



ORKUSTOFNUN

Vatnamælingar

**Niðurstöður ljósgleypnimælinga í Skaftá við
Sveinstind árið 2004**

**Jórunn Harðardóttir
Sverrir Ó. Elefsen**

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-2005/039



ORKUSTOFNUN

Vatnamælingar

Niðurstöður ljósgleypnimælinga í Skaftá við Sveinstind árið 2004

**Jórunn Harðardóttir
Sverrir Ó. Elefsen**

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-2005/039



ORKUSTOFNUN

Vatnamælingar

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-2005/039	Dags.: Desember 2005	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
		Skilmálar: Til afnota á safni

Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Niðurstöður ljósgleypnimælinga í Skaftá við Sveinstind árið 2004	Upplag: 15
	Fjöldi síðna: 24
Höfundar: Jórunn Harðardóttir Sverrir Ó. Elefsen	Verkefnisstjóri: JHa
Gerð skýrslu / Verkstig: Niðurstöður mælinga á ljósgleypni og svifaur	Verknúmer: 7-546166

Unnið fyrir: Landsvirkjun
Samvinnuaðilar:

Útdráttur:
Í þessari skýrslu er fjallað um mælingar á ljósgleypni sem gerðar voru árið 2004 í Skaftá við Sveinstind. Ferlar ljósgleypni (óbein mæling á svifaursstyrk) og rennslis falla í meginatriðum vel saman, en innan hverrar dægursveiflu er nokkur tímamunur á þessum ferlum sem veldur réttisælis lykkjusambandi (clockwise hysteresis) innan hvers dags. Þessi tímamunur milli rennslis og ljósgleypni er líklega til kominn vegna útskolunar sets við jökul við vaxandi rennslis svo að minna set verður eftir til framburðar þegar rennslis er í rénun. Nokkrir áberandi rigningartoppar voru skoðaðir á sama hátt og kom í ljós að í þeim var þetta samband óreglulegt og rangsælis og skiptir þar dreifing og tímasetning úrkomu innan vatnasviðsins sérstaklega miklu máli. Samband ljósgleypni og styrks svifaurs í 11 svifaurskýnum var skoðað og með aðhvarfsgreiningu voru fundin út vísisföll sem notuð voru til að reikna samfelldan svifaursstyrk fyrir efni fíngerðara en 0,2 mm.

Lykilorð: Skaftá, Sveinstindur (vhm 166; V299), ljósgleypni, rennslis, kvörðun, svifaursstyrkur, kornastærð,	ISBN-númer:
	Undirskrift verkefnisstjóra:
	Yfirlit af: PJ, KE

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR	7
2	UPPSETNING MÆLITÆKJA OG SÝNATAKA	9
2.1	Ljósgleypnimælingar	9
2.2	Svifaurssýni	9
3	NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	10
3.1	Rennsli og ljósgleypni	10
3.2	Svifaursmælingar	15
4	KVÖRDUN LJÓSGLEYPNIMÆLINGA	17
5	SAMANTEKT	21
6	HEIMILDIR	22

MYNDASKRÁ

Mynd 1: Vatnasvið Skaftár og staðsetning helstu vatnshæðarmæla á svæðinu.	8
Mynd 2: Rennsli og ljósgleypni við vhm 166 við Sveinstind árið 2004, ásamt tímasetningu svifaurssýnatöku á sama stað. Dagsúrkoma við Lónakvísl er sýnd með bláum krossum en 0-gildum er sleppt.	10
Mynd 3: Vensl ljósgleypni og rennslis árið 2004 við Sveinstind.	11
Mynd 4: Samband rennslis og ljósgleypni innan þriggja dægursveiflna í júní og ágúst við Sveinstind.	12
Mynd 5: Dægursveiflur rennslis og ljósgleypni fyrir þjú sex daga tímabil við Sveinstind.	13
Mynd 6: Efri mynd. Tengsl rennslis og ljósgleypni yfir tvo toppa í ljósgleypni eftir rigningar í byrjun september. Neðri mynd. Breyting rennslis og ljósgleypni yfir sextán daga tímabil í ágúst og september ásamt dagsúrkomu við Lónakvísl.	14
Mynd 7: Tengsl styrks einstakra kornastærðarflokka svifauris við rennsli. Veldisföll og leitni þeirra (R^2) eru sýnd fyrir hvern stærðarflokk nema leir.	18
Mynd 8: Tengsl styrks einstakra kornastærðarflokka svifauris við ljósgleypni.	19
Mynd 9: Vensl ljósgleypni við styrk svifauris fingerðari en 0,2 mm í þeim svifaurssýnum sem tekin voru árið 2004.	20
Mynd 10: Reiknaður styrkur svifauris $<0,2$ mm fyrir tímabilið frá 23. maí til 11. nóvember 2004.	20

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1: Kornastærðarflokkar svifaurssýna.	10
Tafla 2: Niðurstöður kornastærðargreininga svifaurssýna sem tekin voru úr Skaftá við Sveinstind (vhm 166) árið 2004.	16

1 INNGANGUR

Hin flókna vatnafræði Skaftárvæðisins hefur á síðastliðnum árum verið sérstaklega til umfjöllunar í tengslum við hugmyndir um virkjunarkosti í efri hluta Skaftár. Fyrir árið 2001 voru mælingar í Skaftá aðallega kostaðar af Auðlindadeild Orkustofnunar (ALD) þó að stærstur hluti þeirra rannsókna hafi farið fram á neðri hluta Skaftárvæðisins, ef undanskildar eru einstakar rannsóknir á rennsli og aurburði í jökulhlaupum. Frá 2001 hefur Landsvirkjun (LV) hins vegar kostað stóran hluta rannsókna við Skaftá, til að byrja með á efra svæðinu við Sveinstind (vhm 166/V299) og vestari kvísl (V470), en síðan einnig að hluta til á neðra Skaftárvæðinu við Skaftárdal (vhm 70), Ása-Eldvatn (vhm 328) og Kirkjubæjarklaustur (vhm 183) (mynd 1).

Samkvæmt samningi við LV hafa Vatnamælingar Orkustofnunar (VM) farið í ítarlegar mælingaferðir að Sveinstindi og vestari kvísl Skaftár síðastliðin fjögur ár. Í þessum ferðum hafa verið tekin sýni af svifaurlaus og skriðaur, auk þess sem rennsli hefur verið mælt. Aurburður í Skaftá er hluti af mjög breytilegu og flóknu ferli sem stjórnast aðallega af árstíðabundnum jökulleysingum, en einnig af framhlaupum í Skaftár- og Tungnaárjöklum og jökulhlaupum úr Skaftárkötlum, sem síðastliðin ár hafa komið nánast árlega (Snorri Zóphóniásson 2002). Síðarnefndu ferlin auka verulega framburð aurs í ánni (Svanur Pálsson og Snorri Zóphóniásson 1992; Snorri Zóphóniásson og Svanur Pálsson 1996; Svanur Pálsson o.fl. 2001; Snorri Zóphóniásson 2002; Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2003; Jórunn Harðardóttir o.fl. 2004) auk þess sem mikið magn aurs sest til í farveginum, og tekur það ána langan tíma að flytja efnið niður farveginn (Ingibjörg Kaldal 2002).

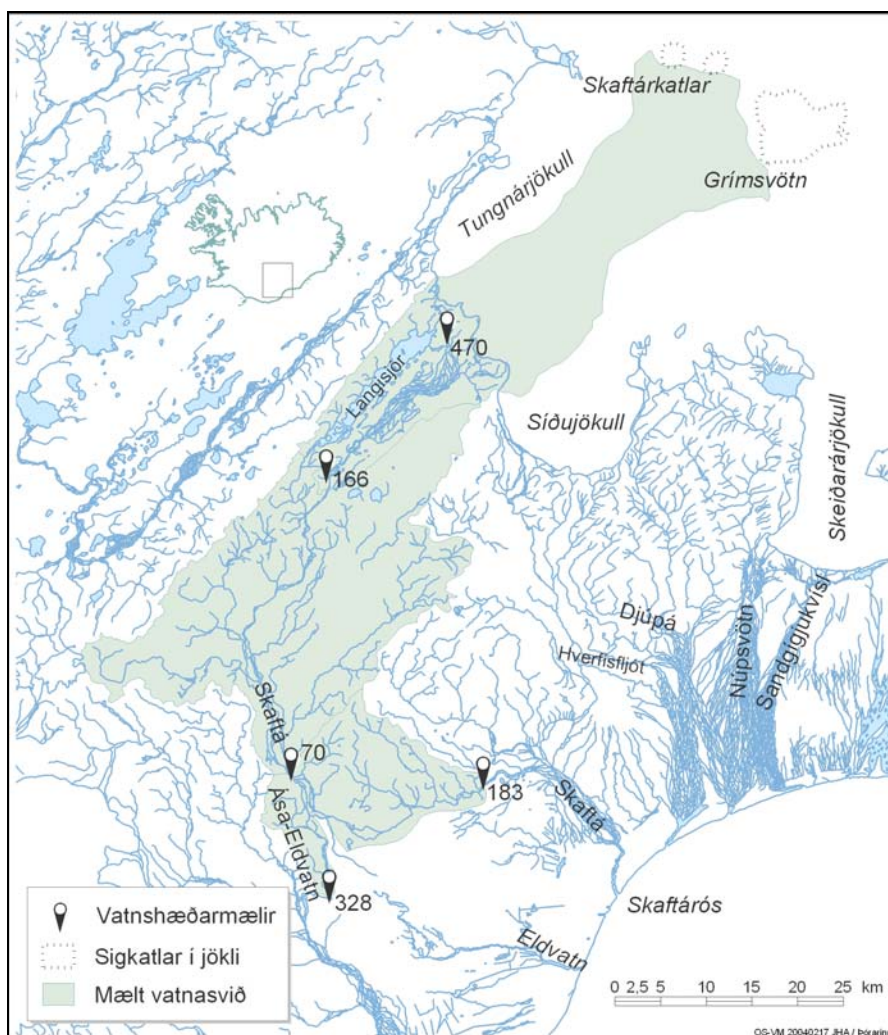
Flestar ferðir að Sveinstindi og vestari kvísl hafa verið farnar að sumri til eftir að fært hefur verið á svæðið, en einnig hafa verið skipulagðar vetrarferðir með það að markmiði að ná mælingum á árstíðasveiflu svifaursframburðar og lágrennslismælingum inn á rennslislykil. Ekki hefur verið hægt að mæla botnskrið að vetri til þar sem áin hefur iðulega verið ísilögð. Niðurstöður þessara mælingaferða hafa verið settar fram í skýrslum um hvert ár fyrir sig (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir, 2002, 2003, 2005; Jórunn Harðardóttir o.fl. 2004), en einnig hafa komið út rennslisskýrslur fyrir hvert vatnsár (t.d. Vatnamælingar Orkustofnunar 2005), árleg samantekt á samanburði rennslismælinga við Sveinstind og vestari kvísl Skaftár (t.d. Bjarni Kristinsson 2005) og tvær greinargerðir um niðurstöður vetrarmælinga rennslis á Skaftárvæðinu (Sverrir Ó. Elefsen 2004; 2005).

Allar mælingar á aurburði eru augnabliksgildi sem sýna styrk heildarsvifaurs og framburð skriðaus á einstökum tímapunktum. Hins vegar væri mjög áhugavert að sjá samfelldar upplýsingar um framburð aurs, t.d. hvernig hann breytist með árstíðar- og dægursveiflum í rennsli, hversu mikið og snögg aurstyrkur eykst í jökulhlaupum og hvort/hver munur er á aurburði í auknu rennsli vegna rigningarflóða eða mikillar jökulleysingar vegna sumarhita. Einnig væri hægt að nota samfelldar upplýsingar um aurstyrk til að reikna framburð á árs- og árstíðargrundvelli með betri upplausn en áður hefur verið gert.

Samfelldar mælingar á skriðaur eru mjög kostnaðarsamar og erfiðar í framkvæmd í vatnsfalli eins og Skaftá og því er ekki hagkvæmt að setja þar upp slíkan mælíbúnað.

Hins vegar er kostnaður við uppsetningu samfelldra mælinga á eiginleikum, sem hægt er að nota sem mælikvarða fyrir svifaustyrk, tiltölulega lítill. Ljósgleypni er einn slíkur eiginleiki sem notaður hefur verið til að meta svifaustyrk og hefur VM prófað uppsetningu slíkra mæla í nokkrum ám síðastliðin ár, t.d. í Jökulsá á Dal (Sverrir Elefsen og Ari Pálmar Arnalds 2002; Ari Pálmar Arnalds, 2002), Jökulsá á Fjöllum (Jórunn Harðardóttir 2004), sem og í Efri Þjórsá og Lagarfljóti (Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen 2003, 2004). Þessar mælingar hafa gefist misvel en niðurstöður þeirra hafa þó verið mjög sannfærandi í ám þar sem svifaustyrkur er hár eins og í Jökulsá á Dal og Jökulsá á Fjöllum.

Þegar samið var um mælingaferðir ársins 2004 var ákveðið að setja einnig upp ljósgleypnimæli í Skaftá við Sveinstind og reyna að kvarða niðurstöður hans við styrk svifaustsýna sem tekin yrðu í mælingaferðum ársins. Í þessari skýrslu eru settar fram niðurstöður ljósgleypnimælinganna og kvörðunar þeirra við svifaustsýnin, en nánari upplýsingar um aurburðarmælingar við Sveinstind árið 2004 má finna í skýrslu Jórunnar Harðardóttur og Svövu Bjarkar Þorlákssdóttur frá sama ári.



Mynd 1: Vatnasvið Skaftár og staðsetning helstu vatnshæðarmæla á svæðinu. Vhm 166 er við Sveinstind, vhm 470 var við norðurenda Fögrufjalla á rennislismælistað í vestari kvísl Skaftár en er nú niðurlagður, vhm 70 er við Skaftárdal, vhm 183 við Kirkjubæjarklaustur og vhm 328 í Ása-Eldvatni við Eystri Ása.

2 UPPSETNING MÆLITÆKJA OG SÝNATAKA

2.1 Ljósgleypnimælingar

Ljósgleypnineminn, sem um ræðir í þessu verkefni, er af gerðinni Partech Instruments, IR15C. Uppbygging nemans er þannig, að tveir litlir armar úr plastefni mynda einskona gaffal og getur lausnin sem mæla á umlukið hvorn arm. Á enda hvors arms er lítill glerlinsu komið fyrir þannig að linsurnar tvær standist á og er fjarlægðin milli þeirra föst. Ljósgefi að baki annarri linsunni sendir innrautt ljós af fastri tíðni (orku) um vatnið milli linsanna, yfir til ljósnema að baki hinna linsunni. Á ferð sinni um vatnið milli linsanna er hluti af innrauða ljósinu gleyptur af ögnum í vatninu og orsakar það að ljósstyrkur við ljósnema verður minni en útsendur styrkur. Bilið milli linsanna ræður þannig hversu mikið ljós er gleypt af lausn að ákveðinn styrk. Fyrir Skaftá við Sveinstind var valinn nemi með 15 mm bili milli linsa, þar sem mælisvið hans þykir henta þeim svifaursstyrk, sem búast má við á mælistaðnum. Mælimerkið sjálf er í mV, skráð með sama skráningartæki og vatnshæðin og er merkið í öfugu hlutfalli við ljósstyrk við ljósnema, sem þýðir að það er í réttu hlutfalli við ljósgeypnina. Ástæða þess að valin er bylgjulengd á innrauða sviðinu fyrir þessar mælingar er sú, að þá verður mælingin óháð dagsbirtu. Þetta hefur verið sannreynt af VM.

Sá fyrri af tveimur ljósgeypninum sem notaðir voru í þessu verkefni var kvarðaður í hreinu vatni og við mismunandi styrk með Fuller's Earth staðli á rannsóknarstofu VM, áður en hann var settur upp við Sveinstind þann 23. maí 2004. Þá var honum komið fyrir í sveru plaströri nálægt botni árinna. Því miður skemmdist fyrri neminn í byrjun júlí, líklega af mannavöldum. Þantaður var nýr nemi með hraði og var farið með hann til uppsetningar sama dag og hann kom til landsins. Af þessum sökum eru engin gögn til um ljósgeypni frá 3. til 24. júlí 2004. Ekki gafst tími til að kvarða þennan seinni skynjara á rannsóknarstofu fyrir uppsetningu. Vegna ótta við, að eldri neminn lægi of djúpt í ánni og gæti þess vegna truflast af seti, var ákveðið að koma nýja nemanum fyrir í um 1 m hæð yfir botninum og hafa hann utanvert á rörinu.

Í þessari skýrslu eru tilgreindar niðurstöður ljósgeypnimælinga yfir tímabil beggja nema, frá 23. maí þegar fyrri neminn var settur upp til 11. nóvember 2004, þegar síðasta mælingaferðin var farið á svæðið það ár.

2.2 Svifaursýni

Þrettán svifaursýni voru tekin í sjö ferðum að Sveinstindi árið 2004. Ekkert sýni var tekið í marsferðinni svo að fyrsta sýnið var tekið í lok maí þegar ljósgeypnimælirinn var settur upp. Síðasta svifaursýnið var hins vegar tekið í byrjun nóvember. Öll sýnin voru tekin með svokölluðum S49 sýnataka sem var látinn síga frá yfirborði árinna niður á botn og dreginn upp aftur með vökvadrifnu spili af strengjabraut við Sveinstind. Í flestum tilfellum var hvert sýni tekið í fimm sýnaflöskur á 40, 50, 60, 70 og 80 m breidd yfir ána. Svifaursýnin voru síðan kornastærðargreind á aurburðarstofu VM þar sem einnig var mældur heildarstyrkur og styrkur uppleystra efna í hverju sýni. Niðurstöður kornastærðargreininga svifaursýnanna eru settar fram í fimm kornastærðarflokkum (tafla 1), en aðferðum við greiningarnar er lýst í greinargerð Svans Pálssonar og Guðmundar H. Vigfússonar frá árinu 2000.

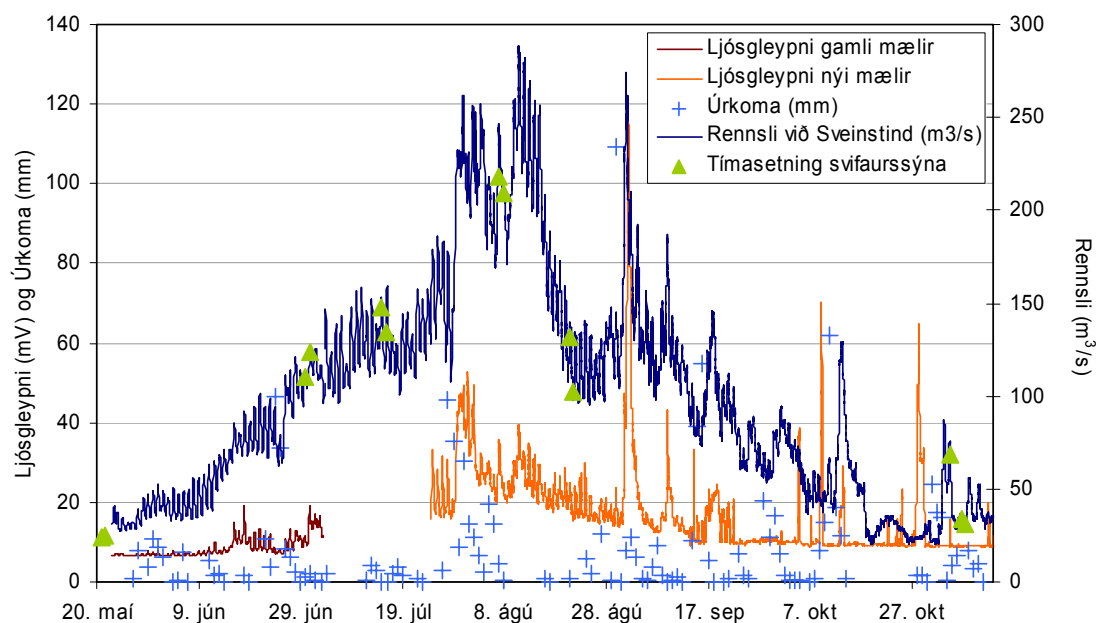
Tafla 1: Kornastærðarflokkar svifaurssýna.

Kornastærðarflokkur	Kornastærð (mm)
Sandur	>0,2
Grófmór	0,2-0,06
Fínmór	0,06-0,02
Méla	0,02-0,002
Leir	<0,002

3 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

3.1 Rennsli og ljósgleypni

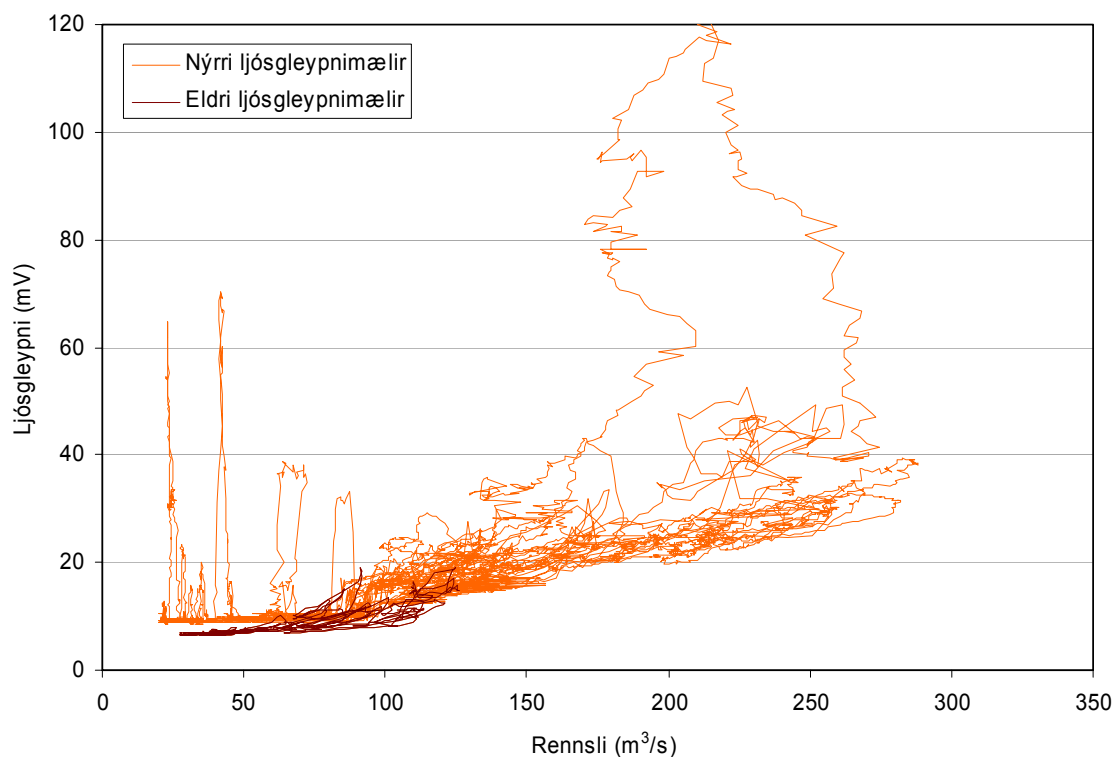
Á mynd 2 eru sýnd rennslis- og ljósgleypnigögn frá þeim tíma sem ljósgleypnimælirinn var settur upp og fram til 11. nóvember. Rennslisgögnin hafa ekki verið endurskoðuð með tilliti til ístruflana frá 1. september og eru þau birt með fyrirvara um breytingar. Af sömu ástæðu eru ekki birt gögn fyrir síðasta hluta ársins. Inn á rennslisferilinn er tímasetning töku svifaurssýna einnig sett, sem og dagsúrkoma við Lónakvísl.



Mynd 2: Rennsli og ljósgleypni við vhm 166 við Sveinstind árið 2004, ásamt tímasetningu svifaurssýnatöku á sama stað. Dagsúrkoma við Lónakvísl er sýnd með bláum krossum en 0-gildum er sleppt.

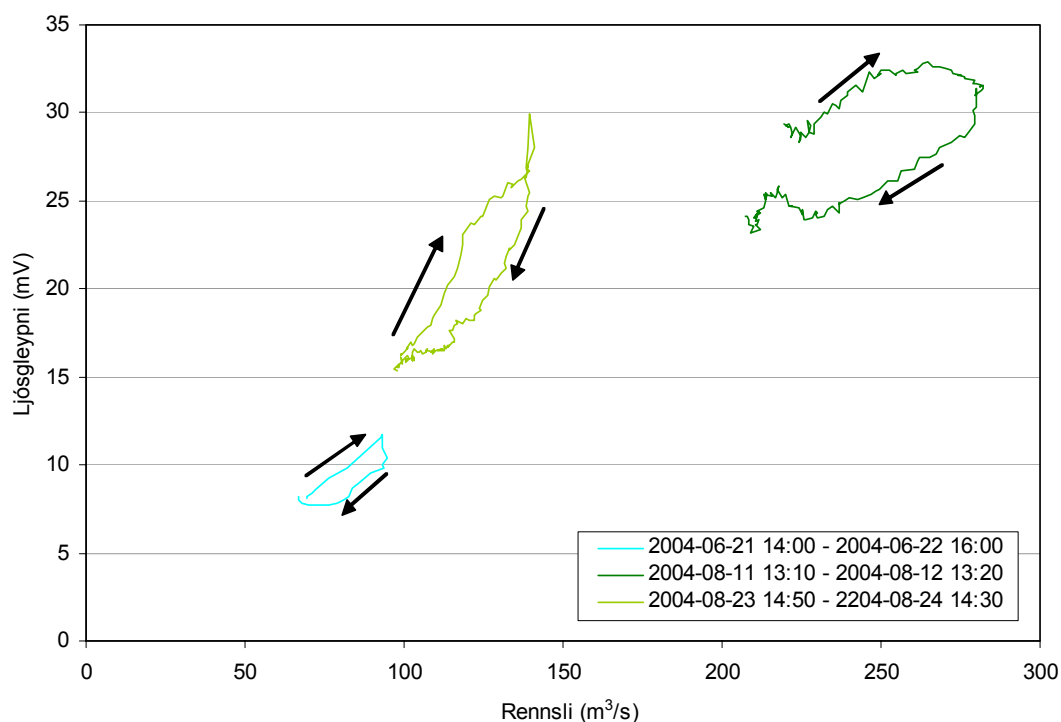
Í fljótu bragði virðast ferlarnir passa ágætlega saman þó að útslag einstakra toppa í rennsli og aurburði sé ekki alltaf jafnmikið. Greinilegt er að breytingar á rennsli og ljósgleypni eru t.d. samstíga þegar rennsli eykst í byrjun júní við upphaf jökulleysingar og þegar úrkoma eykur rennsli, bæði í lengri tíma eins og í lok júlí/byrjun ágúst og mjög tímabundið eins og þann 31. ágúst, en daginn áður mældist úrkoma við Lónakvísl um 110 mm (mynd 2).

Vensl ljósgleypni við rennsli eru sýnd betur á mynd 3. Myndin er í raun búin til úr mörgum samtengdum ferlum eða lykkjum (hysteresis) og tákna hvern þeirra eina dægursveiflu eða aðrar áberandi breytingar t.d. vegna rigningar. Greinilegur munur er á lágmarksgildum ljósgleypni við lágt rennsli milli fyrri hluta sumars (um 6,6 mV) og um haustið (um 8,8 mV). Ólíklegt þykir að þessi munur endurspegli árstíðabundinn mun í ljósgleypnieiginleikum svifaus, þ.m.t. styrk hans, og líklegra að um raunverulegan mun sé að ræða vegna mismunandi 0-punkts ljósgleypninemanna. Nokkrir einstakir toppar þar sem ljósgleypni hefur aukist en rennsli staðið í stað eru greinilegir, en líklegasta skýring þeirra er sú, að óhreinindi eða krapi hafi sest á linsur ljósgleypninemans sem fljótlega hreinsuðust í burtu. Þegar einstakar lykkjur eru skoðaðar (mynd 4) sést að ljósgleypni eykst við hækkandi rennsli, en að við sama rennsligildi er ljósgleypni töluvert hærri við vaxandi rennsli en þegar rennsli er í rénun.



Mynd 3: *Vensl ljósgleypni og rennslis árið 2004 við Sveinstind.*

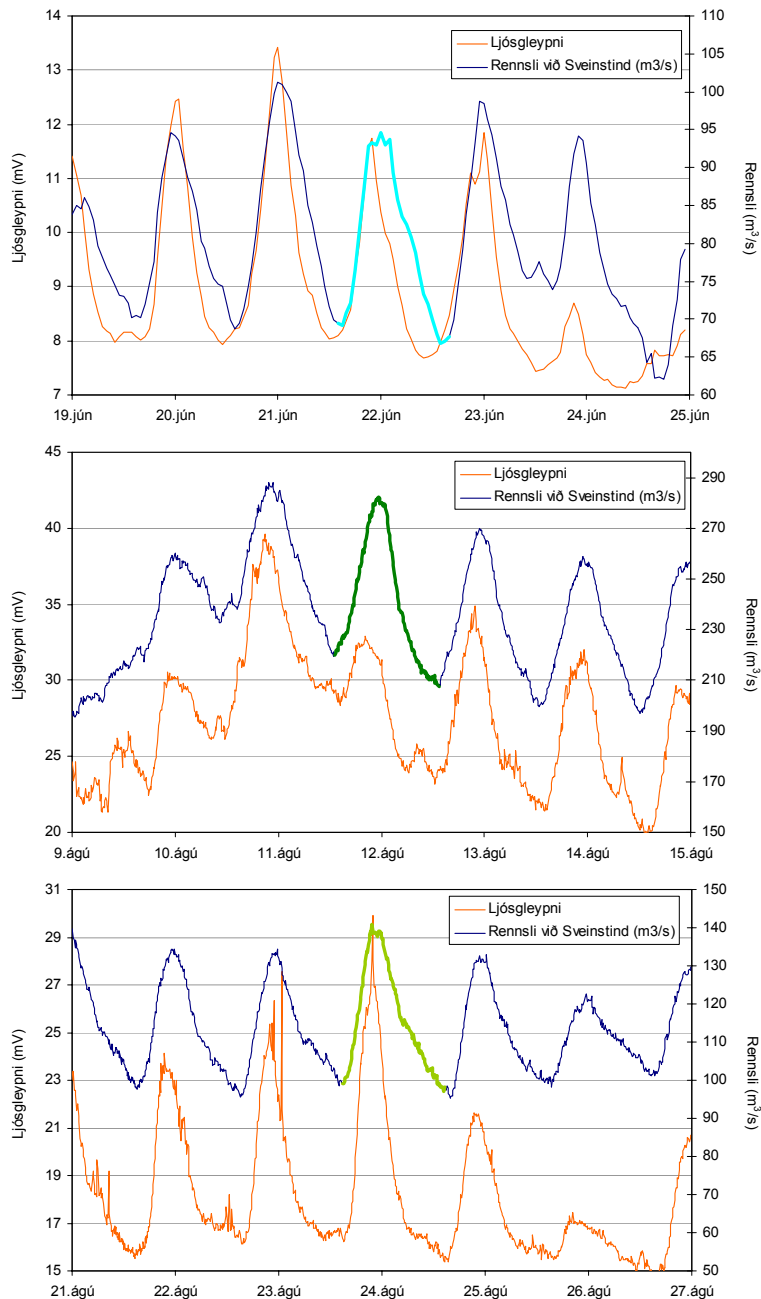
Þessar réttislaus lykkjur (clockwise hysteresis) eru tilkomnar vegna þess að dægursveifla ljósgleypni er heldur fyrr (>1 klukkustund) á ferðinni við Sveinstind en dægursveifla rennslis og/eða að ljósgleypnitoppurinn er skarpari en toppur dægursveiflu rennslis. Þetta sést vel á mynd 5, sem sýnir rennsli og ljósgleypni fyrir þau þrjú tímabil sem dægurlykkjurnar (mynd 4) falla innan.



Mynd 4: Samband rennslis og ljósgeypni innan þriggja dægursveiflna í júní og ágúst 2004 við Sveinstind. Örvar eiga við vaxandi og rénandi rennslí.

Á mynd 5 sést, að tímamunur á dægursveiflu rennslis og ljósgeypni er nokkuð breytilegur eftir árstíma. Í júní munaði minna á tímasetningu hámarks dægursveiflu ljósgeypni og rennslis en í ágúst, og voru topparnir jafnvel samtíma í einstökum dægursveiflum. Hins vegar var lágmark ljósgeypninnar iðulega á undan lágmarki rennslis fyrir tímabilin þrjú.

Slíkt réttisamband dægursveiflu rennslis og ljósgeypni hefur sést í mörgum öðrum rannsóknum (t.d. Bogen 1980; 1989; Singh o.fl. 2005) og er að öllum líkindum til komið vegna skolunar sets við og undir jökuljaðri við vaxandi rennslí innan dægursveiflunnar. Þetta leiðir til þess að magn uppsafnaðs sets frá síðasta hámarki rennslissveiflu minnkar verulega og því er minna af seti á ferðinni við rénandi rennslí en við sambærilegt vaxandi rennslí.

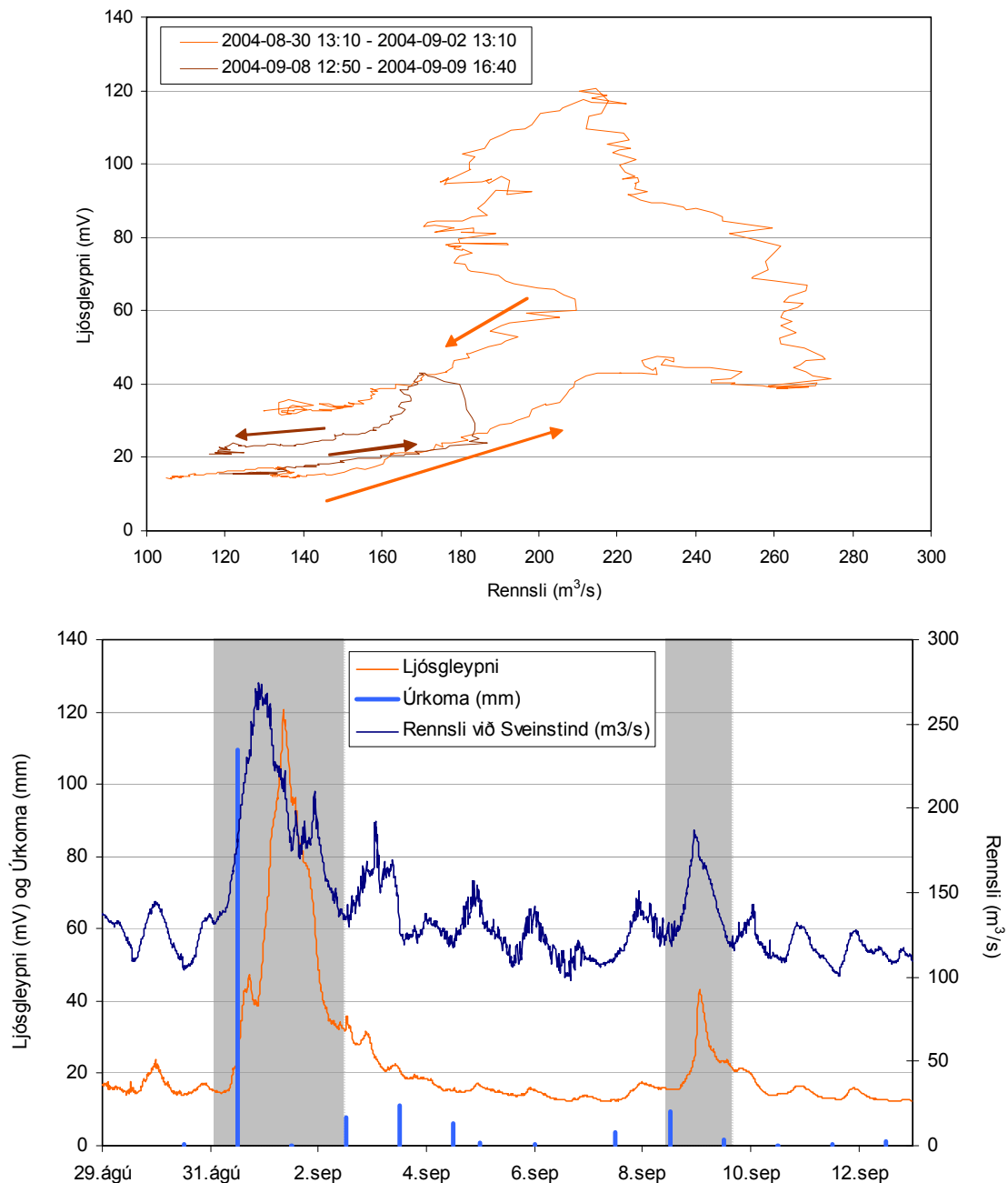


Mynd 5: Dægursveiflur rennslis og ljósgeypni fyrir þrjú sex daga tímabil við Sveinstind. Innan hvers tímabils er sú dægursveifla sem sýnd er á mynd 4 afmörkuð með breiðari ferli.

Þegar skoðaðir eru einstakir toppar utan hefðbundinna dægursveiflna kemur í ljós annars konar samband milli ljósgeypni og rennslis. Á mynd 6 er samband þessara þátta sýnt yfir tvo skarpa, en misháa, toppa í ljósgeypni sem báðir tengdust úrkomu. Daginn fyrir hámark rennslis í toppinum um mánaðarmót ágúst og september var dagsúrkoma við Lónakvísl um 110 mm, en í seinni toppinum þann 9. september var hún rúmlega 9 mm.

Fyrri toppurinn náði yfir um þriggja daga tímabil og var greinileg hliðrun á milli hámarka í rennslí og ljósgeypni í þessum mikla rigningarátburði. Ljósgeypnin eykst í þrepum þar sem hún minnkar tímabundið í tæpar fjórar klukkustundir að kvöldi 31.

ágúst áður en hún nær hámarki að morgni 1. september um 10 klukkustundum eftir að rennsli náði hámarki. Þegar rigningarflóðið er í rénun sést hins vegar einskonar öxl í bæði rennsli- og ljósgleypniferlunum sem virðist vera til komin vegna undirliggjandi dægursveiflu jökulbráðunar (efri mynd 6). Þessi mismunandi tímasetning einstakra breytinga í ljósgleypni og rennsli veldur því að samband ferlanna er óreglulegt og rangsælis (mynd 6 neðri mynd). Í seinni atburðinum er samband ljósgleypni og rennsli einnig rangsælis (mynd 6), jafnvel þó að rigning við Lónakvísl hafi aðeins mælst um átta af hundraði þeirrar rigningar sem mældist í fyrri atburðinum.



Mynd 6: Efri mynd. Tengsl rennsli og ljósgleypni yfir tvo toppa í ljósgleypni eftir rigningar í byrjun september. Örvar sýna upphaf og enda toppanna. Neðri mynd. Breyting rennsli og ljósgleypni yfir sextán daga tímabil í ágúst og september ásamt dagsúrkomu við Lónakvísl. Tímabilin sem sýnd eru á efri myndinni eru skyggð.

Úrkoma er einn af þeim þáttum sem geta raskað þessu réttisælis mynstri sem sást í hefðbundnum dægursveiflum. Í mikilli úrkomu getur rennsli aukist skyndilega enda stækka lækir verulega auk þess sem afrennsli af jafnsléttu getur runnið út í ána (sheet flow) til viðbótar við aukna jökulleysingu. Rennsli getur aukist töluvert áður en miklar breytingar sjást í ljósgleypni, þar sem ekki er víst að mikið set sé til staðar í þeim lækjum og hliðarám sem stækka í rigningunni. Við slíkar aðstæður sést rangsælis samband milli rennslis og ljósgleypni eins og í þeim tveimur rigningartoppum sem sýndir eru á mynd 6. Þannig getur tími og staðsetning úrkomu innan vatnasviðsins haft mikil áhrif á samband rennslis og ljósgleypni-/svifaursmagns.

Samband rennslis og ljósgleypni var borið saman við mælingar á sömu þáttum í Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði árið 2003. Þar er dægursveifla ljósgleypni heldur seinni á ferðinni en dægursveifla rennslis, öfugt við Sveinstind (Jórunn Harðardóttir 2004, Steen Henriksen 2003). Mismunurinn á milli Sveinstinds og Grímsstaða er líklega tilkominn vegna mismunandi fjarlægðar þeirra frá jökli sem og fjölda hliðaráa sem renna út í þær. Í beinni loftlínu eru Grímsstaðir í tæplega 100 km fjarlægð frá jökli, en fjarlægð frá jökli er um fjórum sinnum styttri við Sveinstind. Á þessari löngu leið blandast fjölmargar stórar og litlar ár saman við Jökulsá á Fjöllum, sem hver hefur sína eigin dægursveiflu og auk þess um 40 m³/s af lindarvatni. Samband rennslis og ljósgleypni við Grímsstaði er því ekki jafnt einfalt og við Sveinstind þar sem engar stórar hliðarár hafa slík áhrif.

Breytingar á mögulegu setframboði við og undir jökli hafa mikil áhrif á samband ljósgleypni og rennslis frá einum tíma til annars. Farvegir og vatnsrásir undir og framan við jökul geta skyndilega opnast eða lokast og þannig stýrt setframboði. Þessar breytingar eru oftast háðar breytingum í jöklinum sjálfum frekar en beinni dægursveiflu rennslis og geta því komið fram toppar og lægðir í ljósgleypni sem ekki er hægt að útskýra með jökulleysingu eða veðri, ásamt því að lykkjusamband rennslis og ljósgleypni hliðrast til.

Í þessari skýrslu er ekki farið nánar út í samband rennslis og ljósgleypni, en með nákvæmri tölfræðilegri úttekt er hugsanlegt að aðskilja mætti áhrif hinna ýmsu þátta á tengsl rennslis og ljósgleypni, s.s. dægursveiflu jökulbráðnunar, úrkomu og breytingar á setframboði.

3.2 Svifaursmælingar

Tafla 2 sýnir niðurstöður kornastærðargreininga svifaurskýna sem tekin voru árið 2004 úr Skaftá við Sveinstind, en frekari framsetningu gagnanna má finna í skýrslu VM-OS um verkið (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir 2005). Öll 13 sýnin eru heilduð sýni sem tekin eru frá yfirborði að botni og aftur upp á yfirborð á fimm breiddum yfir farveginn. Af þeim svifaurskýnum sem tekin voru árið 2004 voru níu þeirra tekin innan þess tímabils, sem ljósgleypni var mæld. Tvö sýni voru tekin tveimur dögum áður en ljósgleypnineminn var settur upp í maí en önnur tvö voru tekin í júlí þegar mælirinn var skemmdur. Þar sem breytileiki í ljósgleypni var mjög lítill í maí voru ljósgleypnigildi fyrir maí sýnin tvö áætluð út frá dægursveiflu rennslis á sýnatökudögum og samanburði hennar við ljósgleypni fyrstu dagana eftir uppsetningu nemans. Áætluð ljósgleypni var síðan notuð við kvörðunina.

Tafla 2: Niðurstöður kornastærðargreininga svifaursýna sem tekin voru úr Skaftá við Sveinstind (vhm 166) árið 2004. Skáletruð sýni voru tekin þegar engar mælingar á ljósgleypni eru til en ljósgleypnigildi voru áætluð fyrir maísýnin og þau notuð í kvörðuninni.

Staður	Dagsetning	Kl.	Rennsli (m ³ /s)	Aur-styrkur (mg/l)	TDS (mg/l)	Kornastærð (mm) – hlutföll í % af þyngd					Stærsta korn (mm)
						>0,2	0,06-0,2	0,02-0,06	0,002-0,02	<0,002	
Sveinstindur	2004-05-20	21:55	24,2	486	85	42	47	5	5	1	1,0
Sveinstindur	2004-05-21	16:40	24,8	621	72	39	49	5	7	0	0,8
Sveinstindur	2004-06-29	20:17	111	3954	64	49	31	10	8	2	1,9
Sveinstindur	2004-06-30	21:12	123	5309	60	56	23	11	9	1	2,4
Sveinstindur	2004-07-14	19:43	147	2668	59	31	38	16	13	2	1,7
Sveinstindur	2004-07-15	19:34	135	3119	65	40	32	15	11	2	2,5
Sveinstindur	2004-08-06	18:10	218	4101	60	23	37	23	15	2	1,8
Sveinstindur	2004-08-07	17:48	209	3648	49	20	43	21	14	2	1,9
Sveinstindur	2004-08-20	21:15	132	6096	71	44	37	10	8	1	1,9
Sveinstindur	2004-08-21	12:45	102	3823	71	41	40	8	9	2	3,4
Sveinstindur	2004-11-03	12:30	68,7	2124	55	39	49	6	4	2	2,7
Sveinstindur	2004-11-05	20:30	34,2	874	82	51	43	3	3	0	1,8
Sveinstindur	2004-11-06	14:10	31,0	1122	83	53	40	4	3	0	3,1

Meginhluti hvers svifaursýnis var sandur (>0,2 mm) (20–56%) og grófmór (0,06–0,2 mm) (23–49%) (tafla 2). Fyrri rannsóknir á dreifingu svifaurs með dýpi og breidd við Sveinstind (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2002; 2003, Jórunn Harðardóttir o.fl. 2004) sýna að dreifing grófstu kornastærðanna er mjög ójöfn innan vatnsbolsins þar sem styrkur þeirra er langmestur niðri við botn á 95 og 100% dýpi (miðað er við að 100% dýpi sé 10 cm ofan við botn árinna). Munur á styrk svifaurs niðri við botn og á 50% dýpi er allt að 100-faldur, en lítill styrkmunur er hins vegar á milli 10 og 50% dýpi. Þessi munur á milli styrks við botn og ofar í vatnsbolnum var þó misjafnlega mikill á milli breidda. Dreifing fingerðara efnis (<0,06 mm) er mun jafnari innan vatnsbolsins en hafa þarf í huga að skipting í kornastærðir er gerð út frá hundraðshlutföllum af þyngd. Styrkur fingerðs efnis er því mjög lágur í þeim sýnum sem höfðu sérstaklega háan styrk grófari kornastærða (t.d. Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2002; 2003).

Árin 2001 til 2003 var styrkur punktsýnanna, sem tekin voru á ýmsum dýptum einnig borinn saman við styrk heildaðra sýna (tekin frá botni upp að yfirborði). Í ljós kom að heildarstyrkur og styrkur einstakra kornastærðarflokka heilduðu sýnanna á hverri breidd var oftast svipaður og styrkur sýnisins sem tekið var á 50% dýpi (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2002; 2003; Jórunn Harðardóttir o.fl. 2004). Þannig virðast heilduðu sýnin heldur vanmeta heildaðan svifaursstyrk allrar vatnssúlunnar. Við sýnatöku ársins 2004 voru svifaursýnin tekin með sýnataka sem safnaði sýni frá yfirborði niður á botn og aftur upp á yfirborð, ólíkt punktsýnatakanum sem heilduðu sýnin frá árunum 2001 og 2002 voru tekin með, sem tók sýni frá botni upp að yfirborði.

Þessar niðurstöður punktsýnanna skipta máli í sambandi við kvörðun svifaursýna við ljósgleypnigögnin þar sem fjarlægð ljósgleypniskynjarans frá botni, hvar sandur flyst í mestu magni, getur haft töluverð áhrif á mæligögnin.

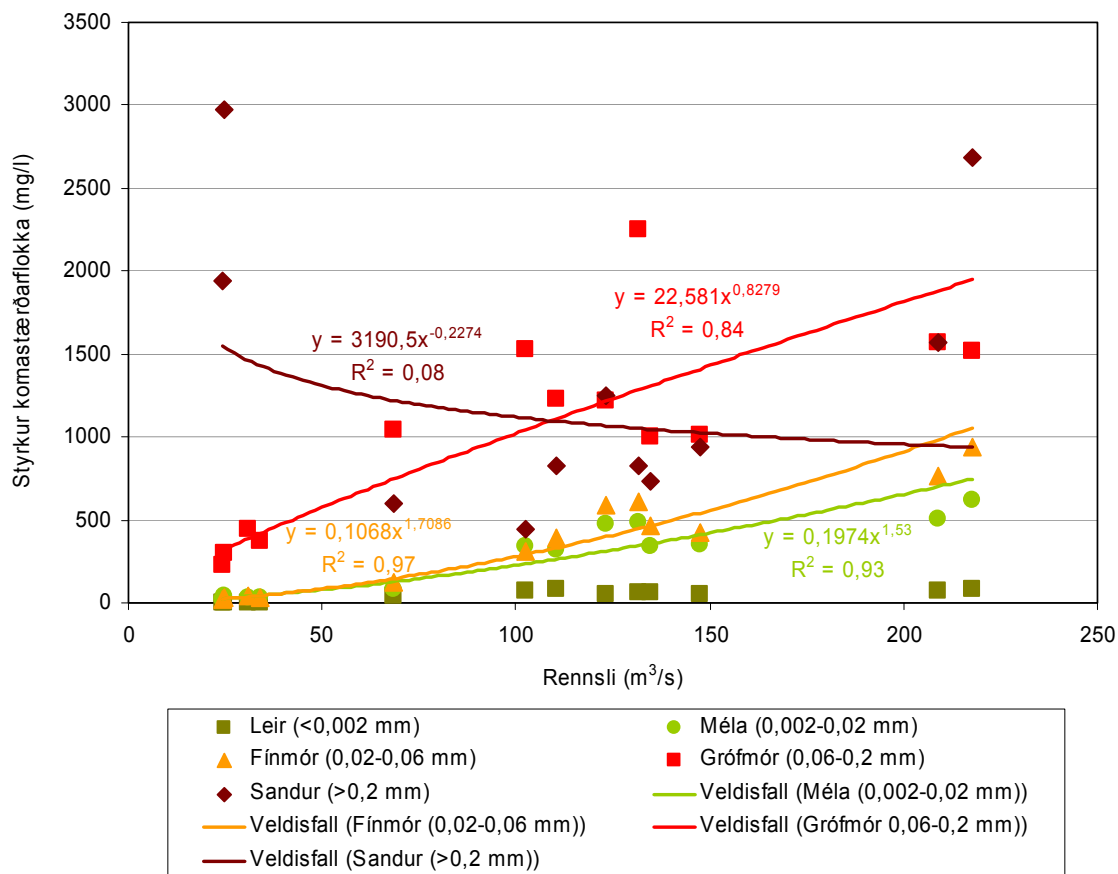
4 KVÖRÐUN LJÓSGLEYPNIMÆLINGA

Þar sem leiðsla í ljósgleypninema eyðilagðist í byrjun júlí var settur upp nýr en sams konar ljósgleypninemi þremur vikum síðar. Ekki var tími til þess að kvarða seinni mælinn áður en hann var settur upp en fyrri mælirinn var kvarðaður með Fuller's Earth staðli af mismunandi styrk áður en hann var settur upp í maí. Seinni ljósgleypnineminn er festur utnavert á rör í um 1 m hæð yfir botni árinna og skynjar styrk svifaus sem ferðast á því dýpi. Þar sem neminn er í fastri hæð er hann á hlutfallslega breytilegu dýpi eftir því hvernig vatnshæðin breytist, þ.e. á meira dýpi eftir því sem rennslið eykst. Svifaurssýnin 13 (tafla 2) voru tekin á kláfi tæpum 500 m ofan við ljósgleypnimælinn en rennslisáttir eru svipaðir á báðum stöðum og því talið að hægt sé að nota þau 11 sýni sem tekin voru svo til samtímis ljósgleypnimælingu til kvörðunar.

Reikna má með að heilduðu svifaurssýnin sem tekin voru samtímis ljósgleypnimælingunum árið 2004 innihaldi grófara efni og hafi hærri heildarstyrk en ef þau hefðu verið tekin alveg við ljósgleypninemann sem er staðsettur nálægt bakka og ekki niðri við botn þar sem grófasti svifaurinn flyst fram. Svifaurssýnunum var því skipt upp í fimm kornastærðarflokka (tafla 1) og skoðað hvernig mismunandi gróft efni hegðar sér með breytilegu rennsli og hver tengsl þess eru við ljósgleypni.

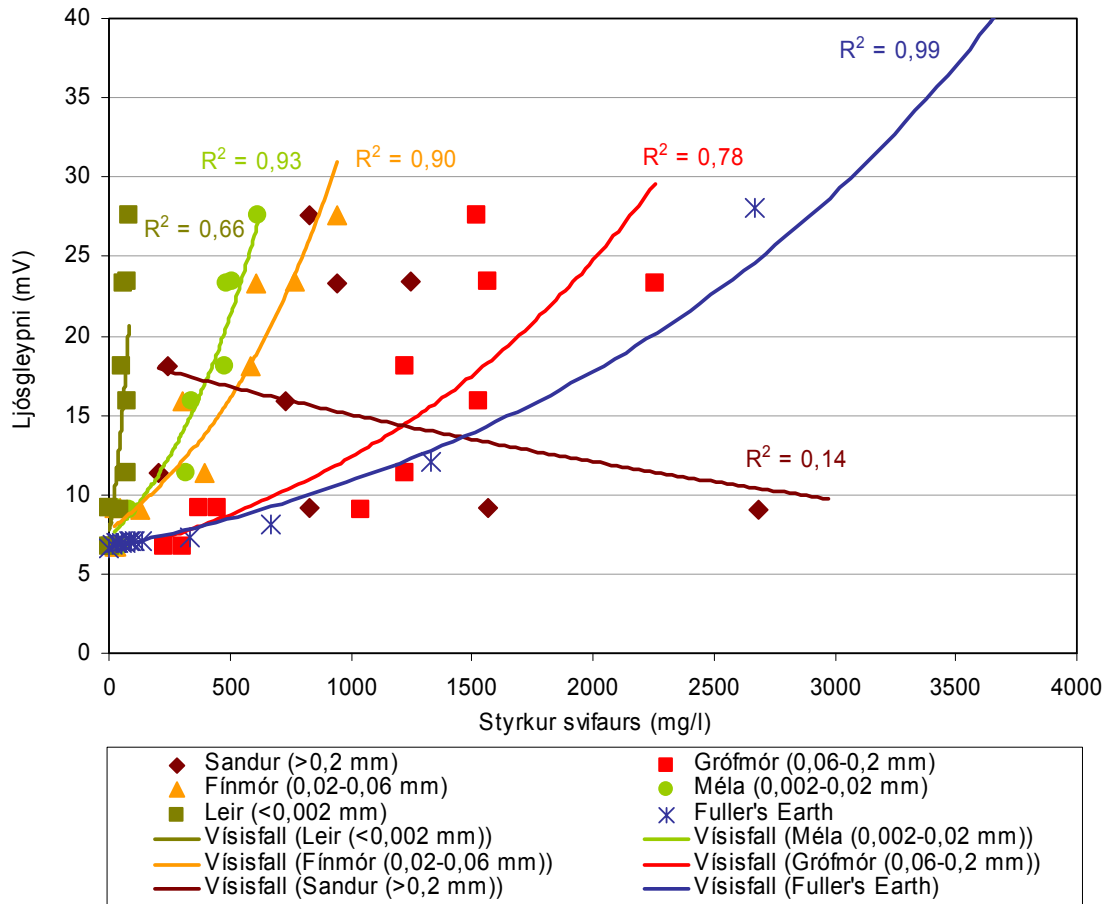
Á mynd 7 er sýnt hvernig styrkur kornastærðarflokkanna breytist með rennsli, sem og veldisföll (power function) sem felld voru að öllum kornastærðum nema leir (0,002 mm). Slík veldisföll hafa iðulega verið notuð við samanburð rennslis og svifaurstyrks í íslenskum ám (Haukur Tómasson og Svanur Pálsson 1990). Engin ákveðin tengsl eru milli styrks kornastærðanna sands ($>0,2$ mm) og leirs ($<0,002$ mm) við rennsli og hafa sambærilegar niðurstöður komið fram við rannsóknir á fleiri stöðum eins og t.d. í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga (Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002; Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson og Svava Björk Þorlákisdóttir 2003). Þessar niðurstöður hafa verið túlkaðar á þann máta að grófasti svifaurinn ferðist um í púlsum og því sé styrkur hans mjög óreglulegur í vatnsbolnum. Við Sveinstind er hlutur fingerdasta svifausins (leir; $<0,002$ mm) mjög lítill (0–2%) af heildarstyrk svifaus og er styrkur hans frekar tengdur árstíðabundnum breytingum en rennsli. Mun betri fylgni er á mélu (0,002–0,02 mm), finmó (0,02–0,06 mm) og grófmó (0,06–0,2 mm) ($R^2=0,84$ – $0,97$) við rennsli (mynd 7). Af þessum stærðarflokkum var fylgni grófmós ($R^2=0,84$) þó minnst enda hegðar grófasti hluti þess kornastærðarflokks sér líklega líkt sandi ($>0,2$ mm) og ferðast í púlsum.

Þó að seinni ljósgleypniskynjarinn, sem settur var upp í júlí, hafi ekki verið kvarðaður í hreinu vatni er talið nær fullvíst að 0-gildi hans sé rúmlega 2 mV hærra en fyrri skynjarans sem settur var upp í maí. Þessi mismunur veldur vandræðum við kvörðun ljósgleypni og allan samanburð á ljósgleypnigildum milli skynjaranna. Ekki þótti þó árangursríkt að hliðra ljósgleypnigildum milli mælanna við önnur gildi þar sem ekki er hægt að útiloka frekari mun á milli mælanna til viðbótar við líklega 0-skekkju. Þess í stað var ákveðið að kvarða ljósgleypnigögnin úr skynjurunum tveimur með sitthvoru svifaursgagnasettinu. Á mynd 8 eru sýnd vensl styrks einstakra kornastærðarflokka við óhliðruð ljósgleypnigildi, en vitað er að ef gögnum eldri mælisins væri hliðrað um rúmlega 2 mV myndi leitni fyrir mélu og finmór aukast töluvert. Á myndinni er einnig kvörðun Fuller's Earth staðalsins við ljósgleypni.



Mynd 7: Tengsl styrks einstakra kornastærðaflokka svifaurs við rennsli. Veldisföll og leitni þeirra (R^2) eru sýnd fyrir hvern stærðarflokk nema leir.

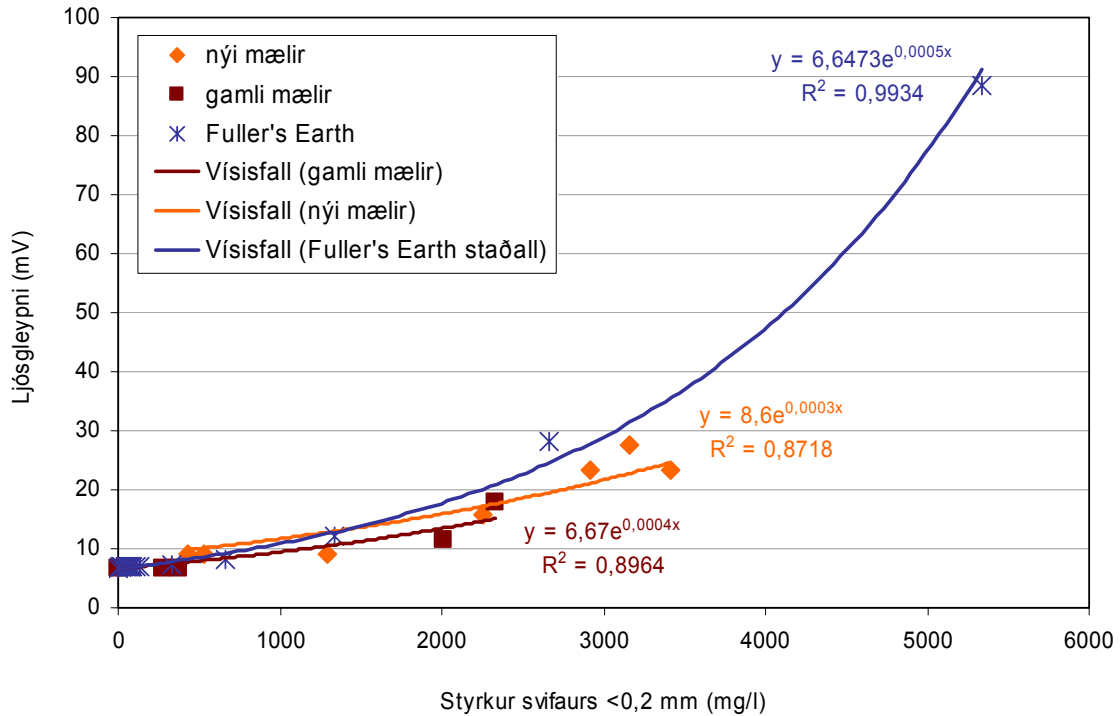
Fyrir kvörðunina voru veldis- og vísisföll (exponential function), auk margliða af ýmsum stigum skoðaðar. Í ljós kom að vísisfall féll best að gögnum Fuller's Earth staðalsins með $R^2=0,99$, sem og að venlum einstakra kornastærða og ljósgleypni (mynd 8). Fylgni vísisfallsins var langbest fyrir mélu og fínmó ($>0,90$), fyrir grófmó var hún 0,78 en nokkuð minni fyrir leir, eða 0,66. Sandur skar sig sérstaklega úr með engin vensl milli ljósgleypni og styrks (mynd 8). Eins og fram kom í kafla 3.2 virðist grófasti hluti svifaursins (sandur og grófasti grófmórin) ferðast um í púlsum og er styrkur hans mestur niðri við botn í mesta straumnum, þ.e. ekki á þeim stað í vatnsbolnum sem ljósgleypnineminn er staðsettur. Engin leitni sands og lægri leitni grófmós en fínmós og mélu við ljósgleypni er væntanlega útskýrð með þessu. Sandhluti svifaursýnanna var því ekki tekinn með þegar tengsl ljósgleypni voru skoðuð við samanlagðan styrk svifaurs.



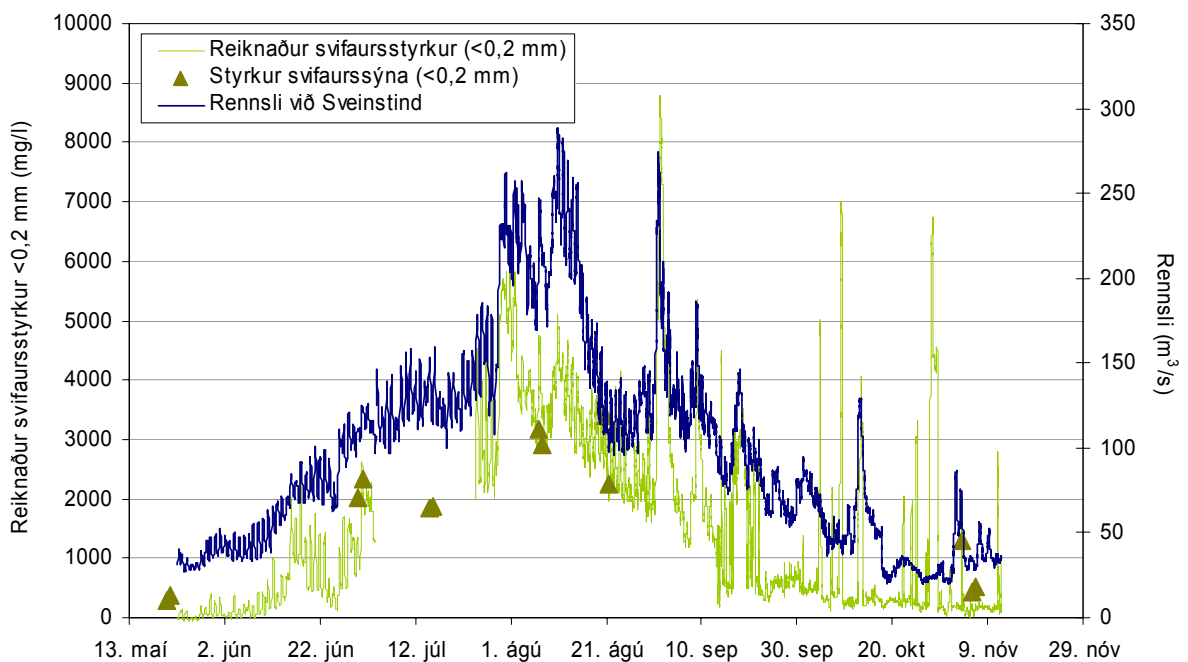
Mynd 8: Tengsl styrks einstakra kornastærðaflokka svifaurs við ljósgeypni. Notuð eru óhliðruð gögn úr skyjurunum tveimur, en einnig er sýndur styrkur Fuller's Earth staðals og mæld ljósgeypnigildi með gamla skynjaranum. (Ekki er sýnd ljósgeypni fyrir mesta F.E. styrkinn sem mældur var (5333 mg/l), en hún var rúm 88 mV).

Kvörðun Fuller's Earth staðals við ljósgeypni er sýnd á mynd 9 og er leitni (R^2) vísifalls sem var fellt að gögnunum mjög há, eða yfir 0,99. Út frá þeirri niðurstöðu og prófunum á kvörðunum fyrir einstakar kornastærðir voru sambærileg vísiföll því felld að hvoru kvörðunarsetti fyrir sig (gamli og nýi skynjari) fyrir annars vegar kornastærð minni en 0,06 mm (ekki sýnd) og hins vegar fyrir efni fingerðara en 0,2 mm (mynd 9). Leitni fyrir tengsl svifaursstyrks og ljósgeypni var mun betri fyrir fingerðari svifaurnum (0,97) en fyrir efni fingerðara en 0,2 mm (0,90 fyrir gamla og 0,87 nýja skynjarann) (mynd 9). Hins vegar er kornastærðin grófmór (0,06–0,2 mm) stór hluti svifaursýnanna sem tekin voru árið 2004 (23–49%) og án hans og sands (sem áður var ákveðið að sleppa í kvörðuninni) næði kvörðunin til mjög lítils hluta sýnisins. Því var ákveðið að halda grófmósþættinum innan kvörðunarinnar þó að fylgnin væri verri, en með þeirri kornastærð nær kvörðun ljósgeypninnar til 44 til 80% af heildarstyrk svifaursýnanna.

Vísiföllin sem sýnd eru á mynd 9 voru notuð til að reikna út samfelldan styrk svifaurs fingerðari en 0,2 mm og er hann settur fram á mynd 10. Á sömu mynd eru til samanburðar sýnd mæld gildi svifaursýna og rennsli við Sveinstind.



Mynd 9: Vensl ljósgleypni við styrk svifaurs fingerðari en 0,2 mm í þeim svifaursýnum sem tekin voru árið 2004.



Mynd 10: Reiknaður styrkur svifaurs $<0,2\text{ mm}$ fyrir tímabilið frá 23. maí til 11. nóvember 2004. Styrkur var ekki reiknaður fyrir tímabilið frá 3. til 24. júlí þar sem ljósgleypnigildi eru ekki til fyrir þá daga. Mældur styrkur svifaurs ($<0,2\text{ mm}$) í sýnum sem tekin voru árið 2004 og rennsli við Sveinstind er einnig sýnt til samanburðar.

Mældu svifaursgildin falla sæmilega að reiknuðu gildunum en þar sem leitnin milli ljósgleypni og svifaursstyrks er tæplega 0,90 er eðlilegt að frávik séu einhver. Í október og nóvember 2004 sjást nokkrir áberandi toppar í reiknuðum svifaursstyrk sem ekki sjást í rennslisgögnunum og eru þeir að öllum líkindum afleiðing krapa í ánni sem hefur hækkað ljósgleypni tímabundið og því ómarktækir. Fyrir utan þessa toppa virðist ljósgleypni vera ágæt nálgun fyrir styrk svifaurs fingerðari en 0,2 mm, en þó er ljóst að kvarða mætti mælingarnar betur með fleiri svifaurskýnum yfir dreifðari ljósgleypnigildi. Sérstaklega vantar sýni sem tekin eru við háa ljósgleypni en einnig þyrftu kvörðunarsýnin að ná yfir árstíðabundnar breytingar í setframboði. Það er talið nauðsynlegt þar sem ekki er víst að svifaur sem safnað er í sumarvatni með miklu fingerðu efni beint undan jökli hafi sömu ljóseiginleika og svifaur sem safnað er utan aðalleysingartímabils jökulsins. Sömuleiðis er líklegt að ljóseiginleikar efnis sem skolast út í ána í miklum rigningum séu ekki alveg þeir sömu og efnis sem ættað er undan jökli.

Þegar reiknuðu svifaursgögnin á mynd 10 eru skoðuð þarf að hafa í huga að kvörðunin nær aðeins til efnis fingerðara en 0,2 mm, þannig að ef reikna á út heildarframburð svifaurs þarf að bæta við þætti sands ($>0,2$ mm). Í sýnum ársins 2004 var hlutur hans á bilinu frá 23 til 56% af heildarþyngd sýnanna (tafla 2). Þannig nær ljósgleypnikvörðunin í flestum tilfellum til aðeins um 50–60% af þyngd sýnanna.

5 SAMANTEKT

Í lok maí árið 2004 var settur upp ljósgleypninemi af gerðinni IR15C frá Partech[®] Instruments við vatnshæðarmæli 166 í Skaftá við Sveinstind. Ljósgleypni var skráð fram undir miðjan nóvember fyrir utan um þriggja vikna tímabil í júlí þegar engin gögn eru til vegna bilunar í skynjara, en nýr skynjari var settur upp þann 24. júlí 2004.

Samband ljósgleypni og rennslis var lauslega skoðað og reyndist sæmileg fylgni þar á milli. Greinilegt er þó að innan hveirrar dægursveiflu eru áberandi réttisælis lykkjur (clockwise hysteresis) sem eru tilkomnar vegna þess að dægursveifla ljósgleypni er heldur fyrr (>1 klukkustund) á ferðinni við Sveinstind en dægursveifla rennslis og/eða að ljósgleypnitoppurinn er skarpari en toppur dægursveiflu rennslis. Ástæðan fyrir þessum tímamun er líklega sú set skolast út við og undir jökuljaðri við vaxandi rennslis innan dægursveiflunnar og þar af leiðandi er minna af seti til staðar til flutnings þegar rennslis er í rénun. Í þeim rigningartoppum sem skoðaðir voru sérstaklega virðist þetta samband rennslis og ljósgleypni hins vegar vera rangsælis, en í slíkum atburðum skiptir tímasetning og dreifing úrkomu innan svæðisins miklu máli. Í skýrslunni er aðeins gerð lausleg athugun á þessum tengslum ljósgleypni og rennslis, en greinilegt er að gera þarf mun nákvæmari tölfræðilega úttekt til að fá botn í tengsl þessara þátta.

Þrettán svifaurskýni voru tekin yfir tímabilið og voru 11 þeirra notuð til kvörðunar ljósgleypniskynjaranna tveggja sem notaðir voru yfir sumarið. Fyrri skynjarinn var kvarðaður á rannsóknarstofu áður en hann var settur upp en ekki reyndist tími til þess áður en nýi skynjarinn var settur upp í júlí. Talið er nær öruggt að 0-skekkja sé á milli mælanna og því er ekki hægt að kvarða gagnasettið óbreytt með einni kvörðun. Vegna þessa var svifaursgögnunum skipt í tvennt eftir því hvenær sýnin voru tekin og hvor skynjari kvarðaður með sínu setti.

Eftir að hafa skoðað í eldri svifaursgögnum, hvernig mismunandi kornastærðir haga sér í vatnsbolnum og við mishátt rennsli var ákveðið að sleppa kornastærðinni sandi ($>0,2$ mm) úr kvörðuninni þar sem hann virðist ferðast um í púlsum án beinna tengsla við rennsli. Hluti grófmós ($0,06-0,2$ mm) virðist einnig ferðast um í púlsum og því eru fylgni þeirra kornastærðar við rennslis heldur lægri en finmós og mélu. Þar sem grófmór er hins vegar svo stór hluti af heildarstyrk svifaursýnanna var ákveðið að halda þeirri kornastærð innan kvörðunarinnar.

Skoðað var hvernig ýmis föll féllu að venslum styrks Fuller's Earth staðals og hinna ýmsu kornastærða við ljósgleypni. Í ljós kom að vísiföll skýrðu þetta samband best og voru sitthvort vísifallið fellt að gögnum nýja og gamla skynjarans. Fylgni þeirra var $0,87$ og $0,90$ og út frá þessum föllum var reiknaður styrkur svifaurs fingerðari en $0,2$ mm fyrir þau tímabil sem nemarnir mældu ljósgleypni árið 2004.

Þessi samfelldi svifaursstyrkur sem reiknaður var fellur ágætlega innan mældra svifaursgilda, en greinilegt er að innan einstakra tímabila á haustmánuðum er reiknaður svifaursstyrkur allt of hár og er þar líklega um að kenna krapa í ánni sem truflað hefur ljósgleypnimælingarnar. Þó þarf að kvarða gögnin betur, sér í lagi við hærri svifaursstyrk, og því væri æskilegt að fleiri svifaursýni væru tekin yfir breiðara ljósgleypnisvið til að fá staðfestingu á framlengingu vísifallanna.

Greinilegt er að hægt er að nota slíkar ljósgleypnimælingar til að meta samfelldan styrk svifaurs af ákveðinni kornastærð, en hafa þarf í huga að kvörðunin, sem kynnt er hér, nær ekki til grófasta hlutar svifaursins ($>0,2$ mm) sem í sýnum ársins 2004 var frá 23 til 56% af heildarþyngd sýnanna. Með ljósgleypnigögnum er hægt að reikna út samfelldan framburð svifaurs af valinni kornastærð þar sem rennslisgögn eru til fyrir Sveinstind. Slík gögn nýttust til að meta betur breytileika svifaursframburðar milli árstíða, í einstökum atburðum eins og jökulhlaupum og milli atburða með lengri tímaskala eins og framhlaupa jökuls. Slíkir atburðir breyta setframboði verulega en erfitt og kostnaðarsamt hefur verið að skrásetja slíkar breytingar með töku einstakra svifaursýna.

6 HEIMILDIR

Ari Pálmar Arnalds. (2002). *Kvörðun ljósgleypnimælis*. Óbirt minnisblað um ljósgleypnimælingar í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga.

Bjarni Kristinsson. (2005). *Rennslismælingar í vestari kvísl Skaftár við vhm 470 og samanburður við rennsli Skaftár hjá Sveinstindi, vhm 166, árin 1997-2004*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð, BK-2004/01. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Bogen, J. (1980). The hysteresis effect of sediment transport systems. *Norsk Geogr. Tidsskr.* 34, 45–54.

Haukur Tómasson og Svanur Pálsson. (1990). Aurburður og rof. Í Sigurjón Rist (ritstj.), *Vatns er þörf* (bls. 75–78). Reykjavík: Bókaútgáfa Menningarsjóðs.

Ingibjörg Kaldal. (2002). *Skaftá : athugun á áfoki. Útbreiðsla Skaftárhlaupsins 1995*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-2002/022.

Jórunn Harðardóttir. (2004). *Niðurstöður ítarlegra aurburðarmælinga í Jökulsá á Fjöllum og Kreppu árið 2003*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð, JHa-2004/02. Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar.

Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson. (2002). *Mælingar á rennsli og svifaur í Jökulsá á Dal árið 2001*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-2002/034. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson og Svava Björk Þorláksdóttir. (2003). *Mælingar á rennsli, svifaur og skriðaur í Jökulsá á Dal árið 2002*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-2003/001. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir. (2002). *Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá árið 2001*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-2002/041. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir. (2003). *Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá árið 2002*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-2003/051. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir. (2005). *Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá árið 2004*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-2005/013. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir og Bjarni Kristinsson. (2004). *Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá árið 2003*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-2004/009. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen. (2003). *Kvörðun ljósgleypnimælis við Sóleyjarhöfða í Þjórsá*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð JHa-SE-2003/03. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Jórunn Harðardóttir og Sverrir Ó. Elefsen. (2004). *Niðurstöður kornastærðarmælinga svifaurssýna úr Lagarfljóti og kvörðun ljósgleypnimælis við Lagarfljót við Lagarfell*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð JHa-SE/2004-01. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Singh, P., Haritashya, U.K., Ramasastri, K.S. og Kumar, N. (2005). Diurnal variations in discharge and suspended sediment concentration, including run-off delaying characteristics, of the Gangotri Glacier in the Garhwal Himalayas. *Hydrological Processes* 19, 1445–1457.

Snorri Zóphóníasson. (2002). *Rennsli í Skaftárhlaupum 1955–2002*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð, SZ-2002/01. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Snorri Zóphóníasson og Svanur Pálsson. (1996). *Rennsli í Skaftárhlaupum og aur- og efnastyrkur í hlaupum 1994, 1995 og 1996*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-96066/VOD-07.

Steen Henriksen. (2003). *Connection between discharge and the time development of high/low water levels along river Jökulsá á Fjöllum*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-2003/061. Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar.

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

Svanur Pálsson og Snorri Zóphóniásson. (1992). *Skaftárhlaupið 1991. Sérkenni í aur- og efnastyrk*. Reykjavík: Orkustofnun, OS-92014/VOD-02. Unnið fyrir Vegagerðina.

Sverrir Ó. Elefsen. (2004). *Skaftárveita. Samanburðarmælingar á vatnasviði Skaftár*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð SÓE-2004/04. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Sverrir Ó. Elefsen. (2004). *Skaftárveita og Skaftárvirkjun. Mælingar á vatnasviði Skaftár í apríl 2005 og samanburður við mælingar í mars 2004*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð SÓE-2005/01. Unnið fyrir Landsvirkjun og RARIK.

Sverrir Elefsen og Ari Pálmar Arnalds. (2002). *Kvörðun ljósgleypnimælis. Fyrstu niðurstöður*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð SE-APA-2002/01.

Vatnamælingar Orkustofnunar. (2005). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2003/2004, vhm 166; Skaftá, Sveinstindur*. Unnið fyrir Landsvirkjun.