

Niðurstöður ítarlegra aurburðar- og
rennslismælinga við Jökulsá á Fjöllum árið
2002

Jórunn Harðardóttir,
Sverrir Óskar Elefsen,
Svava Björk Þorláksdóttir



NIÐURSTÖÐUR ÍTARLEGRA AURBURÐAR- OG RENNSLIS- MÆLINGA VIÐ JÖKULSÁ Á FJÖLLUM ÁRIÐ 2002

1 INNGANGUR

Árið 2002 var framlengdur samningur á milli Auðlindadeildar (ALD) og Vatnamælinga (VM) Orkustofnunar um ítarlega svifaurskýnatöku í Jökulsá á Fjöllum og rennslismælingar tengdar henni. Verkefnið hófst sumarið 2000 með því að rafdrifinn kláfur var settur upp um 1 km neðan við brúna á Grímsstöðum, en þar hefur aurburðarsýnataka hingað til farið fram. Sá staður er hins vegar óheppilegur til sýnatöku þar sem um 2,5 m nær lóðréttur stallur er úti í miðri á, og mjög grunnt frá stallinum að hægri bakka. Seinna sama sumar var farið í tvær sýnatökuferðir þar sem tekin voru svokölluð punktýni af nýja kláfnum, þ.e. sýni sem tekin eru með P61 sýnataka, en hægt er að opna og loka fyrir inntaksstút hans með rafboðum svo að afla má sýna á fyrirfram ákveðnu vatnsdýpi. Til viðbótar við punktýnin voru tekin hefðbundin svifaursýni af Grímsstaðabrúnni, við Upptyppinga og Kreppu við brú, auk þess sem rennslismælt var við Grímsstaði og í Krepputungu. Árið 2001 var þessari sýnatöku haldið áfram með bæði punktýnatöku og töku hefðbundinna svifaursýna af sömu stöðum og árið áður, auk þess sem tekin voru skriðaurssýni af kláfnum við Grímsstaði. Niðurstöður áranna 2000 og 2001 hafa verið birtar í greinargerðum Vatnamælinga Orkustofnunar (Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2001, 2002).

Sýnataka ársins 2002 var að nokkru leyti með frábrugðnu sniði en árin áður, en hætt var að taka punktýni af kláfnum við Grímsstaði og í staðinn lögð meiri áhersla á að rannsaka sólarhringssveiflu svifaursstyrks og tengsl hennar við rennsli. Farið var í tvær sýnatökuferðir árið 2002, þá fyrri 23.–26. júlí og þá síðari 14.–15. september. Í fyrri ferðinni var áætlað að taka svifaursýni af rafdrifnum kláfi við Grímsstaði á klukkutímabreiti (alls 25 sýni) og samtímis rennslismæla með straumsjá (25 mælingar). Til viðbótar átti að taka a.m.k. 50 skriðaurssýni, þar af yrðu átta þeirra kornastærðargreind, og fjögur svifaursýni af brúnni til samanburðar við önnur svifaursýni af kláfnum. Seinni ferðin var nokkuð styttri en í henni átti að taka a.m.k. 80 skriðaurssýni, þar af yrðu átta þeirra kornastærðargreind, og fjögur svifaursýnapör af brú og kláfi (alls átta sýni).

Í hefðbundnum samningi ALD og VM um svifaurskýnatöku var til viðbótar kveðið á um frekari svifaurskýnatöku á svæðinu þar sem taka átti fjögur svifaursýni við Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði, sex sýni við Upptyppinga og sex sýni á brú yfir Kreppu.

Tilgangur hinnar ítarlegu sýnatöku við Grímsstaði síðastliðin þrjú ár er margþættur. Í fyrsta lagi er hann að kanna hvernig styrkur svifaurs breytist með vatnsdýpi, í öðru lagi að bera saman heildað aurburðarsýni af rafdrifna kláfnum við hefðbundið aurburðarsýni af brúnni, í þriðja lagi að skoða samband aurburðar og rennslismælinga og í fjórða lagi að safna fyrstu skriðaurssýnunum úr Jökulsá á Fjöllum. Akkur var í að byrja mælingarnar sem fyrst þar sem vorið 1999 tóku menn eftir því að framhlaupsbylgja var sjáanleg á miðjum Dyngjújökli og í lok árs var jökullinn farinn að skriða fram á öllum jaðrinum frá Kistufelli og austur að krikanum við Kverkfjöll (Oddur Sigurðsson 2000). Samhliða slíkum framhlaupum eykst

aurburður yfirleitt mikið og hefur verið lögð áhersla á það í mælingum við Grímsstaði að ná svifaursýnum sem endurspegluðu þann atburð. Ekki verður þó farið út frekara mat á framburði svifaurs fyrir og eftir framhlaup í þessari greinargerð heldur verður beðið þar til fleiri sýni hafa verið tekin, a.m.k. á árinu 2003.

Í þessari greinargerð er fjallað um aurburðarmælingar ársins 2002 í Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði og Upptyppinga og í Kreppu við brú. Fyrst eru settar fram niðurstöður sólarhringsmælinga á svifaur og tengsl hans við rennsli, svo er sýndur samanburður svifaursýna frá Grímsstöðum sem tekin voru af kláfi annars vegar og brú hins vegar, og þá sýndar niðurstöður kornastærðarmælinga á öðrum svifaursýnum frá Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði og Upptyppinga og í Kreppu við brú. Að lokum eru settar fram niðurstöður skriðaursmælinga sem gerðar voru í sýnatökuferðunum tveimur í lok júlí og byrjun september.

2 SVIFAURSMÆLINGAR

Árið 2002 voru alls tekin 53 svifaursýni við Grímsstaði, sex sýni við Upptyppinga og sex sýni við Kreppu við brú. Öll svifaursýnin voru greind með hefðbundnum aðferðum á aurburðarstofu Vatnamælinga (sjá frekar í greinargerð Svans Pálssonar og Guðmundar H. Vigfússonar 2000) en þær mælingar gefa upplýsingar um styrk heildarsvifaurs og uppleystra efna og kornastærð svifaursins. Flest þessara svifaursýna voru tekin samhliða ítarlegum aurburðarferðum í lok júlí og í byrjun september, en einnig voru 10 sýni tekin við Grímsstaði þann 8. og 9. janúar 2002 þegar mikil rigningarflóð gengu yfir landið sunnan- og norðanvert í kjölfar mikillar rigningar sem bræddi nýsnævi á hálendi landsins. Auk þess var eitt sýni af hverjum stað tekið þann 2. júní 2002.

2.1 Sólarhringsssveifla svifaursstyrks

Í júliferð ársins 2002 var stefnt á að taka svifaursýni á klukkutímastigi af kláfnum við Grímsstaði og á sama klukkutíma sigla á báti í nokkur skipti yfir ána og mæla rennsli með straumsjá. Sýnin átti að taka á 65, 85, 105, 125 og 145 m fjarlægð frá húsi á hægri bakka árinna en hægri bakki hennar byrjar í tæpum 50 m frá húsi, en vinstri bakki í um 165 m frá sama húsi. Miðað er við þessar breiddir í allri umfjöllum um svifaursýni sem tekin voru af kláfi við Grímsstaði.

Fyrsta svifaursýnið var tekið rétt fyrir hádegi þann 24. júlí og gekk sjálf svifaursýnataka mjög vel framan af og náðust fyrstu 14 sýnin án nokkurra vandræða. Við töku fimmtánda sýnisins fór vírin út af spilinu svo að ekki náðist að taka svifaursýni þann klukkutímamann (milli 1 og 2 aðfaranótt 25. júlí). Veður versnaði mjög á þessum tíma og var komin slagveðursrigning og rok þegar líða tók á nóttina. Á sama tíma tók sýnataka að bila þar sem hann opnaði/lokaði ekki sýnatökuopið á réttum tíma og tafði þetta mjög fyrir sýnatökunni þar sem fara þurfti ítrekað í sömu breiddir á þversniðinu og ná í nýjar flöskur. Þegar veðrið var sem verst upp úr kl. 7 um morguninn hætti rafstöðin einnig að virka eðlilega vegna bleytu og tókst ekki að fá sýnatökubúnaðinn í lag fyrr en um kl. 10 þegar slagveðrið gekk heldur niður þó að ennþá væri hvasst. Vegna þessara bilana náðist ekki að taka sýni nr. 15, 20, 21 og 22, og vantar þessi fjögur sýni í sólarhringskýnatökuna. Eins og fram kemur í kafla 2.3 voru tekin auka samanburðarpör af kláfi og brú í seinni sýnatökuferðinni í september upp í þau sýni sem ekki náðust í fyrri ferðinni.

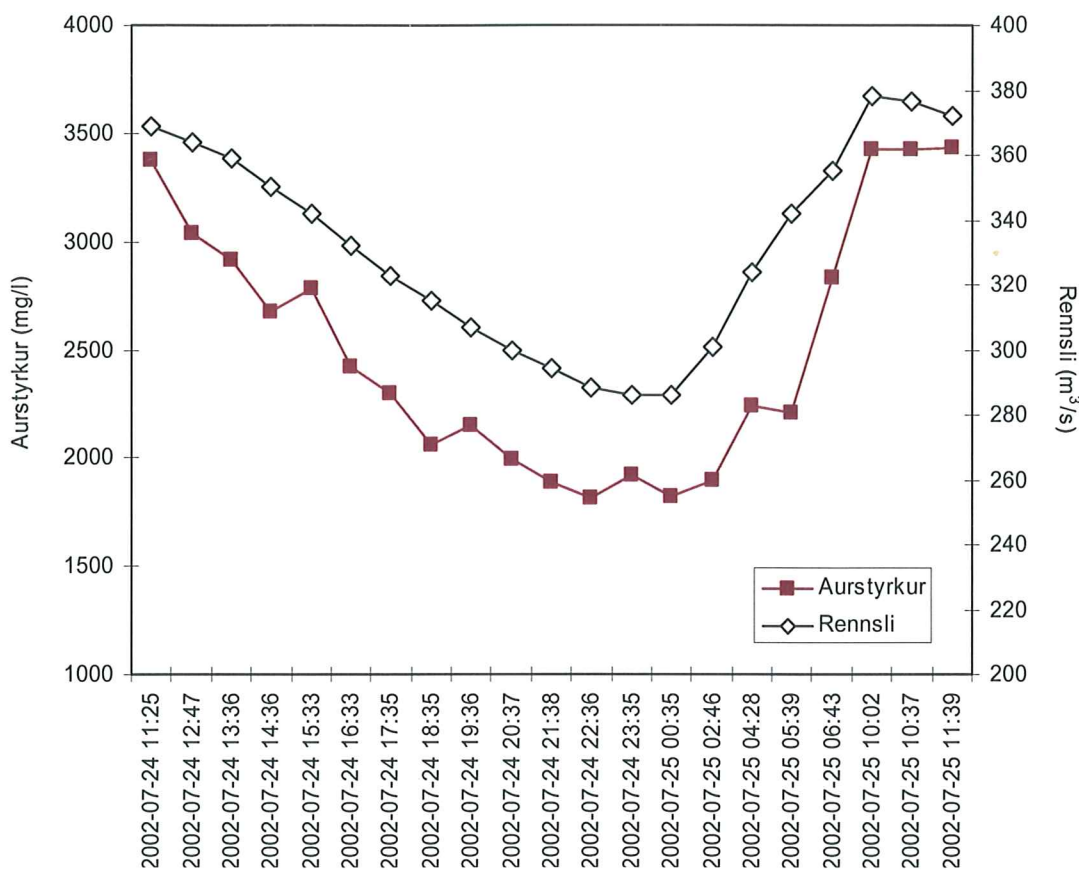
Niðurstöður mælinga á svifaurssýnum úr sólarhringssýnatökunni 24.–25. júlí eru settar fram í töflu 1 þar sem einnig er að finna rennsli samkvæmt siritandi Campbell vatnshæðarmæli.

Tafla 1: Niðurstöður kornastærðarmælinga á svifaurssýnum teknum í sólarhringssýnatöku við Grímsstaði 24.–25. júlí 2002.

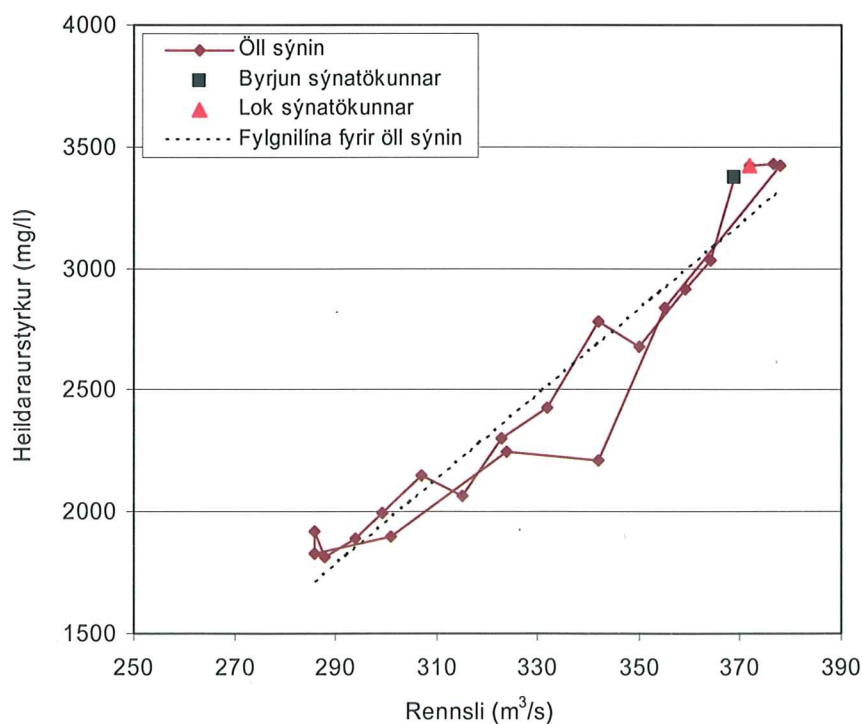
Staður	Dagsetning	Kl.	Rennsli (m ³ /s)	TDS (mg/l)	Aur- styrkur (mg/l)	Kornastærð (%) stærðir í mm					Stærsta korn (mm)	Sýna- gerð
						<0,002	0,02- 0,002	0,06- 0,02	0,2- 0,06	>0,2		
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	11:25	369	48	3376	4	16	21	37	22	3	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	12:47	364	44	3035	4	19	25	38	14	1,6	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	13:36	359	41	2915	3	20	24	39	14	1,1	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	14:36	350	43	2676	4	19	24	40	13	1,2	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	15:33	342	67	2784	4	18	21	38	19	1,4	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	16:33	332	68	2426	4	20	21	37	18	1,4	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	17:35	323	69	2302	4	20	18	42	16	1,8	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	18:35	315	43	2061	5	22	17	42	14	1	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	19:36	307	43	2149	5	19	17	42	17	1,4	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	20:37	300	46	1993	5	19	16	41	19	1,2	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	21:38	294	46	1889	5	21	15	42	17	1,2	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	22:36	288	71	1814	6	19	15	44	16	1,4	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	23:35	286	78	1919	5	16	16	43	20	1	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-25	00:35	286	70	1826	5	16	17	36	26	3,8	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-25	02:46	301	68	1897	5	16	17	42	20	0,8	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-25	04:28	324	87	2242	2	16	17	44	21	0,9	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-25	05:39	342	63	2208	3	16	19	48	14	1	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-25	06:43	355	64	2835	4	15	20	43	18	1,6	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-25	10:02	378	77	3423	4	17	26	40	13	2,4	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-25	10:37	377	65	3427	3	18	24	44	11	2,9	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-25	11:39	372	68	3431	3	19	25	40	13	3,5	S1

Ef byrjað er á að skoða breytileika í heildarstyrk svifaurs innan sýnatökutímans (25 tímar) sést að hann sveiflast mikið innan sýnatökunnar (tafla 1, mynd 1). Mestur var heildarstyrkurinn í byrjun og lok sýnatökunnar, tæpir 3500 mg/l, en minnstur í kringum miðnætti þegar styrkurinn mældist rúm 1800 mg/l (mynd 1). Á sömu mynd sést líka rennsli árinna og sést vel hvernig svifaurstyrkurinn fylgir því. Mynd 2 sýnir betur hvernig heildarstyrkur breytist með rennsli frá því að vera hár í byrjun þegar rennslið var hátt í það að lækka við lökkandi rennsli og hækka aftur í lok sýnatökunnar þegar rennslið jókst á nýjan leik. Fylgnin fyrir þessi sýni var yfir 0,92 (R^2) sem verður að teljast töluverð. Ekki er nægileg upplausn í gögnunum til þess að hægt sé að gera sér grein fyrir því hvort að aurstyrkur við sama rennsli hafi verið lægri eða hærri í byrjun eða lok dægursveiflunnar, til þess vantar fleiri sýni frá aðfaranótt 25. júlí þegar sýni voru ekki tekin vegna bilana. Þau sýni sem til eru benda þó frekar til þess að aurstyrkur hafi verið heldur lægri þegar rennslið jókst innan dægursveiflunnar en við lökkandi rennsli.

Á mynd 3 má sjá hvernig hlutfall hinna fimm kornastærðarflokka breyttist innan sýnatökunnar. Engin augljós breyting var á hlutfalli flokkanna yfir sýnatökutímann en þegar línulegar fylgnilínur fyrir rennsli og hvern flokk fyrir sig eru skoðaðar (ekki sýndar hér) sést

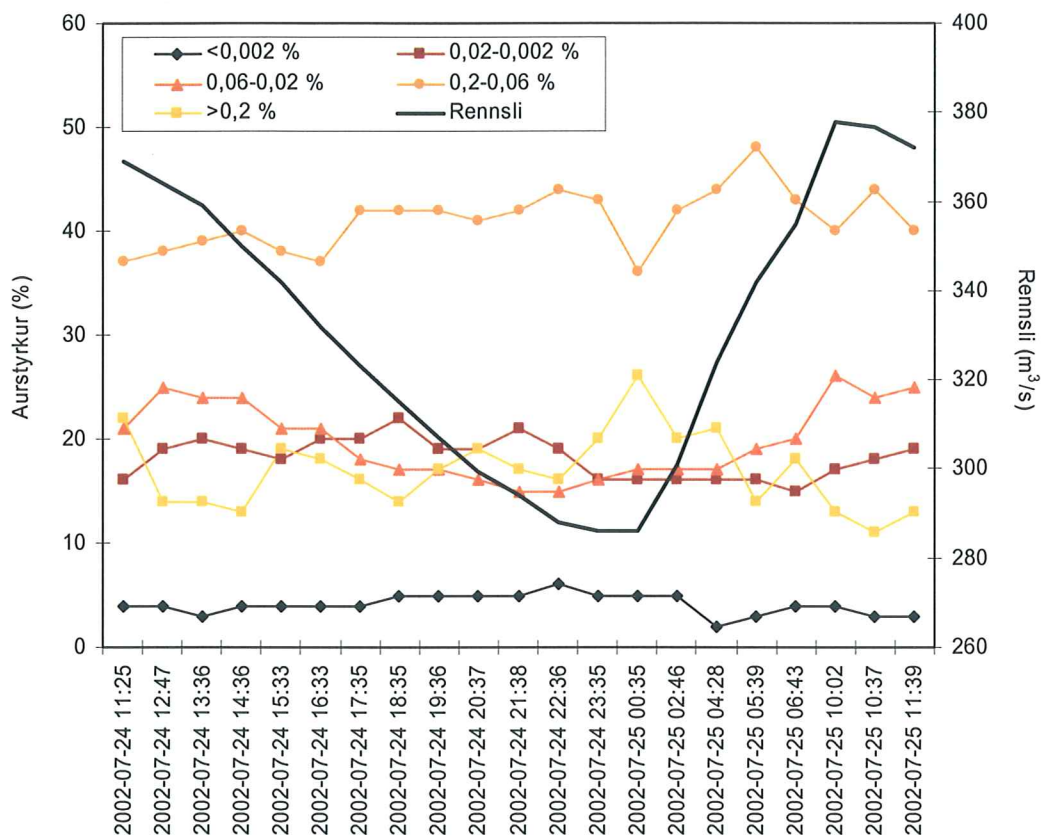


Mynd 1: Heildarstyrkur svifaurssýna sem tekin voru í sólarhringssýnatöku við Grímsstaði 24.–25. júlí 2002 ásamt samtímarennslí samkvæmt Campbell vatnshæðarmæli.



Mynd 2: Breytileiki heildaraurstyrks sýna úr sólarhringssýnatöku með rennsli.

að helst er fylgni með finnmó (0,06–0,02 mm) og rennsli ($R^2=0,84$), en fylgni rennslis við sand er aðeins 0,30 og við leir 0,48. Engin fylgni sést með rennsli og grófmó eða rennsli og mélu. Nokkuð óvænt er að styrkhlotfall sands virðist heldur lækka með rennsli eins og styrkhlotfall leirs, en venjulega eykst sandhlotfall með auknu rennsli. Mögulegt er að hin mikla rigning sem byrjaði þegar líða tók á sýnatökuna hafi hlutfallslega aukið hluta fingerðs efnis í heildarsvifaurnum, en þegar einn kornastærðarflokkur eykst verður annar að minnka vegna eðlis slíkra hlutfallsháðra gagna.



Mynd 3: Styrkbreyting hinna fimm kornastærðarflokka innan sólarhringssýnatökunnar 24. og 25. júlí. Breytileiki rennslis er einnig sýndur.

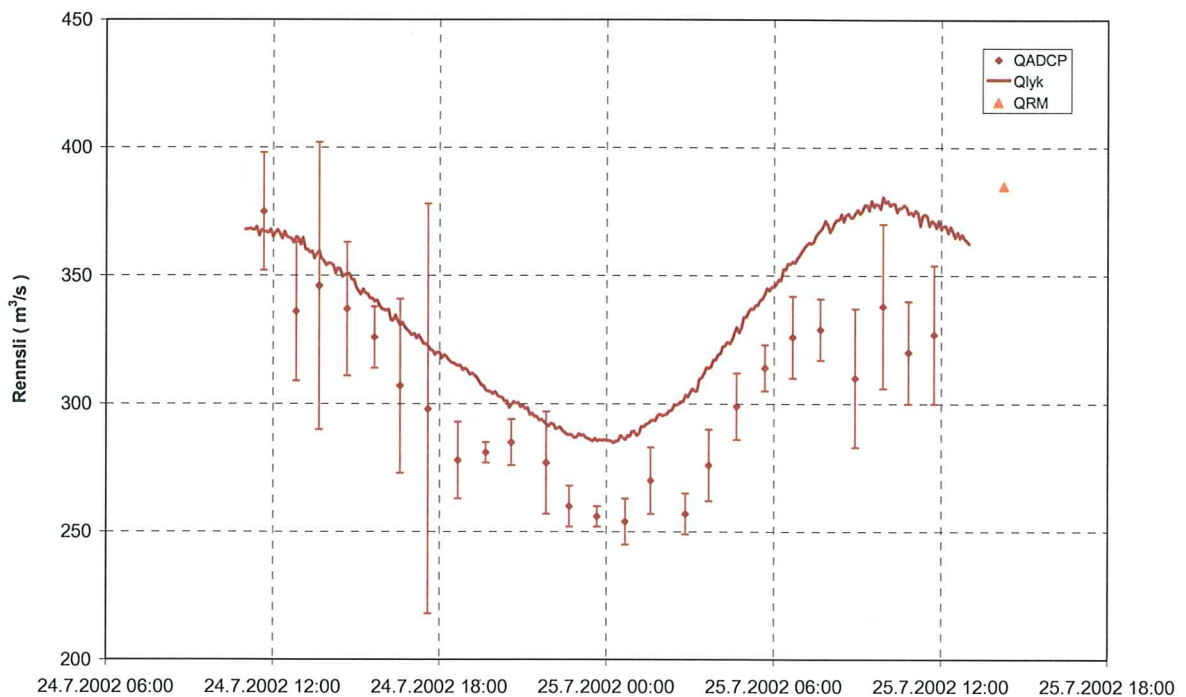
2.2 Rennslismælingar tengdar sólarhringssýnatöku

Rennslismælingar með straumsjá voru gerðar af sérútbúnum báti þar sem mælitækinu er stungið niður í vatnið um rör í miðju bátsins. Þannig nemur neðri brún straumsjárrinnar við botn bátsins þegar mælingin fer fram og er viðmiðunarhæð tækisins þá 22 cm undir vatnsyfirborðinu. Straumsjáin er af gerðinni RD Instruments Broad Band 1200 kHz S/N:1141. Til gagnasöfnunar var notað forritið Transect, sem upphaflega var skrifað fyrir DOS tölvur. Við úrvinnslu mælinga var notað forritið WinRiver ver. 1.03, sem er Windows útgáfa af hugbúnaðinum og hefur aðferðafræði við úrvinnslu mælinga verið bætt frá DOS útgáfunni.

Straumsjármælingar voru gerðar á klukkustundarfresti eins og svifaursýnataka, enda átti að bera saman breytileika í rennsli við sólarhringssveiflu svifaursframburðar. Flestar mælingarnar voru gerðar um 50 metrum neðan rafdrifins kláfs en stöku mælingar voru gerðar

í sniðinu undir kláfnum eða nokkru neðan hans. Til samanburðar við straumsjármælingar var rennslið mælt með skrúfumæli af kláfnum í lok sýnatökunnar en einnig eru skoðuð gögn úr vatnshæðarmæli 102 sem er rétt ofan við brúna á Þjóðvegi 1, um 1 km ofan rennismælistaðar. Rennslið er reiknað út frá sírituðum vatnshæðum samkvæmt gildandi rennislíykli, sem gerður var í júní 1993 á grundvelli rennismælinga með hefðbundnum skrúfumælingum, AOtt C31 skrúfumælur frá OTT Hydrometrie í Þýskalandi. Skrúfumælingarnar voru gerðar með upphengdum mælitækjum og 25 eða 50 kg lóði af brúnni á Þjóðvegi áður en rafdrifni kláfurinn var settur upp.

Á mynd 4 eru straumsjármælingar sýndar með samanburði við rennsli reiknuðu út frá síritaðri vatnshæð. Rennsli samkvæmt straumsjármælingu er meðaltal ákveðins fjölda af mælingum, sem gerðar eru í þörum þannig að hverjar tvær samliggjandi mælingar hefjast við hvor sinn bakka árinna. Í 5. dálki töflu 2 má sjá heildarfjölda straumsjármælinga í hverri lotu og í 4. dálki töflunnar er tilgreint staðalfrávik fyrir meðaltalið. Sjá má að staðalfrávikinu er nokkuð breytilegt yfir þann tíma sem mælingarnar standa. Tvær ástæður eru taldar fyrir því að staðalfrávikinu er breytilegt.



Mynd 4: Samanburður á niðurstöðum straumsjármælinga og rennsli samkvæmt líkli.

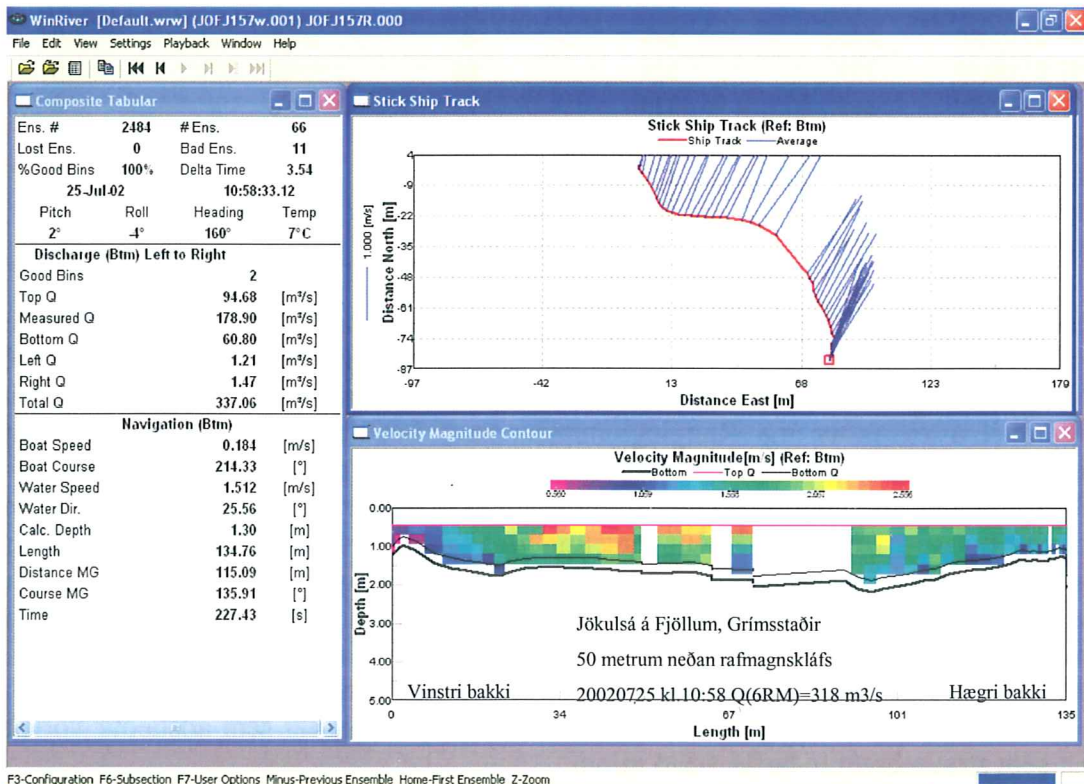
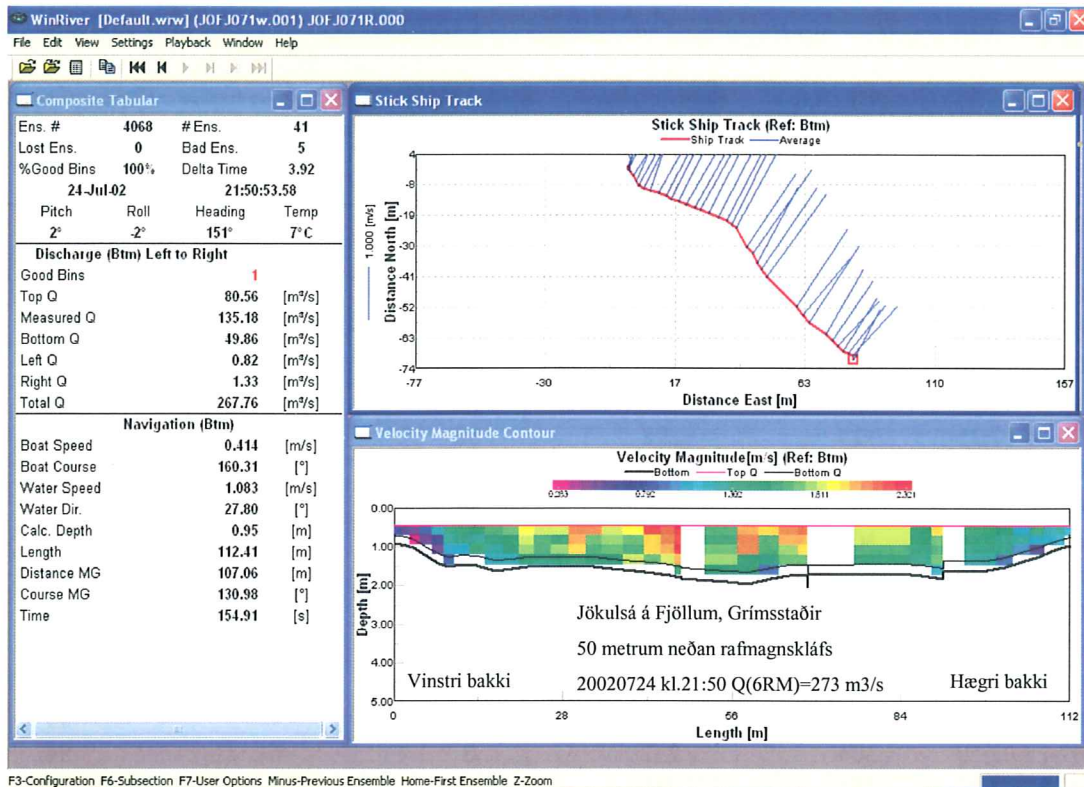
Fyrst ber að nefna, að í upphafi mælinganna var leitað að bestu stillingum fyrir straumsjána fyrir þær erfiðu aðstæður er ríktu í ánni en þær voru mikill straumhraði með miklum aurburði. Straumsjánin mælir straumhraða vatnsins með mælingu tíðnivíks endurkasts af ögnunum í vatninu frá tíðni útsends merkis. Straumhraðinn á mismunandi dýpi er metinn með því að reikna meðaltíðnivík fyrir ákveðin tímabil frá því merkið var sent út eða sem svarar ákveðnum dýptarbilum í vatninu, sem nefnd eru sellur. Mikill straumhraði og grýttur botn ollu iðustreymi eða óreiðukenndri hreyfingu agnanna í vatninu, sem ásamt miklum styrk svifauers virkar mjög truflandi á ferð og endurkast hljóðbylgna og því vantar stóra kafla í mælingarnar þar sem straumhraðinn og aurburðurinn var mestur.

Tafla 2: Niðurstöður mælinga með straumsjá og samanburður við gildandi rennslislykil.

Mæling	Rennsli skv. lykli Q_{lyk} (m^3/s)	Rennsli skv. straumsjá Q_{ADCP} (m^3/s)	Staðalfrávik straumsjá-mælinga (m^3/s)	Fjöldi straumsjá-mælinga í lotu	Fjarlægð sniðs frá mælikláfi (m)
2002-07-24 11:40	367	375	23	4	50
2002-07-24 12:50	365	336	27	4	50
2002-07-24 13:40	360	346	56	4	50
2002-07-24 14:40	350	337	26	4	50
2002-07-24 15:40	340	326	12	4	50
2002-07-24 16:35	331	307	34	4	50
2002-07-24 17:35	323	298	80	4	50
2002-07-24 18:40	315	278	15	4	50
2002-07-24 19:40	305	281	4	4	50
2002-07-24 20:35	300	285	9	4	50
2002-07-24 21:50	292	277	20	6	50
2002-07-24 22:40	288	260	8	6	50
2002-07-24 23:40	285	256	4	6	50
2002-07-25 00:40	286	254	9	6	50
2002-07-25 01:35	293	270	13	4	50
2002-07-25 02:50	304	257	8	6	50
2002-07-25 03:40	314	276	14	6	50
2002-07-25 04:40	330	299	13	4	50
2002-07-25 05:40	343	314	9	8	0
2002-07-25 06:40	355	326	16	6	0
2002-07-25 07:40	368	329	12	6	0
2002-07-25 08:55	374	310	27	4	0
2002-07-25 09:55	381	338	32	6	20
2002-07-25 10:50	374	320	20	6	30
2002-07-25 11:45	371	327	27	6	50

Tiltölulega mikið botnskrið í ánni olli því að straumsjáin mældi minni straumhraða en ef ekkert botnskrið hefði verið. Þetta stafar af því að straumsjáin metur efsta lag botnskriðsins sem fastan botn og því mælist báturinn á ferð upp eftir ánni þar sem ekki er gert ráð fyrir því að botninn sé á leið niður ána. Ranglega mældur hraði bátsins upp eftir ánni er dreginn frá mældum straumhraða vatnsins og niðurstöður mælinganna sýna því kerfisbundið of lítið rennsli. Við mjög mikið botnskrið nær straumsjáin ekki lengur að greina botninn og koma þá eyður í mælingarnar (mynd 7). Eyður í mælingum á botni voru brúaðar á þeim forsendum að báturinn héldi jafnri ferð og stefnu þar til botninn greinist á ný. Þetta er án vafa gróf nálgun þar sem strengir í ánni valda óvæntum hraðabreytingum á bátnum. Ásamt eyðum í straumhraðagögnum vegna iðustreymis valda eyður í greiningu botns vegna botnskriðs aukinni dreifingu á niðurstöðum mælinga. Rennslið um þann hluta þversniðsins þar sem gögn vantar var brúað út frá gögnum úr sniðinu næst eyðunni, þar sem aðstæður voru betri, þ.e. þar sem straumhraðinn hefur verið minni.

Um miðbik mælinganna minnkaði staðalfrávik fyrir hverja lotu nokkuð. Þetta orsakast af því að óvissa vegna iðustreymis minnkar við minna rennsli en mælingarnar eru áfram hliðraðar frá gildandi rennslislykli vegna botnskriðsins. Af þessu má draga þá ályktun að staðalfrávik meðalrennslis fyrir hverja lotu túlki fremur samkvæmni milli mælinga innan lotunnar, fremur en óvissu mælinganna gagnvart gildandi rennslislykli.



Mynd 5: Dæmi um niðurstöður straumsjármælinga frá kl. 21:50 þann 24. júlí (efri mynd) og kl. 10:58 þann 25. júlí (neðri mynd). Þeir staðir á þversniðinu sem eru hvítir tákna að straumsjáin fann ekki botn árinna þar sem hann var á mikilli hreyfingu vegna botnskriðs.

Í lok mælinganna var rennslið aftur farið að aukast og þá jókst staðalfrávik meðaltals fyrir hverja lotu enn á ný, þ.e. aukið iðustreymi og botnskrið orsakar meiri ósamkvæmni milli mælinga og meira frávik frá gildandi rennslislykli.

Rennslismæling með skrúfumæli var gerð af rafdrifnum kláfi þann 25. klukkan 12:55 til 15:32 og var niðurstaða hennar $385 \text{ m}^3/\text{s}$. Vegna bilana í skrúfumæli dróst sú mæling nokkuð á langinn. Bilunin var sú að fóturinn á lóðinu virkaði ekki sem skildi og því var erfitt að greina hvenær lóðið nam við botn árinna. Þetta olli stundum ofmati á dýpi vatnsins og er talið hugsanlegt að niðurstaða mælingarinnar sé eitthvað of há af þessum sökum.

Vegna vanmats straumsjármælinganna á rennsli við Grímsstaði var talið óskynsamlegt að bera svifaursstyrk frekar við þær og í staðinn var notað reiknað rennsli út frá vatnshæðargögnum eins og þegar hefur komið fram í kaflanum á undan.

2.3 Samanburður svifaursýna frá kláfi og brú við Grímsstaði

Eins og kom fram í inngangi þessarar greinargerðar hefur hefðbundinn sýnatökustaður á brú við Grímsstaði löngum verið talinn óhentugur vegna hins mikla ósamræmis í farvegnum sem þar ríkir. Um 2,5 m lóðréttur stallur er úti í miðri á og er mjög grunnt frá honum og að hægri bakkar árinna. Tilkoma rafknúna kláfsins um 1 km neðar við ána þar sem farvegurinn er mun jafnari gerir samanburðarsýnatöku á þessum stöðum mögulega og hafa slík pör verið tekin frá árinu 2000. Árið 2002 voru alls tekin 12 sýnatökupör sem talin eru nothæf til samanburðar, en sýnatökupör sem tekin voru í janúar verða skoðuð í næsta kafla þar sem fjöldi sýnatökustaða í hverju sýni var mjög mismunandi vegna erfiðra aðstæðna. Þetta er nokkuð fleiri samanburðarpör en áætlað hafði verið í upphafi að taka, en þrjú auka sýnatökupör voru tekin í seinni sýnatökuferðinni í september til að ná upp í þann sýnatökufjölda sem ekki náðist í sólarhringssýnatökunni vegna bilana og veðurs.

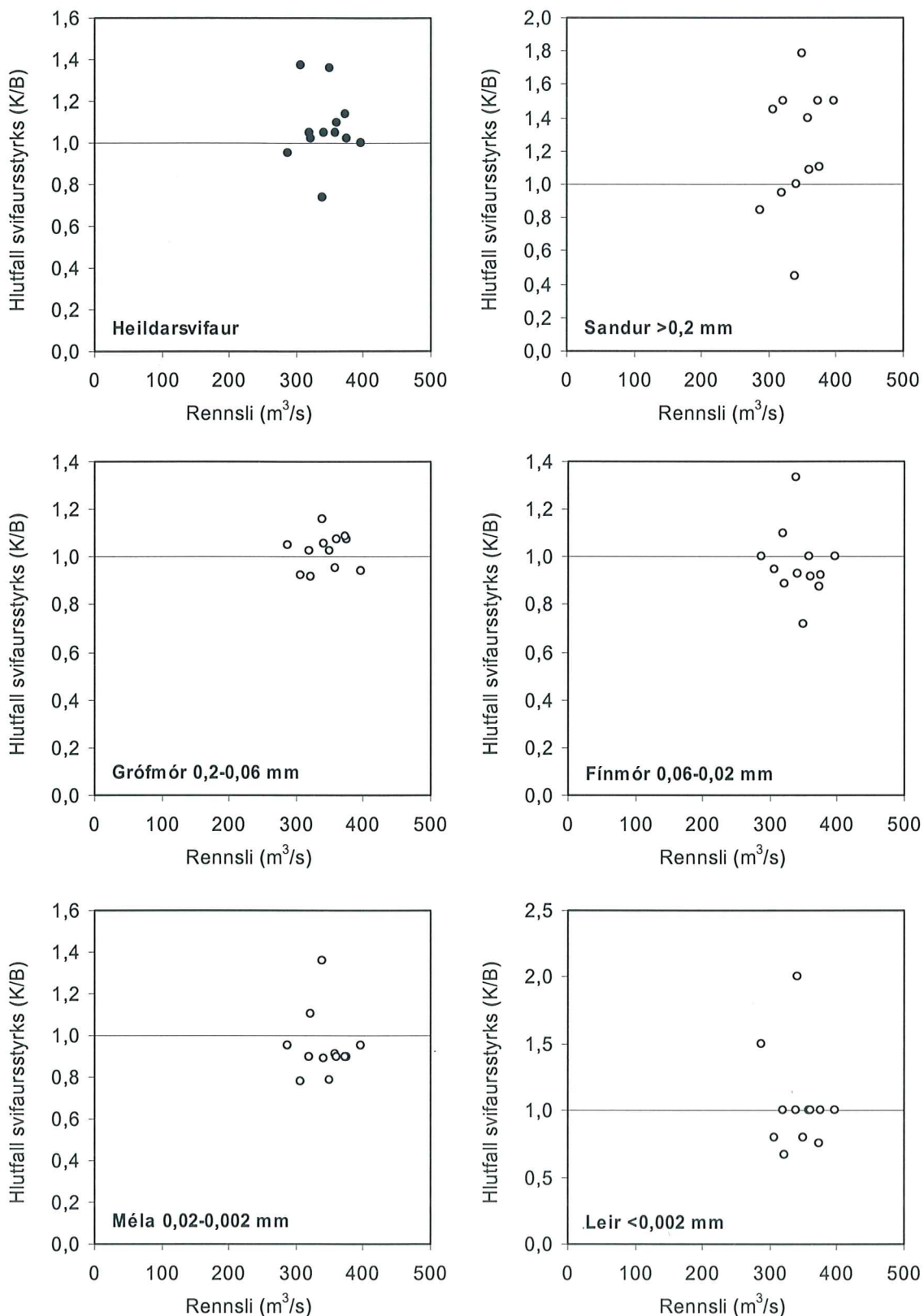
Niðurstöður kornastærðarmælinga sýnaparanna eru settar fram í töflu 3. Öll sýnin af kláfnum voru tekin af 65, 85, 105, 125 og 145 m fjarlægð frá húsi en brúarsýnin voru yfirleitt tekin á fjórum stöðum af brúnni. Ef gögnin eru borin saman við niðurstöður sýna úr sólarhringssýnatöku dagana 24.–25. júlí má sjá að kornastærðarhlutfall samanburðarsýnanna er mjög svipað og fyrrnefndu sýnanna. T.d. er hlutfall leirs (<0,002 mm) í flestum sýnum mjög lágt, aðeins 2–6%, en hlutfall grófmós að sama marki hæst, 31–45%. Í raun var hlutfall kornastærðarflokkanna fimm mjög stöðugt innan sýnatökutímans, þrátt fyrir að sýnin væru annars vegar tekin 24.–26. júlí þegar búast má við að töluverð jökulbráðnun hafi verið og hins vegar 14.–15. september þegar jökulbráðnun ætti að hafa verið heldur í rénun. Rennsli var þó tiltölulega svipað á þessum tímabilum og er hugsanlegt að það hafi ráðið meiru um kornastærðarskiptingu sýnanna en árstíðabundnar sveiflur í finefnum.

Á mynd 6 má sjá hvernig hlutfall (K/B) heildarsvifaursstyrks og einstakra kornastærðarflokka kláf- (K-) og brúarsýna (B-) breytist með rennsli. Þar sést að öll nema tvö kláfsýni (K-sýni) hafa heldur hærra styrk heildarsvifaurs, og flest kláfsýnin hafa hærra sand- (>0,2 mm) og grófmósstyrk (0,2–0,06 mm) en brúarsýnin. Hlutfall finmós (0,06–0,02 mm) og mélu (0,02–0,002 mm) er hins vegar hærra eða svipað í flestum brúarsýnum. Hlutfall leirs er í helmingi sýnanna jafnt við kláf og brú, í tveimur sýnum hærra við kláf og í fjórum hærra við brú. Þessi mikli hlutfallslegi munur á leir í sumum sýnunum er ómarktækur þar sem hlutfall leirs af heildarsvifaurlausni er mjög lágt svo að hver hundraðshluti telur mikið.

Tafla 3: Niðurstöður kornastærðarmælinga á samanburðarsvifaurssýnum sem tekin voru af kláfi og brú við Grímsstaði árið 2002.

Staður	Dagsetning	Kl.	Rennsli (m ³ /s)	TDS (mg/l)	Aur- styrkur (mg/l)	Kornastærð (%) stærðir í mm					Stærsta korn (mm)	Sýna- gerð
						<0,002	0,02- 0,002	0,06- 0,02	0,2- 0,06	>0,2		
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	13:36	359	41	2915	3	20	24	39	14	1,1	S1
Grímsstaðir, brú	2002-07-24	13:10	360	48	2773	3	22	24	41	10	1,5	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-24	22:36	288	71	1814	6	19	15	44	16	1,4	S1
Grímsstaðir, brú	2002-07-24	22:20	290	51	1910	4	20	15	42	19	2	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-25	10:37	376	65	3427	3	18	24	44	11	2,9	S1
Grímsstaðir, brú	2002-07-25	10:30	376	47	3361	3	20	26	41	10	1,4	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-26	12:30	398	61	5201	4	19	35	33	9	1,4	S1
Grímsstaðir, brú	2002-07-26	11:30	405	44	5211	4	20	35	35	6	1,4	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-07-26	19:45	321	62	2786	4	21	24	33	18	2,0	S1
Grímsstaðir, brú	2002-07-26	18:50	327	47	2731	6	19	27	36	12	1,9	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-09-14	08:30	342	57	2888	4	16	26	38	16	1	S1
Grímsstaðir, brú	2002-09-14	08:20	342	146	2756	2	18	28	36	16	1,6	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-09-14	12:30	338	57	3064	3	19	28	36	14	1	S1
Grímsstaðir, brú	2002-09-14	12:30	338	63	4166	3	14	21	31	31	2	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-09-14	15:10	320	60	2558	4	17	22	39	18	1	S1
Grímsstaðir, brú	2002-09-14	15:10	320	57	2438	4	19	20	38	19	1,6	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-09-14	18:56	306	60	2822	4	14	17	36	29	2	S1
Grímsstaðir, brú	2002-09-14	19:10	306	61	2054	5	18	18	39	20	1,6	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-09-15	12:25	373	53	4091	3	18	28	39	12	1,5	S1
Grímsstaðir, brú	2002-09-15	12:10	373	54	3590	4	20	32	36	8	1,1	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-09-15	16:04	360	45	3050	4	18	23	42	13	1,5	S1
Grímsstaðir, brú	2002-09-15	16:15	359	49	2774	4	20	25	39	12	1,1	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-09-15	18:20	350	43	3518	4	15	18	38	25	1,1	S1
Grímsstaðir, brú	2002-09-15	18:10	350	46	2585	5	19	25	37	14	1,2	S1

Þessar niðurstöður sýna að sýnatakinn nær í heldur grófara efni við kláfinn en við brúna sem var reiknað með vegna hins óhentuga þversniðs við brúna. Hugsanlegt er að við hærra rennsli aukist þessi mismunur enn frekar þar sem þá nær sýnatakinn af brúnni ekki niður undir botn þar sem styrkur grófasta efnisins er mestur. Á móti kemur að við aukið rennsli aukast einnig iðuköst og straumur svo að hugsanlegt er að grófi aurinn nái þá heldur lengra upp í vatnsbolinn.



Mynd 6: *Hlutfall svifaursstyrks sýna af kláfi (K) og brú (B) frá Grímsstöðum árið 2002.*

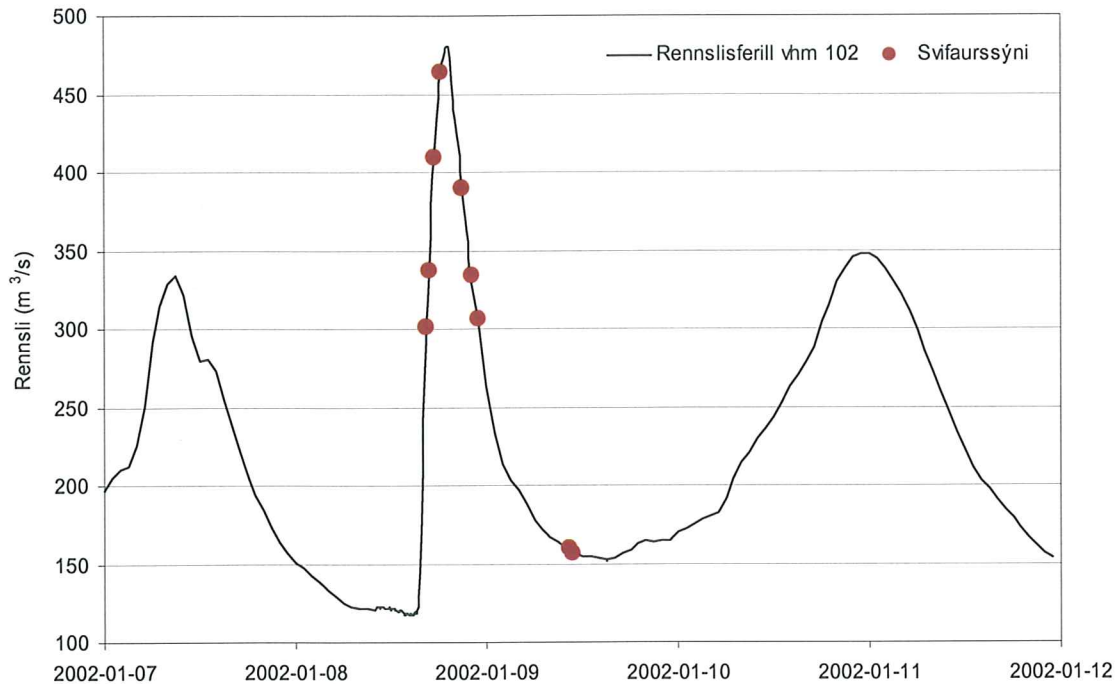
2.4 Önnur svifaurssýni tekin við Grímsstaði, Upptyppinga og Kreppu

Fyrir utan þau sýni sem tekin voru í sólarhrings- og samanburðarsýnatöku við Grímsstaði (43 sýni) voru átta sýni tekin 8. janúar, tvö sýni þann 9. janúar og eitt sýni þann 2. júní við Grímsstaði. Síðastnefnda daginn voru einnig tekin sýni við Upptyppinga og Kreppu, en annars voru fjögur sýni tekin á hvorum stað fyrir sig í fyrri aurburðarferðinni í júlí og tvö sýni í októberferðinni. Niðurstöður þessara sýna eru sýndar í töflu 4 en þar kemur einnig fram hvers konar sýni þetta voru: S1 sýni eru tekin með S49 eða P61 sýnataka á spili af kláfi eða brú á fleiri en tveimur stöðum á þversniðinu, S2 sýni eru tekin með sama sýnatökubúnaði á 1–2 stöðum og S3 eru tekin með handsýnataka.

Tafla 4: Niðurstöður svifaurssýna annarra en sýna teknum við sólarhrings- og samanburðarsýnatöku við Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði. Útskýringar á sýnagerð er að finna í texta.

Staður	Dagsetning	Kl.	Rennsli (m ³ /s)	TDS (mg/l)	Aur- styrkur (mg/l)	Kornastærð (%) stærðir í mm					Stærsta korn (mm)	Sýna- gerð
						<0,002	0,02- 0,002	0,06- 0,02	0,2- 0,06	>0,2		
Grímsstaðir, brú	2002-01-08	16:30	276	98	2008	0	6	2	33	59	1,1	S1
Grímsstaðir, brú	2002-01-08	16:50	298	80	1503	0	9	9	53	29	2,2	S2
Grímsstaðir, brú	2002-01-08	17:30	373	82	3109	6	13	13	45	23	2,0	S2
Grímsstaðir, brú	2002-01-08	18:20	433	131	4736	12	42	14	26	6	0,9	S2
Grímsstaðir, brú	2002-01-08	19:45	461	172	7683	21	46	8	17	8	1,7	S2
Grímsstaðir, brú	2002-01-08	21:00	415	201	7043	18	60	7	11	4	1,4	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-01-08	22:10	359	174	7999	28	47	5	10	10	1,1	S1
Grímsstaðir, brú	2002-01-08	22:55	320	191	6755	19	59	6	10	6	1,4	S1
Grímsstaðir, brú	2002-01-09	10:20	153	92	3684	16	33	4	17	30	1,1	S1
Grímsstaðir, kláfur	2002-01-09	10:45	151	121	2952	18	36	7	16	23	1,9	S1
Grímsstaðir, brú	2002-06-02	18:00	205	57	623	6	7	23	28	36	1,1	S1
Upptyppingar	2002-06-02	08:50	84	70	1021	4	19	15	49	13	1,1	S3
Upptyppingar	2002-07-20	19:30	167	76	3130	4	17	27	41	11	1,1	S3
Upptyppingar	2002-07-21	21:20	176	78	3862	5	22	29	34	10	1,5	S3
Upptyppingar	2002-07-22	18:45	168	61	2875	5	24	23	34	14	1,7	S3
Upptyppingar	2002-09-10	18:40	159	77	3086	4	18	24	33	21	1,7	S3
Upptyppingar	2002-09-11	20:00	170	79	3062	3	17	25	37	18	1,1	S3
Kreppa við brú	2002-06-02	09:45	57	38,5	652	5	12	5	28	50	2,3	S2
Kreppa við brú	2002-07-20	18:15	92	58	956	6	20	14	31	29	2,4	S2
Kreppa við brú	2002-07-21	20:45	133	40	1593	4	19	20	35	22	2,3	S2
Kreppa við brú	2002-07-22	19:40	112	40	1079	7	20	15	33	25	1,8	S2
Kreppa við brú	2002-09-10	17:15	66	58	574	6	10	5	20	59	2,2	S2
Kreppa við brú	2002-09-12	09:40	80	24	1143	6	17	10	23	44	1,5	S2

Janúarsýnin frá Grímsstöðum voru tekin í miklu vatnsflóði sem gekk yfir stóran hluta landsins í kjölfar mikilla rigninga sem bræddi nýsnævi á hálendinu. Á mynd 7 má sjá á hvaða tíma sýnin voru tekin miðað við rennsli samkvæmt síritandi vatnshæðarmæli (Campbell) við Grímsstaði (vhm 102) og sést að sýnataka er sæmilega dreifð innan flóðferilsins þó að sýni vanti í upphafi flóðsins og aðfaranótt 9. janúar.

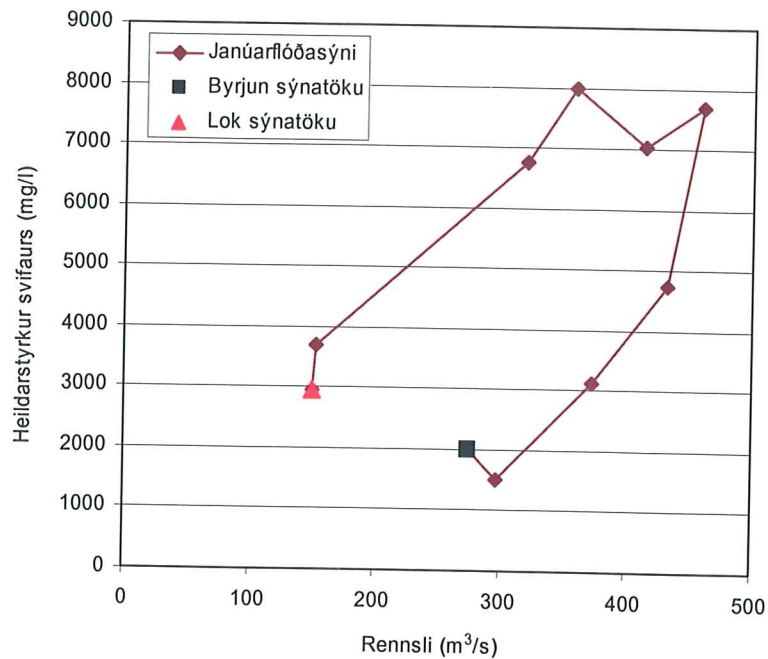


Mynd 7: Rennslisferill við Grímsstaði (vhm 102) í janúarflóði 2002 og tímasetning svífaursýna (rauðir fylltir hringir). Rennsli samkvæmt sýritandi Campbellmæli sem hugsanlega sýnir hliðrun um nokkra cm í vatnshæð miðað við gildandi Stevensmæli.

Átta af flóðasýnunum voru tekin af brúnni við Grímsstaði en tvö voru tekin af rafdrifna kláfnum. Segja má að ekkert sýnanna hafi verið sérstaklega gott þar sem aðstæður voru mjög erfiðar við sýnatökuna vegna krapa, íss og þungs straums. Stíflaðist sýnatakinn ítrekað vegna krapa svo að í byrjun sýnatökunnar náðist eingöngu í sýnaflöskur á einum stað á þversniðinu, svokölluð S2 sýni. Krapinn hafði minnkað í lok sýnatökunnar þann 9. janúar og var þá hægt að taka sýni á fleiri stöðum.

Breytileiki heildarstyrks svífaurs og rennsli í sýnum teknum í janúarflóðinu er sýndur á mynd 8. Greinilegt er að aurstyrkur var töluvert lægri þegar rennslið jókst í byrjun flóðsins en hann varð þegar rennslið tók að minnka eftir kl. 19 þann 8. janúar. Svo virðist sem mikill aur hafi enn verið á ferðinni niður eftir ánni eftir að hæsti flóðtoppurinn fór framhjá mælinum við Grímsstaði, sem er eðlilegt í slíkum atburði.

Á mynd 9 má hins vegar sjá niðurstöður kornastærðarmælinga á öllum stökum sýnum sem tekin voru í Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði árið 2002 (janúarsýni auk júní-sýnis). Mikill breytileiki er í kornastærð sýnanna 11 sem sýnd eru og skera nokkur sýni sig sérstaklega úr. Fyrst má nefna fyrstu tvö sýnin en það er áberandi að enginn leir (<0,002 mm) mælist í þeim sýnum á meðan sandhlutfall er hátt, tæplega 60% í sýni frá kl. 16:30 og tæp 30% í sýni teknu á sama stað 20 mínútum síðar. Rennsli jókst um rúmlega 20 m³/s á þessum stutta tíma sem virðist hafa hlutfallslega aukið grófmó (0,2–0,06 mm) á kostnað sands (>0,2 mm). Óvíst er hvort að þessi munur er eingöngu tilkominn vegna breytinga í rennsli og aurburði eða hvort að erfiðleikar í sýnatöku eigi þar einhvern þátt en eins og áður sagði var sýnataka mjög erfið vegna krapa og íss í ánni. Þriðja sýnið, sem tekið var kl. 17:30, hefur svipað kornastærðarhlutfall og næsta á undan nema að í því hefur hlutfall leirs, mélu og finmós aukist á meðan hlutfall grófmós og sands hefur minnkað.

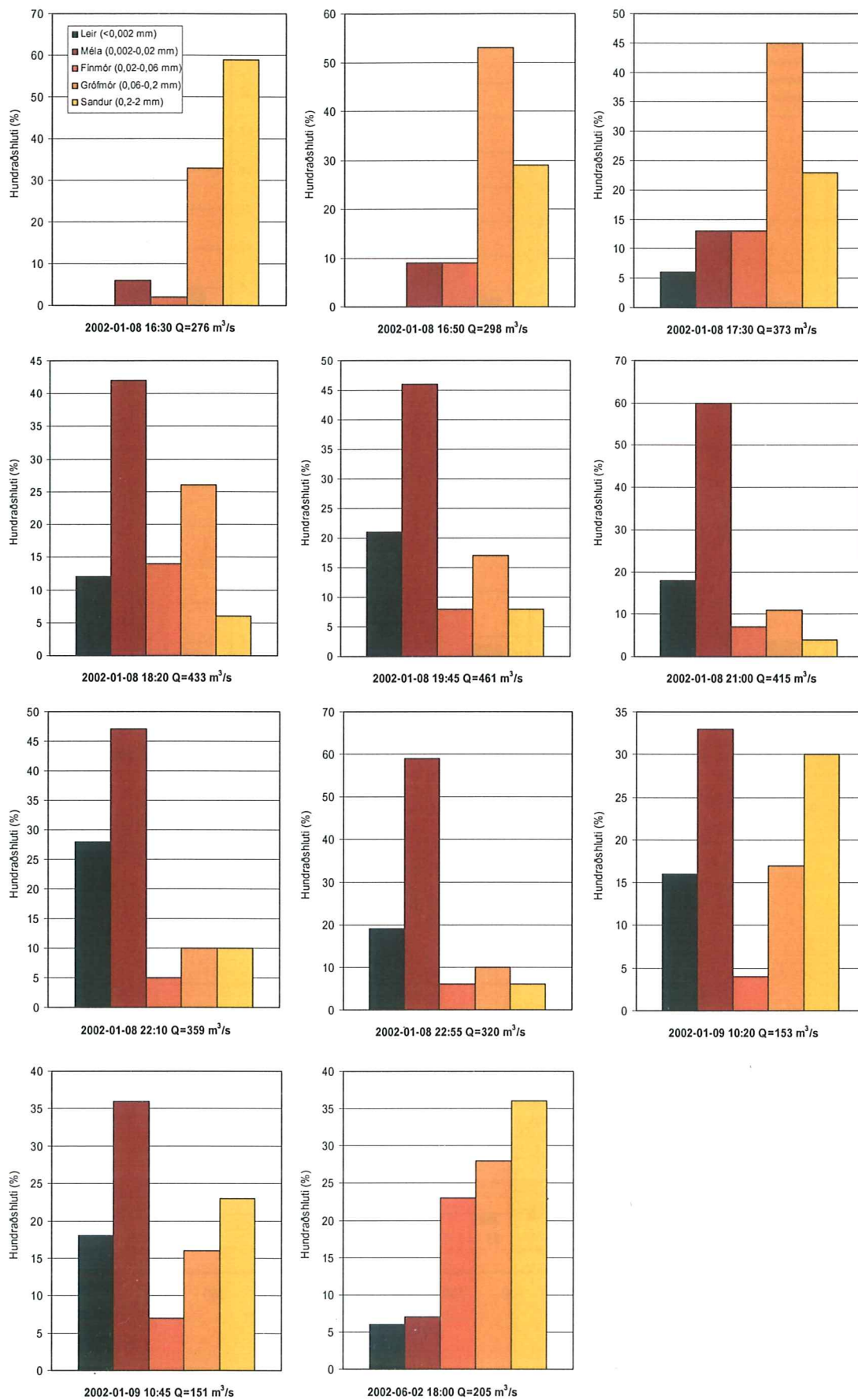


Mynd 8: Breytingar heildarstyrks svifaurs og rennslis í sýnum teknum í janúarflóði við Grímsstaði.

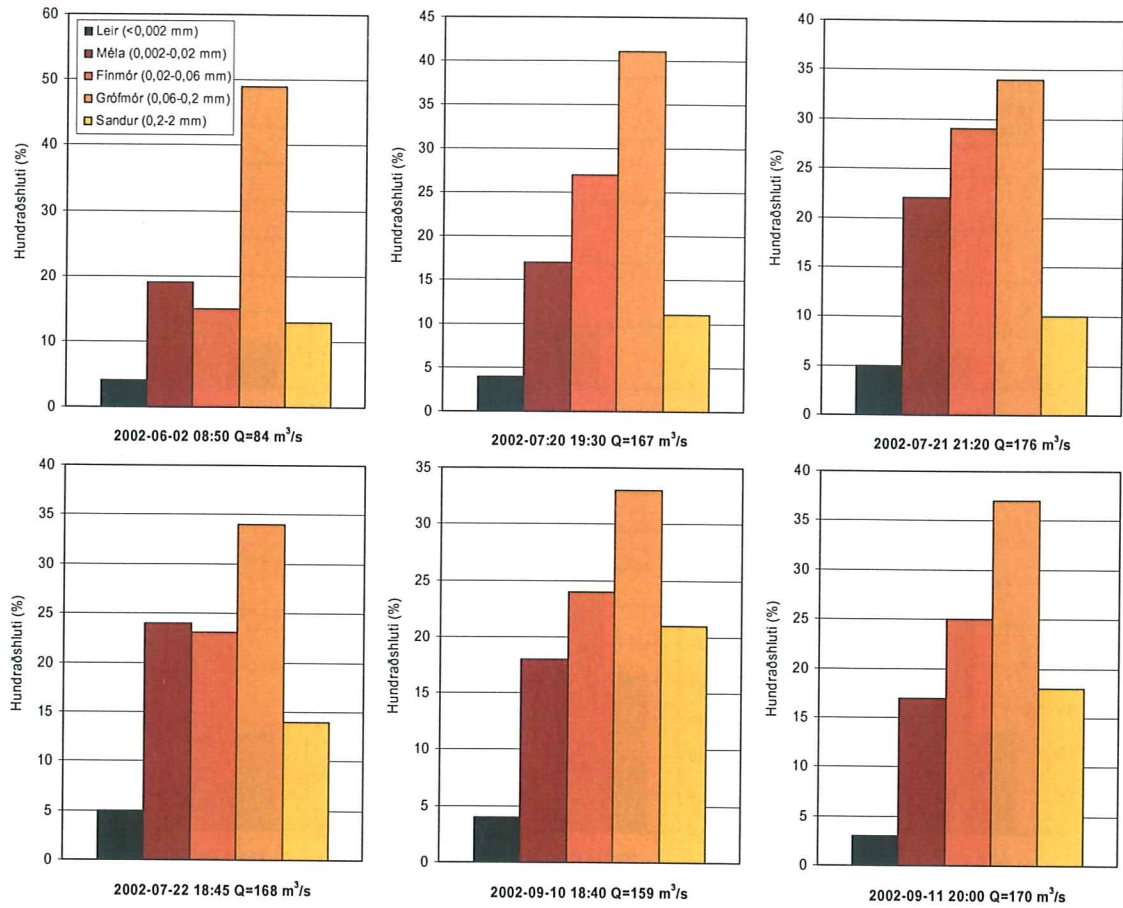
Næstu fimm sýni (18:20–22:55) hafa tiltölulega svipaða kornastærðarsamsetningu en nokkuð frábrugðna en fyrstu þrjú sýnin (mynd 9). Hlutfall finefna er frekar hátt þar sem hlutfall leirs er 12–28% og hlutfall mélu 33–60%. Hins vegar er hlutfall sands lægra en í fyrstu tveimur sýnunum, aðeins 4–10%, og hlutfall grófmós 10–26%, langhæst í sýnunum frá kl. 18:20 og 19:45 sem eru sitt hvoru megin við hámark flóðsins. Sýnin tvö sem tekin voru þann 9. janúar hafa allt aðra kornastærðarsamsetningu. Leirhlutfallið er þó ennþá tiltölulega hátt (16–18%) en hlutfall sands hefur hækkað mikið, er 30% í fyrra sýninu og 23% í því seinna, og hlutfall grófmós hækkar heldur, eða upp í 16–18% (mynd 9). Svo virðist sem sýnin sem tekin voru 9. janúar þegar flóðið var í rénun séu heldur grófari og gæti það tengst því að stór hluti finefnanna hafi þá þegar flust niður með ánni en grófi hluti svifaursins hafi enn verið eftir í farveginum.

Tafla 4 sýnir einnig kornastærðargreiningar sýna frá Upptyppingum og Kreppu. Á mynd 10 má hins vegar sjá skiptingu sýnanna sex frá Upptyppingum í kornastærðarflokka á sama hátt og á mynd 9 fyrir Grímsstaði. Í öllum Upptyppingasýnum er hlutur grófmós hæstur (33–49%) og hlutfall leirs lægst (3–5%), en nokkur munur er á milli sýnanna sem tekin voru í júlí annars vegar og september hins vegar. Þannig eru fyrrnefndu sýnin með sandhlutfall um og yfir 10% (mest 14%) en september sýnin um og yfir 20%. Þetta er í samræmi við minni jökulbráðnun í september og samhliða minnkun í finefnaflutningi.

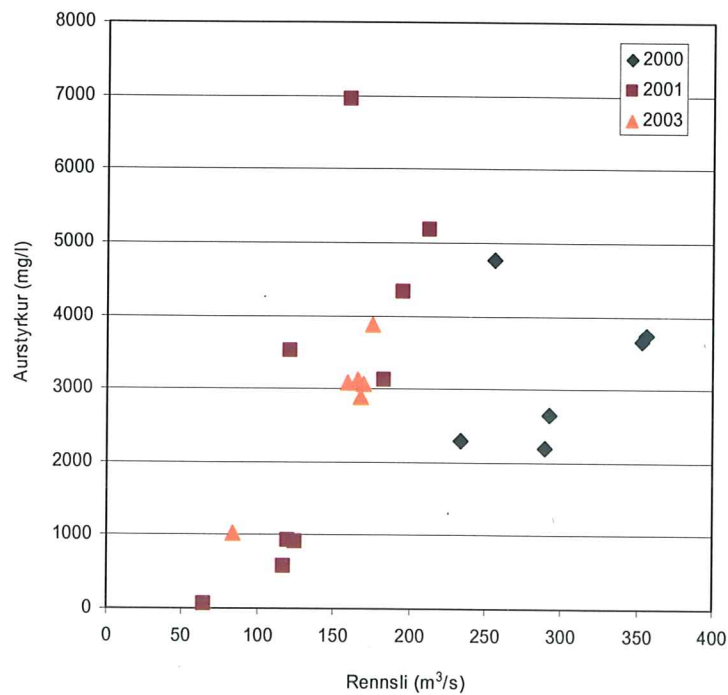
Mynd 11 sýnir hins vegar vensl heildarsvifaurs og rennslis við Upptyppinga fyrir öll svifaursýni sem tekin hafa verið frá árinu 2000. Það sem er mest áberandi við myndina er hið háa rennslis sem mældist samhliða sýnatökunni árið 2000, en í sömu sýnum hefur heildarsvifaurs ekki aukist að sama marki. Rennslis við Upptyppinga mældist vatnsárið 1999–2000 langt yfir meðallagi eða 27% (Vatnamælingar 2001) og eru helstu ástæður fyrir hinu háa rennslis taldar vera þrjár: 1) Framskrið Dyngjujökuls veturinn 2000, 2) Heklugos í febrúar 2000 og 3) hlýtt sumar. Fylgni milli aurstyrks og rennslis er hins vegar ekki sérstaklega góð fyrir sýnin frá 2000 og 2001 heldur, eða $R^2=0,56$.



Mynd 9: Kornastærð stakra svifaurskýna ársins 2002 frá Grímsstöðum.



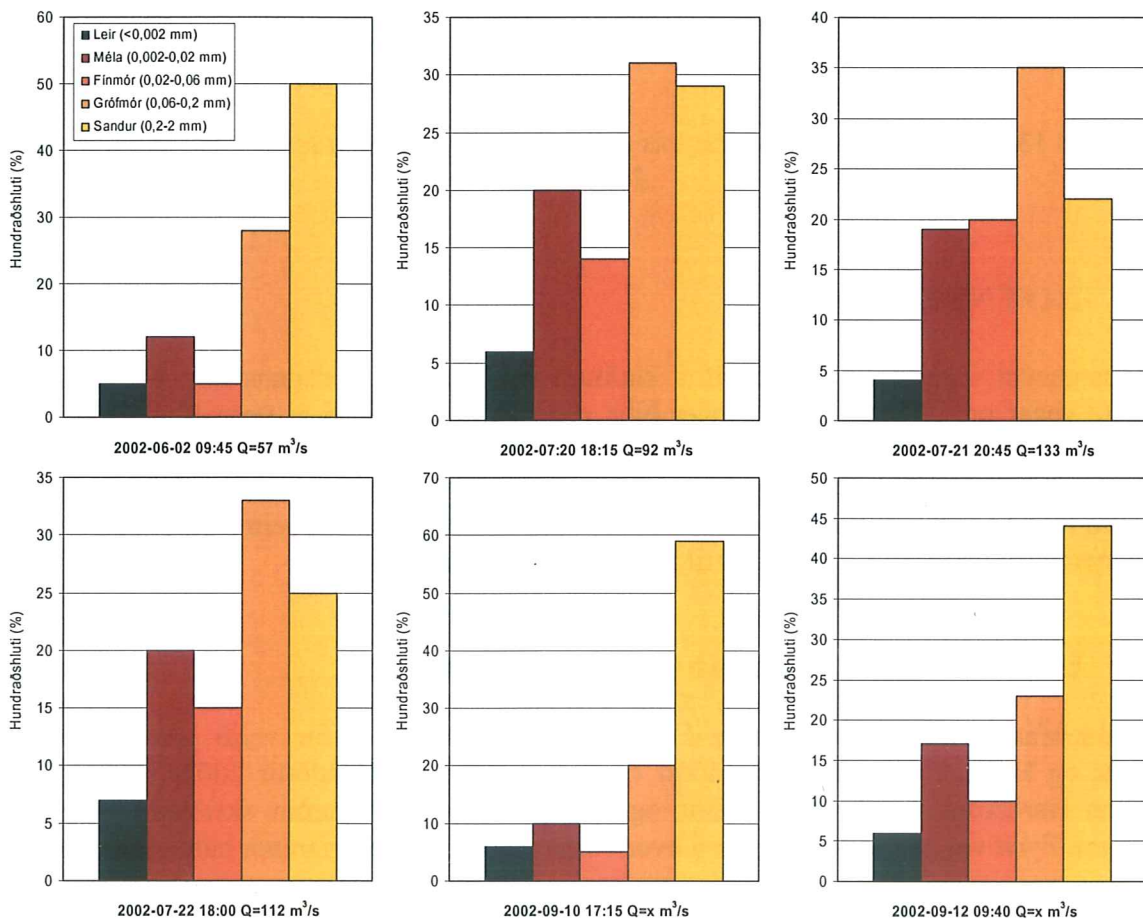
Mynd 10: Kornastærð svifaurssýna ársins 2002 frá Upptýppingum.



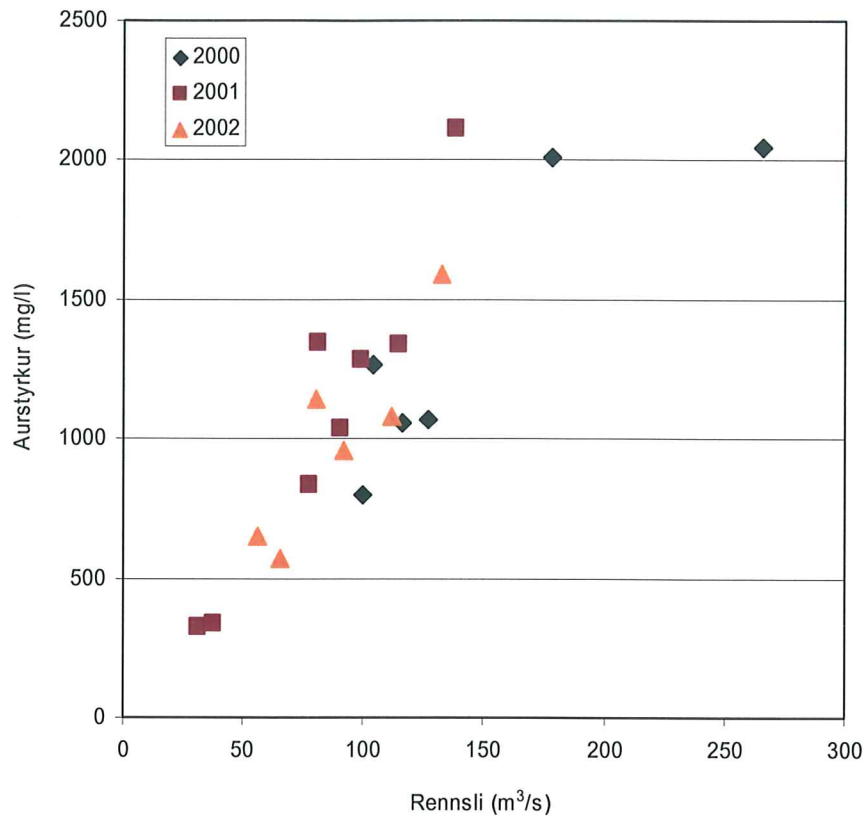
Mynd 11: Vensl heildarsvifaurstyrks og rennslis í sýnum sem tekin voru við Upptýppinga árin 2000–2002.

Mynd 12 sýnir sambærilega kornastærðarflokkun fyrir svifaurssýnin sem tekin voru við Kreppu árið 2002. Segja má að Kreppusýnin skiptist í tvo hópa, annars vegar sýnin þrjú sem tekin voru 21. og 22. júlí og hins vegar eitt júní og tvö septembersýni. Júlísýnin innihalda hlutfallslega meira af finmó og grófmó, á meðan sandhlutfall er töluvert hærra í júní og septembersýnum (44–50%). Þetta er eins og við Upptyppinga í samræmi við hlutfall jökulbráðunar í rennslinu, en í byrjun júní hefur hún varla verið byrjuð að miklu magni og hefur verið heldur í rénun 10.–12. september.

Vensl svifaursstyrks og rennslis er sæmileg fyrir Kreppusýnin eins og sést á mynd 13. Ef sýninu sem tekið var við 266 m³/s er sleppt er fylgni milli þessara þátta 0,76 (R²) sem er töluvert betra en fyrir sýnin sem tekin voru við Upptyppinga. Þessi betri fylgni fyrir Kreppusýnin eru hugsanlega tengd sýnategundinni en sýnin við Upptyppinga eru bakkasýni sem tekin eru með handsýnataka en Kreppusýnin eru tekin af spili með hefðbundnum sýnataka nálægt mesta streng árinna. Handsýnin frá Upptyppingum eru að öllum líkindum mun lélegri og endurspegla ekki eins vel svifaursstyrk í ánni þar sem þau ná ekki undir botn í mesta straumi árinna þar sem grófasti aurinn er mestur. Hugsanlegt er að þau vanmeti aurinn jafnvel enn meira þegar rennsli er mikið og eingöngu er hægt að taka handsýnin úr yfirborði árinna.



Mynd 12: Kornastærð svifaurssýna ársins 2002 í Kreppu.



Mynd 13: Vensl heildarsvifaurstyrks og rennslis í sýnum sem tekin voru í Kreppu árin 2000–2002.

3 BOTNSKRID

Skríðaurssýni voru tekin frá rafdrifna kláflum við Grímsstaði dagana 23., 24. og 26. júlí annars vegar og 14. og 15. september hins vegar. Eins og fyrri ár voru sýnin tekin á átta stöðum yfir þversniðið, þ.e. í 65, 85, 95, 105, 115, 125, 135 og 145 m fjarlægð frá 0-punkti við hús. Í fyrri ferðinni voru bakkar árinna í 49 og 165 m, en í þeirri seinni í 48 og 164 m. Í báðum ferðum voru öll sýnin vegin (54 sýni í fyrri ferð og 81 sýni í seinni ferð) auk þess sem átta sýni voru tekin frá í hvorri ferð til kornastærðargreiningar.

3.1 Útreikningar á framburði skríðaus

Skríðausframburður var reiknaður á sambærilegan hátt og hefur verið gert fyrir Þjórsá, Skaftá og Hólmsá (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2002a, 2002b, 2003, Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003). Eins og þar var heildarframburður skríðaus reiknaður í þrepum. Fyrst var meðalframburður á hverri stöð reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$\text{Meðalframburður á stöð } j: q_{bj} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \frac{M_i}{t_i d}$$

þar sem M_i er massi sýnis i (í grömmum), t_i er söfnunartíminn (í sekúndum) fyrir sýni i , d er þvermál sýnatökuopsins (0,0762 m) og n_j er heildarfjöldi sýna á stöð j .

Heildarframburður skriðaus gegnum þversniðið var síðan reiknaður með eftirfarandi jöfnu:

Heildarframburður gegnum þversnið:

$$Q_b = \frac{q_{b1}}{2} x_1 + \frac{q_{b1} + q_{b2}}{2} x_2 + \dots + \frac{q_{bn-1} + q_{bn}}{2} x_n + \frac{q_{bn}}{2} x_{n+1}$$

þar sem Q_b er í g/s og x merkir fjarlægð í m milli sýnatökustaða; á milli ysta sýnatökustaðar og vatnsbakka, eða þar sem straumur byrjar (World Meteorological Organization, 1994).

Í skýrslunni er einnig reiknaður framburður á milli sýnatökustaða þar sem auðveldara er að setja þær niðurstöður fram á myndrænan hátt:

$$\text{Framburður á milli sýnatökustaða: } \psi = q_{bj} \cdot L_j$$

þar sem L_j er fjarlægð milli miðjupunkta á milli stöðva næst stöð j ; en fjarlægðin frá árbakka að ysta sýnatökustaðnum er helminguð. Summa þessara gilda þvert yfir þversnið árinna er jöfn fyrreiknuðu Q_b .

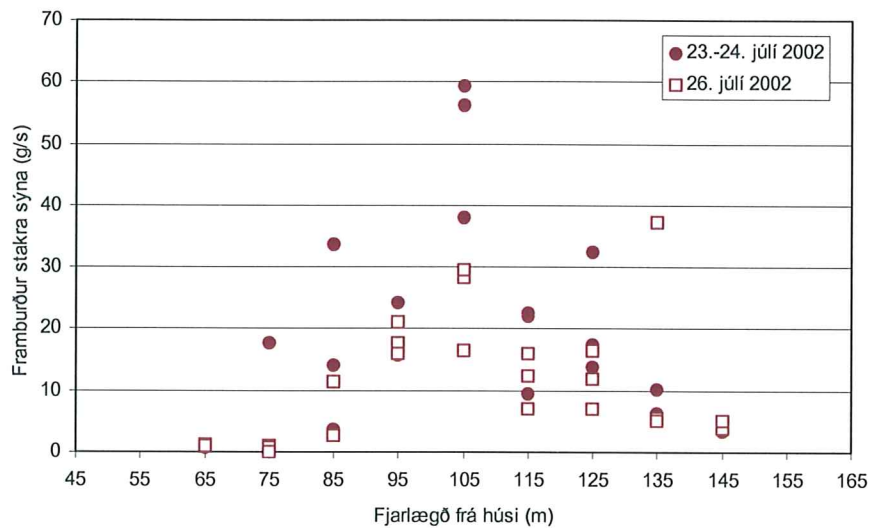
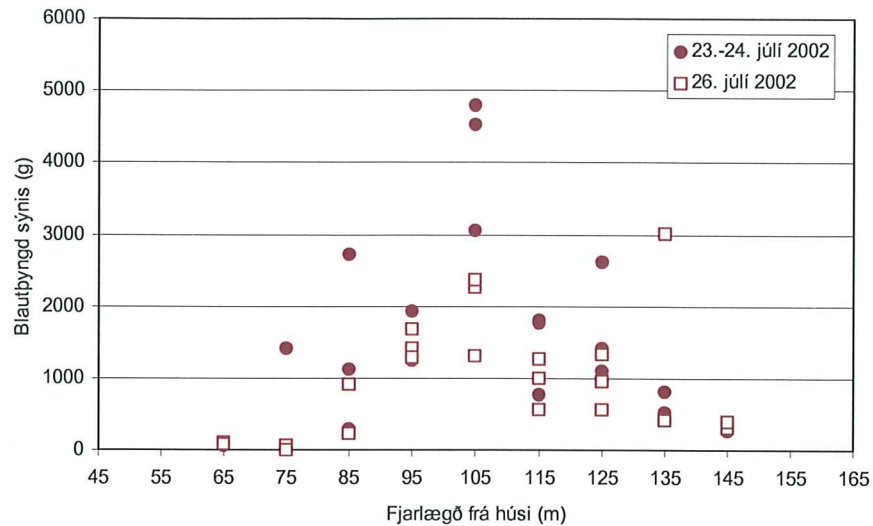
Hafa ber í huga við túlkun slíkra skriðausgagna að þótt mælingar á skriðaur gefi mikilvæga vitneskju um skriðausflutning er slíkur flutningur mjög ósamfelldur svo að mæla þarf í langan tíma til þess að fá raunhæft meðaltal. Þá er miðað við að allur skriðaur sé af þeirri stærð sem kemst í sýnatakann en vitað er að mun stærri steinar og hnullungar ferðast niður flestar af stærstu jökulánum þegar rennslið er mjög hátt.

3.2 Niðurstöður botnskriðsmælinga

Í fyrri ferðinni í júlí var sýnatökunni skipt upp í tvennt og stóð hún annars vegar frá 18:38 þann 23. júlí og fram til 00:49 eftir miðnætti, og hins vegar frá kl. 13:20 til 18:20 þann 26. júlí. Alls voru tekin 54 sýni þessa daga. Rennsli var nokkuð misjafnt innan þessara tveggja sýnatökulota og var meðalrennslið í fyrri lotunni 23.–24. júlí 322 m³/s en 359 m³/s þann 26. júlí. Minni dægursveifla sást í rennsli í fyrri lotunni, eða um 20 m³/s, á meðan rennslismismunurinn var 59 m³/s í seinni lotunni.

Mynd 14 sýnir blautþyngd og sýnaframburð allra sýna sem tekin voru í sýnatökuferðinni í júlí og er sýnunum skipt upp milli sýnatökulotanna tveggja. Greinilegt er að blautþyngd og framburður stakra sýni hefur verið heldur minni í seinni lotunni (opnir ferningar) en þeirri fyrri (fylltir hringir) eins og einnig sést í töflunni fyrir neðan þar sem niðurstöður hvorrar lotu fyrir sig eru sýndar. Það sem er áhugavert er að heildarframburður var töluvert lægri (12,9 kg/s) í seinni lotunni en þeirri fyrri (20,0 kg/s), en meðalrennsli í seinni lotunni var þó 39 m³/s hærra. Í útreikningum fyrir seinni lotuna var þó einu sýni af 95 m, sem var rúmlega tvöfalt stærra en önnur sýni, sleppt þar sem líklegt þótti að pokinn hefði yfirfyllst þegar það var tekið.

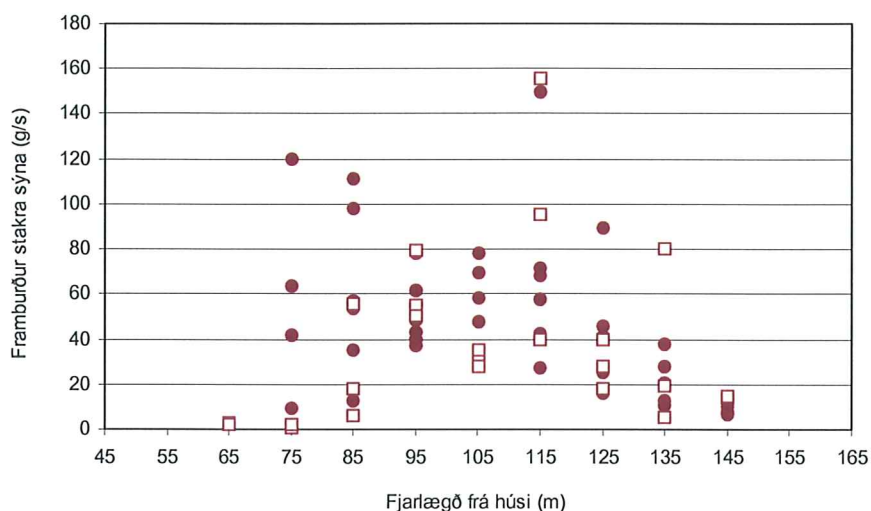
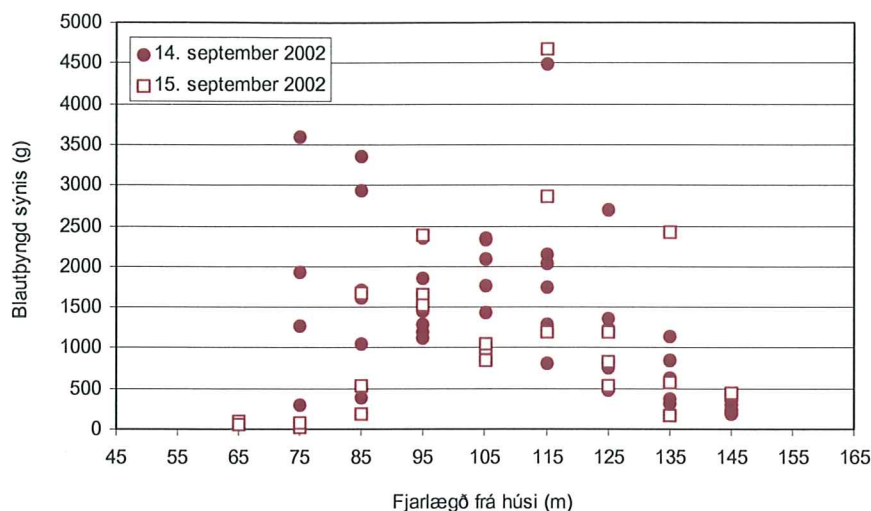
Í báðum lotunum barst langstærstur hluti skriðausins fram á 105 m þó að hlutfallslega meira hafi borist fram á þeirri stöð í fyrri lotunni. Í fyrri lotunni barst meira fram á öllum stöðvum en í seinni lotunni, nema á 145 m stöðinni þar sem rúmlega tvöfalt meira barst fram í seinni lotunni.



23.-24. júlí 2002	65 m	75 m	85 m	95 m	105 m	115 m	125 m	135 m	145 m	Heildarframburður
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	13	10	10	10	10	10	10	10	15	Meðal Q= 322 m ³ /s
Meðalskriðursframburður á hverri stöð (g/s/m)	49	85	224	266	672	236	278	97	55	1962
Heildarskriðurs-framburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	634	848	2245	2659	6721	2361	2781	965	828	20,0 kg/s

26. júlí 2002	65 m	75 m	85 m	95 m	105 m	115 m	125 m	135 m	145 m	Heildarframburður
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	13	10	10	10	10	10	10	10	15	Meðal Q= 359 m ³ /s
Meðalskriðursframburður á hverri stöð (g/s/m)	14	7	93	239	324	154	156	209	58	1254
Heildarskriðurs-framburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	177	71	931	2390	3244	1540	1559	2094	867	12,9 kg/s

Mynd 14: Niðurstöður skriðursmælinga 23., 24. og 26. júlí 2002 við Grímsstaði. Efri mynd: Blautþyngd (g), Neðri mynd: Skriðursframburður stakra sýna (g/s).



14. september 2002	65 m	75 m	85 m	95 m	105 m	115 m	125 m	135 m	145 m	Heildarframburður
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	13,5	10	10	10	10	10	10	10	14,5	Meðal Q= 329 m ³ /s
Meðalskriðursframburður á hverri stöð (g/s/m)	29	520	803	674	793	911	569	281	108	4688
Heildarskriðursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	394	5198	8034	6740	7925	9106	5687	2814	1570	47,5 kg/s
15. september 2002	65 m	75 m	85 m	95 m	105 m	115 m	125 m	135 m	145 m	Heildarframburður
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	13,5	10	10	10	10	10	10	10	14,5	Meðal Q= 361 m ³ /s
Meðalskriðursframburður á hverri stöð (g/s/m)	32	16	346	809	418	1270	372	458	190	3911
Heildarskriðursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	433	160	3456	8093	4178	12700	3718	4579	2759	40,1 kg/s

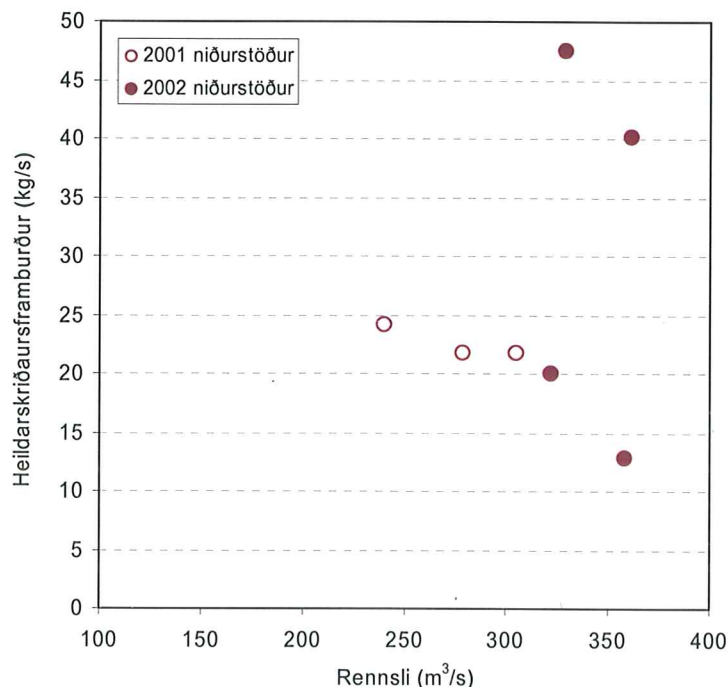
Mynd 15: Niðurstöður skriðursmælinga 14. og 15. september 2002 við Grímsstaði. Efri mynd: Blautþyngd (g), Neðri mynd: Framburður stakra sýna (g/s).

Seinni sýnatakan fór fram kl. 09:03–18:01 þann 14. september og kl. 13:36–17:31 þann 15. september og náðust 82 skriðaurssýni á þessum tveimur dögum. Eins og með sýnin í fyrri sýnatökuferðinni er niðurstöðunum skipt upp eftir dögum, en nokkur rennslismunur var á milli þessara daga. Einu sýni var sleppt í útreikningunum þar sem hugsanlegt er að sýnatakinn hafi yfirfyllt. Meðalrennsli þann 14. september var $329 \text{ m}^3/\text{s}$ og sveiflaðist það töluvert innan sýnatökunnar, eða um $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Seinni daginn var meðalrennslið hins vegar nokkuð hærra, eða $361 \text{ m}^3/\text{s}$, en tiltölulega lítill rennslismunur var innan sýnatökutímans ($17 \text{ m}^3/\text{s}$).

Dreifing skriðaus innan farvegarins á milli sýnatökudaganna var nokkuð mismunandi. Mun meiri skriðausframburður mældist nálægt hægri bakka (75 og 85 m) fyrri daginn en þann seinni þegar dreifingin var normaldreifðari yfir farveginn með hæstan framburð á 95 og 115 m (mynd 15). Sú dreifing er líkari því sem sást í fyrri sýnatökuferðinni í júlí.

Í seinni sýnatökuferðinni er sama uppi á teningunum, þ.e. heildarframburður er hærri fyrri daginn ($47,5 \text{ kg/s}$) en seinni daginn ($40,1 \text{ kg/s}$) þegar meðalrennslið var rúmlega $40 \text{ m}^3/\text{s}$ hærra (15. september) (mynd 15).

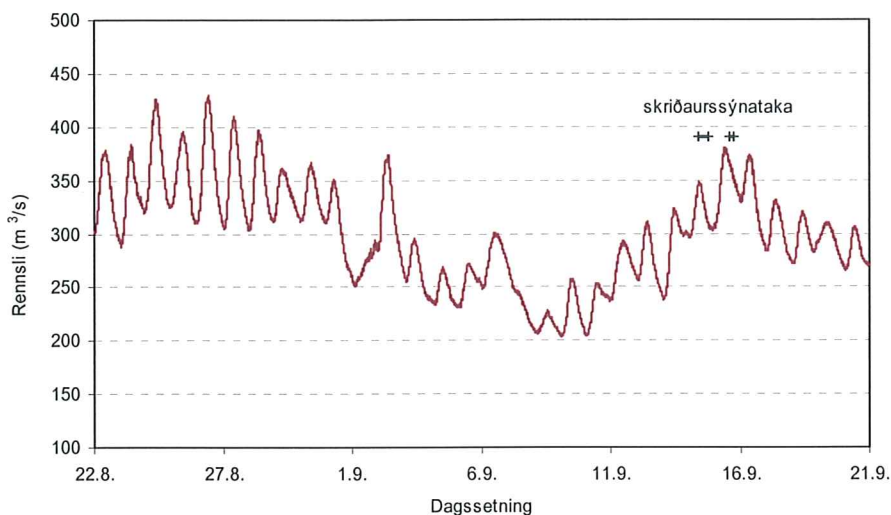
Þegar skriðausframburður í þessum fjórum sýnatökulotum er borinn saman (mynd 16), svo og við sambærilegar niðurstöður frá árinu 2001, sést að engin eðlileg fylgni er á milli heildarskriðausframburðar og rennslis eins og sýnt hefur verið fram á t.d. í Þjórsá (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir 2002 og 2003). Fyrir utan sýnatökuna í september 2002 þegar framburður heildarskriðaus var allt að tvöfaldur framburður aðra sýnatökudaga lækkaði framburður heildarskriðaus með rennsli í stað þess að aukast eins í flestum öðrum ám. Þetta þýkir staðfesta enn frekar að takmarkað framboð er á skriðausefni við Grímsstaði.



Mynd 16: Vensl heildarskriðausflutnings og rennslis í þeim skriðaurssýnatökulotum sem gerðar hafa verið við Grímsstaði árin 2002 og 2002.

Hinn háí heildarframburður í september 2002 er nokkuð einkennilegur miðað við árstíð og rennsli. Þegar rennslisferill daganna áður er skoðaður (mynd 17) kemur þó í ljós að þegar

sýnin voru tekin 14. og 15. september hafði rennsli verið að aukast verulega frá því dagana á undan þegar það hafði náð lægra rennsli en mælst hafði síðan í byrjun júlí. Ein tilgáta fyrir hinum háa skriðaurssýnatöku er að mikill skriðaur hafi borist niður með ánni þegar rennsli var hátt í byrjun og lok ágúst en þegar rennslið minnkaði verulega í byrjun september hafi skriðaurinn sest til þar til rennslið jókst verulega í kringum sýnatökuna. Þá hafi mikill skriðaur verið til staðar til flutnings sem skilar sér í mun hærri heildarskriðaurssýnatöku en í fyrri ferðum.



Mynd 17: Rennsliferill (skv. Campbell gögnum) við Grímsstaði fyrir hluta ágúst og september 2002 ásamt tímasetningu skriðaurssýnatöku.

3.3 Aðferðir við kornastærðarmælingar skriðaus

Sýni sem voru kornastærðargreind voru þurrkuð við 60°C áður en þau voru þurrsigtuð á aurburðarstofu Vatnamælinga. Stærsta sigtið sem var notað var 64 mm og það minnsta 0,063 mm, en þar á milli hlupu sigtin á hálfri phi-stærð. Phi (ϕ) kvarðinn er mikið notaður við útreikninga á afleiddum kornastærðareiginleikum enda einfaldar notkun hans mjög tölfræðilega útreikninga. Í þessari rannsókn er ϕ kvarðinn notaður við útreikninga á kornastærð skriðaus og eru ϕ gildi reiknuð á eftirfarandi hátt:

$$\phi = -\log_2(d)$$

þar sem d er þvermál korna í mm.

Tafla 5 sýnir samanburð á stærðum í mm og stærðum í ϕ .

Tafla 5: Samanburður stærða í mm og í phigildum.

mm	phi (ϕ)	mm	phi (ϕ)	mm	phi (ϕ)	mm	phi (ϕ)
64	-6	8	-3	1	0	0,125	3
44,8	-5,5	5,6	-2,5	0,71	0,5	0,088	3.5
32	-5	4	-2	0,5	1	0,063	4
22,4	-4,5	2,83	-1,5	0,35	1,5	<0,063	panna
16	-4	2	-1	0,250	2		
11,2	-3,5	1,41	-0,5	0,177	2,5		

Kornastærðargögnin eru sett fram sem safntíðniferlar á línulegum þrikvarða. Tölfræðilegir eiginleikar sýnanna voru reiknaðir út með afleiðuaðferð (moment statistics) og er hér sýnt hvernig meðalstærð (mean), aðgreining (sorting) og skakki (skewness) eru reiknuð.

$$\text{Meðalstærð} \quad \bar{x}_\phi = \frac{\sum fm}{n}$$

$$\text{Aðgreining} \quad \sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f(m - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$$

$$\text{Skakki} \quad \overline{Sk}_\phi = \frac{\sum f(m - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$$

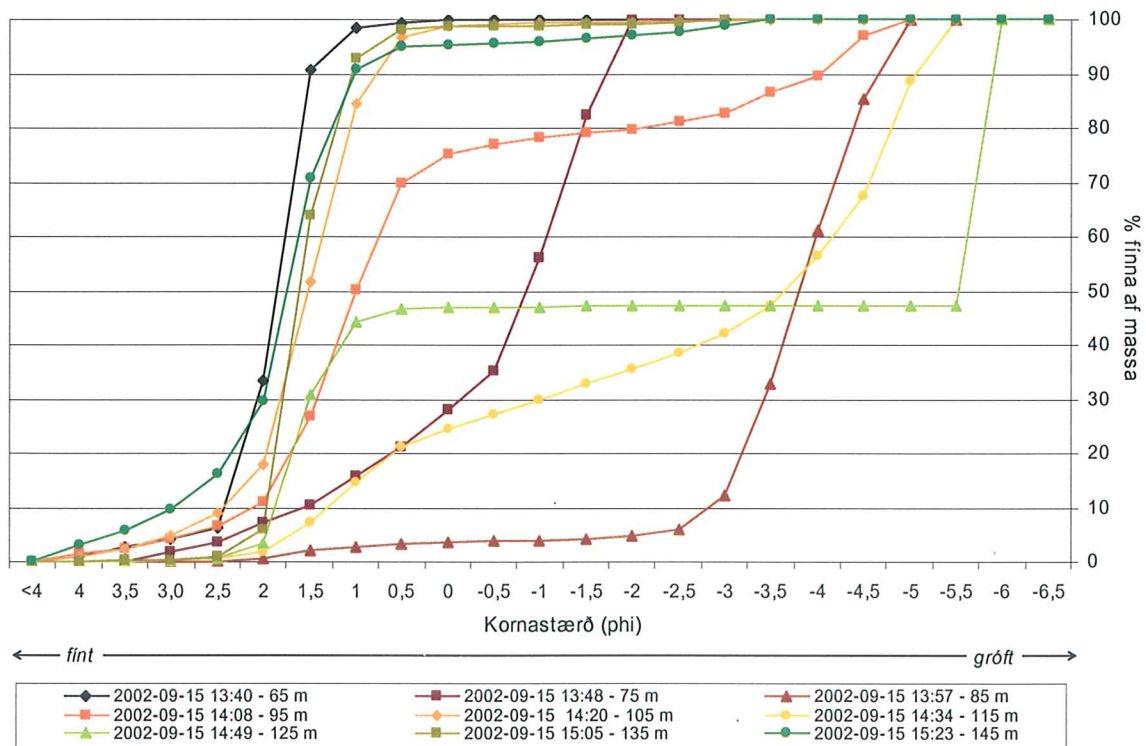
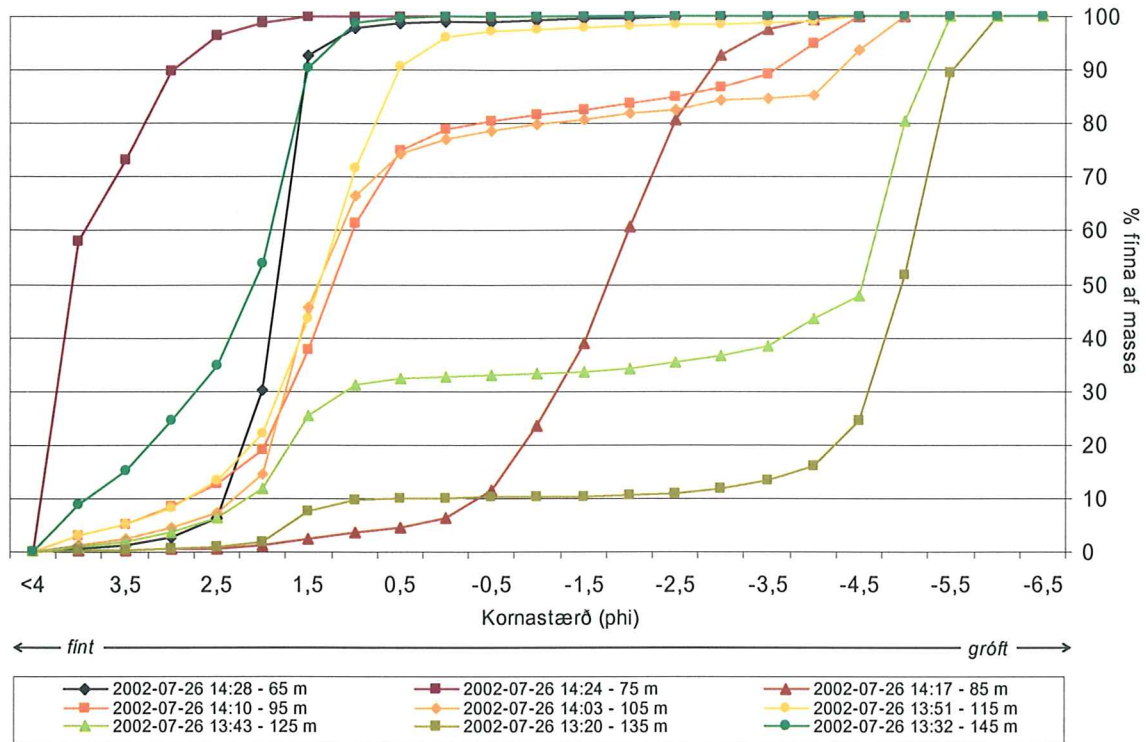
þar sem f táknar þungaprósentu í hverjum kornastærðarflokki fyrir sig og m er miðja hvers kornastærðarflokks í ϕ . Afleiddir kornastærðareiginleikar voru eingöngu reiknaðir á efni stærra en 0,063 mm og því var efni sem kom í þönnu við sigtun sleppt. Í tveimur sýnum var þetta efni >3% af heildarþunga sýnisins, þar af um 58% í sýni sem tekið var 26. júlí af 75 m. Afleiddir kornastærðareiginleikar eru ekki reiknaðir fyrir þessi sýni þó að þau séu sýnd á safntíðnilínuritum (mynd 18).

Meðalstærð táknar einfalt stærðarmeðaltal, en aðgreining sýnir í raun staðalfrávik gagnanna. Því betri sem aðgreiningin er, því lægra verður aðgreiningargildið, halli á safntíðniferlinum meiri og sýnið einsleitara að stærð. Skakki segir hinsvegar til um lögum tíðniferils sýnisins hvað viðkemur ósamhverfu hans. Ef dreifing grófari hluta sýnisins er meiri en finni hluta þess er sagt að sýnið hafi “hala” af grófu efni og er talað um neikvæðan skakka. Jákvæður skakki gefur hins vegar til kynna að sýnið hafi “hala” af finu efni og er þá skakkagildið tiltölulega há jákvæð tala.

3.4 Niðurstöður kornastærðarmælinga skriðaurssýna

Safntíðniferlar skriðaurssýnanna 18 sem kornastærðargreind voru á aurburðarstofu Vatnamælinga eru sýndir á mynd 18. Gífurlegur munur er á kornastærðardreifingu sýnanna og eru sum þeirra mjög fingerð, t.d. sýnið frá 26. júlí af 75 m þar sem 58% af þyngd sýnisins hefur kornastærð innan við hin hefðbundnu Udden-Wentworth sandmörk við 0,063 mm. Þegar sýnin frá 26. júlí eru skoðuð frekar (mynd 18 efri mynd) sést að stór hluti sýnanna hafa kornastærðina $1-2\phi$ (0,25–0,5 mm; sjá töflu 4), þ.e. meðalgrófan sand. Sýnin af 85, 125 og 135 m innihalda þó mun grófara efni, sérstaklega það síðastnefnda sem um 75% af sýnaþyngdinni er efni af stærðinni frá $-4,5$ til $-5,5\phi$ (22,4–44,8 mm).

Svipaða sögu er að segja um sýnin sem tekin voru þann 15. september 2002 (mynd 18 neðri mynd). Fjögur sýnanna (af 65, 105, 135 og 145 m) hafa mjög svipaða kornastærðardreifingu og er stærstur hluti þeirra á bilinu $1-2\phi$ (0,25–0,5 mm). Sýnið af 95 m er aðeins grófara en þessi fyrrnefndu fjögur sýni, en hin sýnin fjögur af 75, 85, 115 og 125 m eru síðan mun grófari, t.d. er um 90% af þyngd 85 m sýnisins af stærri en 8 mm. Safntíðniferill sýnisins af 125 m er nokkuð sérstakur en ástæðan fyrir því hversu flatur hann er að í tiltölulega fingerðu sýni var einn stór steinn sem var yfir helmingur af heildarþyngd sýnisins.



Mynd 18: Safntíðnilínurit skriðaurssýna sem tekin voru við Grímsstaði þann 26. júlí 2002 (efri mynd) og 15. september (neðri mynd).

Í töflu 6 eru settir fram niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika þeirra skriðaurssýna sem tekin voru árið 2002 af kláfnum við Grímstaði og voru kornastærðargreind á aurburðarstofu Vatnamælinga. Hér eru öll sýnin sett fram þó að aðeins tíu þeirra hafi eintoppa kornastærðardreifingu og í raun ætti eingöngu að setja fram afleidda kornastærðareiginleika

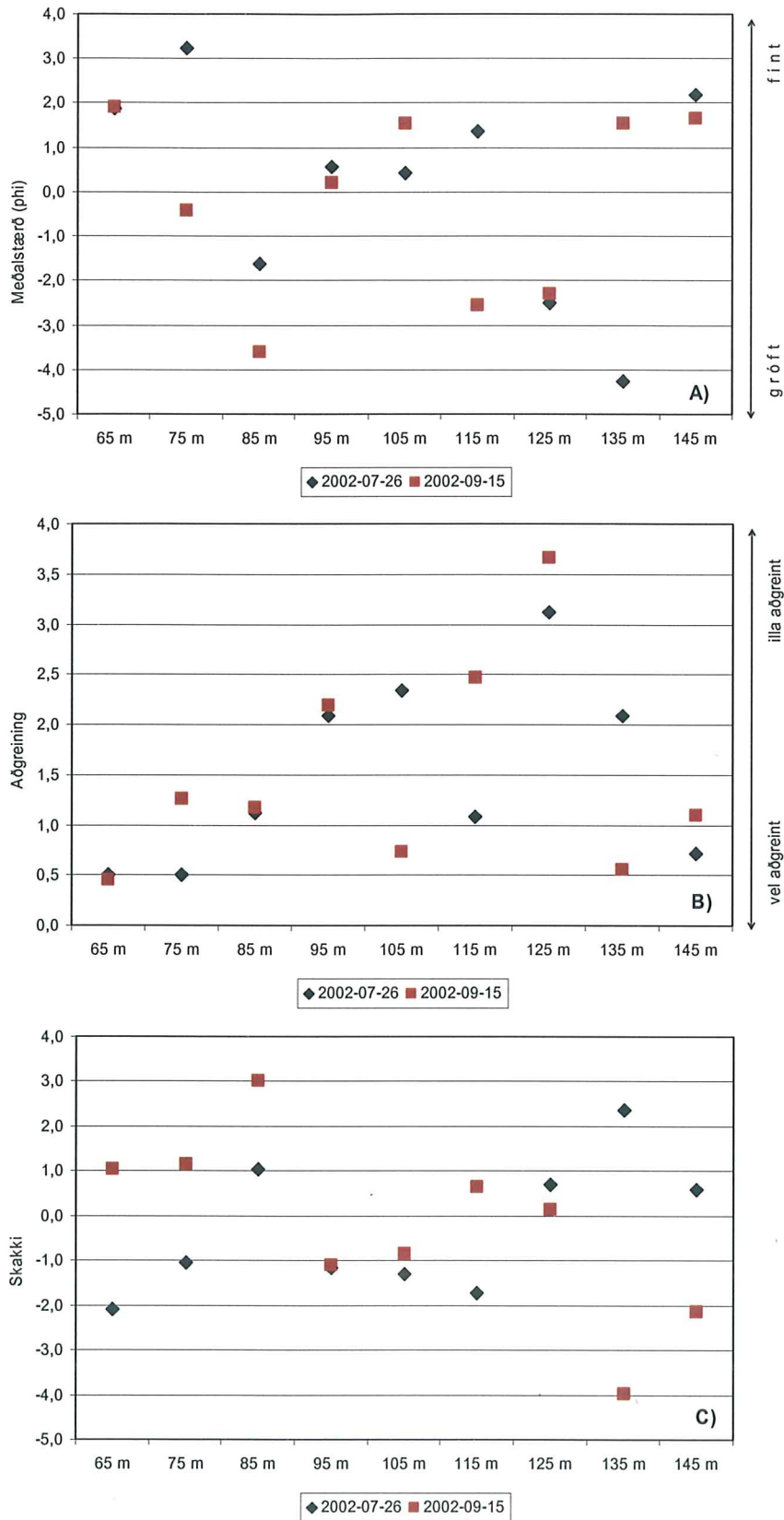
fyrir slík sýni (sjá töflu 6). Á mynd 19 eru sömu niðurstöður sýndar myndrænt en hafa ber í huga kornastærðardreifinguna við túlkun gagnanna.

Tafla 6: *Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika skriðaurssýna.*

Sýni	Meðalstærð (ϕ)	Aðgreining	Skakki	Dreifing
2002-07-26 14:28 - 65 m	1,9	0,5	-2,1	Eintoppa
2002-07-26 14:24 - 75 m	3,2	0,5	-1,0	Eintoppa
2002-07-26 14:17 - 85 m	-1,6	1,1	1,0	Eintoppa
2002-07-26 14:10 - 95 m	0,6	2,1	-1,2	Tvítoppa
2002-07-26 14:03 - 105 m	0,4	2,3	-1,3	Tvítoppa
2002-07-26 13:51 - 115 m	1,4	1,1	-1,7	Eintoppa
2002-07-26 13:43 - 125 m	-2,5	3,1	0,7	Tvítoppa
2002-07-26 13:20 - 135 m	-4,3	2,1	2,4	Tvítoppa
2002-07-26 13:32 - 145 m	2,2	0,7	0,6	Eintoppa
2002-09-15 13:40 - 65 m	1,9	0,5	1,0	Eintoppa
2002-09-15 13:48 - 75 m	-0,4	1,3	1,2	Tvítoppa
2002-09-15 13:57 - 85 m	-3,6	1,2	3,0	Eintoppa
2002-09-15 14:08 - 95 m	0,2	2,2	-1,1	Þritoppa
2002-09-15 14:20 - 105 m	1,5	0,7	-0,8	Eintoppa
2002-09-15 14:34 - 115 m	-2,6	2,5	0,6	Tvítoppa
2002-09-15 14:49 - 125 m	-2,3	3,7	0,1	Tvítoppa
2002-09-15 15:05 - 135 m	1,5	0,6	-4,0	Eintoppa
2002-09-15 15:23 - 145 m	1,7	1,1	-2,1	Eintoppa

Mikil dreifing er í meðalstærð sýnanna eftir stöðvum, eða allt frá 3,2 til -4,3 (0,105–16 mm). Á flestum stöðvum er kornastærð sýna frá júlí og september svipuð, en þó eru sýnin af 75 m, 115 m, og 135 m ólík. Eins og safntíðniferlarnir gefa einnig til kynna (mynd 18) er júlísýnið af 75 m sérstaklega fingert, og júlísýnið af 85 m og septembersýnið af 135 m grófast (mynd 18).

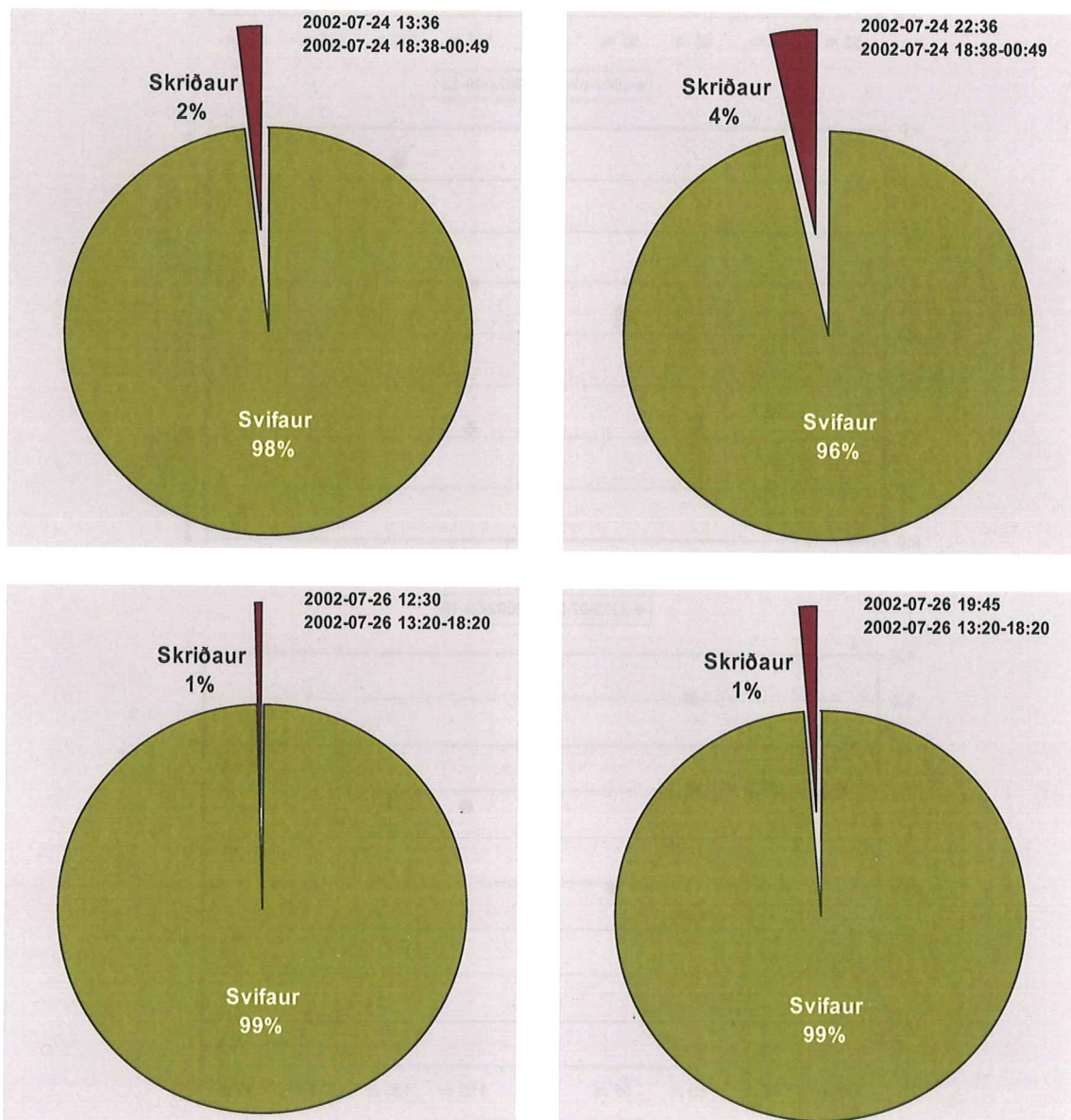
Mikill breytileiki sést einnig í aðgreiningu sýnanna (mynd 19) þar sem 125 m sýnin eru sérstaklega illa aðgreind á meðan sýnin af 65, 75, 85 og 145 m eru mun betur aðgreind. Júlí- og septembersýnin af 105, 115 og 135 m hafa hins vegar frekar ólíka aðgreiningu. Skakkagildin eru einnig mjög ólík, bæði innan stöðva og á milli stöðva (mynd 19).



Mynd 19: Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika skriðaurssýna frá Grímsstöðum árið 2002.

4 SAMANBURÐUR SVIFAURS- OG SKRIÐAURSSÝNA

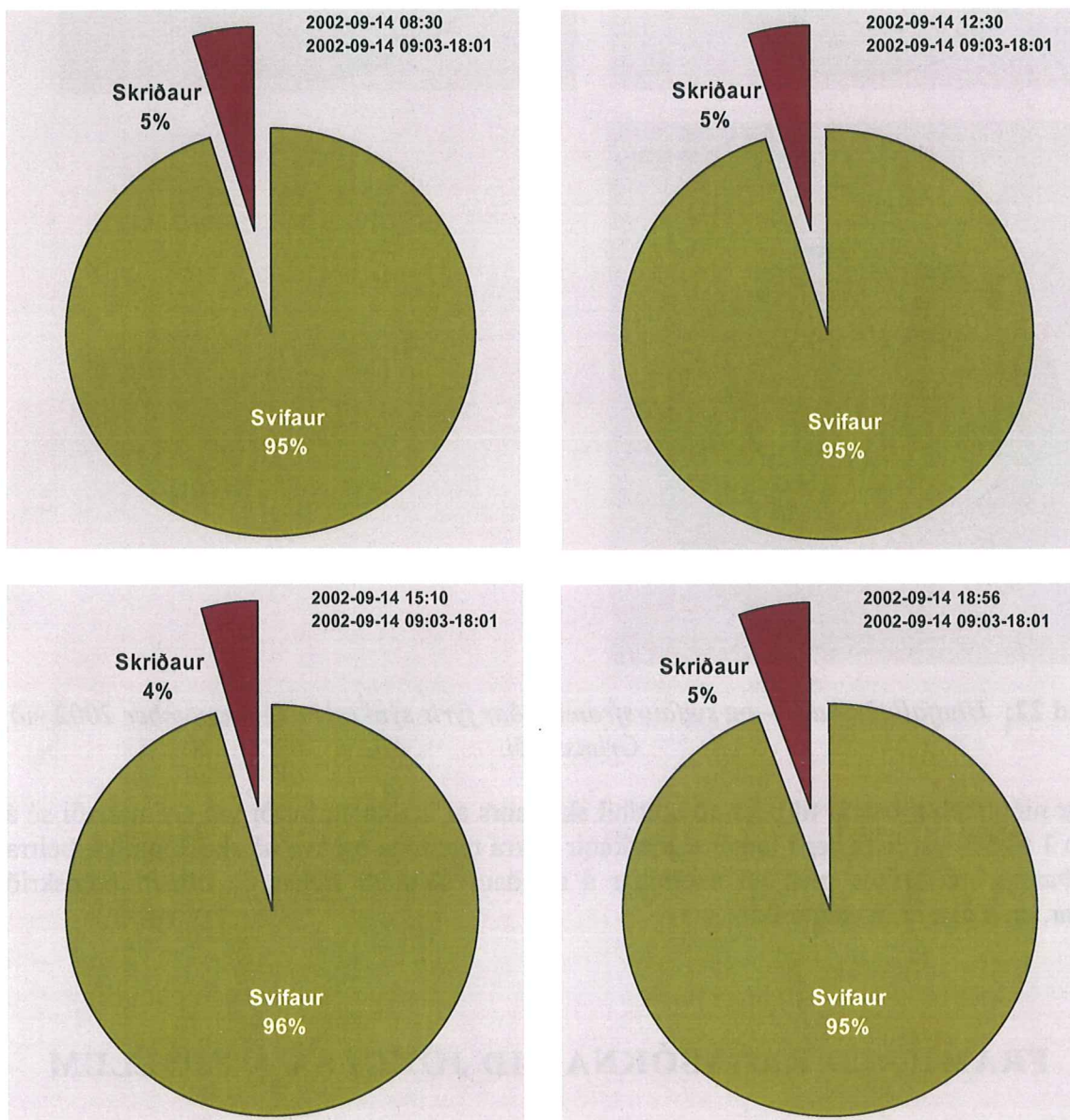
Vert er að skoða hlutfall skriðaus af heildaraurburði árinna en hann er fundinn með því að leggja saman framburð svifaurs og meðaltal skriðaus fyrir ákveðna daga. Þar sem nokkur svifaursýni voru tekin í kringum sýnatökuna í bæði fyrri og seinni ferðinni að Grímstöðum er hægt að skoða þetta hlutfall fyrir nokkur sýni í hverri ferð. Á mynd 20 er sýnt hlutfall skriðaus- og svifaursframburðar fyrir sýni sem tekin voru annars vegar 24. júlí og hins vegar 26. júlí. Þar sem svifaursýnin frá hvorum degi fyrir sig eru bæði tekin á svipuðum tíma og skriðaurssýnatakafor fram eru hlutföllin fyrir bæði sýnin sýnd. Þann 24. júlí var hlutfall skriðaus af heildaraurburði frá 2–4% eftir því við hvort svifaursýnið er miðað, en þann 26. júlí var hlutfallið aðeins um 1%.



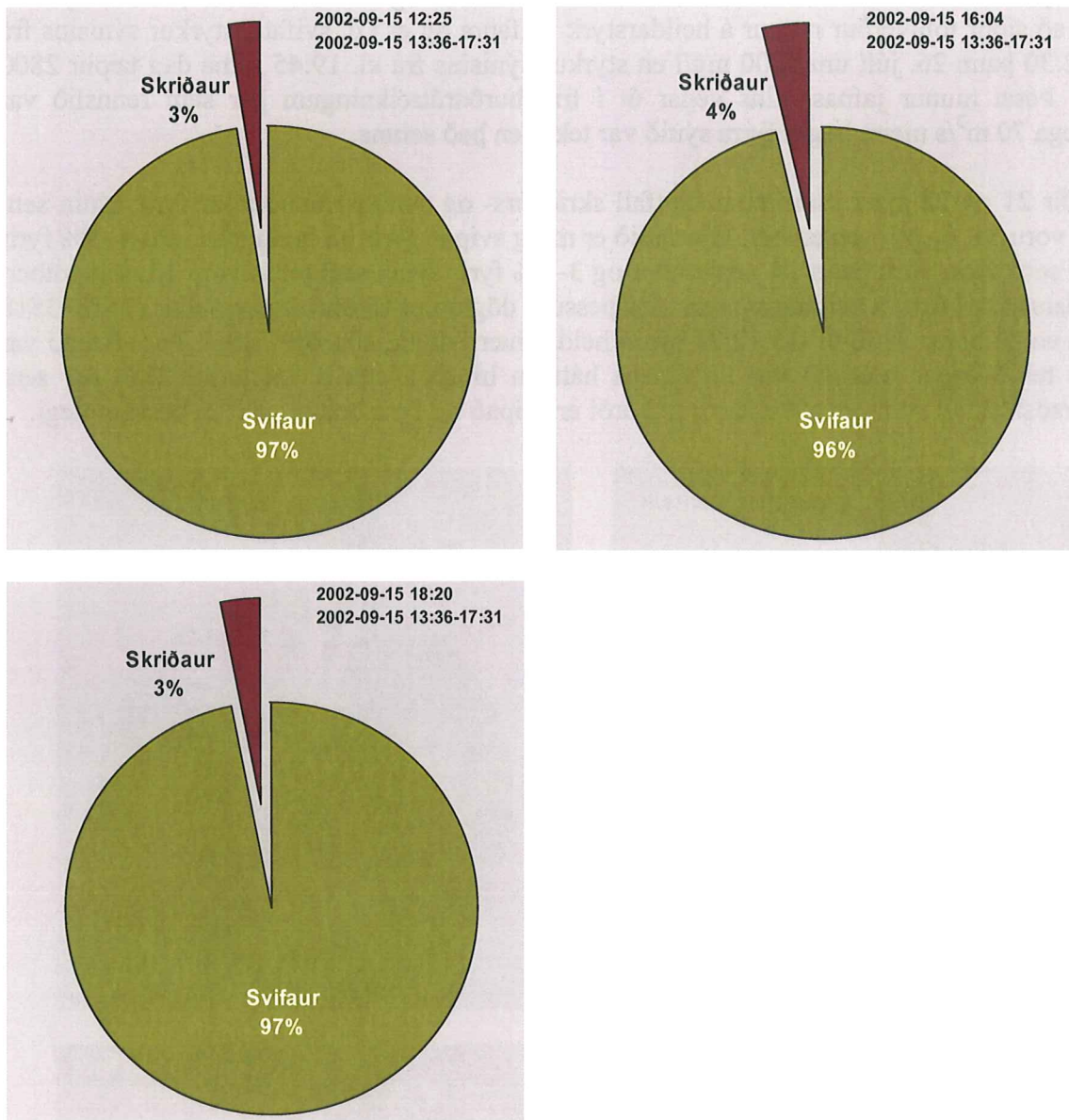
Mynd 20: Hlutfall skriðaus- og svifaursframburðar fyrir sýni tekin 24. júlí (efri myndir) og 26. júlí (neðri myndir).

Þó að það sé lítill munur á framburðarhlutfalli skriðaus og svifaurs meðal þessara sýna er engu að síður töluverður munur á heildarstyrk svifaurs og er t.d. svifaursstyrkur sýnisins frá kl. 12:30 þann 26. júlí um 5200 mg/l en styrkur sýnisins frá kl. 19:45 sama dag tæpur 2800 mg/l. Þessi munur jafnast hins vegar út í framburðarútreikningum þar sem rennslið var rúmlega 70 m³/s meira þegar fyrra sýnið var tekið en það seinna.

Myndir 21 og 22 sýna samskonar hlutfall skriðaus- og svifaursframburðar fyrir sýnin sem tekin voru 14. og 15. september. Hlutfallið er mjög svipað fyrir öll þessi sýni, eða 4–5% fyrir sýnin sem tekin voru þann 14. september og 3–4% fyrir sýnin sem tekin voru 15. september. Heildarstyrkur flestra svifaurskýnanna frá þessum dögum er tiltölulega svipaður (2558–3518 mg/l) en þó hefur 2002-09-15 12:25 sýnið heldur hærri styrk, eða 4091 mg/l. Þar að auki var sýnið tekið þegar rennslið var tiltölulega hátt en hlutfallslega er munurinn lítill þar sem hundraðshlutfall svifaurs af heildarframburði er svipað og fyrir önnur sýni frá þessum degi.



Mynd 21: Hlutfall skriðaus- og svifaursframburðar fyrir sýni tekin 14. september 2002 við Grímsstaði.



Mynd 22: Hlutfall skriðaur- og svifaursframburðar fyrir sýni tekin 15. september 2002 við Grímsstaði.

Þessar niðurstöður benda til þess að hlutfall skriðaur af heildaraurburði við Grímsstaði sé á bilinu 1 til 5% en hafa þer í huga takmarkanir slíkra mælinga og hve há skekkjumörk þeirra eru. Þannig má reikna með að mælingar á skriðaur vanmeti frekar en ofmeti botnskrið árinna, en óljóst er hversu mikið.

5 FRAMHALD RANNSÓKNA VIÐ JÖKULSÁ Á FJÖLLUM

Rannsóknir á aurburði hafa nú verið gerðar í þrjú ár við Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði, þar sem á árinu 2000 var áherslan lögð á svifaurskýnatöku með bæði punkt- og samanburðarsýnum af kláfi og brú, á árinu 2001 var skriðaursskýnatöku bætt við punkt- og

samanburðarsýnin, og nú loks árið 2002 var punktýnatökunni hætt en rennslismælingar samhliða ítarlegri sólarhringssýnatöku svifaurssýna gerðar í staðinn.

Í samráði við Hákon Aðalsteinsson á Auðlindadeild Orkustofnunar var lagt til að árið 2003 yrði ítarleg sýnatöku við Grímsstaði minnkuð og í staðinn gerðar tilraunir til þess að meta skriðaurssýnatökuferð við Upptyppinga og Kreppu en nýtt vökvaspil gerir slíka sýnatöku mögulega. Sett var fram sýnatökuáætlun í byrjun sumars um að halda inni einni svif- og skriðaurssýnatökuferð að Grímsstöðum sem er svipuð að upplagi og seinni sýnatökuferðin árið 2002 (a.m.k. 80 skriðaurssýni og 2 samanburðarpör svifaurssýna af kláfi og brú), en bæta við sýnatökuferð að Kreppu og Upptyppingum þar sem ráðgert er að taka a.m.k. 50 skriðaurssýni við Upptyppinga og jafnmörg sýni við Kreppu. Einnig á að taka svifaurssýni á báðum stöðum, auk þess sem samanburðarsýni af svifaur á að taka við Grímsstaði.

Þegar búið verður að vinna úr sýnum ársins 2003 verður hægt að bera saman skriðaurssýnatökuferðir þriggja ára við Grímsstaði, og bera skriðaurssýnatökuferðir saman við skriðaurssýnatökuferðir við Upptyppinga og Kreppu og gera sér þannig betur grein fyrir flutningi skriðaurssýna niður eftir farveginum. Þá verður einnig hægt að bera betur saman svifaurssýnastyrk milli staðanna þriggja og breytingar á svifaurssýnastyrk síðustu ára, sérstaklega með tilliti til framhlaups í Dyngjujökli árið 2000.

Ef vel gengur að taka ítarlega sýnasyrpu af skriðaur og svifaur við Upptyppinga og Kreppu er líklegt að þeirri sýnatöku verði haldið áfram að einhverju marki árið 2004, en í skriðaurssýnatöku er nauðsynlegt að taka mikinn fjölda sýna til að sjá breytileikann með rennsli og árstíð.

6 HEIMILDIR

Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2001. *Heildaraurburður Jökulsár á Fjöllum. Niðurstöður ársins 2000*. Orkustofnun, greinargerð, **JHa-ÁG-2001/01**, 25 bls.

Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002. *Heildaraurburður Jökulsár á Fjöllum. Niðurstöður ársins 2001*. Orkustofnun, greinargerð, **JHa-ÁG-2002/01**, 30 bls.

Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir 2002a. *Total sediment transport in the lower reaches of Þjórsá at Krókur. Results from the year 2001*. Orkustofnun, **OS-2002/028**, 50 bls.

Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir 2002b. *Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá árið 2001*. Orkustofnun, **OS-2002/041**, 44 bls.

Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir 2003. *Total sediment transport in the lower reaches of Þjórsá at Krókur. Results from the year 2002*. Orkustofnun, **OS-2003/020**, 48 bls.

Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir, Gunnar Sigurðsson og Bjarni Kristinsson 2003. *Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli, árið 2002*. **OS-2003/023**, 32 bls.

Oddur Sigurðsson 2000. Dyngjujökull hleypur fram. *Fréttabréf Jöklarannsóknarfélags Íslands*, 75, 2-4.

Svanur Pálsson og Guðmundur G. Vigfússon 2000. *Leiðbeiningar um mælingar á svifaur og úrvinnslu gagna*. Orkustofnun, Greinargerð, **SvP-GHV-2000/02**, 12 bls.

Vatnamælingar 2001. Rennslisskýrsla vatnsárið 1999/2000. *Vatnshæðarmælir 162 við Jökulsá á Fjöllum, Upptýppinga*, 4 s.

World Meteorological Organization 1994. *Guide to Hydrological Practices*. 5th edition. World Meteorological Organization. Geneva. 735 s.