ORKUSTOFNUN
Vatnamælingar

Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá í Skaftártungu við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli árið 2004

Jórunn Harðardóttir
Bjarni Kristinsson
Svava Björk Þorláksdóttir

Unnið fyrir Landsvirkjun og RARIK

OS-2005/002

Vatnamælingar ORKUSTOFNUNAR

OS-2005/002

ORKUSTOFNUN
Vatnamælingar

Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá í Skaftártungu við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli árið 2004

Jórunn Harðardóttir
Bjarni Kristinsson
Svava Björk Þorláksdóttir

Unnið fyrir RARIK og Landsvirkjun

OS-2005/002

Orkustofnun – Vatnamælingar
Orkugarður ● Grensásvegi 9 ● 108 Reykjavík ● Sími 569 6000 ● Fax: 568 8896 ● vm@os.is ● www.vatn.is

ORKUSTOFNUN
Vatnamælingar

Lykilsíða

Skýrsla nr.:	**Dags.:**	**Dreifing:** Opin ☒ Lokuð ☐
OS-2005/002	Mars 2005	**Skilmálar:**

Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá í Skaftártungu við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli árið 2004	**Upplag:** 15 **Fjöldi síðna:** 42
Höfundar: Jórunn Harðardóttir, Bjarni Kristinsson og Svava Björk Þorláksdóttir	**Verkefnisstjóri:** KE, JHa
Gerð skýrslu / Verkstig: Niðurstöður mælinga á rennsli og aurstyrk	**Verknúmer:** 7-546828

Unnið fyrir:
RARIK og Landsvirkjun

Samvinnuaðilar:

Útdráttur:
Árið 2004 voru farnar þrjár ferðir að Hólmsá við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli til mælinga og sýnatöku. Við Hólmsá var rennslismælt og tekin sýni af svifaur og skriðaur, en við Tungufljót voru eingöngu tekin svifaurssýni. Við úrvinnslu mælinganna úr Hólmsá var notað rennsli samkvæmt nýjum vatnshæðarmæli við Hólmsárfoss (vhm 468). Við Hólmsá tuttugufaldaðist svifaursstyrkur við þreföldun rennslis og er ágæt fylgni bæði heildarstyrks og einstakra kornastærðarflokka við rennsli. Styrkur svifaurs hækkar einnig með auknu rennsli í Tungufljóti en heildarstyrkur er mun lægri en í Hólmsá. Framburður skriðaurs í Hólmsá var mestur í 30 og 35 m fjarlægð frá vestari bakka eins og fyrri ár og jókst hann verulega með rennsli. Heildarframburður skriðaurs var mestur 14 kg/s við 113 m^3/s og flokkaðist meðalstærð flestra kornastærðargreindra skriðaurssýna sem grófur til mjög grófur sandur. Hlutfall skriðaurs var innan við 10% af heildaraurburði í öllum syrpum samanburðarsýna

Lykilorð: Hólmsá í Skaftártungu við Framgil (vhm 231), Hólmsá við Hólmsárfoss (vhm 468), Tungufljót við Snæbýli (vhm 142), mælikláfur, rennsli, rennslislykill, rennslismælingar, sýnataka, svifaursstyrkur, kornastærð, sýnategund, skriðaursframburður	**ISBN-númer:** **Undirskrift verkefnisstjóra:** **Yfirfarið af:** KE, PI

EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR 7

2 MÆLIFERÐIR 9

2.1 Framgangur mælinganna 9

3 RENNSLISMÆLINGAR Í HÓLMSÁ 11

4 AURBURÐARMÆLINGAR 13

4.1 Svifaurssýni 13

4.1.1 Niðurstöður svifaurssýna úr Hólmsá 14

4.1.2 Niðurstöður svifaurssýna úr Tungufljóti 16

4.2 Skriðaursmælingar 18

4.2.1 Framburður skriðaurs 19

4.2.2 Kornastærð skriðaurs 25

4.3 Samanburður svifaurs og skriðaurs 32

5 SAMANTEKT 34

5.1 Rennslismælingar 34

5.2 Aurburðarmælingar 34

5.2.1 Svifaurssýni úr Hólmsá 34

5.2.2 Svifaurssýni úr Tungufljóti 36

5.2.3 Skriðaurssýni úr Hólmsá 38

5.2.4 Samanburður svifaurs- og skriðaurssýna 40

5.3 Framhald rannsókna 40

6 HEIMILDIR 41

MYNDASKRÁ

Mynd 1: Kort af vatnasviðum Hólmsár og Tungufljóts. 8

Mynd 2: Rennsli Hólmsár við Hólmsárfoss (vhm 468) ásamt tímasetningu aurburðarsýnatöku og rennslismælinga. 10

Mynd 3: Dýptarsnið og hraði í rennslismælingum sem gerðar voru árið 2004 við hefðbundinn mælistað neðan við vhm 231 í Hólmsá við Framgil. 13

Mynd 4: Kornastærðarflokkun svifaurssýna sem tekin voru árið 2004 í Hólmsá við Framgil. 15

Mynd 5: Vensl heildarstyrks svifaurs við rennsli fyrir sýni úr Hólmsá frá árunum 2002 til 2004. 16

Mynd 6: Kornastærðarflokkun svifaurssýna sem tekin voru árið 2004 í Tungufljóti af brú við bæinn Snæbýli. 17

Mynd 7: Tengsl heildarsvifaurstyrks Tungufljótssýna frá 2002–2004 við rennsli hjá vatnshæðarmæli 142 reiknað samkvæmt rennslislykli nr. 2. 18

Mynd 8: Niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsá þann 13. júlí 2004. 20

Mynd 9: Niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsá þann 18. ágúst 2004. 21

Mynd 10: Niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsá 16. september2004.. 22

Mynd 11: Niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsá 17. september2004. 23

Mynd 12: Vensl heildarframburðs skriðaurs við meðalrennsli fyrir hvert rennslisbil. . 25

Mynd 13: Vensl skriðaursframburðar stakra sýna flokkuðum eftir stöðvum við rennsli. 25
Mynd 14: Safntíðnirit kornastærðarmælingar skriðaurssýna sem tekin voru úr Hólmsá við Framgil í hefðbundnum ferðum í júlí og ágúst 2004..... 27
Mynd 15: Safntíðnirit kornastærðarmælingar skriðaurssýna sem tekin voru úr Hólmsá við Framgil í atburðarferð í september 2004 28
Mynd 16: Afleiddir kornastærðareiginleikar skriðaurssýna úr Hólmsá, A) meðalstærð, B) aðgreining og C) skakki..... 29
Mynd 17: Vensl afleiddra kornastærðareiginleika. A) Meðalstærð vs. aðgreining, B) meðalstærð vs. skakki, C) aðgreining vs. skakki..... 31
Mynd 18: Samanburður skriðaurs- og svifaursframburðar í sýnatökuferðum í Hólmsá árið 2004..... 33
Mynd 19: Vensl heildarframburðar svifaurs og rennslis í svifaurssýnum sem tekin voru árin 2002 til 2004 úr Hólmsá. 35
Mynd 20: Vensl styrks einstakra kornastærðarflokka við rennsli í svifaurssýnum ársins 2004 úr Hólmsá. 36
Mynd 21: Vensl heildarframburðar svifaurs og rennslis í svifaurssýnum sem tekin voru árin 2002 til 2004 úr Tungufljóti..... 37
Mynd 22: Vensl styrks einstakra kornastærðarflokka við rennsli í svifaurssýnum ársins 2004 úr Tungufljóti..... 37
Mynd 23: Framburður stakra skriðaurssýna innan allra rennslisbila í ferðum að Hólmsá árið 2004..... 38
Mynd 24: Vensl heildarframburðar skriðaurs við meðalrennsli innan rennslisbila áranna 2002 til 2004..... 39

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1: Ferðatilhögun í Hólmsár/Tungufljótsferðum..... 9
Tafla 2: Fjöldi og gerð aurburðarsýna sem tekin voru í Hólmsá og Tungufljóti árið 2004. 10
Tafla 3: Niðurstöður rennslismælinga við Hólmsá, Framgil árin 2002 til 2004, og samanburður við vatnshæð nýs mælis vhm 468 við Hólmsárfoss. 12
Tafla 4: Kornastærðarflokkar svifaurs..... 14
Tafla 5: Niðurstöður kornastærðarmælingar á svifaurssýnum úr Hólmsá árið 2004. ... 14
Tafla 6: Niðurstöður kornastærðarmælingar á svifaurssýnum úr Tungufljóti árið 2004. 16
Tafla 7: Staðsetning og fjöldi skriðaurssýna úr Hólmsá árið 2004 ásamt meðalrennsli með spönn rennslis þegarsýnin voru tekin. 19
Tafla 8: Heildarframburður skriðaurs í sýnatökuferðum að Hólmsá árið 2004. 24
Tafla 9: Samanburður stærða í mm og í ϕ-gildum..... 26
Tafla 10: Samanburður svifaurs- og skriðaursframburðar í Hólmsá 2004..... 32
Tafla 11: Samandregnar niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsárferðum árið 2004... 39

1 INNGANGUR

Rúmir tveir áratugir eru nú liðnir síðan vatnshæðarmælir (vhm 231) var settur upp í Hólmsá í Skaftártungu við Framgil (mynd 1). Vatnshæðargögn úr þessum mæli hafa verið notuð til að meta rennsli á svæðinu og þá sér í lagi í tengslum við forathugun á virkjun í Hólmsá við Einhyrning með frárennsli í Tungufljót (Orkustofnun og Almenna Verkfræðistofan hf. 2002) sem unnin var fyrir verkefnið Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma (sjá nánar á http://www.landvernd.is/natturuafl/).

Ef skoðað er rennsli í Hólmsá við Framgil á tímabilinu frá 1984 til 2003 kemur í ljós að langtíma meðalrennsli er 34,4 m^3/s, og þó að rennslið sé nokkuð jafnt innan ársins er það yfirleitt minnst í mars og apríl en mest í snörpum rigningarflóðum sem geta orðið allan ársins hring. Hæsta rennsli sem mælst hefur við vhm 231 samkvæmt lykli var 347 m^3/s í rigningarflóði þann 1. desember 1995, en minnsta mælda rennsli var hins vegar 11,5 m^3/s þann 13. apríl 1988. Stíflustæðið sjálft er um 8 km ofan við mælinn og var talið í forathugunarskýrslu að um 10% af vatni sem mælist við vhm 231 kæmi inn á milli stíflustæðis og mælis (Orkustofnun og Almenna Verkfræðistofan hf. 2002). Engar rennslismælingar eru til frá stíflustæðinu sjálfu, en eina mælisyrpan sem til er nærri stíflustæðinu bendir til að þetta hlutfall gæti verið hærra.

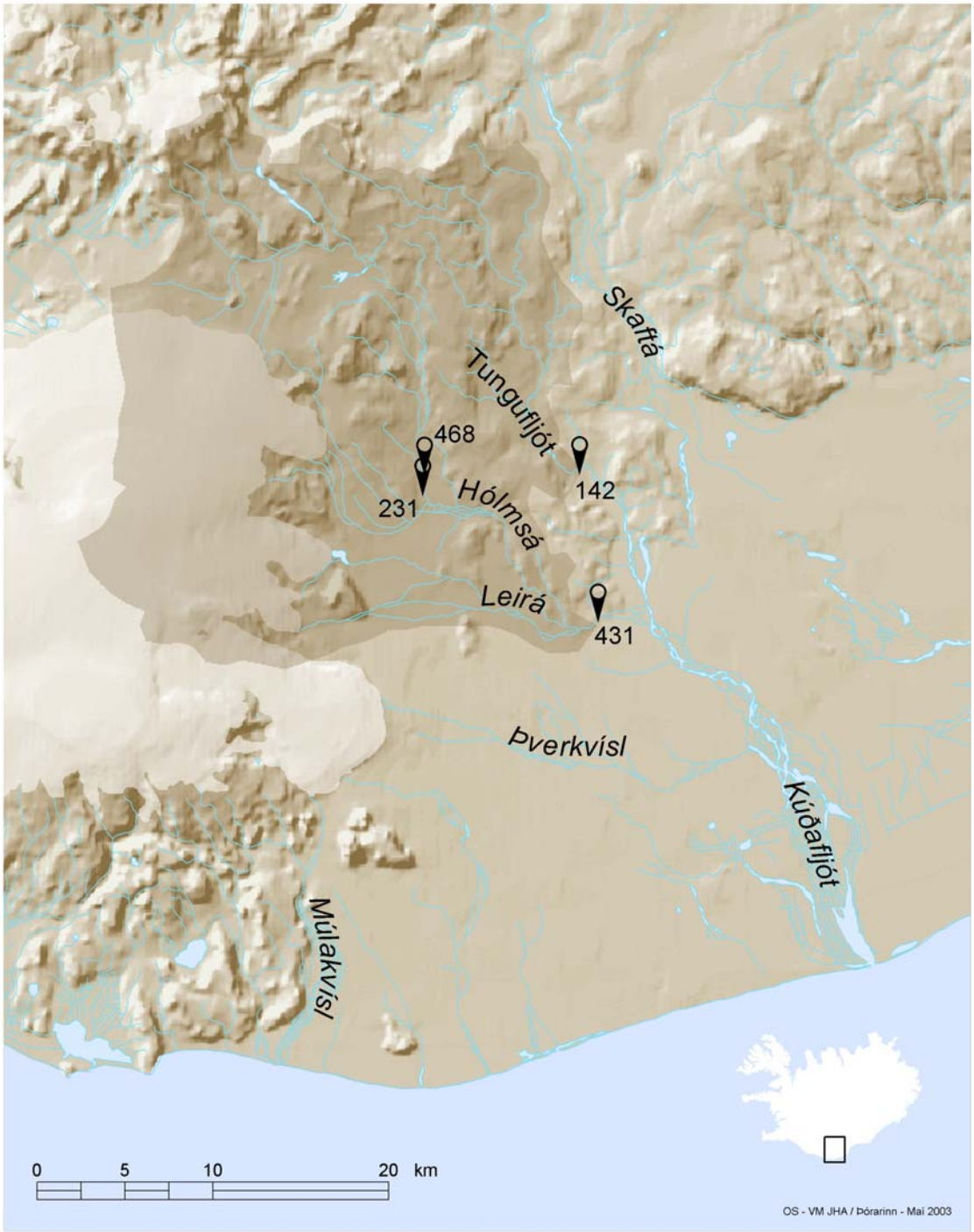
Árið 2000 var rennslisröðin við vhm 231 við Framgil framlengd aftur til 1950 með HBV líkanútreikingum (Gunnar Orri Gröndal 2000), en þar sem grunnvatn er stór þáttur í rennsli árinnar og meðhöndlun þess er einfölduð í HBV líkani hefur líkanið ekki reynst mjög áreiðanlegt, sérstaklega ekki fyrir lágrennsli. Reynt hefur verið að laga líkanið með því að fella lágrennsli í líkaninu betur að raunverulegum mælingum (Gunnar Orri Gröndal 2003), sem og að nýjum veðurgögnum (Jón Sigurður Þórarinsson og Jóna Finndís Jónsdóttir 2003; Jóna Finndís Jónsdóttir og Jón Sigurður Þórarinsson 2004). Báðir útreikningarnir hafa fellt líkanir aðeins betur að mældu rennsli, hinir síðarnefndu þó heldur betur (Jóna Finndís Jónsdóttir og Jón Sigurður Þórarinsson 2004).

Mikið flökt hefur sést í rennslislyklum við vhm 231 (Ragnhildur Freysteinsdóttir 2000; Vatnamælingar 2003 og 2004). Talið er að framburður skriðaurs við mælinn valdi þessu flökti, bæði með því að gera þversniðið óstöðugt og vegna truflunar á skráningu vatnshæðar þegar síritinn stíflast af sandburði. Settur hefur verið upp nýr vatnshæðarmælir (vhm 468; V468) í efstu flúðum Hólmsárfoss, um 1 km ofan við gamla mælinn (vhm 231; mynd 1). Eingöngu liggja fyrir samanburðargögn fyrir þrjú ár, en rekstur mælisins hefur gengið vel og hefur nú verið gerður nýr rennslislykill fyrir mælinn (lykill 2) og eru þau gögn notuð við útreikninga í þessari skýrslu.

Lítil sem engin gögn um aurburð í efri hluta Hólmsár lágu fyrir þegar forkönnun á virkjun í Hólmsá var gerð árið 2002. Aðeins voru til tvær mælingar, þ.e. kornastærðargreining á svifaurssýni í Hólmsá við Fjallabaksleið syðri og á öðru sýni sem tekið var úr Álftakvísl við Skiptingahaus. Fyrir nánari virkjunarútfærslu þurfti mun ítarlegri upplýsingar um aurburð og var því gerður samningur árið 2002 milli Vatnamælinga annars vegar og Landsvirkjunar og RARIK hins vegar um mælingar á aurburði við Hólmsá og Tungufljót. Sumarið 2002 voru farnar fjórar ferðir á svæðið og sýnum af svifaur og skriðaur safnað með nýju vökvadrifnu spili af nýjum kláfi í Hólmsá við Framgil, en hann er um 1 km neðan við vatnshæðarmæli 231 (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003). Einnig voru svifaurssýni tekin úr Tungufljóti af brú við bæinn Snæbýli, auk þess sem nýr vatnshæðarmælir (vhm 142) var settur upp í Tungufljóti í landi Borgarfells

(móts við Grafarkirkju) á haustdögum 2001 (mynd 1). Er það nokkuð neðan við Snæbýli. Árið 2003 var einnig farið í fjórar ferðir á svæðið og sýni af svifaur og skriðaur tekin á sömu stöðum og áður (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2004).

Í þessari skýrslu eru niðurstöður sams konar ferða árið 2004 lýst og er reynt að hafa uppsetningu skýrslunnar sem sambærilegasta við fyrri skýrslur til að einfalda samanburð milli ára.



Mynd 1: *Kort af vatnasviðum Hólmsár og Tungufljóts. Sýnd er staðsetning vatnshæðarmæla í Hólmsá við Framgil (vhm 231), Hólmsárfoss (vhm 468), Hrífunes (vhm 431) og Tungufljót við Borgarfell (vhm 142). (Kortagerð Þórarinn Jóhannsson).*

2 MÆLIFERÐIR

Eins og fyrri ár var áætlun um ferðir inn að Hólmsá og Tungufljóti skipt upp í tvenns konar ferðir, annars vegar "hefðbundnar" ferðir og hins vegar "atburðarferðir", og átti að fara í tvær ferðir af hvorri tegund árið 2004. Í atburðarferðum er gert ráð fyrir að LV og RARIK borgi allan kostnað við ferðina frá því farið er úr Reykjavík og komið þangað aftur, en í hefðbundnum ferðum reiknast ferðatími ekki með þar sem í samningi er gert ráð fyrir að slíkar ferðir séu farnar í tengslum við aðrar ferðir sem farnar eru inn að Skaftá fyrir Landsvirkjun. Tilhögun þessara ferða er lýst í töflu 1.

Tafla 1: *Ferðatilhögun í Hólmsár/Tungufljótsferðum.*

Hefðbundin ferð (1 langur vinnudagur)	*Atburðarferð* (2 langir vinnudagar + ferðir)
• 1 rennslismæling við Hólmsá	• 2 rennslismælingar við Hólmsá
• 1 svifaurssýni við Hólmsá við Framgil með vökvadrifnu spili	• 4 svifaurssýni við Hólmsá við Framgil með vökvadrifnu spili
• A.m.k. 25 skriðaurssýni í Hólmsá við Framgil með vökvadrifnu spili, þar af átti að kornastærðargreina fimm þeirra.	• A.m.k. 50 skriðaurssýni í Hólmsá við Framgil með vökvadrifnu spili, þar af átti að kornastærðargreina 15 þeirra.
• 1 svifaurssýni við Tungufljót á brú við Snæbýli	• 2 svifaurssýni við Tungufljót á brú við Snæbýli

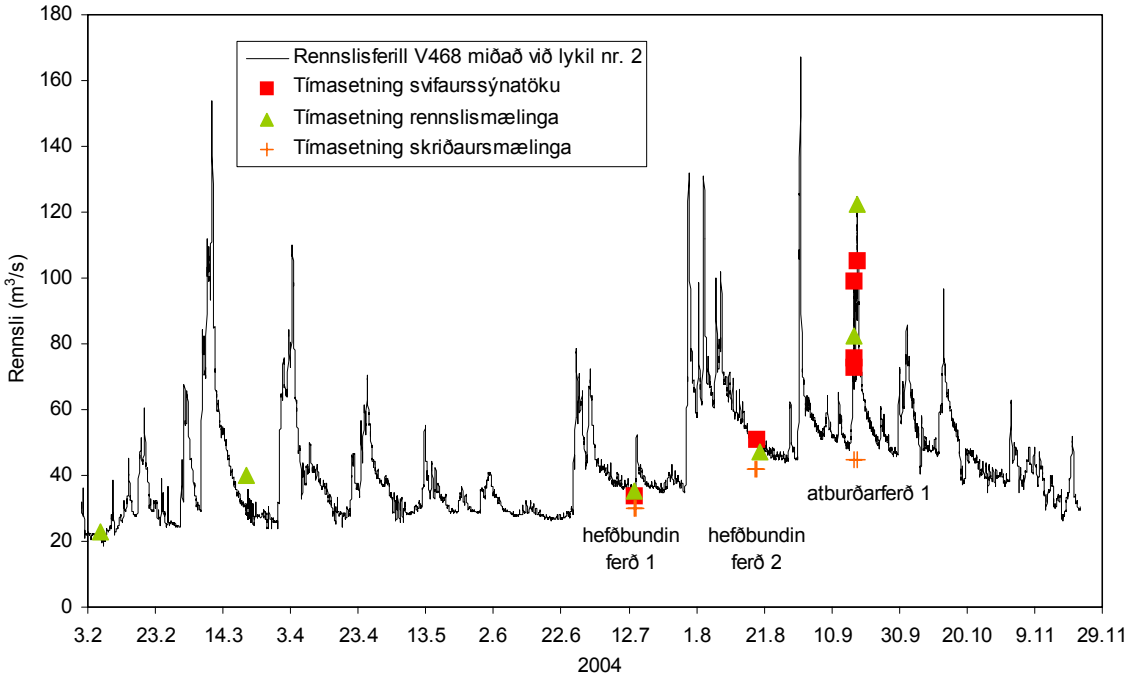
Í atburðarferðum átti að reyna að ná snörpum rigningarflóðum sem algeng eru í Hólmsá allt árið um kring, en sérstaklega geta þau orðið stór á veturna þegar snjóþekja bráðnar samfara miklum vetrarrigningum. Þessir atburðir eru oft mjög snarpir, aðeins 1–2 dagar, og því þarf að bregðast mjög fljótt við ef slíkum rigningum er spáð. Til að meta hvort slíkir atburðir eru í uppsiglingu hefur verið settur upp sími við nýja vatnshæðarmælinn (vhm 468) en með honum er hægt að ná í gögn og meta vatnshæð án þess að fara á staðinn. Þó að símtengingin hafi virkað vel til þess að ná í gögn var símasambandið stopult í sumar og því virkaði síminn ekki sem skyldi til að sjá hvort slíkir atburðir væru í uppsiglingu. Í staðinn var treyst á veðurspár Veðurstofunnar og þá yfirleitt haft samband beint við veðurfræðing ef útlit var fyrir rigningarspá á landinu. Þær spár brugðust þó stundum eins og sjá má nánar í kafla 2.1 þar sem niðurstöðum ferðanna er lýst frekar. Símasambandið hefur þó verið ágætt síðan í október árið 2004.

2.1 Framgangur mælinganna

Farið var í hefðbundnu ferðirnar um miðjan júlí og miðjan ágúst (tafla 2), en aðeins var farið í eina atburðarferð og var hún farin í mikilli rigningu um miðjan september. Tilhögun ferðanna var svipuð upphaflegu áætluninni (tafla 1) nema að tekin voru heldur fleiri skriðaurssýni í öllum ferðum, og þá sér í lagi í atburðarferðinni í september þar sem tvö sett af mælingum voru unnin þar sem rennsli jókst verulega daginn eftir að fyrri mælingasyrpan var tekin. Á mynd 2 er rennsli við Hólmsárfoss sýnt ásamt tímasetningu rennslismælinga og tökutíma aurburðarsýna af kláfinum við Framgil. Rennsli var einnig mælt í byrjun febrúar og í lok mars og voru þær mælingar unnar sem hluti af öðrum verkefnum á svæðinu.

Tafla 2: *Fjöldi og gerð aurburðarsýna sem tekin voru í Hólmsá og Tungufljóti árið 2004. Í ágúst og september var rennslismælt í Tungufljóti nokkrum dögum eftir að svifaurssýnin voru tekin.*

Dagsetning	Staður	Fjöldi svifaurs-sýna	Fjöldi skriðaurs-sýna	Greind skriðaurs-sýni	Rennslis-mæling	Athuga-semdir
2004-07-13	Hólmsá, Framgil	1	27	5	1	Hefðbundin
2004-07-14	Tungufljót	1	–	–	1	ferð
2004-08-18	Hólmsá, Framgil	1	28	5	1	Hefðbundin
2004-08-17	Tungufljót	1	–	–	1	ferð
2004-09-16/17	Hólmsá, Framgil	4	71	15	2	Atburðar-
2004-09-16/17	Tungufljót	2	–	–	1	ferð
Samanlagt		10	121	25	7	



Mynd 2: *Rennsli Hólmsár við Hólmsárfoss (vhm 468) ásamt tímasetningu aurburðarsýnatöku og rennslismælinga.*

Farið var í fyrri hefðbundnu ferðina 12. til 15. júlí, en aðalvinnan við Hólmsá fór fram þann 13. júlí. Seinni hefðbundna ferðin var farin 17. til 19. ágúst en svifaurssýnið úr Tungufljóti var tekið þann 23. ágúst. Farið var í ágústferðina í lok rigningartopps (mynd 2), sem starfsmenn VM fylgdust náið með í sambandi við veðurfræðinga á Veðurstofu Íslands. Í spám þeirra var ekki talið að rigning næði í miklum mæli inn á vatnasvið Hólmsár og var því ekki farið af stað í atburðarferð. Raunin var hins vegar sú að það rigndi mun austar en gert hafði verið ráð fyrir og því hefði verið gott tækifæri til að fara í atburðarferð. Ekki bætti úr skák að símasamband náðist ekki við mælinn á þessu tímabili svo að ekki var hægt að fylgjast beint með breytingum á rennsli við mælinn. Um miðjan september hljóðaði veðurspáin hins vegar upp á mikla rigningu austan við Mýrdalsjökul og hélt teymi af stað í atburðarferð að kvöldi 15. september til að ná

mælingum í háu rennsli daginn eftir. Tekin voru sýni við Hólmsá og Tungufljót þann 16. september en mun minna rigndi á svæðinu en spáð hefði verið fyrir um. Þegar átti að halda heim þann 17. september rigndi hins vegar mun meira og var ákveðið að halda kyrru fyrir og endurtaka mælingarnar við hærra rennsli. Tafla 2 sýnir hvernig söfnun sýna og mælingar á rennsli gengu fyrir sig í þessum ferðum. Tilhögun ferðanna var svipuð upphaflegu áætluninni nema að tekin voru heldur fleiri skriðaurssýni í öllum ferðum, og þá sér í lagi í atburðarferðinni í september þar sem tvö sett af mælingum voru tekin þar sem rennsli jókst verulega daginn eftir að fyrri mælingasyrpan var tekin.

Rennslismælingarnar við Hólmsá samhliða ferðunum fóru allar fram á kláfnum en á árinu var einnig rennslismælt 6. febrúar og 20. mars og var í fyrra skiptið vaðið um 10 m neðan við kláfinn. Samhliða þessum ferðum eða á svipuðum tíma var þrisvar rennslismælt í Tungufljóti en kostnaður við þær mælingar færist á rekstur vatnshæðarmælisins.

3 RENNSLISMÆLINGAR Í HÓLMSÁ

Eins og fjallað hefur verið um í rennslisskýrslum síðustu ára (t.d. Vatnamælingar Orkustofnunar 2003; 2004), skýrslum um niðurstöður mælinga í Hólmsá árin 2002 og 2003 (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003; 2004), og í rennslislyklaskýrslu Ragnhildar Freysteinsdóttur (2000) er mikið flökt í rennslislykli mælisins í Hólmsá við Framgil (vhm 231). Sandburður veldur óstöðugu þversniði enda hafa mælingamenn ítrekað séð miklar breytingar á sandbunkum í farveginum. Í gildi er rennslislykill nr. 8, en margir lyklar hafa verið gerðir fyrir gögnin (Ragnhildur Freysteinsdóttir 2000).

Eins og sagt var frá í inngangi hefur annar mælir, vhm 468/V468, verið settur upp við Hólmsárfoss til samanburðar við vatnshæðargögn úr vhm 231. Rekstur þess mælis gekk vel árið 2004 og var í nóvember 2004 búinn til nýr rennslislykill fyrir þau gögn, lykill nr. 2. Við hefðbundna úrvinnslu fyrir dagsmeðaltöl í Hólmsá voru notuð gögn úr mæli 468 og eru sömu gögn notuð hér en með hærri upplausn. Á síðasta ári (2003) voru hins vegar notuð gögn úr vhm 231 við Framgil við alla úrvinnslu gagna úr Hólmsá, og árið þar á undan voru notuð gögn úr vhm 468 með bráðabirgðalykli fyrir rennsli.

Í töflu 3 eru sýndar rennslismælingar áranna 2002 til 2004 ásamt hundraðshlutfalli mælds rennslis – reiknaðs rennslis út frá lykli 2 við vhm 468, en gögnin fyrir síðasta vatnsár (september 2003 til ágúst 2004) birtust í rennslisskýrslu fyrir vhm 468 (Vatnamælingar Orkustofnunar 2005). Eins og með önnur vatnshæðar- og rennslisgögn áskilur VM sér rétt til að endurskoða gögnin hvenær sem er, en ekki er endanlega búið að ganga frá gögnum núverandi vatnsárs (2004/2005) sem mælingarnar tvær í september 2004 falla á.

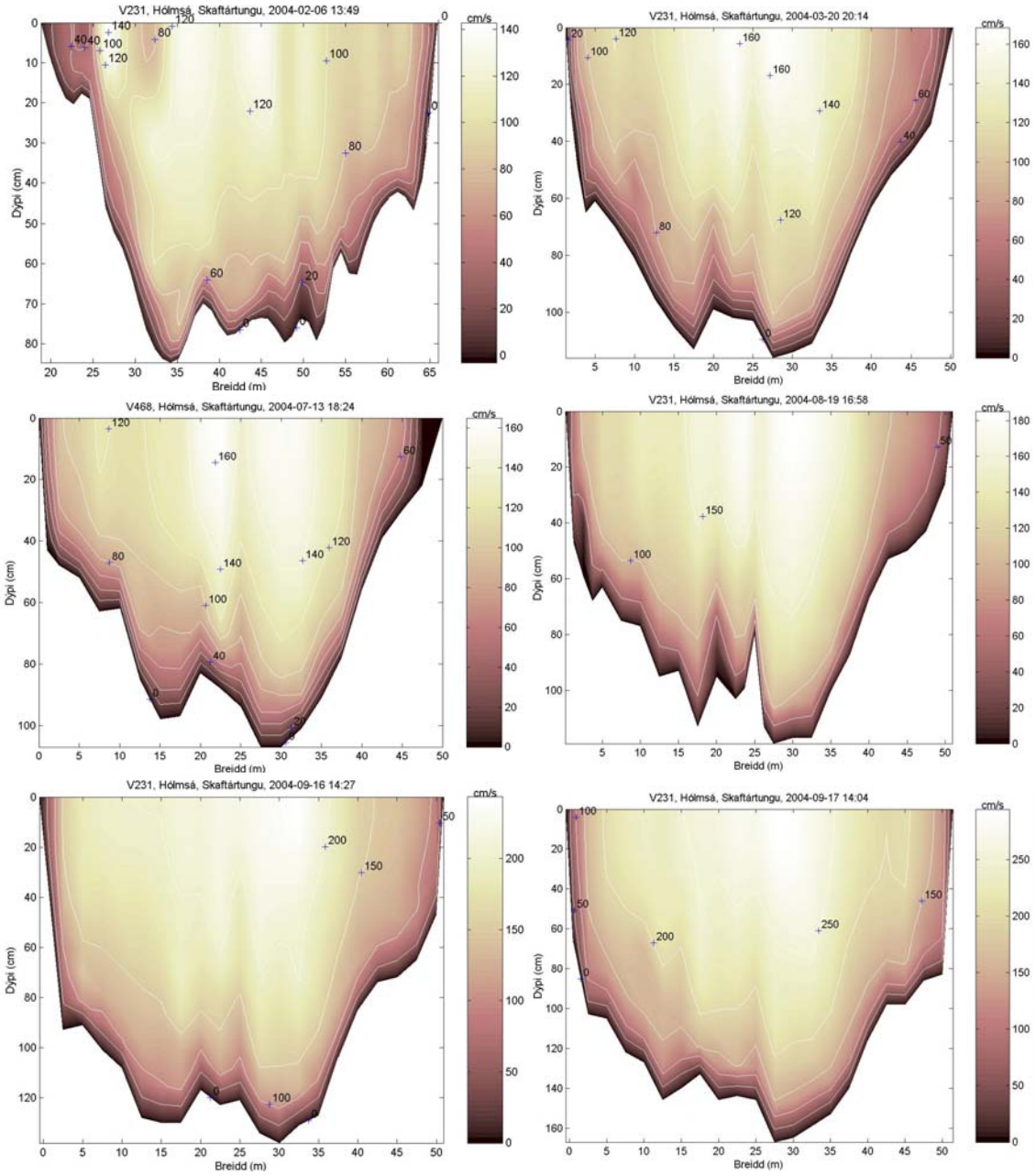
Árið 2004 var rennslismælt í sex skipti í Hólmsá, og fóru allar nema febrúarmælingin fram á kláfnum við Framgil. Samhliða þessum ferðum eða á svipuðum tíma var þrisvar rennslismælt í Tungufljóti en kostnaður við þær mælingar færist á rekstur vatnshæðarmælisins. Í töflu 3 eru niðurstöður Hólmsármælinganna sýndar ásamt hlutfallsmismun á mældu og reiknuðu rennsli miðað við lykil nr. 2 við Hólmsárfoss.

Minnstur mismunur mælds og reiknaðs rennslis var þann 6. febrúar, 1,4%, en mestur munur var 34% í mælingunni í mars (tafla 3). Ekki er nein augljós ástæða fyrir þessu háa fráviki í marsmælingunni, en aðrar mælingar falla ágætlega að lykli.

Tafla 3: *Niðurstöður rennslismælinga við Hólmsá, Framgil árin 2002 til 2004, og samanburður við vatnshæð vhm 468 við Hólmsárfoss. Rennslislykill 2, sem búinn var til árið 2004, er notaður til þess að reikna út mismun mælds og reiknaðs rennslis við Hólmsárfoss.*

Staður	Dagssetning og kl.	Vatnshæð (cm)	Mælt rennsli (m^3/s)	Mælt–reiknað rennsli í %
Hólmsá, Hólmsárfoss	2002-06-09 20:20	193,3	61,3	-1,5
Hólmsá, Hólmsárfoss	2002-08-01 13:46	174,9	25,5	-3,9
Hólmsá, Hólmsárfoss	2002-08-16 17:10	177,9	30,4	3,4
Hólmsá, Hólmsárfoss	2002-08-25 22:07	181,4	38,5	8,4
Hólmsá, Hólmsárfoss	2002-12-14 09:25	188,1	49,3	-0,3
Hólmsá, Hólmsárfoss	2003-05-15 15:45	176,8	28,0	-1,1
Hólmsá, Hólmsárfoss	2003-07-08 17:15	189,3	52,8	1,2
Hólmsá, Hólmsárfoss	2003-08-18 15:17	192,4	55,4	-7,6
Hólmsá, Hólmsárfoss	2003-11-07 16:32	212,4	128	1,3
Hólmsá, Hólmsárfoss	2003-11-08 17:15	194,4	66,9	2,5
Hólmsá, Hólmsárfoss	2004-02-06 13:49	170,6	22,95	1,4
Hólmsá, Hólmsárfoss	2004-03-20 20:40	178,2	39,99	34
Hólmsá, Hólmsárfoss	2004-07-13 18:24	181,5	35,40	-0,8
Hólmsá, Hólmsárfoss	2004-08-19 16:58	188,8	46,93	-8
Hólmsá, Hólmsárfoss	2004-09-16 14:27	199,3	82,39	3,7
Hólmsá, Hólmsárfoss	2004-09-17 14:04	210,7	122,3	2,3

Dýptar- og hraðasnið mælinganna eru sýnd á mynd 3. Breiddarsniðin eru tiltölulega svipuð í öllum mælingum nema í febrúarmælingunni þegar lítið var í ánni (23 m^3/s) og vaðmælt var um 10 m neðan við kláfinn (kvarðinn á breiddarsniðinu er því annar í þeirri rennslismælingu). Þá var rennslið nokkuð jafndreift um ána, en í hinum mælingunum var straumhraði yfirleitt mestur í efri hluta vatnsbolsins milli 25 og 35 m.



Mynd 3: *Dýptarsnið og hraði í rennslismælingum sem gerðar voru árið 2004 við hefðbundinn mælistað neðan við vhm 231 í Hólmsá við Framgil.*

4 AURBURÐARMÆLINGAR

4.1 Svifaurssýni

Sex svifaurssýni voru tekin úr Hólmsá og fjögur sýni úr Tungufljóti árið 2004 (tafla 2). Öll sýnin nema eitt úr Tungufljóti (2004-09-16) eru svokölluð S1 sýni, þ.e. sýni sem tekin voru á þremur eða fleiri stöðum yfir þversniðið í hefðbundinn S49 svifaurssýnataka. Staka Tungufljótssýnið er S2 sýni sem tekið var á tveimur stöðum yfir þversniðið með sama sýnataka. Öll sýnin voru kornastærðargreind á aurburðarstofu VM, en auk kornastærðar var mældur heildarstyrkur svifaurs og styrkur uppleystra efna

(TDS). Eins og í fyrri svifaurssýnum var fíngerðasti hluti sýnanna (<0,063 mm) kornastærðargreindur með setvogarmælingu en grófara efni með sigtun eins og lýst er í greinargerð Svans Pálssonar og Guðmundar H. Vigfússonar frá árinu 2000. Kornastærðarlínuritum sýnanna var skipt upp í fimm flokka til að einfalda úrvinnslu gagnanna og eru þeir sýndir í töflu 4:

Tafla 4: *Kornastærðarflokkar svifaurs.*

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

4.1.1 Niðurstöður svifaurssýna úr Hólmsá

Niðurstöður greininga á svifaurssýnum úr Hólmsá árið 2004 eru sýndar í töflu 5 og er skipting þeirra í kornastærðarflokka sýnd á mynd 4, annars vegar hlutfall flokkanna og hins vegar styrkur hvers flokks. Hlutfall sands (>0,2 mm) í fyrsta sýninu sem var tekið er mjög hátt, tæplega 90%, og er ekki útilokað að sýnatakinn hafi safnað í sig sandi við botn þegar sýnið var tekið. Hver svo sem ástæðan er útskýrir þetta háa sandhlutfall háan heildarstyrk sýnisins miðað við sýni frá árunum 2002 og 2003.

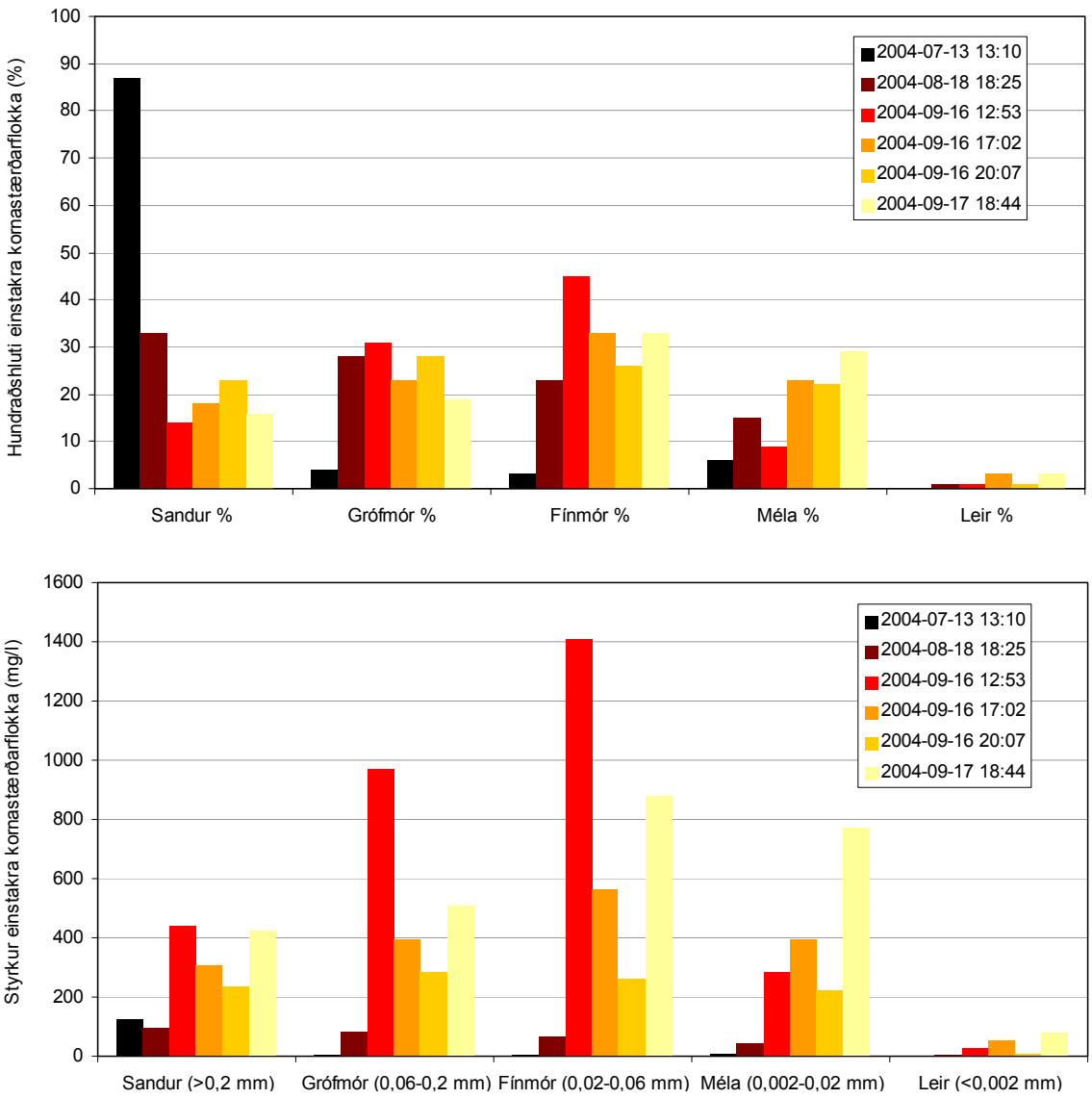
Tafla 5: *Niðurstöður kornastærðarmælingar á svifaurssýnum úr Hólmsá árið 2004.*

Staður	Dagsetning	Kl.	Rennsli (m^3/s)*	Aur-styrkur (mg/l)	TDS (mg/l)	Kornastærð (%) stærðir í mm >0,2	0,2-0,06	0,06-0,02	0,02-0,002	<0,002	Stærsta korn (mm)	Sýna-gerð
Hólmsá, Framgil	2004-07-13	13:10	34,0	146	23	87	4	3	6	0	2,5	S1
Hólmsá, Framgil	2004-08-18	18:25	51,0	291	43	33	28	23	15	1	2,7	S1
Hólmsá, Framgil	2004-09-16	12:53	99,2	3131	48	14	31	45	9	1	2,3	S1
Hólmsá, Framgil	2004-09-16	17:02	75,5	1717	42	18	23	33	23	3	2,7	S1
Hólmsá, Framgil	2004-09-16	20:07	73,1	1013	29	23	28	26	22	1	2,8	S1
Hólmsá, Framgil	2004-09-17	18:44	106	2660	28	16	19	33	29	3	3,1	S1

* rennsli samkvæmt vatnshæðarmæli við Hólmsárfoss (vhm 468) og rennslislykli 2.

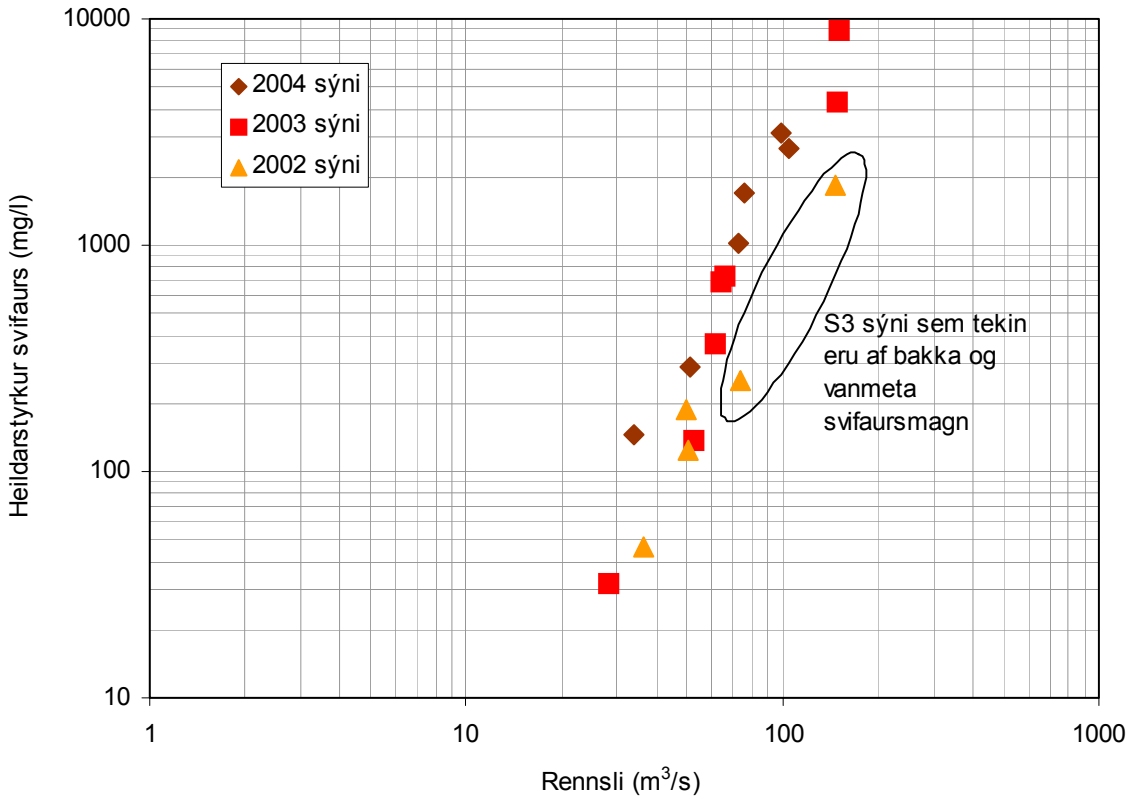
Ekki sést mikill munur á hlutfalli kornastærðarflokkanna sands (>0,2 mm), grófmós (0,06–0,2 mm), fínmós (0,02–0,06 mm) og mélu (0,002–0,02 mm) þar sem einstaka sýni skera sig meira úr hverjum flokki en flokkurinn sjálfur. Þó er hlutfall grófmós og fínmós heldur hærra (>23%) í fleiri sýnum en hlutfall sands og mélu (<23%). Hins vegar er hlutfall leirs (<0,002 mm) langlægst, eða aðeins 1–3% í sýnunum fimm.

Nokkur önnur mynd sést ef skoðaður er styrkur hvers flokks. Sýnin sem tekin voru í september hafa öll mun hærri styrk en önnur sýni og er styrkur fyrsta (2004-09-16 12:53) og síðasta (2004-09-17 18:44) sýnisins sem tekin voru langhæstur. Þessi hái styrkur passar ágætlega við rennsli, en rennsli var hæst, um og yfir 100 m^3/s, þegar þessi sýni voru tekin.



Mynd 4: *Kornastærðarflokkun svifaurssýna sem tekin voru árið 2004 í Hólmsá við Framgil.*

Eins og síðustu tvö ár jókst heildarstyrkur svifaurs verulega með rennsli (mynd 5). Í fyrsta sýninu, sem var tekið við 34 m^3/s rennsli, var heildarstyrkur svifaurs tæplega 150 mg/l, en í tveimur septembersýnum sem tekin voru við rennsli í kringum 100 m^3/s náði heildarstyrkur svifaurs um og undir 3000 mg/l. Á mynd 5 er einnig sýndur heildarstyrkur svifaurssýna sem tekin voru árin 2002 og 2003 og er notað rennsli samkvæmt vhm 468 og lykli 2 fyrir öll sýnin. Sýnin frá síðasta ári falla ágætlega saman við fyrri sýni en tvö sýni frá árinu 2002 vanmeta svifaursstyrk nokkuð þar sem þau voru tekin með handsýnataka af öðrum bakka árinnar, þ.e. svokölluð S3 sýni. Helst er það sýnið sem tekið var 13. júlí 2004 við 34 m^3/s sem er frábrugðið fyrri sýnum, en styrkur þess er heldur hærri en sýna sem tekin voru við svipað rennsli árin 2002 og 2003. Hár styrkur sands truflar líklega heildarstyrk sýnisins. Enn vantar fleiri sýni til að geta búið til góðan svifaurslykil fyrir Hólmsá, þ.e. sýni sem tekin eru við breytilegt rennsli á mismunandi árstíma. Sérstaklega vantar þó sýni sem eru tekin við hátt rennsli þar sem þau skipta einna mestu máli fyrir mat á aurburði í rannsóknum sem snúa að virkjunaráformum.



Mynd 5: *Vensl heildarstyrks svifaurs við rennsli fyrir sýni úr Hólmsá frá árunum 2002 til 2004. Notað er uppfært rennsli samkvæmt rennslislykli 2 við vhm 468 fyrir öll sýnin.*

4.1.2 Niðurstöður svifaurssýna úr Tungufljóti

Árið 2004 voru fjögur svifaurssýni tekin úr Tungufljóti af brú við Snæbýli. Þrjú sýnanna voru tekin af þremur stöðum af brúnni (S1 sýni) en sýnið frá 16. september var tekið af tveimur stöðum af brúnni (S2 sýni). Rennsli fyrir sýnin eru fengið út frá vatnshæðargögnum úr vhm 142 sem er tæpa 6 km neðan við brúna og er notaður nýr rennslislykill, lykill nr. 2, til að reikna rennslið. Á milli sýnatökustaðarins og mælisins bætist nokkurt vatn í ána, sérstaklega í rigningum. Niðurstöður kornastærðargreiningar á sýnunum eru settar fram í töflu 6.

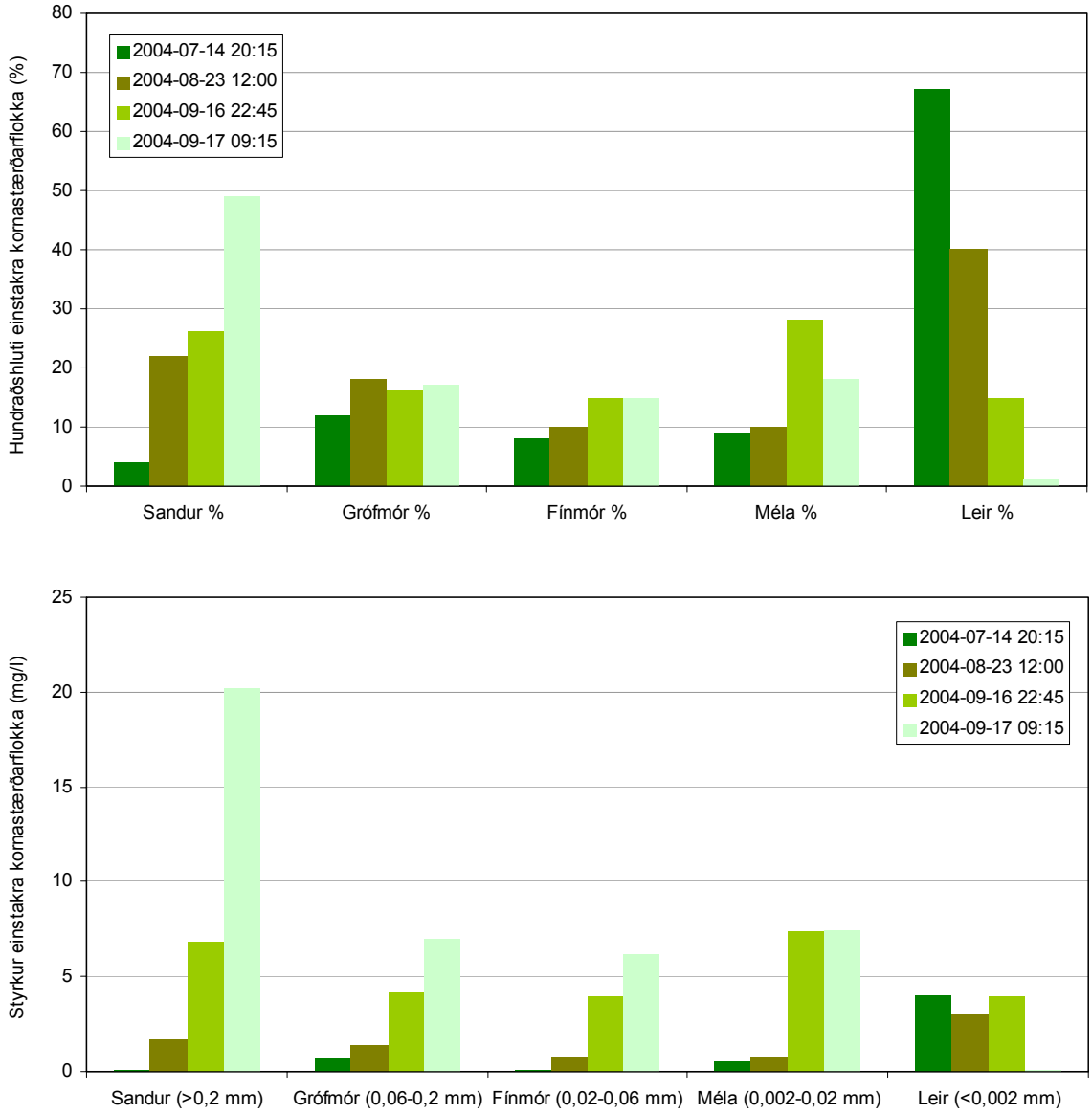
Tafla 6: *Niðurstöður kornastærðarmælingar á svifaurssýnum úr Tungufljóti árið 2004.*

Staður	Dagsetning	Kl.	Rennsli (m^3/s)*	Aur-styrkur (mg/l)	TDS (mg/l)	Kornastærð (%) stærðir í mm >0,2	0,2-0,06	0,06-0,02	0,02-0,002	<0,002	Stærsta korn (mm)	Sýna-gerð **
Tungufljót, Snæbýli	2004-07-14	20:15	6,77	6	51	4	12	8	9	67	0,3	S1
Tungufljót, Snæbýli	2004-08-23	12:00	6,27	8	56	22	18	10	10	40	0,8	S1
Tungufljót, Snæbýli	2004-09-16	22:45	18,8	26	44	26	16	15	28	15	1	S2
Tungufljót, Snæbýli	2004-09-17	09:15	24,5	41	45	49	17	15	18	1	1,5	S1

Mikill munur sést á bæði styrk og hlutfalli kornastærðarflokkanna fimm milli sýnanna (mynd 6). Hlutfall sands, fínmós og mélu eykst heldur frá fyrsta sýninu til þess síðasta á meðan hlutfall leirs minnkar verulega. Ef skoðaður er styrkur kornastærðarflokkanna

fimm breytist þessi mynd aðeins þar sem styrkur allra flokka nema leirs eykst frá fyrsta sýni til þess síðasta. Leirstyrkurinn er hins vegar líkur í fyrstu þremur sýnunum, 3–4 mg/l, en innan við 1 mg/l í sýninu sem tekið var 17. september. Hafa þarf þó í huga að um er að ræða mjög litlar breytingar sem eru á mörkum nákvæmni mælinganna.

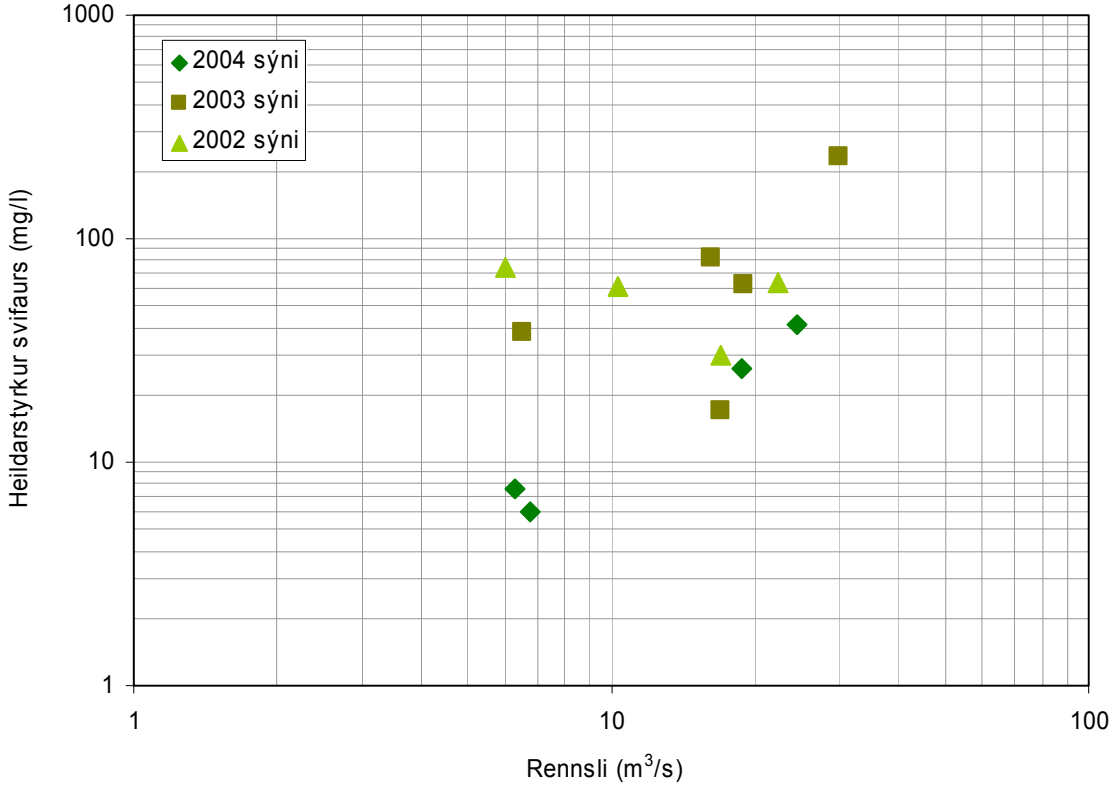
Að öllum líkindum eru tvær meginástæður fyrir þessum breytileika. Í fyrsta lagi er um árstíðamismun að ræða, en fyrri sýnin tvö eru tekin í júlí og ágúst þegar jökulleysing er í fullum gangi og því líklegra að fínefni séu tiltölulega hátt hlutfall af svifaur. Í öðru lagi má tengja þessar breytingar við rennsli, en greinilegt er að styrkur grófara efnis en leirs eykst með hækkandi rennsli. Ekki er þá talinn vera rennslismunur við töku júlí- og ágústsýnanna, en þar er styrkur ágústsýnisins heldur hærri.



Mynd 6: *Kornastærðarflokkun svifaurssýna sem tekin voru árið 2004 í Tungufljóti af brú við bæinn Snæbýli.*

Eins og sjá má á myndum 5 og 7 er heildarstyrkur svifaurs mun lægri í sýnum úr Tungufljóti en úr Hólmsá, eða aðeins 6–41 mg/l í þeim fjórum sýnum sem tekin voru

árið 2004 úr Tungufljóti miðað við 100–3100 mg/l í Hólmsársýnum. Á mynd 7 er heildarstyrkur sýna úr Tungufljóti frá 2004 annars vegar borinn saman við rennsli og hins vegar við svifaursstyrk sýna sem tekin voru árin 2002 og 2003 á sama stað. Búið er að uppfæra rennsli við öll sýni miðað við nýjasta rennslislykil, lykil nr. 2, sem var gefinn út í febrúar 2005. Rennsli við eitt sýni frá október 2002 er þó áætlað en haft með á mynd 7. Svifaursstyrkur er mun hærri í sýnunum sem tekin voru í rigningunni í september (26 og 41 mg/l) en í fyrri hefðbundnu ferðunum tveimur (6 og 8 mg/l), enda var rennsli margfalt hærra í atburðarferðinni (tafla 6 og mynd 7). Styrkur svifaurs var heldur lægri í sýnum ársins 2004 en hann var í fyrri sýnum sem tekin hafa verið við sambærilegt rennsli, og á það bæði við um sýni sem tekin hafa verið í hefðbundnum og atburðarferðum. Ekki er vitað hver er ástæðan fyrir lægri heildarstyrk í 2004 sýnum en fyrri sýnum.



Mynd 7: *Tengsl heildarsvifaurstyrks Tungufljótssýna frá 2002–2004 við rennsli hjá vatnshæðarmæli 142 reiknað samkvæmt rennslislykli nr. 2.*

4.2 Skriðaursmælingar

Á árinu 2004 voru 126 skriðaurssýni tekin með vökvadrifnu spili af kláfnum við Hólmsá. Af þessum sýnum voru 25 sýni þurrsigtuð á aurburðarstofu VM (sjá kafla 4.2.2). Eins og fyrri ár voru öll skriðaurssýnin tekin með 48 kg þungum Helley-Smith sýnataka með 7,6 cm inntaksopi. Sýnatakinn var látinn síga niður á botn árinnar á nokkrum stöðum á þversniðinu og látinn sitja þar í ákveðinn tíma sem var nokkuð misjafn eftir ferðum. Í júlí var sýnatakinn látinn sitja á botninum í 120 mínútur, í ágúst í 420 mínútur, en aðeins í 60 s í september enda var rennslið langhæst í þeirri ferð (tafla 7). Í fyrri ferðunum tveimur voru sýnin tekin á 10, 20, 25, 30, 35, 40 og 45 m, en í hvorri ferð var aðeins tekið eitt sýni af 10 og 45 m. Í september voru engin sýni tekin á 10 m en í staðinn voru heilar syrpur teknar á 15 og 45 m. Bakkarnir undir kláfnum eru

brattir og var farvegurinn nokkuð vel skilgreindur í u.þ.b. 0 og 50 til 51,5 m í mælingunum (mynd 3).

Í töflu 7 er einnig sýnt meðalrennsli við vhm 468 við Hólmsárfoss á meðan á skriðaurssýnatökunni stóð. Rennslið breyttist tiltölulega lítið innan hefðbundnu ferðanna í júlí og ágúst en þá var meðalrennslið um 30 og 50 m^3/s. Hins vegar var rennslið breytilegt í atburðarferðinni í september og var það nokkuð hærra seinni daginn sem sýnatakan fór fram, eða að meðaltali 108 m^3/s í stað 79 m^3/s daginn áður. Einnig breyttist rennslið töluvert innan hvors dags fyrir sig og voru því útreikningar fyrir skriðaursframburð gerðir fyrir nokkur rennslisbil (sjá kafla 4.2.1).

Tafla 7: *Staðsetning og fjöldi skriðaurssýna úr Hólmsá árið 2004 ásamt meðalrennsli með spönn rennslis þegarsýnin voru tekin. Sýnt er bæði meðalrennsli fyrir alla septemberferðina og fyrir hvorn dag fyrir sig (skáletrað). Meðalrennslið er reiknað út frá vatnshæðargögnum frá vhm 468 við Hólmsárfoss.*

Dagssetning	Stöðvar (m)	Fjöldi sýna	Meðalrennsli (spönn rennslis) (m^3/s)	Fjöldi kornastærðargreindra sýna
2004-07-13	10, 20, 25, 30, 35, 40, 45	27	30,2 (3,8)	5
2004-08-18	10, 20, 25, 30, 35, 40, 45	28	50,6 (1,4)	5
2004-09-16/17	15, 20, 25, 30, 35, 40, 45	71	90,4 (42,7)	15
2004-09-16	"	*43*	*79 (26,4)*	*7*
2004-09-17	"	*28*	*108 (17,1)*	*8*

4.2.1 Framburður skriðaurs

Skriðaursframburður var reiknaður í þrepum eins og gert var fyrir Hólmsá árið 2002 og 2003 (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003; 2004). Fyrst var meðalframburður á hverri stöð reiknaður á eftirfarandi hátt:

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 skriðaurs gegnum þversniðið var síðan reiknaður með eftirfarandi jöfnu:

Heildarframburður gegnum þversnið:

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

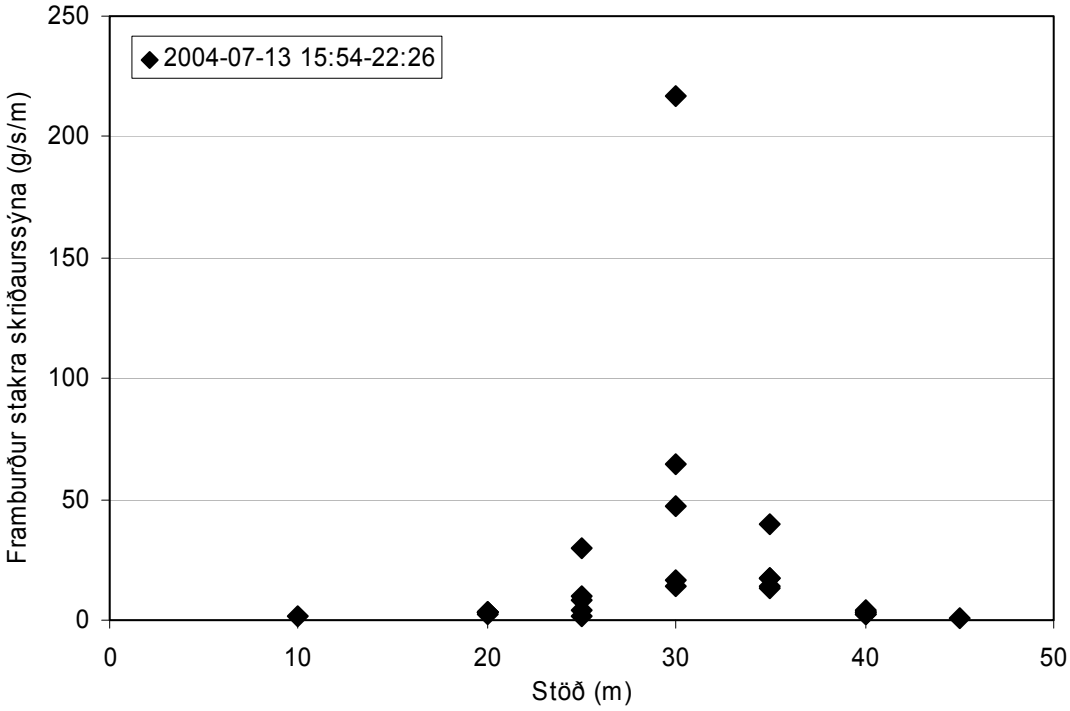
þar sem Q_b er í g/s og *x* merkir fjarlægð í m milli sýnatökustaða; á milli ysta sýnatökustaðar og vatnsbakka, eða þar sem straumur byrjar (World Meteorological Organization 1994).

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

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

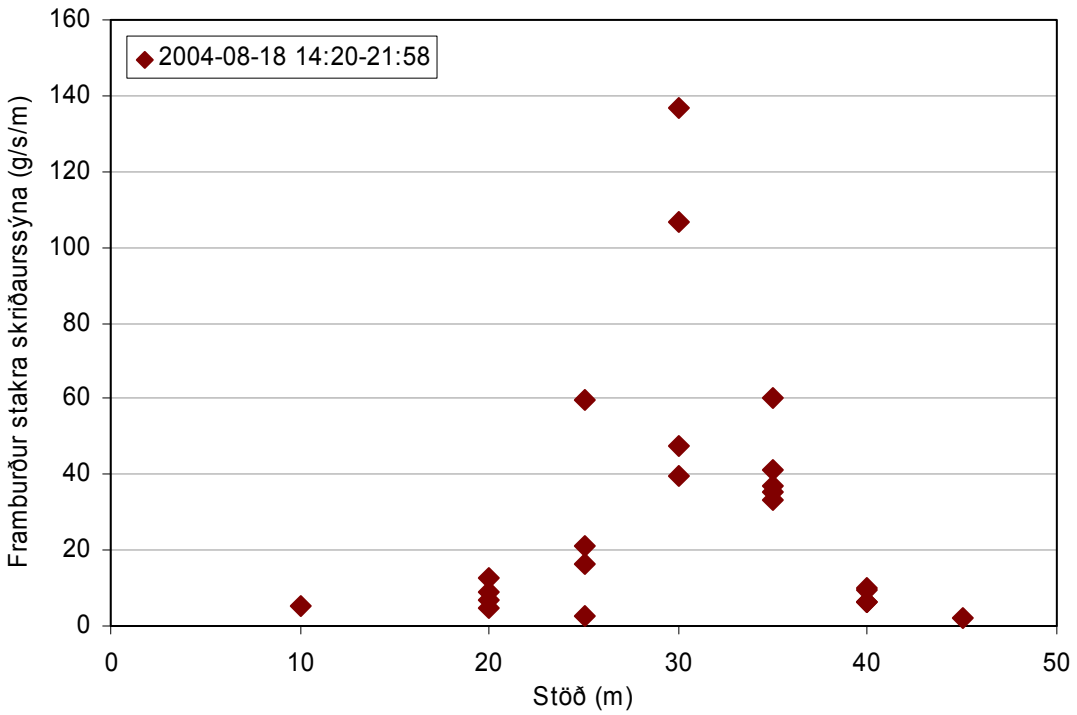
þar sem L_j er fjarlægð milli miðjupunkta á milli stöðva næst stöð j; en fjarlægðin frá árbakka að ysta sýnatökustaðnum er helminguð. Summa þessara gilda þvert yfir þversnið árinnar er jöfn fyrrreiknuðu Q_b. Ef mikil breyting hefur orðið á rennsli innan sýnatökutímans hefur framburður skriðaurs verið reiknaður fyrir minni rennslisbil eins og gert var fyrir sýnin sem tekin voru í september.

Í þessari skýrslu eru gögnin sett fram á sama hátt fyrir hvern sýnatökudag fyrir sig, þ.e. ein mynd af framburði stakra sýna og samantektartafla fyrir reiknaðan skriðaursflutning með meðaltalstölum skriðaursframburðar fyrir hverja breidd fyrir sig og heildarskriðaursframburð yfir sýnatökuna fyrir hvert rennslisbil (myndir 8 til 11).



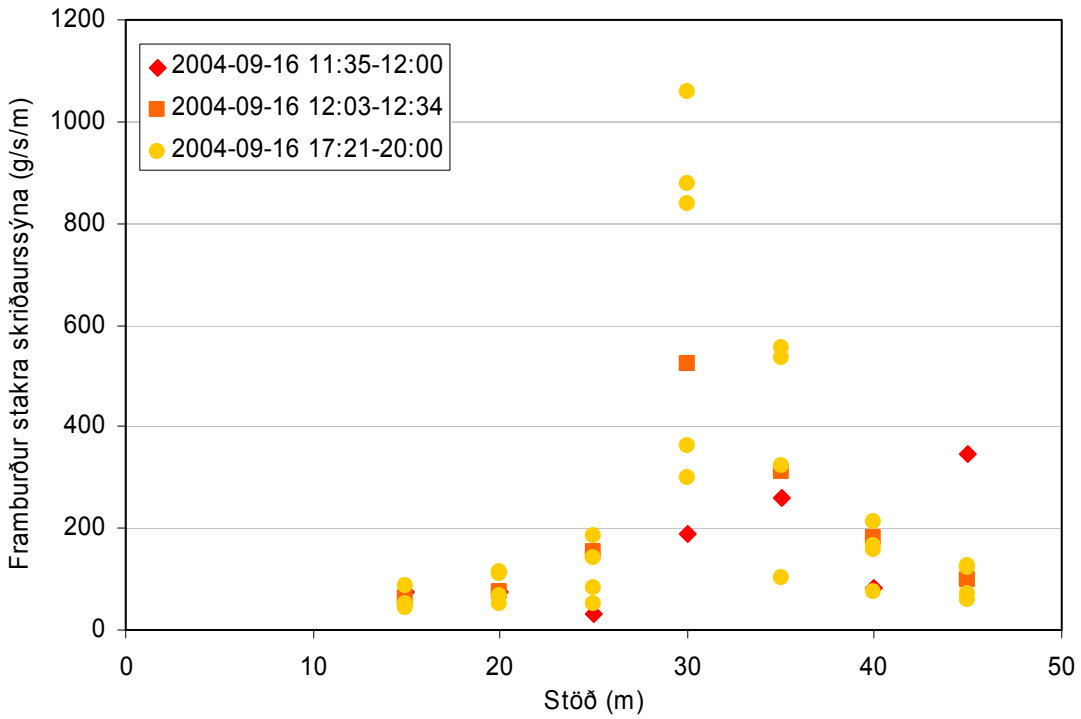
2004-07-13 15:54-22:26	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	Meðal Q= 30,2 (3,8) m^3/s
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	13	5	5	5	8	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	3	11	72	20	3	
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	38	54	359	101	23	ALLS 0,58 (0,39) kg/s

Mynd 8: *Niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsá þann 13. júlí 2004. Einnig er sýnt meðalrennsli og spönn rennslis (í sviga).*



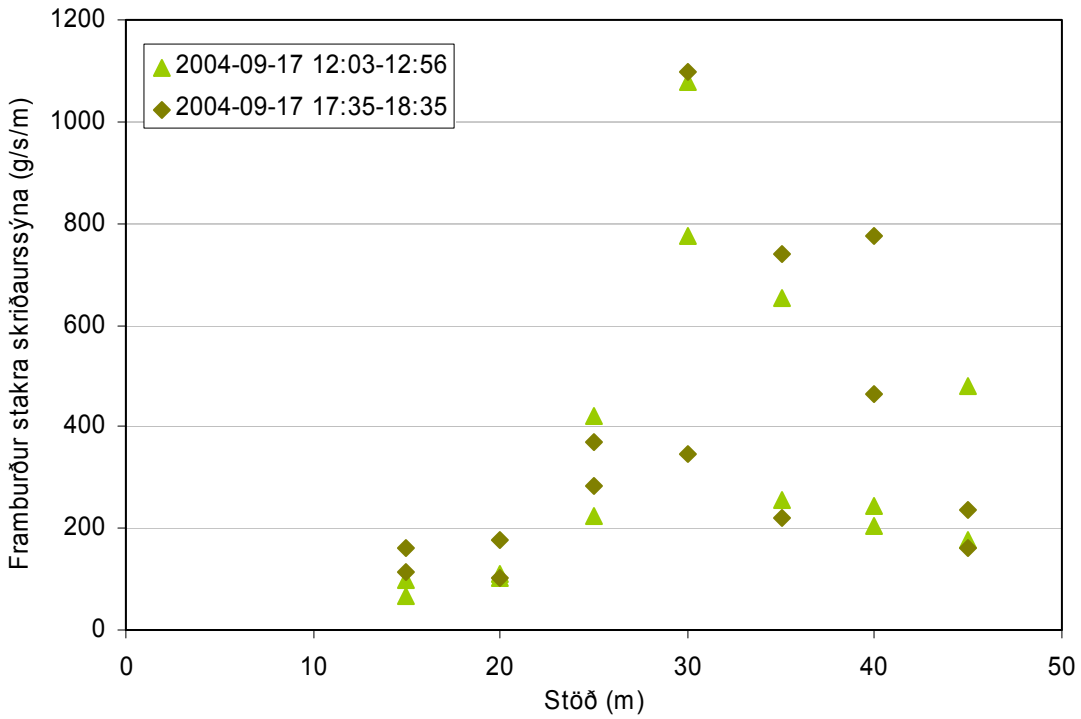
2004-08-18 14:20-21:58	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	**Meðal Q= 50,6 (1,4) m^3/s**
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	13	5	5	5	8	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	8	25	83	41	8	
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	103	125	414	207	65	**ALLS 0,92 kg/s**

Mynd 9: *Niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsá þann 18. ágúst 2004. Einnig er sýnt meðalrennsli og spönn rennsli (í sviga).*



2004-09-16 11:35-12:00	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	45 m	**Meðal Q= 81,4 (8,3) m^3/s**
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	10	5	5	5	5	5	6	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	74	75	31	191	258	84	348	
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	758	374	153	954	1290	418	1913	**ALLS 5,9 kg/s**
2004-09-16 12:03-12:34	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	45 m	**Meðal Q= 95 (11,7) m^3/s**
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	10	5	5	5	5	5	6	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	64	74	154	524	309	179	97	
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	655	372	772	2618	1546	897	534	**ALLS 7,4 kg/s**
2004-09-16 17:21-20:00	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	45 m	**Meðal Q= 74,5 (3,0) m^3/s**
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	10	5	5	5	5	5	6	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	58	85	114	687	378	152	94	
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	593	425	570	3433	1888	760	516	**ALLS 8,3 kg/s**

Mynd 10: *Niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsá 16. september2004. Einnig er sýnt meðalrennsli og spönn rennslis (í sviga).*



2004-09-17 12:03-12:56	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	45 m	**Meðal Q= 103 (8,2) m^3/s**
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	10	5	5	5	5	5	6	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	83	107	323	928	453	223	329	
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	850	533	1616	4639	2266	1116	1875	**ALLS 12,9 kg/s**
2004-09-17 17:35-18:35	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	45 m	**Meðal Q= 113 (6,7) m^3/s**
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	10	5	5	5	5	5	6	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	137	138	325	722	479	620	200	
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	1401	690	1627	3610	2397	3099	1138	**ALLS 14,0 kg/s**

Mynd 11: *Niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsá 17. september2004. Einnig er sýnt meðalrennsli og spönn rennslis.*

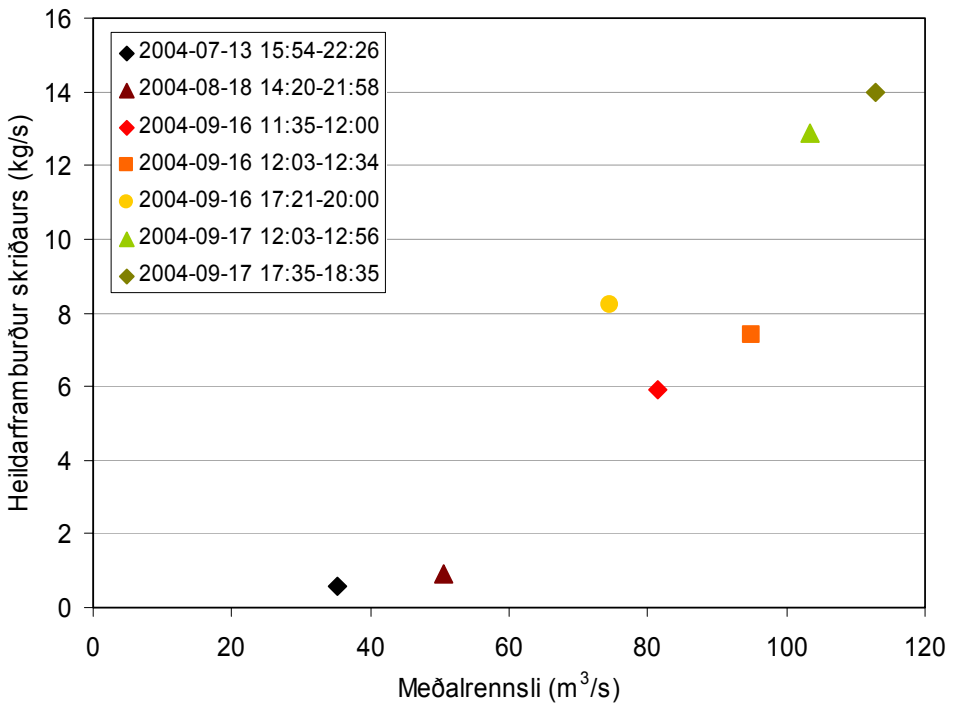
Mjög var mismunandi eftir sýnatökudögum hvað mikill skriðaur barst fram við kláfinn á Hólmsá eins og sést á myndum 8 til 11. Í júlíferðinni barst sá litli skriðaur sem mældist fram á 25, 30 og 35 m, og þar af skar eitt sýni af 30 m sig sérstaklega úr með mun hærri framburð en önnur sýni. Heildarframburður fyrir öll sýnin var 0,58 kg/s en ef staka sýnið af 30 m var ekki haft með í útreikningunum var heildarframburður skriðaurs 0,39 kg/s. Framburður í ágústferðinni mældist einnig mestur á 25 til 35 m, eða að meðaltali 25 til 83 g/s/m, og reiknaðist heildarframburður skriðaurs 0,9 kg/s (mynd 9 og tafla 8).

Í atburðarferðinni í september var gögnunum skipt upp í fimm rennslisbil áður en skriðaursframburður var reiknaður, þ.e. þrjú rennslisbil þann 16. september og tvö rennslisbil 17. september (myndir 10 og 11). Lægst var meðalrennslið frá rúmlega 17:20 til 20:00 þann 16. september, 74,5 m^3/s, en hæst seinni part 17. september, þ.e. 113 m^3/s (tafla 8 og mynd 12). Aðeins eitt sýni var tekið á hverjum stað innan fyrstu tveggja rennslisbilanna þann 16. september en allt að fimm sýni innan síðasta rennslisbilsins sama dag. Nokkur munur var á dreifingu skriðaursframburðar milli daganna enda rennsli misjafnt. Fyrri daginn barst minnst fram af skriðaur á 15, 20 og 45 m ef frá er talið sýni á 45 m í fyrsta rennslisbilinu, en langmest á 30 og 35 m (mynd 10). Seinni daginn færðist hins vegar skriðaursflutningur að hluta til nær vinstri/austari bakka (mynd 11), sem er í samræmi við breytingar á rennsli (mynd 3) þar sem straumhraði eykst nær þeim bakka (ljósari litur á mynd). Auk þess sem botnskrið færist til innan farvegsins eykst það með rennsli ef frá er talið rennslisbilið frá 17:21–20:00 þann 17. september (mynd 11). Eins og sjá má á mynd 12 er heildarframburður skriðaurs innan þess bils hlutfallslega hærri (8,2 kg/s) en við sambærilegt rennsli. Ástæðan er hugsanlega sú að þegar þessi sýni voru tekin var rennsli tímabundið að lækka, en enn var mikill framburður á ferðinni í farveginum.

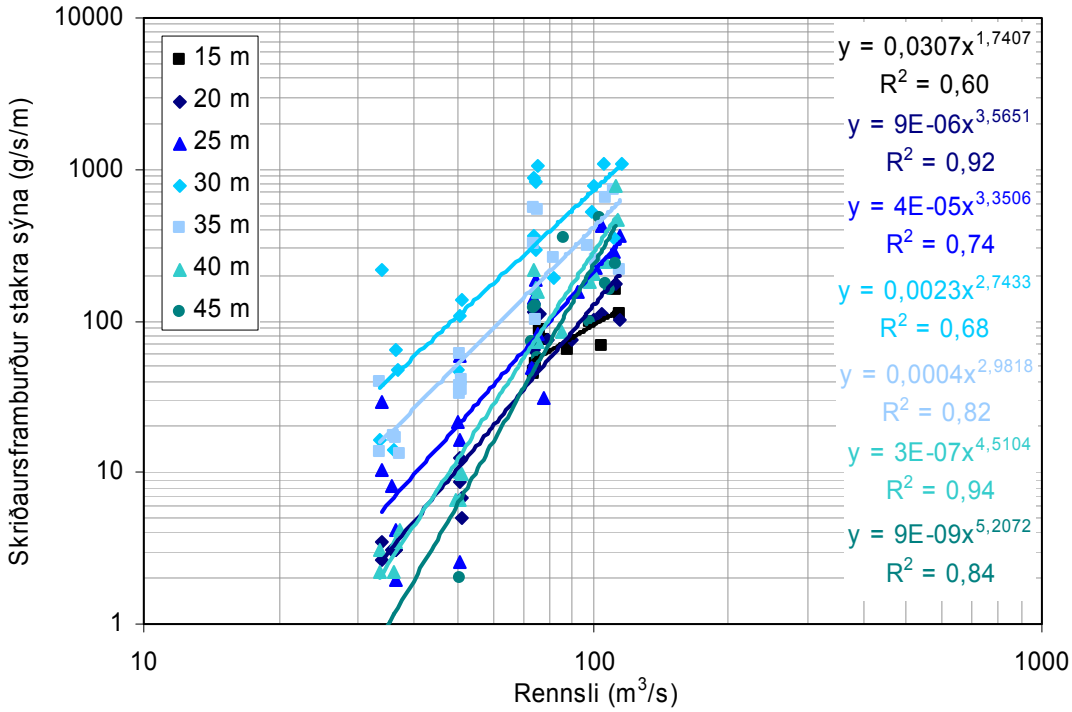
Tafla 8: *Heildarframburður skriðaurs í sýnatökuferðum að Hólmsá árið 2004.*

Dagssetning	Meðalrennsli (m^3/s)	Heildarskriðaursframburður (kg/s)
2004-07-13 15:54-22:26	35,2	0,6
2004-08-18 14:20-21:58	50,6	0,9
2004-09-16 11:35-12:00	81,4	5,9
2004-09-16 12:03-12:34	95,0	7,4
2004-09-16 17:21-20:00	74,5	8,2
2004-09-17 12:03-12:56	103	12,9
2004-09-17 17:35-18:35	113	14,0

Á mynd 13 er hins vegar búið að skipta öllum stökum sýnum upp eftir breiddarbilum í staðinn fyrir rennslisbilum og sést vel hvernig framburður stakra sýna eykst með rennsli á hverri stöð fyrir sig. Veldisföll voru felld að niðurstöðum hverrar stöðvar fyrir sig og eru settar fram jöfnur fallanna og fylgni þeirra (R^2). Greinileg fylgni er með framburði stakra sýna og rennsli þar sem fylgni allra leitnilína er >0,60, og þar af mjög góð fyrir sýni af 20 og 40 m (R^2=0,92 og 0,94). Á sömu mynd sést einnig að framburður stakra sýna er mestur á 30 m, næstmestur á 35 m og þriðji mesti á 40 m.



Mynd 12: *Vensl heildarframburðs skriðaurs við meðalrennsli fyrir hvert rennslisbil.*



Mynd 13: *Vensl skriðaursframburðar stakra sýna flokkaðs eftir stöðvum við rennsli.*

4.2.2 Kornastærð skriðaurs

Skriðaurssýnin 25 sem valin voru til kornastærðargreininga voru fyrst þurrkuð við 60°C áður en þau voru sigtuð í gegnum sigti með möskvastærð sem hljóp á 0,5 ϕ (phi) á aurburðarstofu VM. Til þess að einfalda tölfræðilega útreikninga á kornastærð skriðaursins var ϕ-kvarðinn notaður, en ϕ-gildi eru reiknuð á eftirfarandi hátt:

$\phi = -\log_2(d)$

þar sem d er þvermál korna í mm.

Tafla 9 sýnir samanburð á stærðum í mm og stærðum í ϕ.

Tafla 9: *Samanburður stærða í mm og í ϕ-gildum.*

mm	phi (ϕ)	mm	mm	phi (ϕ)	mm
256	-8	Hnullungar	1,41	-0,5	Mjög grófur sandur
64,0	-6	Steinar	1,00	0	
44,8	-5,5	Mjög gróf möl	0,71	0,5	Grófsandur
32,0	-5		0.50	1	
22,4	-4,5	Grófmöl	0,35	1,5	Meðalsandur
16,0	-4		0,25	2	
11,2	-3,5	Meðalmöl	0,18	2,5	Fínsandur
8,00	-3		0,125	3	
5,66	-2,5	Fínmöl	0,088	3,5	Mjög fínn sandur
4,00	-2		0,063	4	
2,83	-1,5	Mjög fín möl	<0,063	panna	Silt og leir
2,00	-1				

Kornastærðarþættir eins og meðalstærð (mean), aðgreining (sorting) og skakki (skewness) voru síðan reiknaðir með afleiðuaðferð (moment statistics) með Gradistat forriti eftir Blott og Pye (2001) á eftirfarandi hátt:

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

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

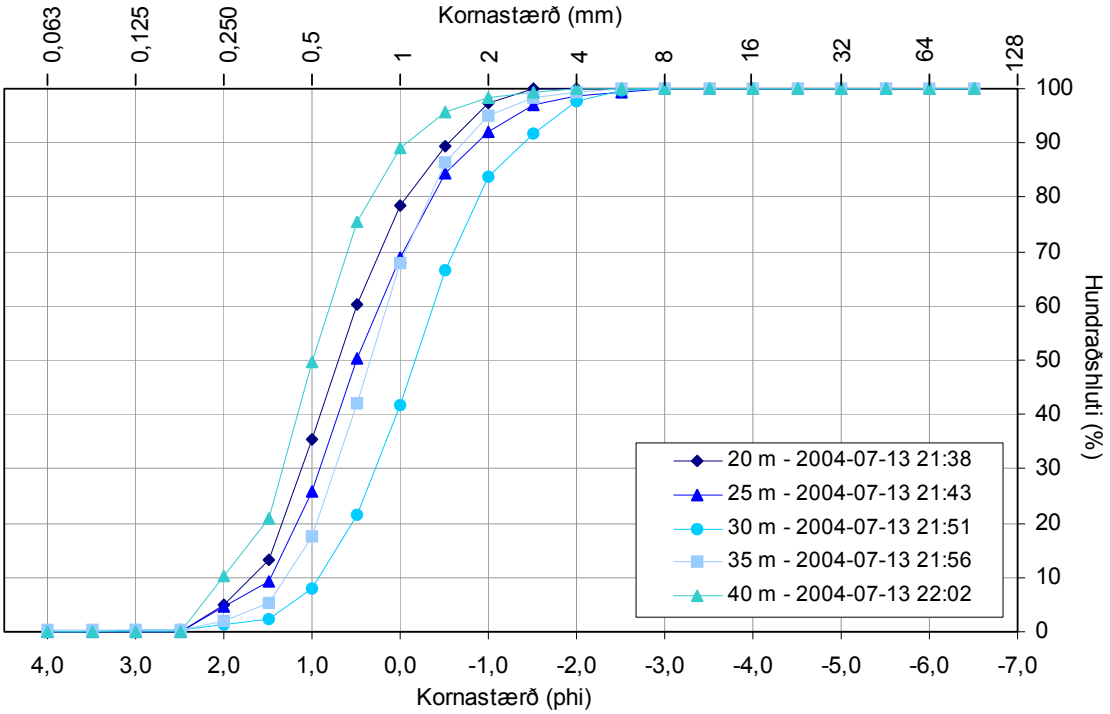
Skakki
$$\overline{Sk}_\phi = \frac{\sum f\left(m - x_\phi\right)^3}{100\sigma_\phi^{\ 3}}$$

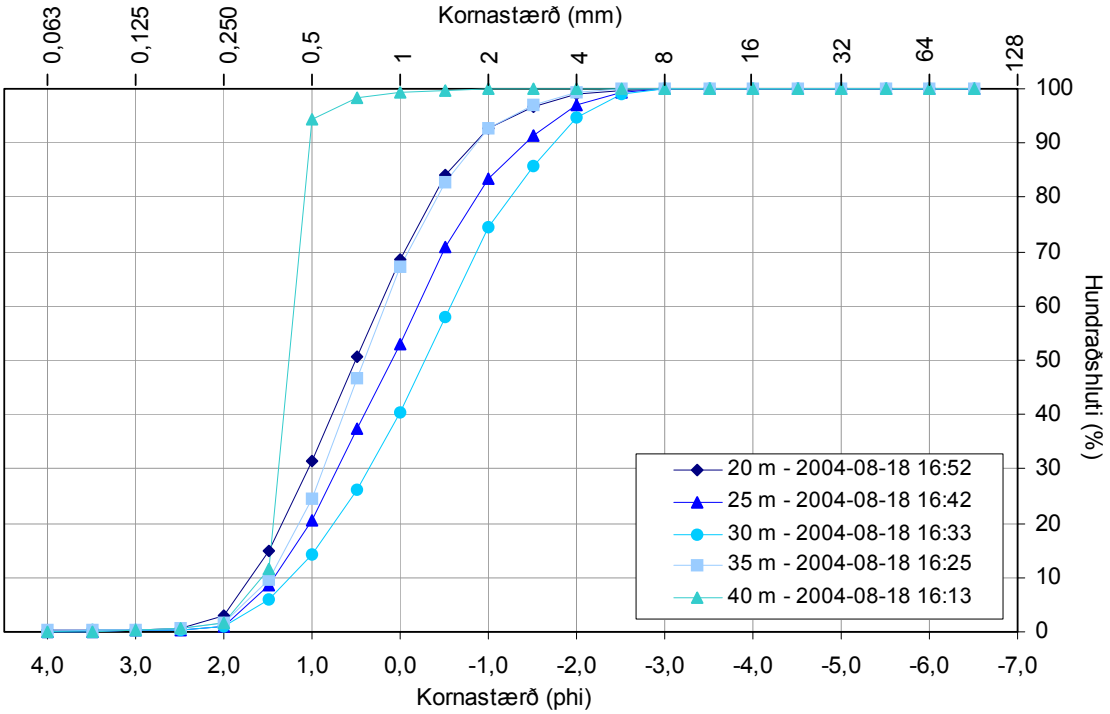
þar sem f táknar þungaprósentu í hverjum kornastærðarflokki fyrir sig og m er miðja hvers kornastærðarflokks í ϕ. Afleiddir kornastærðareiginleikar voru eingöngu reiknaðir á efni stærra en 0,063 mm og því var efni sem kom í pönnu við sigtun sleppt. Í öllum sýnum nema einu var þetta efni minna en 0,6% af heildarþunga sýnisins, en náði 4,2% í sýni sem tekið var á 45 m 16. september.

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 hins vegar til um lögun tíðniferils sýnisins hvað viðkemur ósamhverfu hans. Ef dreifing grófari hluta sýnisins er meiri en fínni 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 fínu efni og er þá skakkagildið tiltölulega há jákvæð tala.

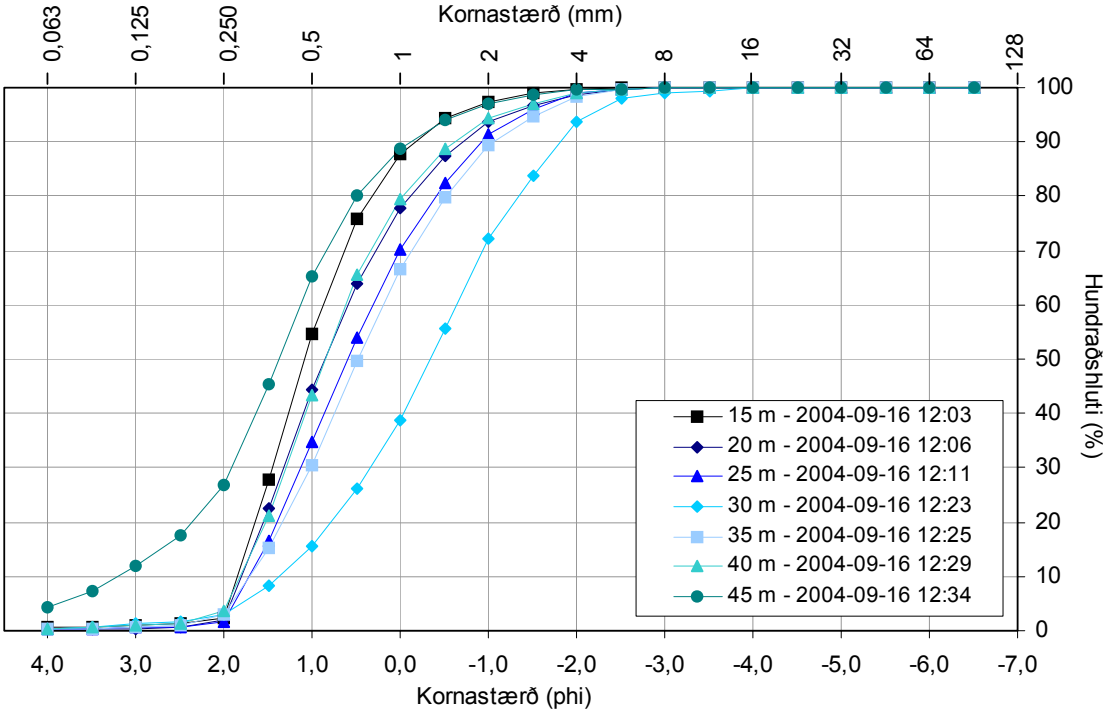
Á myndum 14 og 15 eru sett fram safntíðnirit fyrir hverja tökusyrpu kornastærðarsýna, þ.e. eitt fyrir hvora hefðbundna ferð og tvö fyrir sýnin sem tekin voru annars vegar um hádegi og hins vegar milli 17 og 18 þann 16. september.

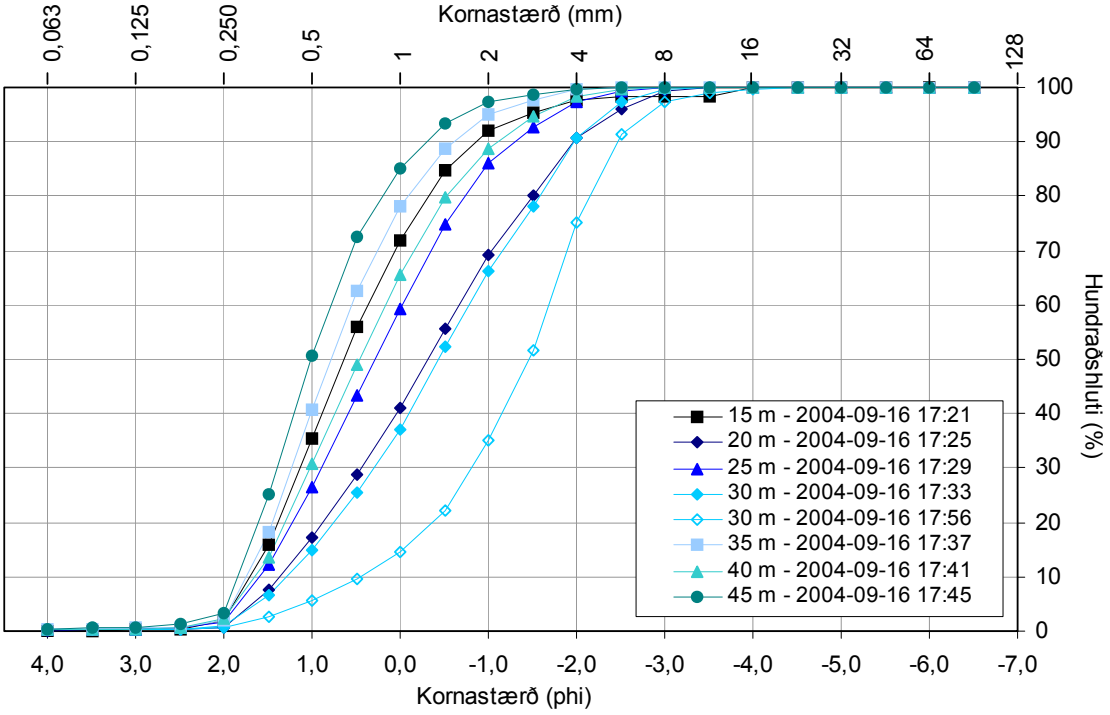




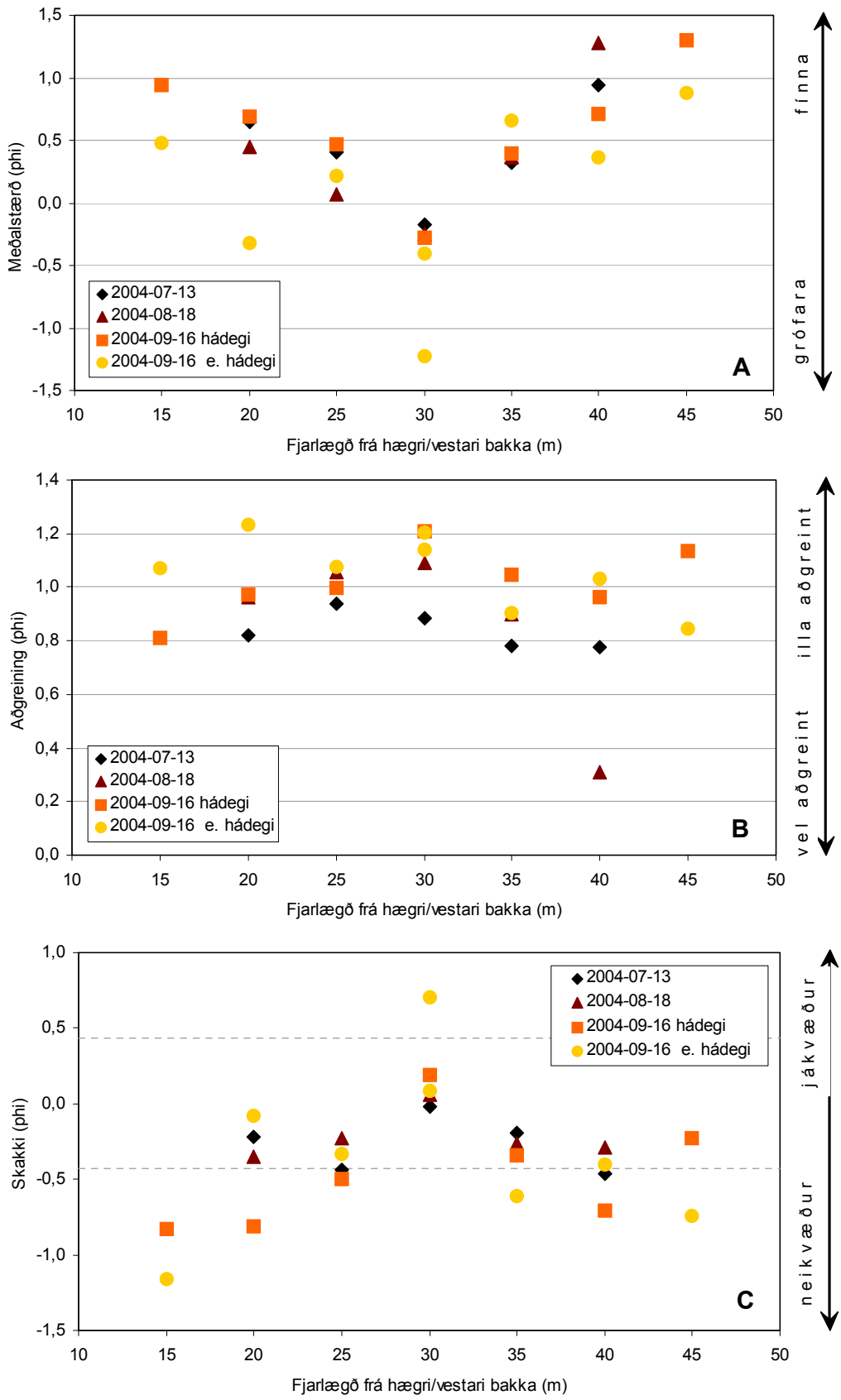
Mynd 14: *Safntíðnirit kornastærðarmælingar skriðaurssýna sem tekin voru úr Hólmsá við Framgil í hefðbundnum ferðum í júlí og ágúst 2004.*

Í hefðbundnu ferðunum í júlí og ágúst barst fíngerðasta efnið fram á 40 m, en það grófasta á 30 m þar sem framburður var yfirleitt mestur. Sérstaklega er sýnið sem tekið var í ágúst á 40 m fíngert, en 95% af þyngd þess var fíngerðara en 1 ϕ, eða 0,5 mm (mynd 14). Í atburðarferðinni í september voru grófustu sýnin einnig tekin á 30 m, og var um 30% sýnanna grófara efni en sandur (þ.e. -1,0 ϕ eða 2 mm) í tveimur fyrstu sýnunum frá 16. september og um 65% í sýninu sem tekið var kl. 17:56 sama dag (mynd 15).





Mynd 15: *Safntíðnirit kornastærðarmælingar skriðaurssýna sem tekin voru úr Hólmsá við Framgil í atburðarferð í september 2004 .*



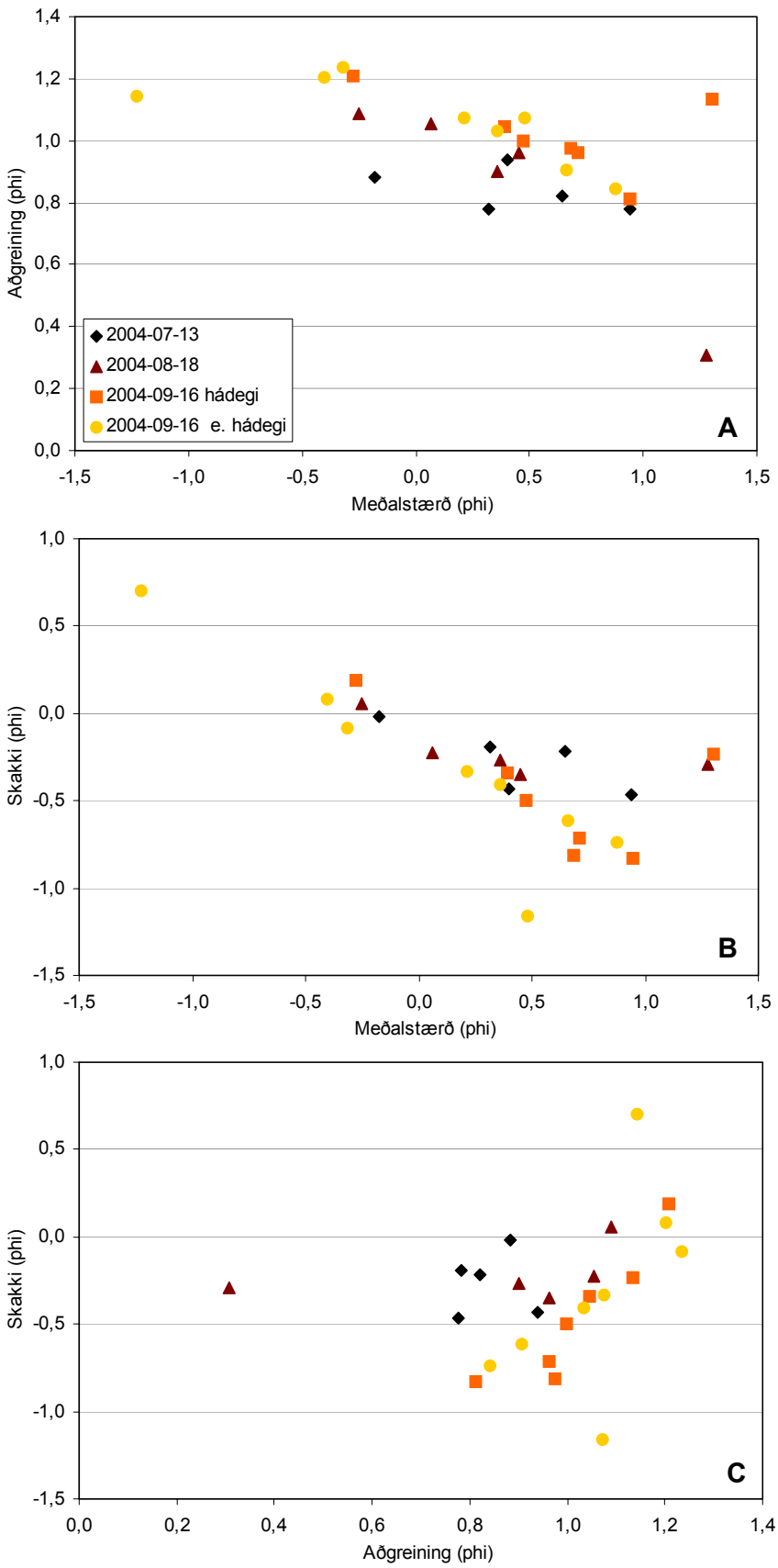
Mynd 16: *Afleiddir kornastærðareiginleikar skriðaurssýna úr Hólmsá, A) meðalstærð, B) aðgreining og C) skakki. Gildin á milli punktalínanna á mynd C hafa samhverfan skakka.*

Þegar litið er á meðalstærð sýnanna út frá afleiddum kornastærðareiginleikum (mynd 16) sést að sýnin á 30 m eru langgrófust, auk sýnis sem tekið var á 20 m eftir hádegi þann 16. september. Á sömu mynd sést að grófustu sýnin (meðalstærð) á öllum nema tveimur stöðvum voru tekin e. hádegi 16. september þegar rennslið var hæst. Sýnin sem tekin voru um hádegi sama dag voru hins vegar fíngerðust á fjórum stöðvum af sjö, þ.e. á 15, 20, 25 og 45 m.

Aðgreining allra sýna nema eins sýnis af 40 m var frá tæplega 0,8 til rúmlega 1,2 ϕ, þ.e. miðlungsvel aðgreind (0,7–1,0ϕ) til illa aðgreind (1,0–2,0 ϕ). Ágústsýnið af 40 m var hins vegar mjög vel aðgreint (0,3 ϕ) eins og sjá má einnig á mjög bröttum safntíðniferli á mynd 14. Sýnin sem tekin voru í júlí voru yfirleitt betur aðgreind en sýni úr öðrum ferðum á meðan sýni sem tekin voru eftir hádegi 16. september voru oft verst aðgreindu sýnin á hverri stöð (mynd 16).

Sýnin af 30 m höfðu áberandi jákvæðastan skakka >1,0 ϕ, en yfir helmingur sýnanna hefur samhverfan skakka skv. Blott (2000). Aðeins eitt sýni hefur jákvæðan skakka, þ.e. hala af fíngerðu efni, en nokkur hafa neikvæðan skakka og eru það aðallega sýni sem tekin voru 16. september (mynd 16).

Á mynd 17 eru vensl afleiddu kornastærðareiginleikanna skoðuð frekar og má sjá að því fíngerðari sem sýnin eru, eru þau betur aðgreind og hafa neikvæðari skakka. Engin áberandi fylgni er hins vegar á milli skakka og aðgreingar.



Mynd 17: *Vensl afleiddra kornastærðareiginleika. A) Meðalstærð vs. aðgreining, B) meðalstærð vs. skakki, C) aðgreining vs. skakki.*

4.3 Samanburður svifaurs og skriðaurs

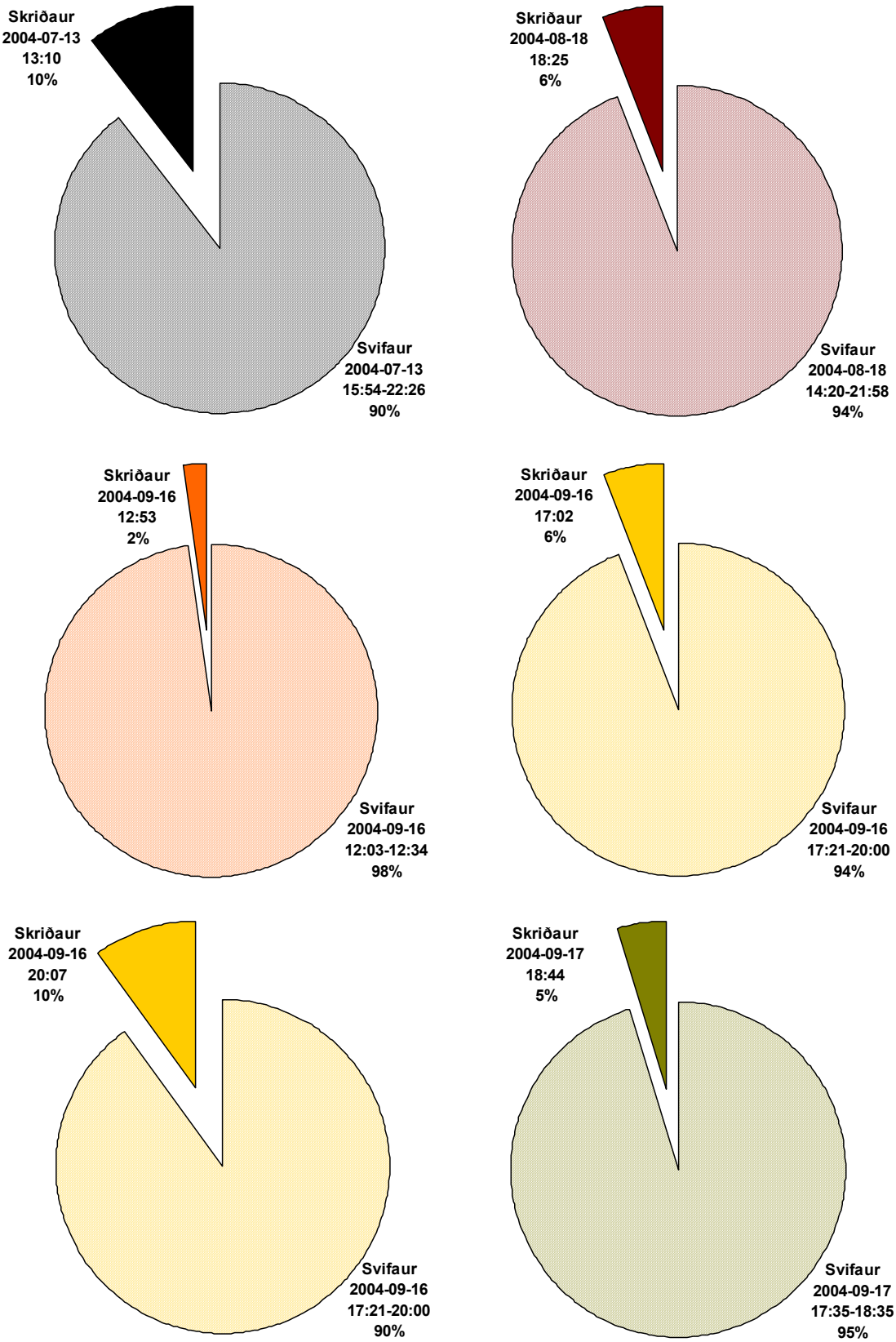
Sex svifaurssýni af sjö voru tekin á svipuðum tíma og skriðaurssýnin og mynda því pör með skriðaursmælingunum. Þannig er hægt að meta hlutfall hvorrar aurgerðar fyrir sig í heildarframburði við Hólmsá. Til að fá meðaltalshlutfall væri þó betra að meta hlutföll svifaurs- og skriðaursframburðar yfir lengra tímabil en til þess þurfa framburðarlyklar að vera betri og byggja á fleiri sýnum. Nokkuð var misjafnt hvenær svifaurssýnið var tekið miðað við skriðaurmælingarnar eins og sjá má á töflu 10 sem sýnir niðurstöður samanburðar svifaursframburðar og meðaltalsframburð heildarskriðaurs. Í flestum samanburðarpörum voru svifaurssýnin tekin rétt fyrir, eftir eða í miðri skriðaursmælingunni. Í júlí var svifaurssýnið hins vegar tekið tæpum þremur klukkustundum áður en skriðaursmælingar hófust, en við svipað rennsli. Tvö svifaurssýni voru tekin í kringum sýnatökuna seinni part 16. september og er hlutfall heildarframburðar gefið upp fyrir bæði sýnin (tafla 10).

Tafla 10: *Samanburður svifaurs- og skriðaursframburðar í Hólmsá 2004.*

Aurgerð	Sýnatökutími	Rennsli (m^3/s)*	Framburður (kg/s)	Hlutfall af heildarframburði (%)
Skriðaur	2004-07-13 15:54-22:26	35,2	0,6 (0,4)	10
Svifaur	2004-07-13 13:10	34,0	5,0	90
Skriðaur	2004-08-18 14:20-21:58	50,6	0,9	6
Svifaur	2004-08-18 18:25	51,0	14,9	94
Skriðaur	2004-09-16 12:03-12:34	95,0	7,4	2
Svifaur	2004-09-16 12:53	99,2	310,6	98
Skriðaur	2004-09-16 17:21-20:00	74,5	8,2	6/10**
Svifaur	2004-09-16 17:02	75,5	129,7	94
Svifaur	2004-09-16 17:21-20:00	73,1	74,0	90
Skriðaur	2004-09-17 17:35-18:35	113	14,0	5
Svifaur	2004-09-17 18:44	106	280,5	95

* fyrir skriðaurssýni er miðað við meðalrennsli á sýnatökutímanum
** gefið eru upp hlutfall skriðaurs fyrir hvort svifaurssýnið fyrir sig

Í öllum samanburðarpörum var hlutfall skriðaurs innan við 10% sem er heldur minna en fyrri ár. Hæst var hlutfall skriðaurs í júlí, 10%, en lækkar niður í um 7% ef notaður er lægri talan fyrir skriðaursflutning. Minnstur var skriðaursflutningur af heildaraur hins vegar í hádegismælingu þann 16. september, eða aðeins 2% (mynd 18). Þetta eru töluvert lægri hlutföll en árið 2003 þegar skriðaur var 10–29% af heildaraurburði, en svipað því sem var í hefðbundnum ferðum árins 2002, 2–6%. Í atburðarferð í desember 2002 var hlutfall skriðaurs þó heldur hærra eða 22 og 23%. Hafa þarf í huga að hlutfall svifaurs fyrir árin 2002 og 2003 var reiknað út miðað við annan rennslislykil svo að framburðarútreikningarnir eru ekki alveg sambærilegir á milli ára.



Mynd 18: *Samanburður skriðaurs- og svifaursframburðar í sýnatökuferðum í Hólmsá árið 2004.*

5 SAMANTEKT

Árið 2004 var farið í tvær hefðbundnar sýnatökuferðir og eina atburðarferð að Hólmsá og Tungufljóti en ekki náðist að fara seinni atburðarferðina. Hér á eftir eru teknar saman niðurstöður rennslismælinga og greiningar svifaurs- og skriðaurssýna úr Hólmsá, sem og greiningar svifaurssýna úr Tungufljóti.

5.1 Rennslismælingar

Sandframburður við gamla vatnshæðarmælinn í Hólmsá við Framgil (V231) hefur undanfarin ár valdið breytingum á þversniðinu við mælinn sem síðan veldur flökti á rennslislyklum. Töluvert hefur verið reynt að fylgja þessum breytingum með tíma með breytingum á rennslislyklum og eru þessar athuganir raktar í skýrslu Vatnamælinga (Ragnhildur Freysteinsdóttir 2000). Til að meta betur breytingarnar var nýr vatnshæðarmælir settur upp árið 2001 ofan við Hólmsárfoss (V468) um 1 km ofar í ánni en Framgilsmælirinn og hafa mælarnir verið reknir samhliða síðan. Í lok árs 2004 var búinn til nýr rennslislykill fyrir nýja mælinn (lykill nr. 2) og kom í ljós að sá mælir gefur betri niðurstöður þar sem sandframburður er stöðugri við þann mæli. Fyrir vatnsárið 2003/2004 var því ákveðið að gefa ekki út niðurstöður mælinga við gamla mælinn og nota frekar vatnshæðargögn úr V468 og rennslislykil 2 (Vatnamælingar 2005).

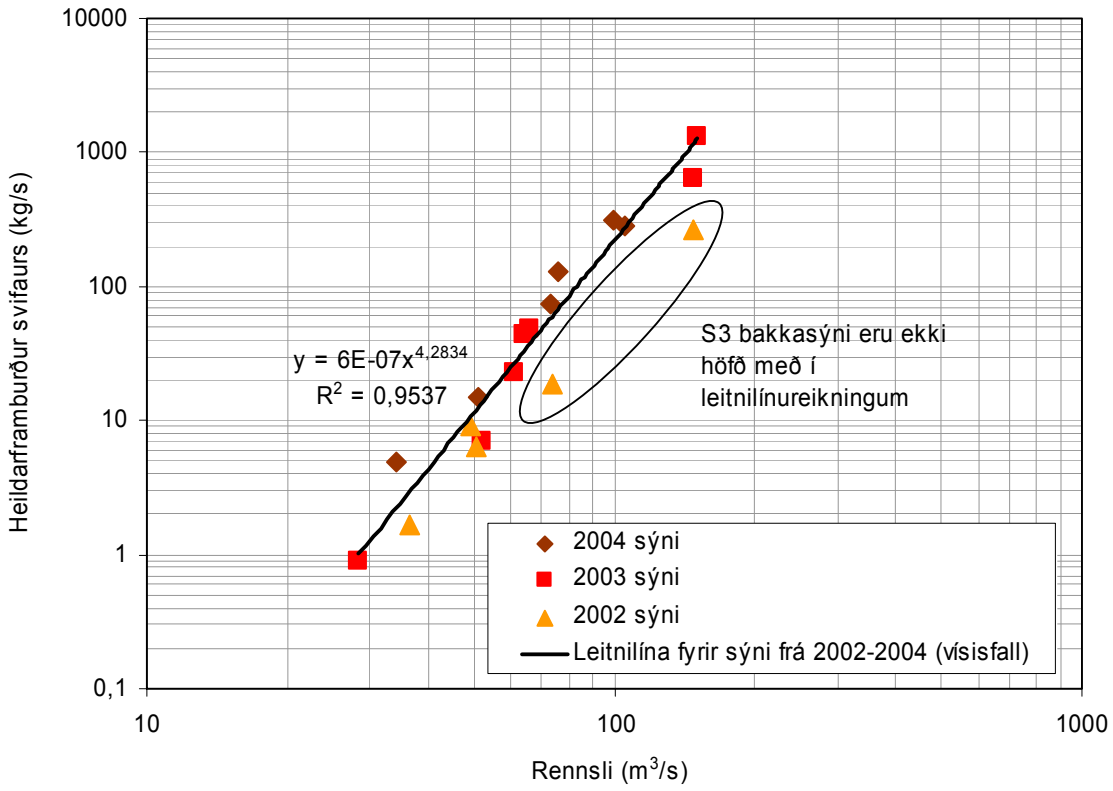
Árið 2004 var rennslismælt í sex skipti og eru niðurstöðurnar sýndar í töflu 3. Frávik mælds og reiknaðs rennslis var innan við 4% í öllum 2004 mælingunum nema þeirri sem gerð var 20. mars, en í henni var frávikið 34%. Ekki er vitað hver ástæðan er fyrir svo miklu fráviki en ekkert sást athugavert við mælinguna sjálfa.

5.2 Aurburðarmælingar

Í þeim þremur ferðum sem farnar voru árið 2004 voru svifaurssýni annars vegar tekin af kláfi yfir Hólmsá við Framgil og hins vegar af brú yfir Tungufljót við bæinn Snæbýli. Í sömu ferðum voru einnig tekin skriðaurssýni af kláfnum yfir Hólmsá. Sýnatakan gekk vel en heldur fleiri sýni voru tekin í atburðarferðinni í september en áætlað hafði verið (tafla 2).

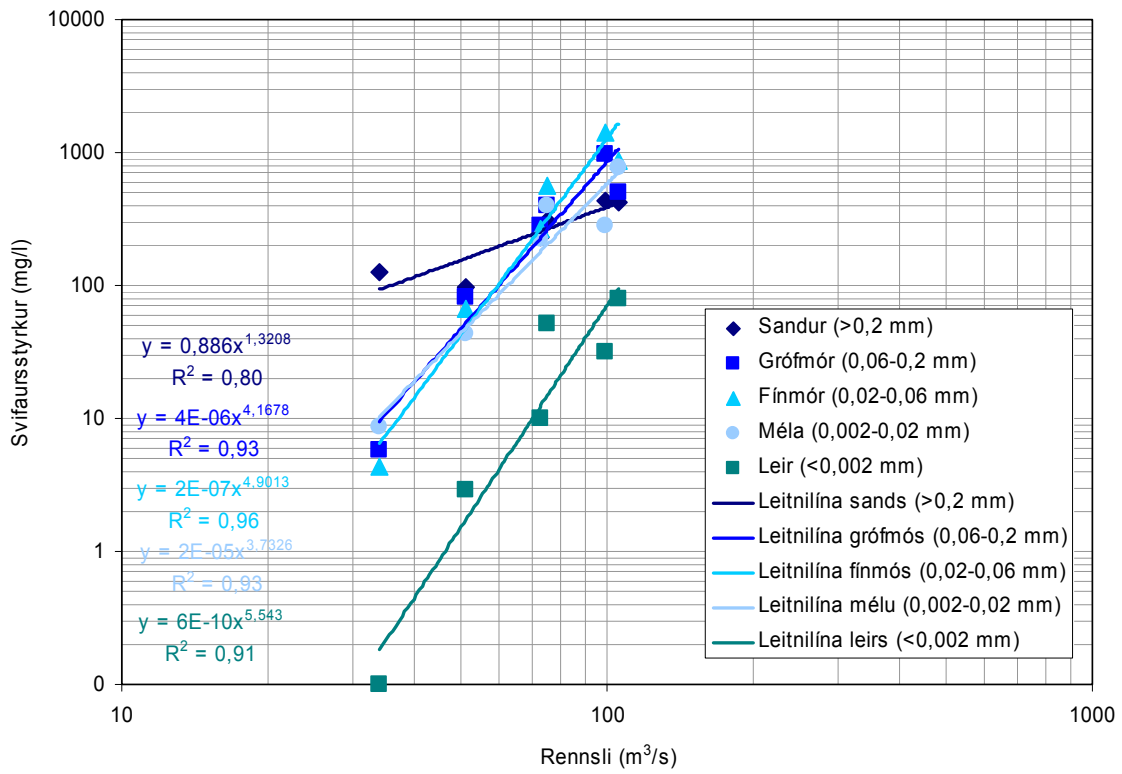
5.2.1 Svifaurssýni úr Hólmsá

Í Hólmsá margfaldaðist svifaursstyrkur með rennsli eins og sýnt hafði verið í skýrslum um niðurstöður síðustu ára (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003; 2004). Hann mældist minnstur 146 mg/l við 34 m^3/s, en fór upp í 3131 mg/l við tæplega 100 m^3/s. Annað sýni var tekið við 106 m^3/s en í því var heildarstyrkur svifaurs aðeins lægri, eða 2660 mg/l (tafla 5; mynd 5). Eins og sést á mynd 5 jókst svifaursstyrkur mikið með rennsli, en á mynd 19 eru sett fram vensl og fylgni (R^2) heildarframburðar svifaurs við rennsli. Leitni vísisfalls sem fellt var að öllum sýnum nema tveimur S3 sýnum frá 2002 er ágæt, R^2=0,94. Ef sýni frá júlí 2004 er ekki tekið með þar sem mögulegt er að við töku þess hafi sýnatakinn safnað í sig sandi af botni hækkar fylgnin upp í 0,96.



Mynd 19: *Vensl heildarframburðar svifaurs og rennslis í svifaurssýnum sem tekin voru árin 2002 til 2004 úr Hólmsá. Miðað er við rennsli úr V468 og lykil 2 fyrir öll sýnin.*

Þegar kornastærð sýnanna sem tekin voru úr Hólmsá árið 2004 er skoðuð sést að styrkur allra kornastærðarflokka hækkar með auknu rennsli og er fylgnin (R^2) >0,90 fyrir alla flokka nema sand þar sem hún er 0,80 (mynd 20). Þar munar mestu um júlísýnið sem hefur hlutfallslega mun hærri sandstyrk miðað við rennsli en önnur sýni. Nokkuð er misjafn í hverri sýnatökusyrpu hvort styrkur mélu (0,002–0,02 mm), fínmós (0,02–0,06 mm) eða grófmós (0,06–0,2 mm) er hæstur, og því skerast leitnilínur þessara flokka þó að þær falli sæmilega saman. Sama er að segja um styrk sands (>0,2 mm) ef sýnið frá júlí er ekki haft með. Styrkur leirs er hins vegar stærðargráðu lægri en annarra flokka við sambærilegt rennsli, þó að styrkaukning með rennsli sé svipuð, þ.e. leitnilínan hefur álíka hallatölu (mynd 20).

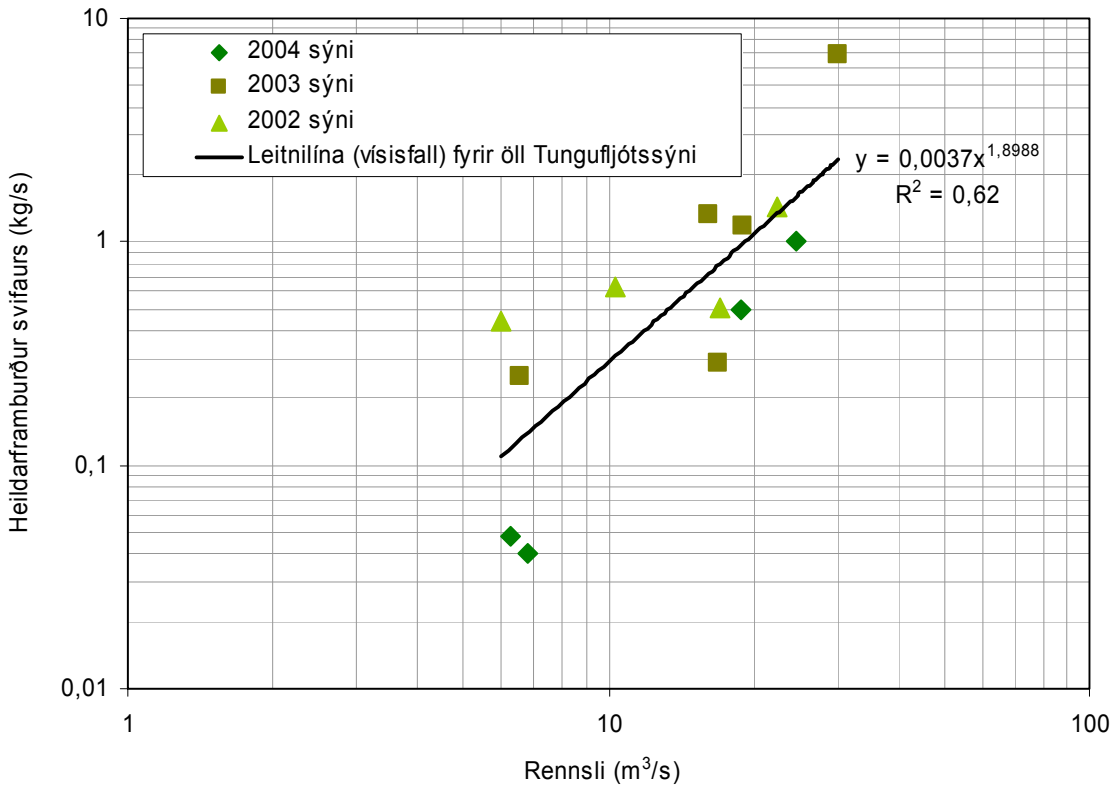


Mynd 20: *Vensl styrks einstakra kornastærðarflokka við rennsli í svifaurssýnum ársins 2004 úr Hólmsá. Leitnilínur (vísisföll) eru settar fram fyrir hvern kornastærðarflokk.*

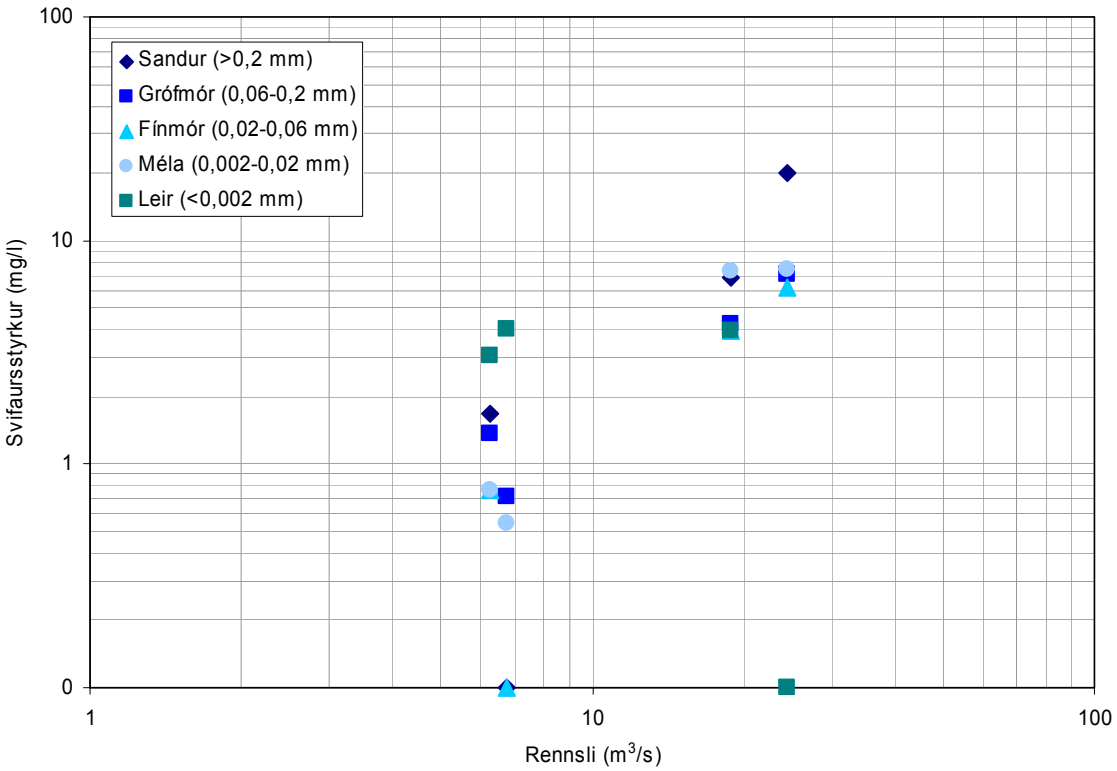
5.2.2 Svifaurssýni úr Tungufljóti

Fjögur svifaurssýni voru tekin úr Tungufljóti af brú við bæinn Snæbýli árið 2004. Heildarstyrkur sýnanna er mun lægri en styrkur Hólmsársýnanna, eða 6–41 mg/l, og eykst styrkur heldur með rennsli. Heildarframburður svifaurs eykst einnig með rennsli eins og sjálfgefið er þar sem styrkur og framburður eru ekki óháðar breytur (mynd 21). Á mynd 21 má sjá heildarframburð svifaurs í öllum sýnum sem tekin hafa verið úr Tungufljóti frá árinu 2002. Þó að framburður aukist með rennsli er spönn framburðar við sama rennsli mikil, eða t.d. ein stærðargráða (0,04–0,4 kg/s) fyrir sýni tekin við 6–7 m^3/s rennsli. Þetta sést vel á frekar lágri fylgni leitnilínu (R^2=0,62) í gegnum öll sýnin (mynd 21). Sýnin sem tekin voru í júlí og ágúst 2004 auka þar halla leitnilínunnar mikið, enda hafa þau mun lægri heildarstyrk (6 og 8 mg/l) en sýni sem tekin voru við svipað rennsli árin 2003 og 2003. Heildarstyrkur þessara sýna er mjög lágur svo að óvissa í greiningu er orðin stór þáttur í óvissu heildarframburðar sem og skiptingu í kornastærðarflokka.

Kornastærðardreifing Tungufljótssýnanna er misjöfn eftir sýnum og er ekki að sjá reglulega aukningu í styrk hvers kornastærðarflokks eftir rennsli (mynd 22) eins og sjá mátti í sýnum úr Hólmsá. Þó er styrkur allra flokka nema leirs heldur hærri í sýnunum sem tekin voru í atburðarferðinni í september en í júlí- og ágústferðunum, enda var rennsli og heildarstyrkur sýnanna þá margfaldur.



Mynd 21: *Vensl heildarframburðar svifaurs og rennslis í svifaurssýnum sem tekin voru árin 2002 til 2004 úr Tungufljóti.*



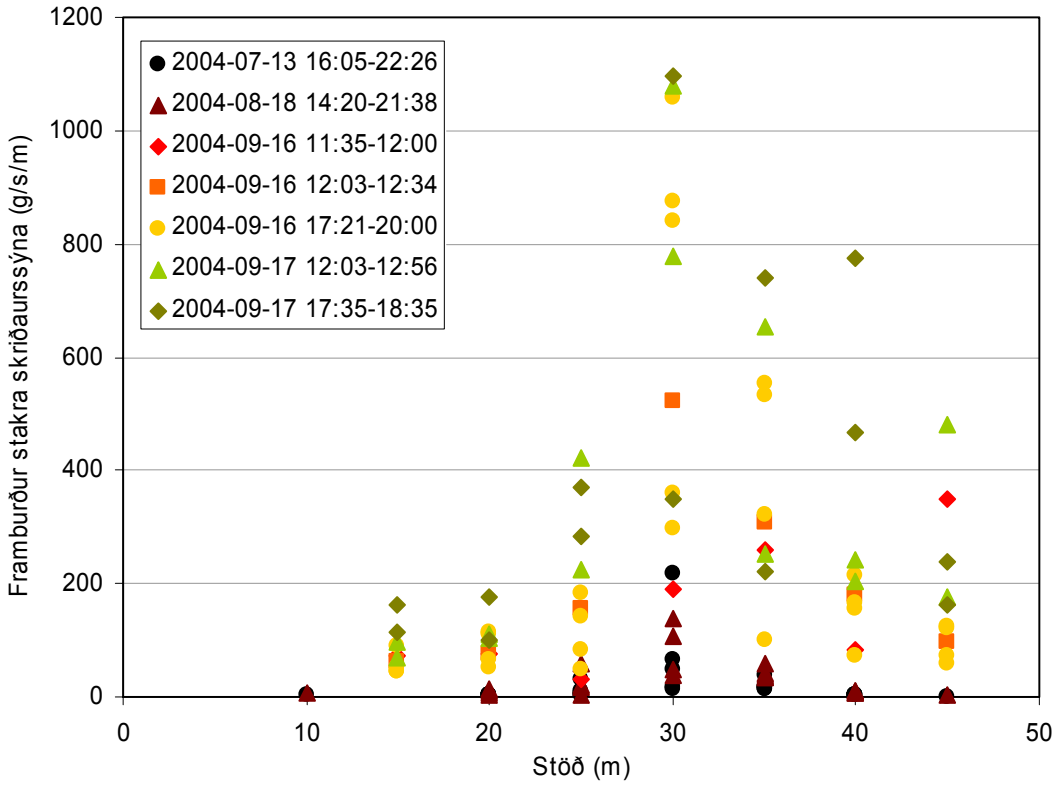
Mynd 22: *Vensl styrks einstakra kornastærðarflokka við rennsli í svifaurssýnum ársins 2004 úr Tungufljóti.*

5.2.3 Skriðaurssýni úr Hólmsá

Í öllum þremur ferðunum var skriðaurssýnum safnað af kláfi yfir Hólmsá, alls 126 sýnum. Í júlí og ágúst ferðum var sýnum safnað á 20, 25, 30, 35 og 40 m, auk tveggja aukasýna af 10 og 45 m, en í september voru sýni tekin á 15, 20, 25, 30, 35, 40 og 45 m í öllum umferðum sýnatökunnar. Rennslið var tiltölulega lágt í fyrri ferðunum tveimur (um 30 og 50 m^3/s), en að meðaltali um 80 m^3/s þann 16. september og tæplega 110 m^3/s þann 17. september (tafla 7). Í atburðarferðinni í september breyttist rennslið nokkuð yfir hvorn dag fyrir sig (í kringum 20 m^3/s), en í hefðbundnu ferðunum var breytingin óveruleg, <4 m^3/s.

Útreikningi á skriðaursflutningi var skipt upp eftir sýnatökudögum annars vegar og eftir rennsli innan hvers dags hins vegar. Þannig var sýnatökunni í atburðarferðinni í september skipt upp í fimm rennslisbil, þrjú þann 16. og tvö þann 17. september, en sýnum sem tekin voru í júlí og ágúst var eingöngu skipt upp eftir ferðum.

Ef frá er talið fyrsta rennslisbilið þann 16. september, barst mestur skriðaur fram á 30 m (mynd 23), þ.e. allt að um 1100 g/s/m í stökum sýnum, eða yfir 900 g/s/m að meðaltali á stöð (tafla 11). Í flestum rennslisbilum var skriðaursframburður hins vegar næstmestur á 35 m, en áberandi minnst barst fram á 15 og 20 m. Greinileg aukning varð á skriðaursframburði nær vinstri/austari bakka með auknu rennsli þegar stærri hluti farvegarins varð virkur. Þessi dreifing skriðaursframburðar innan farvegsins fellur ágætlega saman við hraðadreifingu eins og hún sést í rennslismælingum (mynd 3), en mestur hraði og dýpi er í kringum 30 m. Við aukið rennsli eykst hraðinn sérstaklega í austari hluti farvegarins sem passar ágætlega við aukinn skriðaursframburð á þeim breiddum (35–45 m).



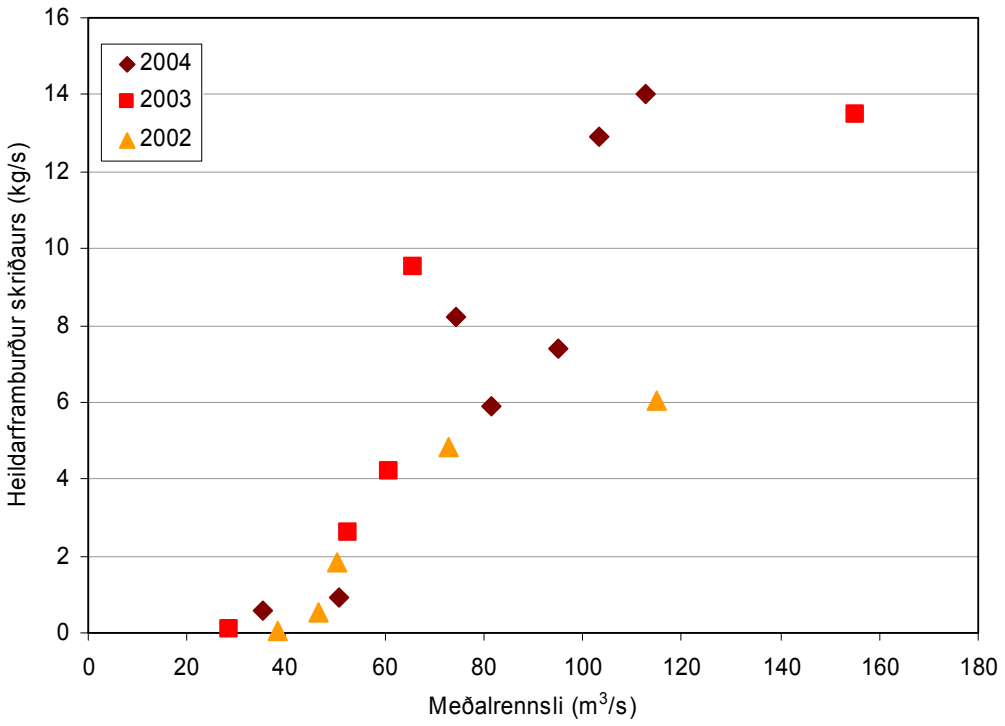
Mynd 23: *Framburður stakra skriðaurssýna innan allra rennslisbila í ferðum að Hólmsá árið 2004.*

Heildarframburður skriðaurs innan hvers rennslisbils árið 2004 var mjög misjafn, eða frá 0,6 kg/s (0,4 kg/s ef einu mjög háu gildi er sleppt af 30 m) og upp í 14 kg/s (tafla 11). Ef vensl heildarframburðar við rennsli er skoðað sést að hann eykst verulega með hækkandi rennsli og er hann hlutfallslega hæstur, 8,3 kg/s við 74,5 m^3/s, að kvöldi 16. september miðað við meðalrennsli innan sýnatökutímabilsins. Ástæðan fyrir þessum hlutfallslega hærri heildarframburði er ekki einhlít, en rennsli hafði verið töluvert hærra fyrr um daginn svo að líklegt er að mikill aur hafi borist niður eftir farveginum og hafi enn verið að flytjast fram um kvöldið.

Tafla 11: *Samandregnar niðurstöður skriðaursmælinga í Hólmsárferðum árið 2004. q_{bj} merkir meðalframburð skriðaurs á hverri stöð og Q_b merkir heildarframburð skriðaurs. Meðalrennsli á sýnatökutímanum (Q) er gefið ásamt spönn (range) rennslis á sýnatökutímanum.*

Hólmsá, Framgil	Q (spönn) m^3/s	q_{bj} (g/s/m)							Q_b (kg/s)
		15 m	20 m	25m	30 m	35 m	40 m	45m	
2004-07-13 15:54-22:26	30,2 (3,8)	–	3	11	72	20	3	–	0,58 (0,39) *
2004-08-18 14:20-21:58	50,6 (1,4)	–	8	25	83	41	8	–	0,92
2004-09-16 11:35-12:00	81,4 (8,3)	74	75	31	191	258	84	348	5,9
2004-09-16 12:03-12:34	95 (11,7)	64	74	154	524	309	179	97	7,4
2004-09-16 17:21-20:00	74,5 (3,0)	58	85	114	687	378	152	94	8,3
2004-09-17 12:03-12:56	103 (8,2)	83	107	323	928	453	223	329	12,9
2004-09-17 17:35-18:35	113 (6,7)	137	138	325	722	479	620	200	14,0

- Gefnar eru upp tvær tölur fyrir heildarframburð skriðaurs í júlíferðinni þar sem í lægri tölunni er einu gildi (outlier) á 30 m er sleppt.



Mynd 24: *Vensl heildarframburðar skriðaurs við meðalrennsli innan rennslisbila áranna 2002 til 2004.*

Á mynd 24 er heildarframburður skriðaurs síðasta árs borinn saman við heildarframburð áranna 2002 og 2003. Búið er að uppfæra rennsli fyrri ára með gögnum úr vhm 468 og rennslislykli 2, en fyrir gögn ársins 2002 var rennsli gefið upp samkvæmt bráðabirgðarennslislykli og vatnshæðargögnum vhm 468 (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003), og árið 2003 voru gögn úr vhm 231 notuð (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2004). Misjafnt er innan ára og rennslisbila hvað miklu munar á rennsli við uppfærsluna en sér í lagi munar á hæsta rennslisgildinu frá 2002 þar sem bráðabirgðarennslislykill virðist hafa vanmetið rennsli á hærra rennslisbili miðað við lykil nr. 2 sem nú er í gildi.

Samkvæmt þessum niðurstöðum var heildarframburður ársins 2004 af svipaðri stærðargráðu og fyrri ár, en töluverður breytileiki er í framburðinum við sambærilegt rennsli. Þannig var t.d. framburður skriðaurs árið 2003 heldur hærri við sambærilegt rennsli ef frá er skilið hæsta gildið við meðalrennsli um 160 m^3/s. Slíkur breytileiki er eðlilegur enda eru sýnin tekin á mismunandi tíma ársins við mismunandi aðstæður, þ.e. sum í leysingarflóðum, önnur í rigningarflóðum og enn önnur við lægra rennsli þegar jökulleysing var ýmist eða ekki til staðar. Þessi mismunur við sambærilegt rennsli sýnir að til þess að skilgreina góðan skriðaurslykil þarf að mæla oft við rennsli sem spannar allt rennslissviðið og helst við svipað rennsli við mismunandi aðstæður og árstíð. Þó skiptir einna mestu máli að afla gagna við hátt rennsli þar sem langstærstur hluti aursins berst fram við slíkar aðstæður.

Kornastærð var greind í 25 skriðaurssýnum og voru afleiddir tölfræðieiginleikar, s.s. meðalstærð, aðgreining og skakki reiknaðir til að auðvelda samanburð á milli sýnanna. Meðalstærð flestra sýnanna var mjög grófur til grófur sandur (tafla 9). Sýnin sem tekin voru í miðjum farveginum, og þá sér á lagi á 30 m, eru grófari og með samhverfari skakka en sýnin sem tekin voru nær bökkunum t.d. á 15, 40 og 45 m (mynd 16). Á milli stöðva var hins vegar aðgreining sýnanna tiltölulega svipuð þegar á heildina var litið þó að einstök sýni skæru sig úr.

Nokkur munur var þó á grófleika sýna á milli ferða og voru sýnin sem tekin voru í atburðarferð í september grófari á flestum stöðum en júlí- og ágústsýnin, og þá sér í lagi sýnin sem tekin voru eftir hádegi 16. september (mynd 16) enda rennslið hæst þá. Sömu sýni höfðu mörg verri aðgreiningu en sýni tekin á öðrum tíma á sömu stöðvum. Hins vegar voru sýnin sem tekin voru í júlí yfirleitt betur aðgreind en önnur sýni.

5.2.4 Samanburður svifaurs- og skriðaurssýna

Svifaurs- og skriðaursframburður var borinn saman í sex sýnatökupörum, þ.e. heildarframburður innan ákveðis rennslisbils var borinn saman við reiknaðan framburð í svifaurssýni sem tekið var á svipuðum tíma og skriðaurssýnatakan fór fram. Hlutfall skriðaurs af heildarframburði var frá 2 til 10% í pörunum sex (mynd 18; tafla10) sem er töluvert minna en árið 2003 (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2004) en líkari því sem hlutur skriðaurs mældist árið 2002 (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003).

5.3 Framhald rannsókna

Við úrvinnslu vatnshæðargagna úr mælum við Hólmsá á síðasta vatnsári var ákveðið að nota nýja mælinn (vhm 468) við Hólmsárfoss í stað gamla mælisins við Framgil (vhm 231) þar sem sýnt þótti að gögn úr honum væru betri og féllu ágætlega á nýjan

rennslislykill sem búinn var til (Vatnamælingar 2005). Mæla þarf rennslið mun oftar til að skilgreina betur rennslislykilinn við nýja mælinn og þá sér í lagi við hátt rennsli sem hægt er að mæla í snörpum flóðum, en þau eru tiltölulega algeng á svæðinu þó að mörg þeirra séu svo stutt að erfitt reynist að mæla þau. Einnig þarf að rennslismæla nær fyrirhuguðu stíflustæði sem sett er fram í forkönnunarskýrslu Orkustofnunar og Almennu verkfræðistofunnar hf. (2002), en slíkar mælingar eru erfiðar vegna landfræðilegra aðstæðna.

Halda þarf áfram sýnasöfnun svifaurs og skriðaurs en niðurstöður þessara fyrstu þriggja ára sem ítarlegar mælingar hafa farið fram benda til þess að töluverður breytileiki sé í framburði við mismunandi rennsliaðstæður og innan ársins. Sérstaklega á þetta við um skriðaursframburð en hafa þarf í huga að breytileiki þeirra mælinga er mun meiri en svifaursmælinga vegna eðlismunar í flutningi aursins enda flyst skriðaur fram óreglulega á meðan svifaursflutningur er jafnari. Til að búa til góða aurburðarlykla þarf því að safna sýnum við breytilegt rennsli og innan mismunandi árstíða til að meta betur breytileikann. Eins og áður hefur verið bent á þarf þó sérstaklega að ná sýnum í háu rennsli þar sem slíkir atburðir skipta langmestu máli fyrir framburð í Hólmsá. Hins vegar hefur reynslan sýnt að erfitt getur verið að elta þessa atburði þó að fylgst sé með veðurspám, bæði vegna lítils áreiðanleika úrkomuspánna og vegna þess hve atburðirnir eru skarpir.

6 HEIMILDIR

Blott, S. J. (2000). *GRADISTAT version 4.0*. Leiðbeiningar með tölfræðiforritinu GRADISTAT sem Simon Blott, höfundur forritsins, dreifir.

Blott, S. J. og Pye, K. (2001). Software from Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms,* 26, 1237–1248.

Gunnar Orri Gröndal. (2000). *Hólmsá í Skaftártungu. Gerð HBV-rennslislíkans af vhm 231*. Orkustofnun, OS-2000/042. Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar.

Gunnar Orri Gröndal. (2003). *Endurskoðun HBV líkans af vhm 231 í Hólmsá*. Orkustofnun, Greinargerð, GOG-2003/03. Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar.

Jón Sigurður Þórarinsson og Jóna Finndís Jónsdóttir. (2003). *Samanburður á HBV-líkönum í Hólmsá í Skaftártungu, vhm 231, með tvenns konar veðurgögnum*. Orkustofnun, Greinargerð, JSTH-JFJ-2003/02. Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar.

Jóna Finndís Jónsdóttir og Jón Sigurður Þórarinsson. (2004). *Comparison of HBV models, driven with weather station data and with MM5 meteorological model data*. Orkustofnun, OS-2004/017. Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar.

Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Gunnar Sigurðsson og Bjarni Kristinsson. (2003). *Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli, árið 2002*. Orkustofnun, OS-2003/023. Unnið fyrir RARIK og Landsvirkjun.

Jórunn Harðardóttir, Bjarni Kristinsson og Svava Björk Þorláksdóttir. (2004). *Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli, árið 2003*. Orkustofnun, OS-2004/005. Unnið fyrir RARIK og Landsvirkjun.

Orkustofnun og Almenna verkfræðistofan hf. (2002). *Hólmsárvirkjun. Hólmsá í Skaftártungu. Forathugun*. Orkustofnun og Almenna Verkfræðistofan hf. OS-2002/060. Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar.

Ragnhildur Freysteinsdóttir. (2000). *Hólmsá, Framgil vhm 231. Rennslislyklar nr. 4-8.* Orkustofnun, OS-2000/022. Unnið fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar.

Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon. (2000). *Leiðbeiningar um mælingar á svifaur og úrvinnslu gagna*. Orkustofnun, Greinargerð, GRG SvP-GHV-2000/02. Unnið fyrir Vatnamælingar Orkustofnunar.

Vatnamælingar Orkustofnunar. (2003). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2001/2002 vhm 231, Hólmsá, Framgil*. Unnið fyrir RARIK og Landsvirkjun.

Vatnamælingar Orkustofnunar. (2004). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2002/2003 vhm 231 Hólmsá, Framgil*. Unnið fyrir RARIK og Landsvirkjun.

Vatnamælingar Orkustofnunar. (2005). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2003/2004 vhm 468, Hólmsá, Hólmsárfoss.* Unnið fyrir RARIK og Landsvirkjun.

World Meteorological Organization. (1994). *Guide to Hydrological Practices.* 5th edition. Geneva: World Meteorological Organization.