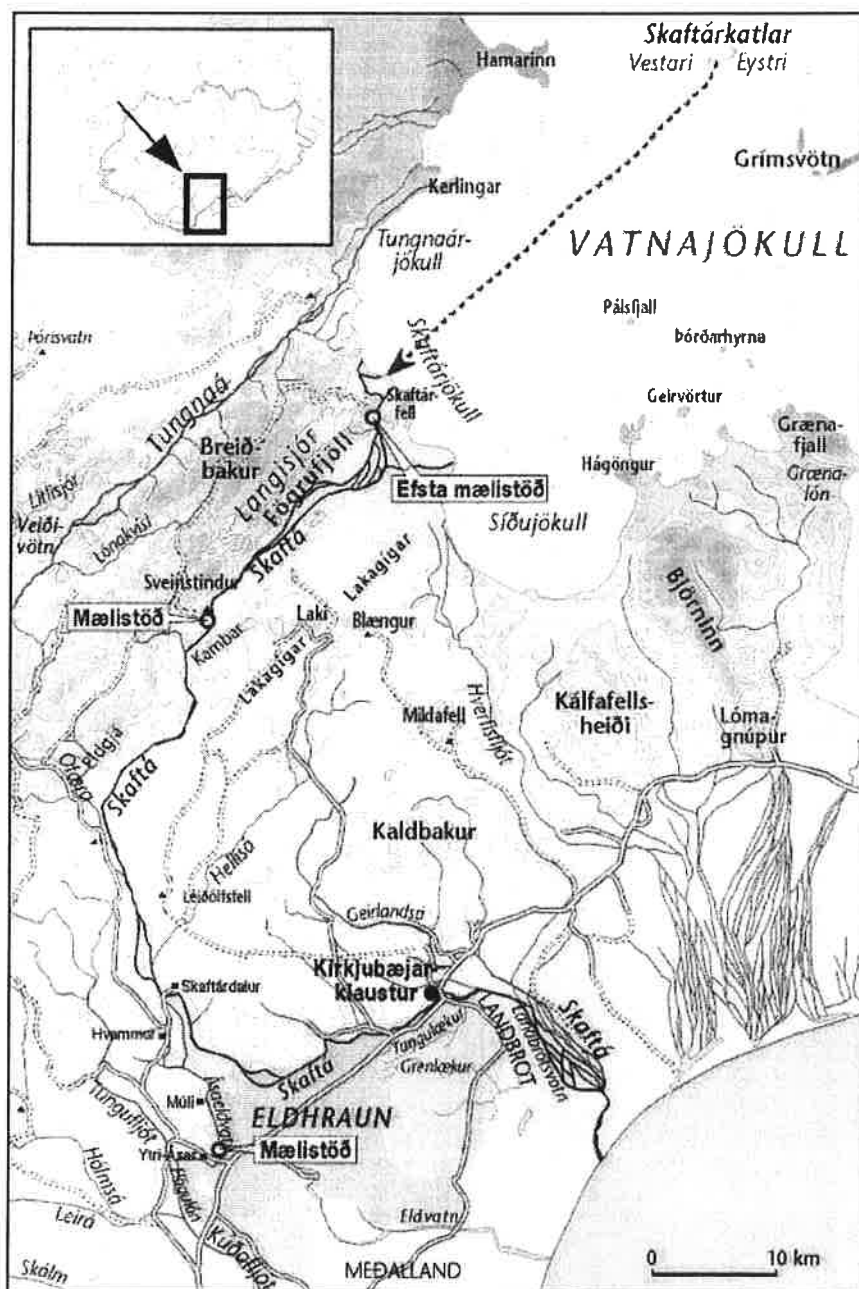
Maí 2003

Inngangur

Rannsóknin er unnin í samstarfi við Vatnamælingar Orkustofnunar og er kostuð af Landsvirkjun. Tilgangur skýrslunnar er að gera grein fyrir aðferðafræði sýnatöku og niðurstöðum mælinga sem gerðar voru.

Sýnataka

Sýni til efnarannsókna voru tekin af bakka, um 50 m. ofan við vatnshæðamæli við Sveinstind. Vatni var safnað með plastfötu og hellt á 5 l plastbrúsa og 1 l dökka glerflösku. Áður höfðu fatan og ílátin verið skoluð vandlega með árvatninu. Vatnið úr glerflöskunni var notað við títrun á O_2 og H_2S á staðnum, en síð þá vatn úr plastbrúsanum var tekið með á efnafræðistofuna til frekari rannsókna. Hitastig árvatsins var mælt með „thermistor“-mæli og var hitaneminn settur út í ána við bakkann.



Meðhöndlun sýna

Sýni til rannsókna á uppleystum efnum voru meðhöndluð strax á sýnatökustað. Vatnið var síað í gegnum sellulósa asetat síu með 0,2 µm porustærð. Þvermál síu var 142 mm og Sartorius® („in line pressure filter holder, SM16540“) síuhaldari úr tefloni var notaður. Sýninu var þrýst í gegnum síuna með peristaltik dælu. Slöngur voru úr silíkoni. Síur, síuhaldari og slöngur voru þvegnar með því að dæla a.m.k. einum lítra af árvatni gegnum síubúnaðinn og var lofti hleypt af síuhaldara með þar til gerðum loftventli. Áður en sýninu var safnað voru sýnaflöskurnar þvegnar þrisvar sinnum hver með síuðu árvatni.

Fyrst var vatn sem ætlað var til mælinga á O₂ og H₂S síað í litlar Erlenmayer flöskur. H₂S var títrað með kvikasilfurslausn (Stefán Arnórsson, 2000) og O₂ var bundið áður en frekari síun fór fram. Að síun lokinni var O₂ títrað með Winkler títrun (Stefán Arnórsson, 2000). Að því loknu var vatn sem ætlað var til mælinga á reikulum efnum: pH, leiðni og basavirkni, síað í tvær dökkar, 275 ml og 60 ml, glerflöskur. Síðan var síðað í 1 l „high density polyethelýn“ flösku til mælinga á stöðugum samsætum brennisteins. Því næst var vatn síað í tvær 190 ml „low density pólýethelýn“ flöskur. Sú fyrri var ætluð til mælinga á styrk anjóna og sú seinni fyrir aðalefna- og snefilefnagreiningu á Raunvísindastofnun. Í seinni flöskuna sem var sýrupvegin með 0,1 M HCl fyrir sýnatöku, var bætt einum millilítra af fullsterkri hreinsaðri saltpétursýru í lok söfnunar á hverjum stað.

Þá var sýnum safnað í 100 ml „high density pólýethelýn“ sýrupvegna flösku til snefilefnagreininga. Þessi flaska var sýrupvegin í Luleå, af rannsóknaraðilanum SGAB Analytica sem annaðist snefilefnagreiningarnar og sumar aðalefnagreiningar. Út í þessa flösku var bætt einum millilítra af fullsterkri hreinsaðri saltpétursýru í lok söfnunar á hverjum stað. Þá var síuðu árvatni safnað á fjórar sýrupvegnar 20 ml „high density pólýethelýn“ flöskur. Flöskurnar voru þvegnar með 1 N HCl og stóð sýrulausnin í flöskunum í a.m.k. 4 klst., en þær tæmdar fyrir leiðangur og skolaðar með afjónuðu vatni. Ein flaska var ætluð fyrir hverja mælingu eftirfarandi næringarsalta: NO₃, NO₂, NH₄, PO₄. Þessi sýni voru geymd í kæli á söfnunardeginum og fryst í lok söfnunarferðarinnar.

Efnagreiningar og meðhöndlun sýna á rannsóknarstofu að lokinni söfnun

Efnagreiningar voru gerðar á Raunvísindastofnun, Orkustofnun, SGAB Analytica (Svensk Grundämnesanalys AB) í Luleå í Svíþjóð. Niðurstöður mælinga sem búið er að framkvæma eru sýndar í Töflu 1 og 2.

Uppleyst efni

Basavirkni („alkalinity“), pH og leiðni voru mæld með títrator, rafskauti og leiðnimæli á Raunvísindastofnun að loknum sýnatökuleiðangri. Aðalefni og snefilefni voru mæld af SGAB Analytica í Svíþjóð með ICP-AES, ICP-MS (Mass Spectrometry with Inductively Coupled Plasma), og atóm-ljómun; AF (Atomic Fluorescence). Notaðar voru tvær tegundir massagreina með plasmanu, svokallað ICP-QMS, þar sem „quadropole“ er notaður til að nema massa efnanna, og hins vegar ICP-SMS þar sem „a combination of a magnetic and an electrostatic sector“ er notað til að skilja að massa efnanna. Þegar styrkur efnanna var lítill var notast við ICP-SMS. Næringarsöltin NO₃, NO₂, NH₄, og PO₄ voru greind með sjálfvirkum litrófsmæli Raunvísindastofnunar („autoanalyzer“). Sýni til næringarsaltagreininga voru tekin úr frysti og látin standa við stofuhita nóttina fyrir efnagreiningu þannig að þau bráðnuðu að fullu. Flúor, klór og súlfat voru mæld með jónaskilju á Orkustofnun. Sýni til brennisteinssamsætumælinga voru látin seytla í gegnum jónaskiptasúlu með sterku

anjóna jónaskiptaresini. Sýnaflöskur voru vigtaðar fyrir og eftir jónaskipti til þess að hægt væri að leggja mat á heildarmagn brennisteins í jónaskiptaefni. Þegar allt sýnið hafði seytilað í gegn eftir rúmlega 3 tíma og loft komið í jónaskiptasúlurnar var þeim lokað og þær sendar til Stokkhólms til samsætumælinga. Loft var látið komast inn í súlurnar til þess að tryggja að nægt súrefni væri í þeim til að allur brennisteinn héldist á formi súlfats (SO₄).

Niðurstöður mælinga

Niðurstöður mælinga sem búið er að framkvæma eru sýndar í Töflu 1. Næmi og samkvæmni mælinga eru gefin í Töflu 2. Tímasetning sýnanna 02-SK01 (Ása-Eldvatn) og 02-SK07 (upptök Skaftár) eru reiknuð yfir á tíma Sveinstinds miðað við rennslisraða vatnsins (munnl. uppl. Oddur Sigurðsson).

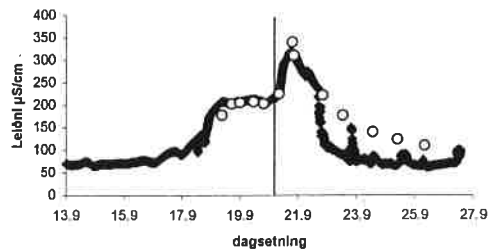
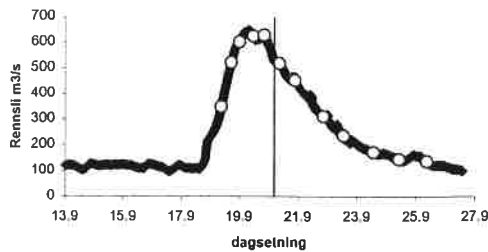
Leiðni og pH vatns eru hitastigsháð. Þess vegna er getið um hitastig vatnsins þegar leiðni og pH voru mæld á rannsóknarstofu. Styrkur uppleystra aðalefna er gefinn í millimólum í kíló vatns (mmól/kg), styrkur snefilefna sem míkromól í kíló vatns (µmól/kg) og nanómólum í lítra vatns (nmól/l). Basavirkni, skammstöfuð Alk. („Alkalinity“) í Töflu 1, 3 og 4-17, er gefin upp sem „milliequivalent“ í lítra vatns. Heildarmagn uppleysts ólífræns kolefnis (Dissolved Inorganic Carbon, DIC) er gefið sem millimól C í hverju kg vatns í Töflu 1 og er reiknað samkvæmt eftirfarandi jöfnu (1), út frá mælingum á pH, hitastigi, sem pH-mælingin var gerð við, mældri basavirkni og mældum styrk kísils.

$$DIC = 1000 \frac{\left[[Alk] - \frac{K_w}{[H^+]} - \frac{Si_T}{\left[\frac{[H^+]}{K_s} + 1 \right]} + [H^+] \right]}{\left[\left[\frac{[H^+]}{K_1} + 1 \right] + \left[\frac{K_2}{[H^+]} + 2 \right] \left[\frac{[H^+]}{K_1 K_2} + \frac{[H^+]}{K_2} + 1 \right] \right]^{-1}}$$

Heimildir

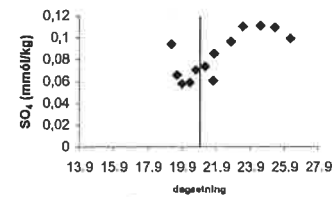
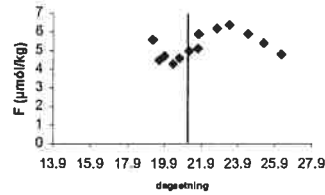
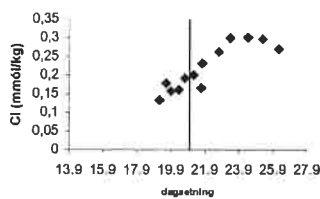
Stefán Arnórsson 2000. Isotopic and chemical Techniques in geothermal exploration, development and use. International Atomic energy agency, Vienna, 351 bls.

Niðurstöður mælinga

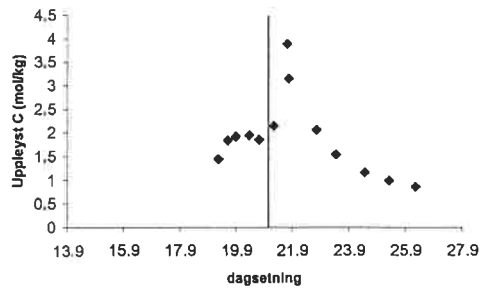
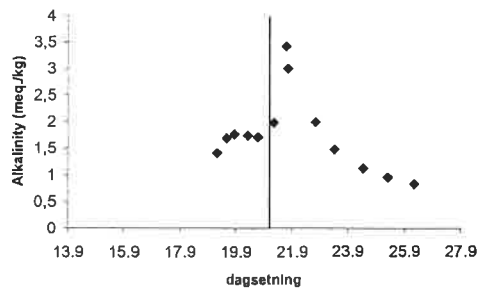


Gröfin sýna rennsli og leiðni Skaftár samkvæmt rennissírita og leiðnimæli við Sveinstind á meðan hlaupinu stóð. Hringirnir sýna tímasetningu sýnatöku og stakar leiðnimælingar sem framkvæmdar voru samhliða sýnatökunni. Leiðnimælingunum ber vel saman við siritann fram til 22. sept en þá verður stökk í niðurstöðum úr siritanum og leiðnin fellur hratt. Líklegt má teljast að leiðnisíritinn hafi truflast á þessum tímapunkti t.d. vegna aurframburðar.

Svarta línan í gröfunum táknar tímasetningu lágtíðniskjálfta sem urðu við Skaftárkatlana, reiknaða yfir á tíma Sveinstinds miðað við rennslisraða vatnsins (munnl. uppl. Oddur Sigurðsson).



Anjónirnar Cl, SO₄ og F haga sér svipað með tíma. Styrkur Cl eykst smátt og smátt frá upphafi sýnatöku þar til hann nær hámarki og fellur aftur. Styrkur SO₄ og F minnkar fyrst og hækkar svo eins og Cl. Fellur síðan þegar flóðið rénar.



Alkalinity er mælt og magn uppleysts ólífræns kolefnis er síðan reiknað samkvæmt jöfnu (1). Hvoru tveggja hækkar snarlega eftir jarðskjálftana og lækkar svo rólega eftir því sem líður á flóðið.

Sýna númer	Staðsetning	Dagsetning	Rennsil m ³ /sek	Vatns- hiti °C	Lof- hiti °C	pH	pH	Leðni µS/cm	T °C	O ₂ mmole/kg	SiO ₂ mmól/kg	Na mmól/kg	K mmól/kg	Ca mmól/kg	Mg mmól/kg	Alk meq/kg	DIC mmól/kg	Cl mmól/kg	F µmól/kg	
02-SK-01	Ása-Eldvatn af brú	18.9.2002 18:20																		
02-SK-01	Ása-Eldvatn, Sveinsindur	18.9.2002 08:44	349	6,4	10,4	7,90	20,1	208,1	8,3		0,641	0,544	0,017	0,482	0,178	1,418	1,46	0,135	0,295	
02-SK-02	Skatá, Sveinsindur	18.9.2002 16:40	522			7,44	19,9	205,6	7,8		0,844	0,644	0,018	0,559	0,182	1,697	1,84	0,179	0,237	
02-SK-03	Skatá, Sveinsindur	18.9.2002 23:30	603	1,3	3,6	7,41	20,8	209,9	7,7		0,922	0,679	0,019	0,559	0,181	1,767	1,93	0,158	0,248	
02-SK-04	Skatá, Sveinsindur	19.9.2002 11:00	625	0,4	7,6	7,29	21,3	214,1	7,6	0,302	0,951	0,722	0,019	0,556	0,175	1,746	1,96	0,161	0,226	
02-SK-05	Skatá, Sveinsindur	19.9.2002 19:30	628	1,9	4,2	7,45	21,5	207,6	11,4	0,317	0,855	0,700	0,018	0,544	0,170	1,716	1,86	0,192	0,242	
02-SK-06	Skatá, Sveinsindur	20.9.2002 08:25	517	0,8	4,2	7,45	21,5	227,9	11,8	0,325	0,709	0,700	0,020	0,634	0,192	1,961	2,14	0,200	0,262	
	Skatá við upptök	20.9.2002 15:05																		
02-SK-07	Skatá við upptök, Sveinsindur	20.9.2002 19:35		0,4	5,4	7,25	18,9		12,2	0,155	0,676	0,974	0,032	1,173	0,181	3,428	3,90	0,166	0,269	
02-SK-08	Skatá, Sveinsindur	20.9.2002 20:50	452	1,9	7	7,68	19,6	316,1	12,7	0,308	0,616	0,896	0,024	0,988	0,230	3,010	3,16	0,233	0,310	
02-SK-09	Skatá, Sveinsindur	21.9.2002 20:30	312	2,6	7,8	7,78	18,5	137,6	12,5	0,310	0,431	0,622	0,018	0,666	0,182	1,997	2,07	0,263	0,327	
02-SK-10	Skatá, Sveinsindur	22.9.2002 13:00	237	2,6	7,2	7,70	19,1	89,8	14	0,323	0,348	0,500	0,013	0,509	0,155	1,485	1,55	0,301	0,337	
02-SK-11	Skatá, Sveinsindur	23.9.2002 13:18	172	3	8,4	7,75	20,6	84	14,2	0,329	0,272	0,396	0,012	0,387	0,125	1,129	1,17	0,302	0,312	
02-SK-12	Skatá, Sveinsindur	24.9.2002 09:50	145	2,2	6,1	7,74	21,3	67,13	14,5	0,302	0,234	0,337	<0,010	0,327	0,111	0,957	1,00	0,298	0,285	
02-SK-13	Skatá, Sveinsindur	25.9.2002 08:30	137	1,2	1,7	7,77	21,5	67,85		0,264	0,202	0,293	<0,010	0,284	0,098	0,836	0,87	0,271	0,254	

Sýna- númer	Staðsetning	Dagsetning	SO ₄ mmól/kg	SO ₄ mmól/kg	SO ₄ µmole/kg	H ₂ S µmole/kg	š ² S %	Hleðslu- % jafnvægi	Cu mmól/kg	Cr mmól/kg	Co mmól/kg	Cd mmól/kg	Ba mmól/kg	As mmól/kg	Sr mmól/kg	Ag mmól/kg	Ca mmól/kg	Mg mmól/kg	Alk meq/kg	DIC mmól/kg	Cl mmól/kg	F µmól/kg	
02-SK-01	Ása-Eldvatn af brú	18.9.2002 18:20																					
02-SK-01	Ása-Eldvatn, Sveinsindur	18.9.2002 08:44	0,111	0,095	2,05		7,62	0,14	0,949	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948	0,948	
02-SK-02	Skatá, Sveinsindur	18.9.2002 16:40	0,091	0,066	6,62		6,54	0,14	0,907	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718	
02-SK-03	Skatá, Sveinsindur	18.9.2002 23:30	0,085	0,058	7,55		6,49	0,14	0,920	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	
02-SK-04	Skatá, Sveinsindur	19.9.2002 11:00	0,085	0,059	7,97	0,680	8,46	0,18	1,30	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	
02-SK-05	Skatá, Sveinsindur	19.9.2002 19:30	0,090	0,071	4,95	0,500	4,55	0,10	1,10	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	
02-SK-06	Skatá, Sveinsindur	20.9.2002 08:25	0,099	0,074	7,68	1,400	1,81	0,04	0,578	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	
	Skatá við upptök	20.9.2002 15:05																					
02-SK-07	Skatá við upptök, Sveinsindur	20.9.2002 19:35	0,086	0,061	7,32	3,400	0,06	0,00	3,08	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	
02-SK-08	Skatá, Sveinsindur	20.9.2002 20:50	0,104	0,086	3,84	0,600	1,73	-0,06	0,591	0,517	0,517	0,517	0,517	0,517	0,517	0,517	0,517	0,517	0,517	0,517	0,517	0,517	
02-SK-09	Skatá, Sveinsindur	21.9.2002 20:30	0,114	0,097	3,37	0,640	4,94	-0,12	0,420	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	
02-SK-10	Skatá, Sveinsindur	22.9.2002 13:00	0,123	0,111	0,29	0,300	8,69	0,17	0,426	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	
02-SK-11	Skatá, Sveinsindur	23.9.2002 13:18	0,122	0,112	0,24	0,390	-0,22	14,5	0,46	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	
02-SK-12	Skatá, Sveinsindur	24.9.2002 09:50	0,119	0,110	0,00	0,14	-0,25	18,6	0,40	0,319	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	
02-SK-13	Skatá, Sveinsindur	25.9.2002 08:30	0,109	0,100	0,00	0,15	-0,24	20,1	0,35	0,433	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	

Sýna- númer	Staðsetning	Dagsetning	Sr µmól/kg	As mmól/kg	Ba mmól/kg	Cd mmól/kg	Co mmól/kg	Cr mmól/kg	Cu mmól/kg	Ni mmól/kg	Pb mmól/kg	Zn mmól/kg	Hg mmól/kg	Mo mmól/kg	Ti mmól/kg	Th mmól/kg	V µmól/kg
02-SK-01	Ása-Eldvatn af brú	18.9.2002 18:20															
02-SK-01	Ása-Eldvatn, Sveinsindur	18.9.2002 08:44	0,256	4,07	6,21	0,019	1,16	0,219	2,85	6,42	0,120	3,73	0,0150	2,06	6,1	<0,0215	0,175
02-SK-02	Skatá, Sveinsindur	18.9.2002 16:40	0,285	3,63	10,5	0,125	2,84	0,487	40,1	12,2	0,709	18,8	0,0174	1,36	56,6	<0,0215	0,141
02-SK-03	Skatá, Sveinsindur	18.9.2002 23:30	0,285	5,85	9,30	<0,018	3,19	0,431	2,33	11,9	0,163	46,8	0,0120	1,37	39,3	<0,0215	0,118
02-SK-04	Skatá, Sveinsindur	19.9.2002 11:00	0,285	7,27	14,4	0,109	4,63	1,14	3,41	13,9	0,111	14,3	0,0140	1,25	265	<0,0215	0,124
02-SK-05	Skatá, Sveinsindur	19.9.2002 19:30	0,278	7,86	9,62	0,056	3,43	0,571	1,57	12,2	0,093	3,17	0,0189	1,23	49,1	<0,0215	0,110
02-SK-06	Skatá, Sveinsindur	20.9.2002 08:25	0,324	9,46	15,9	0,053	3,75	0,639	1,17	12,6	0,090	5,09	0,0150	1,45	17,1	<0,0215	0,085
	Skatá við upptök	20.9.2002 15:05															
02-SK-07	Skatá við upptök, Sveinsindur	20.9.2002 19:35	0,730	31,2	28,1	<0,018	1,73	0,463	1,17	8,98	0,074	3,72	0,0169	1,08	65,8	<0,0215	0,076
02-SK-08	Skatá, Sveinsindur	20.9.2002 20:50	0,533	16,8	14,9	<0,018	1,83	0,394	1,53	14,0	0,083	1,71	0,0219	1,68	62,0	<0,0215	0,088
02-SK-09	Skatá, Sveinsindur	21.9.2002 20:30	0,349	9,10	8,89	<0,018	1,80	1,63	1,92	10,4	0,093	1,50	0,0165	1,91	10,5	<0,0215	0,073
02-SK-10	Skatá, Sveinsindur	22.9.2002 13:00	0,261	6,70	6,43	<0,018	1,54	<0,192	1,89	8,25	0,059	4,08	0,0150	2,06	25,5	<0,0215	0,067
02-SK-11	Skatá, Sveinsindur	23.9.2002 13:18	0,203	3,36	4,42	0,024	1,35	0,329	2,25	7,41	0,083	3,91	0,0174	2,06	20,4	<0,0215	0,066
02-SK-12	Skatá, Sveinsindur	24.9.2002 09:50	0,169	2,03	3,26	<0,018	1,18	0,242	0,91	5,50	0,057	1,87	0,0169	1,87	7,3	<0,0215	0,056
02-SK-13	Skatá, Sveinsindur	25.9.2002 08:30	0,145	1,53	3,52	0,067	0,91	0,438	2,61	4,86	0,050	3,29	<0,010	1,84	20,7	<0,0215	0,065