



ÚTLÁN
Bókasafn Orkustofnunar

Mælingar á rennsli og svifaur í Jökulsá á Dal árið 2000

Ásgeir Gunnarsson
Jórunn Harðardóttir
Páll Jónsson
Árni Snorrason
Svanur Pálsson


Unnið fyrir Landsvirkjun

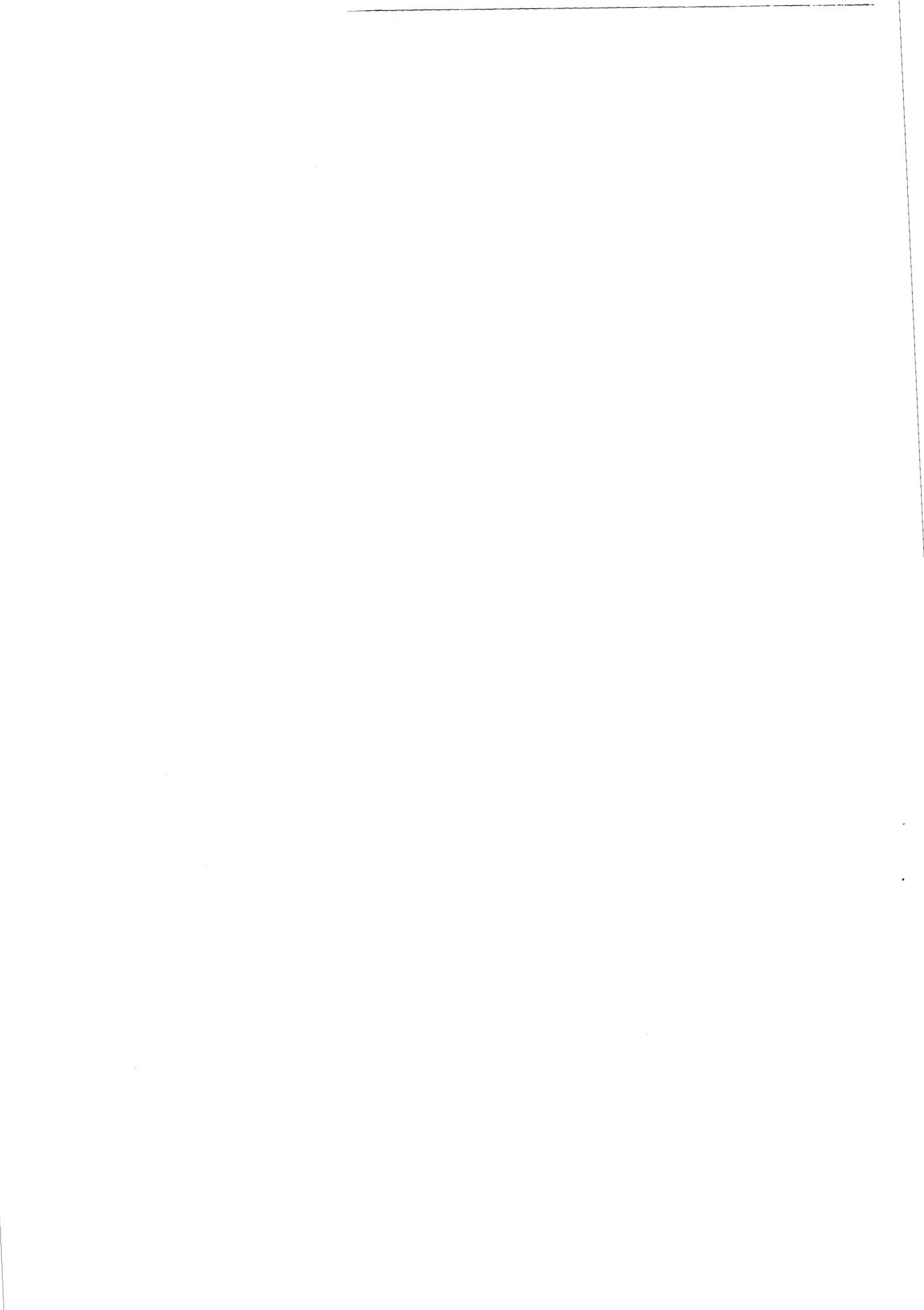
2001

OS-2001/078

OS-2001/078



Skýrsla nr: OS-2001/078	Dags: Desember 2001	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Mælingar á rennsli og svifaur í Jökulsá á Dal árið 2000	Upplag: 50	
	Fjöldi síðna: 24	
Höfundar: Ásgeir Gunnarsson, Jórunn Harðardóttir, Páll Jónsson, Árni Snorrason og Svanur Pálsson	Verkefnisstjóri: Kristinn Einarsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Niðurstöður mælinga á rennsli og svifaursstyrk	Verknúmer: 7-641730	
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í þessari skýrslu eru kynntar niðurstöður rennslis- og svifaursmælinga ársins 2000 í Jökulsá á Dal. Mælingarnar staðfesta fyrri rannsóknir, sem bentu til þess, að rennsli árinna við Hjarðarhaga sveiflast á milli tveggja þrepa sem rennslislyklar 6 og 7 afmarka og virðist það háð rennsli hvor lykillinn er í gildi. Yfir sumarið 2000 sáust miklar breytingar á farveginum, hann virtist vera dýpstur við hæsta rennslið, en grynntur, þegar rennslið var minnst. Samanburðarmælingar á brú og á kláfi við Hjarðarhaga sýndu að P61 sýnatakinn nær betur til grófasta hluta svifaursins en hefðbundni S49 sýnatakinn. Áberandi góð fylgni var á milli svifaursstyrks P61 sýna og rennslis og er hugsanlegt að í framtíðinni verði hægt að nota samband þessara breyta til reikninga á framburði í stað afleiddra svifaursstærða. Talið er nauðsynlegt að rannsaka breytingar á aurburði og rennsli í tengslum við dynamískt líkan Vatnaskila, sem nú er í lokavinnslu. Einnig þarf að tengja betur framburð svifaurs við skriðaur.		
Lykilorð: Jökulsá á Dal, Hjarðarhagi, Brú, mælikláfur, rennsli, rennslislykill, rennslismæling, svifaursstyrkur, sýnataka, sýnategund, kornastærðarflokkur.	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: KE, PI	





ORKUSTOFNUN
Vatnamælingar

Skýrsla
OS-2001/078
Verknr. 7-641730

**Ásgeir Gunnarsson, Jórunn Harðardóttir,
Páll Jónsson, Árni Snorrason og Svanur Pálsson**

Mælingar á rennsli og svifaur í Jökulsá á Dal árið 2000

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-2001/078

Desember 2001

ORKUSTOFNUN, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík
Kennitala 500269-5379 - Sími 569 6000 - Fax 568 8896
Netfang Vatnamælinga vm@os.is - Veffang <http://www.os.is/vatnam>

Efnisyfirlit

1	Inngangur	5
2	Rennslismælingar	7
3	Svifaursmælingar	14
3.1	Samanburður á svifaursstyrk við brúna og kláfinn hjá Hjarðarhaga	14
3.2	Samanburður á svifaursstyrk við Brú og Hjarðarhaga	21
4	Niðurstöður	22
4.1	Rennslismælingar	22
4.2	Svifaursmælingar	22
4.2.1	Sýnapör frá Hjarðarhaga	23
4.2.2	Sýnapör frá Brú og Hjarðarhaga	23
4.3	Framhald rannsókna við Hjarðarhaga	23
5	Heimildir	24

Myndaskrá

1	Kort af vatnasviði Jökulsár á Dal	6
2	Rennslismælingar sumarið 2000 og rennslisferill samkvæmt lykli 7	7
3	Rennslismælingar við Hjarðarhaga árið 2000 ásamt lykllum 6 og 7	8
4	Tíu dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir nýrri kláfnum . .	10
5	Sjö dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir nýrri kláfnum . .	11
6	Rennslismælingar við Hjarðarhaga 1995–2000 ásamt lykllum 6 og 7	12
7	Rennslismælingar við Hjarðarhaga fyrir 1995 ásamt lykllum 6 og 7	12
8	Frávik rennslismælinga 1995–2000 frá meðallykli sömu mælinga	13
9	Rennsli Jökulsár við Hjarðarhaga nærri sýnatöku í júní–ágúst 2000 . .	15
10	Rennsli Jökulsár við Hjarðarhaga nærri sýnatöku í ágúst–október 2000	15
11	Hlutföll svifaursstyrks, sýni tekin í P61/S49	19
12	Tengsl rennslis og styrks svifaurs af mismunandi kornastærðarflokkum, P61-sýni	20

Töfluskrá

1	Kornastærðarflokkar svifaus	16
2	Niðurstöður svifausmælinga á sýnum teknum frá kláfnum og brúnni . .	17
3	Sýnapör tekin við Brú og Hjarðarhaga sumarið 2000	21

1 Inngangur

Vorið 2000 var gerður samningur á milli Vatnamælinga Orkustofnunar (VM) og Landsvirkjunar (LV) um ítarlega svifaurssýnatöku í Jökulsá á Dal og rennslismælingar tengdar henni.

Svifaursmælingarnar voru gerðar á tvenns konar sýnapörum. Annars vegar voru sýnapör, þar sem annað sýnið var tekið á hefðbundinn hátt frá brúnni við Hjarðarhaga og hitt af rafdrifnum rennslismælikláfi um 2 km neðan við brúna. Tilgangurinn með þessum sýnapörum var að afla gagna til þess að nota við endurmat á mæligildum svifaurs í sýnum, sem tekin hafa verið við brúna, og byggja endurskoðun á útreikningum á framburði Jökulsár á Dal á því endurmati.

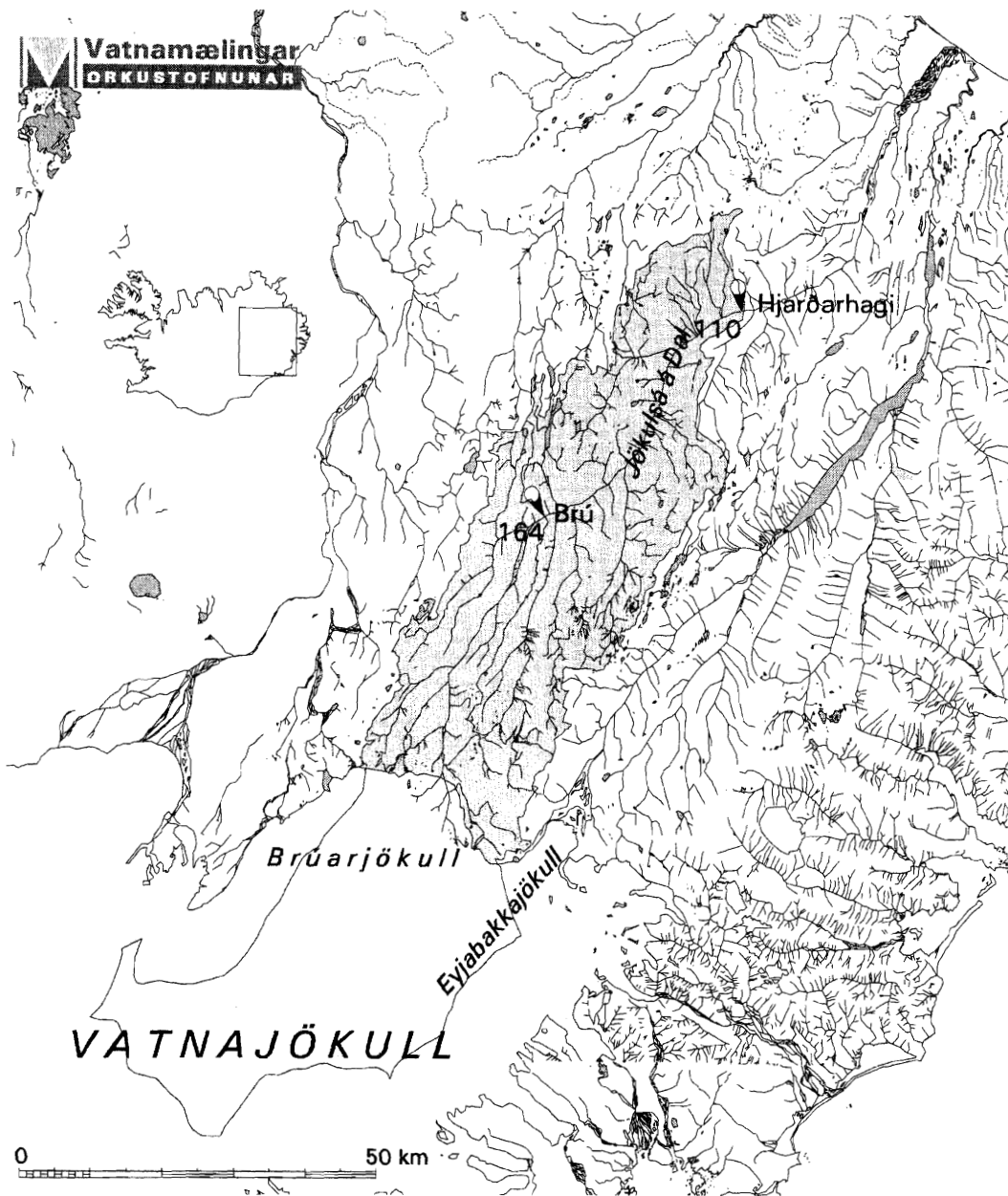
Hins vegar var um að ræða sýnapör, þar sem annað sýnið var tekið á hefðbundinn hátt frá brúnni við Hjarðarhaga og hitt frá brúnni við Brú, sem er ofar við ána, sjá mynd 1. Leitast var við að taka sýnið við Brú hæfilegum tíma á undan sýninu við Hjarðarhaga, eða sem svarar til rennslitíma árinna á milli þessara staða.

Svifaursmælingarnar voru að því leyti frábrugðnar samanburðarmælingunum, sem gerðar voru sumrin 1998 og 1999 við Hjarðarhaga, að nú voru engar punktmælingar gerðar, þ. e. mælingar á tilteknu dýpi á nokkrum stöðum í nokkrum þversniðum. Mælingunum 1998 og 1999 er lýst í greinargerðum Orkustofnunar, sjá Svanur Pálsson og Ásgeir Gunnarsson 1998 og 1999.

Í samningunum var gert ráð fyrir að fara 7 ferðir að Jökulsá á Dal sumarið 2000, þar sem í hverri ferð væri tekið svifaursýnapar af brú og kláfi við Hjarðarhaga, þá væri rennslismælt af rafdrifna kláfnum og loks tekið annað sams konar sýnapar. Slík mæling var áætluð bæði við hámark og lágmark dagssveiflu árinna, en á milli sýnalotanna átti að taka sýni frá brúnni við Brú. Þessi áætlun stóðst að mestu leyti, þó að ekki tækist í öll skiptin að taka sýnalotu bæði við hámark og lágmark. Í staðinn voru farnar fleiri ferðir til þess að ná settum fjölda sýna og rennslismælinga. Fjórar rennslismælingar voru gerðar til viðbótar við rennslismælingar, sem tengdust aurburðarsýnatöku.

Markmiðið með svo mörgum rennslismælingum á stuttum tíma var að kanna breytingar á rennslislyklum, sem hvað eftir annað hefur orðið vart í Jökulsá á Dal og fjallað var um í fyrri skýrslu Orkustofnunar (Páll Jónsson o. fl. 1999).

Í þessari skýrslu eru birtar niðurstöður mælinga ársins 2000. Fyrst er gerð grein fyrir rennslismælingunum og vandamálum vegna breytinga á rennslislyklum. Síðan er gerð grein fyrir niðurstöðum mælinga á svifaursýnum í hefðbundnum sýnum teknum frá brúnni og sýnum teknum frá kláfnum við Hjarðarhaga. Loks eru sýndar niðurstöður svifaursmælinga í sýnum frá brúnni við Brú og þær bornar saman við niðurstöður samskonar sýna frá brúnni við Hjarðarhaga.

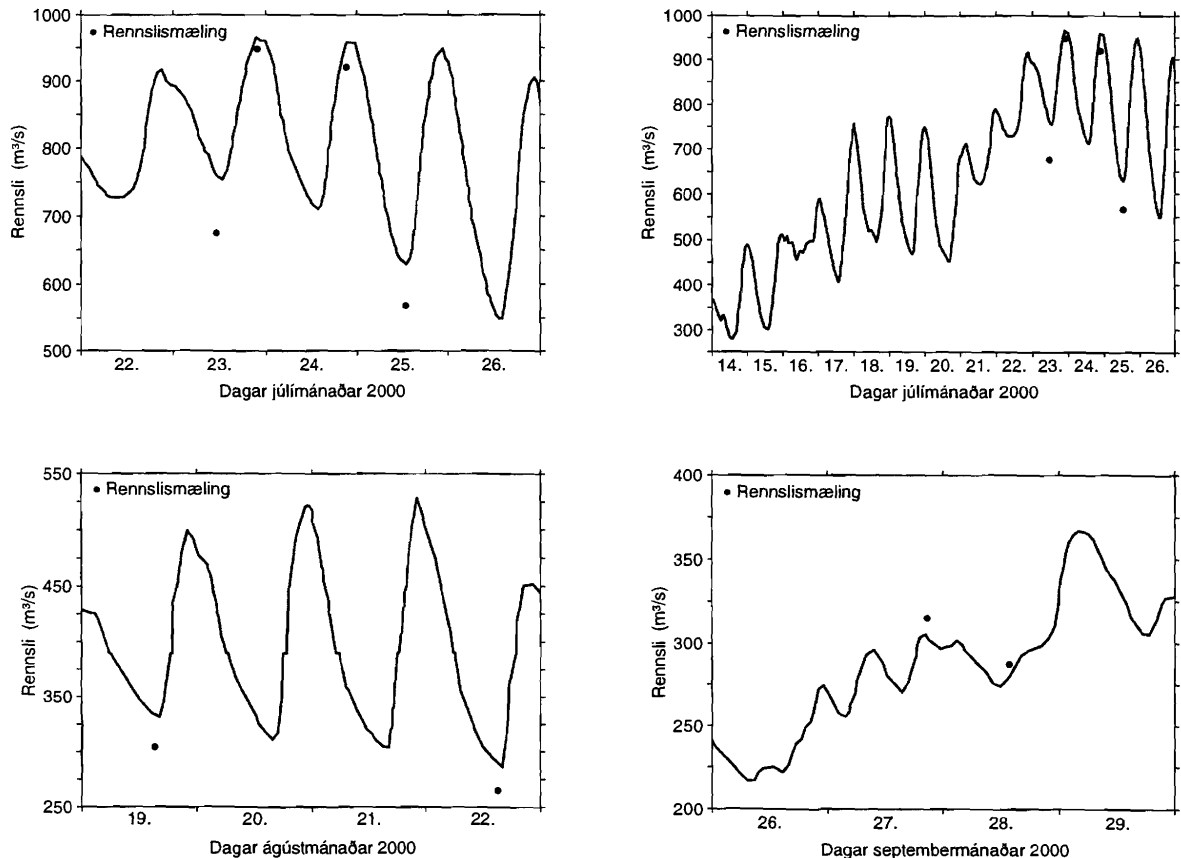


Mynd 1: Kort af vatnasviði Jökulsár á Dal. Kortagerð Þórarinn Jóhannsson.

2 Rennslismælingar

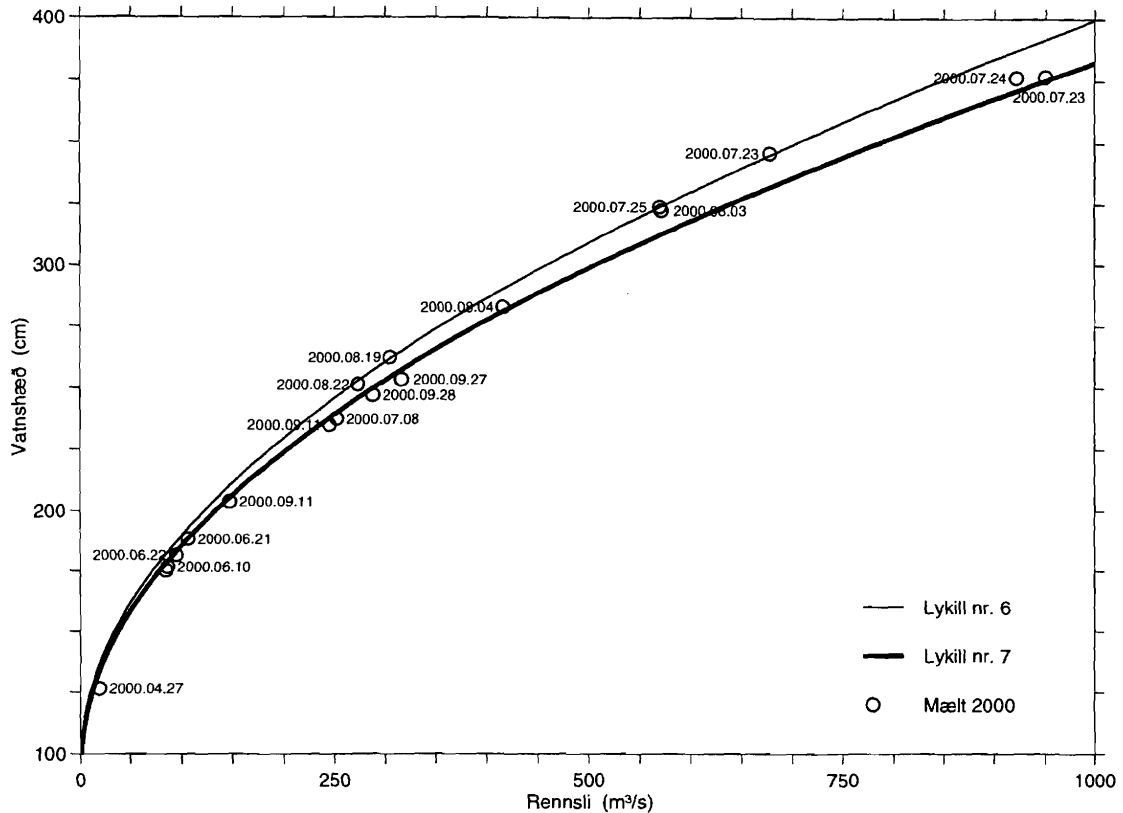
Í skýrslu Orkustofnunar frá 1999, kom fram að mikill breytileiki er í rennslislyklum Jökulsár á Dal við Hjarðarhaga (Páll Jónsson o. fl. 1999). Þar kemur í ljós, að rennslislyklar hafa tilhneigingu til þess að færast tiltölulega skyndilega á milli tveggja þrepa. Vegna þessa hafa tveir rennslislyklar, lyklar 6 og 7, verið búnir til fyrir Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga. Sá fyrrnefndi á við rennslismælingar, sem falla á efra þrepið, en sá síðarnefndi liggur í gegnum mælingar, sem falla á neðra rennslisþrepið. Þrátt fyrir þennan mismun hefur lykill 7 verið notaður fyrir öll gögn frá Hjarðarhaga síðan 1994, þar sem ekki hafa legið fyrir áreiðanlegar upplýsingar um hvenær á að skipta á milli lykla. Aðalástæðan fyrir þessum lyklabreytingum er talin vera hinn mikli aurburður árinna og gífurlegur straumhraði og iðuköst, sem eru ríkjandi á jökulleysingartímanum frá seinni hluta júní og fram í september. Til þess að átta sig betur á þessari hegðun árinna voru gerðar 18 rennslismælingar við Hjarðarhaga árið 2000, flestar í beinum tengslum við aurburðarsýnatöku. Með þessum tíðu rennslismælingum fæst betri sýn á samhengi aurburðar, vatnshæðar og rennslis.

Á mynd 2 má sjá rennslisbreytingar á þeim tíma, þegar sýnatökulotur fóru fram sumarið 2000. Eins og sjá má, voru rennslismælingar gerðar bæði við hámark og lágmark dagsveiflu, en rennsli við rennslismælingar í október er ekki sýnt.



Mynd 2: Rennslismælingar sumarið 2000 og rennslisferill samkvæmt lykli 7.

Á mynd 3 eru allar rennslismælingar ársins 2000 sýndar ásamt rennslislyklum 6 og 7, en af þeim gefur rennslislykill 6 heldur minna rennsli en lykill 7 við sömu vatnshæð. Myndir 4 og 5 sýna hinsvegar dýptarsnið, sem mæld voru samtímis rennslismælingum sumarið 2000 auk einnar mælingar frá apríl, sem gerð var við lágrennsli, og eru þær notaðar til þess átta sig á farvegsbreytingum með rennsli.



Mynd 3: Rennslismælingar við Hjarðarhaga árið 2000 ásamt lyklum 6 og 7.

Skipta má athugininni í fjóra hluta eftir rennsli árinna:

1. Rennsli minna en 200 m³/s.
2. Rennsli frá 200 til 550 m³/s.
3. Rennsli frá 550 til 900 m³/s.
4. Rennsli yfir 900 m³/s.

Helstu niðurstöður, þegar rennslismælingunum er skipt í þessa hluta, eru eftirfarandi:

- Við rennsli undir 200 m³/s er ráðandi þversnið mjög stöðugt og rennslislykill nr. 7 í gildi. Þversnið undir kláfi er með allt að 80 cm þykkri malarfyllingu á breidd 50 til 80 m (mynd 4) miðað við, að farvegur sé hreinn við mikið rennsli (950 m³/s).
- Við rennsli frá 200 til 550 m³/s er allt annað uppi á teningnum. Þar sveiflast rennsli milli þrepanna tveggja og ekkert samhengi er á milli dýpis undir kláfi og

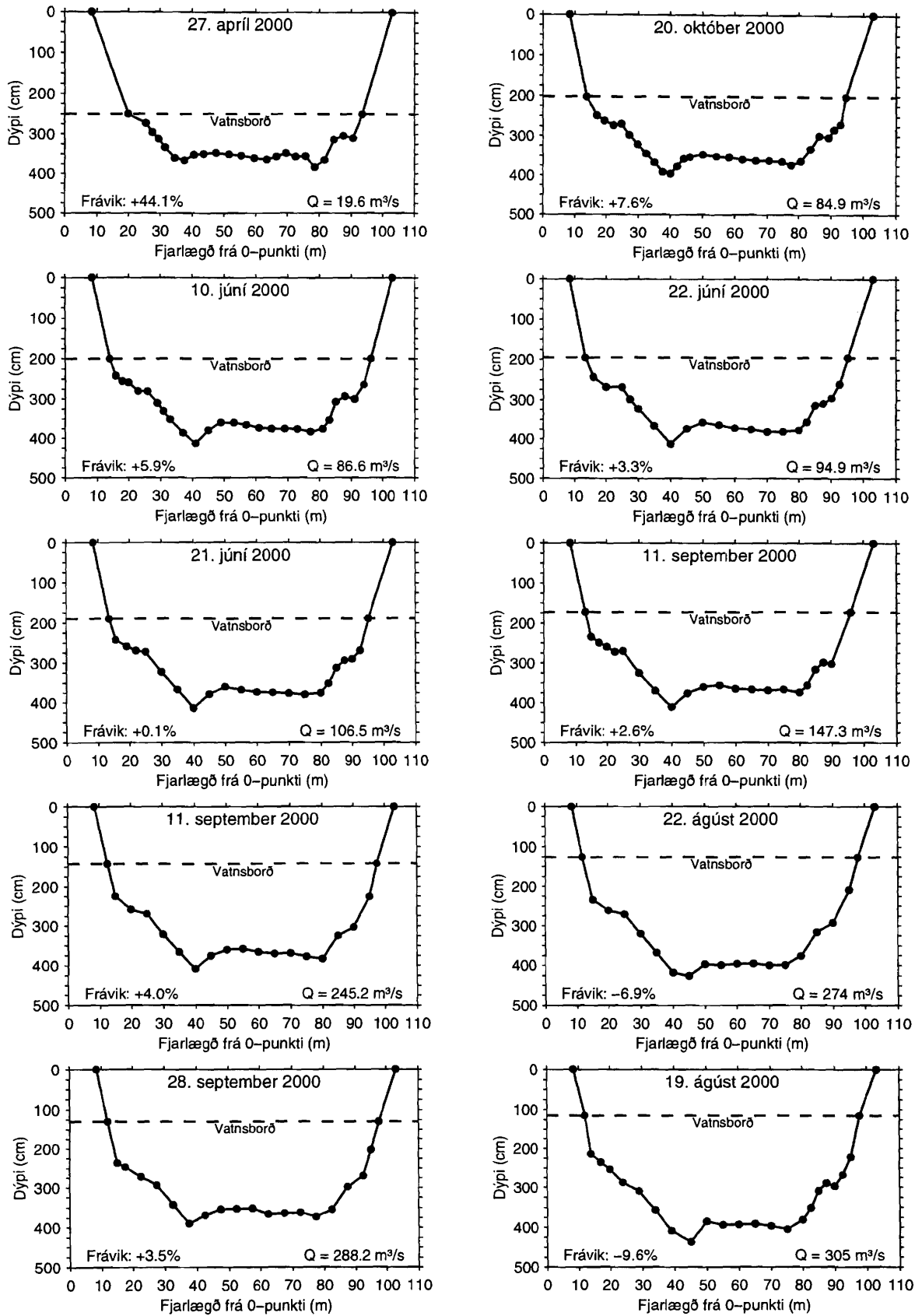
rennslis (myndir 4 og 5). Rennsli ræðst því af ástandi ráðandi þversniðs neðan kláfs. Því hlýtur breytileikinn að stafa af mismiklu lausu efni á ráðandi þversniði og kallast það þá ráfandi þversnið. Athugun á tveimur rennslismælingum gerðum í ágúst annarsvegar og september hinsvegar bendir til þess að farvegur flytji minna í lágmarki dagssveiflu en hámarki hennar miðað við lykil nr. 7.

- Rennsli frá 550 til 900 m³/s lendir á neðra þrepi eða rennslislykli nr. 6, eins og glöggst sést á mynd 3. Aðeins voru gerðar þrjár rennslismælingar árið 2000 á þessu bili. Tvær voru gerðar seint í júlí og er farvegurinn þá um 25 cm grynri en í hæstu mælingu (950 m³/s) (mynd 5). Í rennslismælingu þann 3. ágúst er farvegurinn hins vegar allt að 1 m grynri í breidd 35 til 70 m (mynd 5).
- Að lokum virðist rennsli yfir 900 m³/s falla vel á rennslislykil 7, sem gefur meira rennsli. Þá er farvegur árinna undir kláfi einnig dýpstur og flutningsgeta hans mest. Væntanlega er farvegurinn á ráðandi þversniði einnig útgrafinn og flutningsgetan í hámarki. Þetta byggir þó aðeins á tveimur rennslismælingum dagana 23. og 24. júlí (mynd 5).

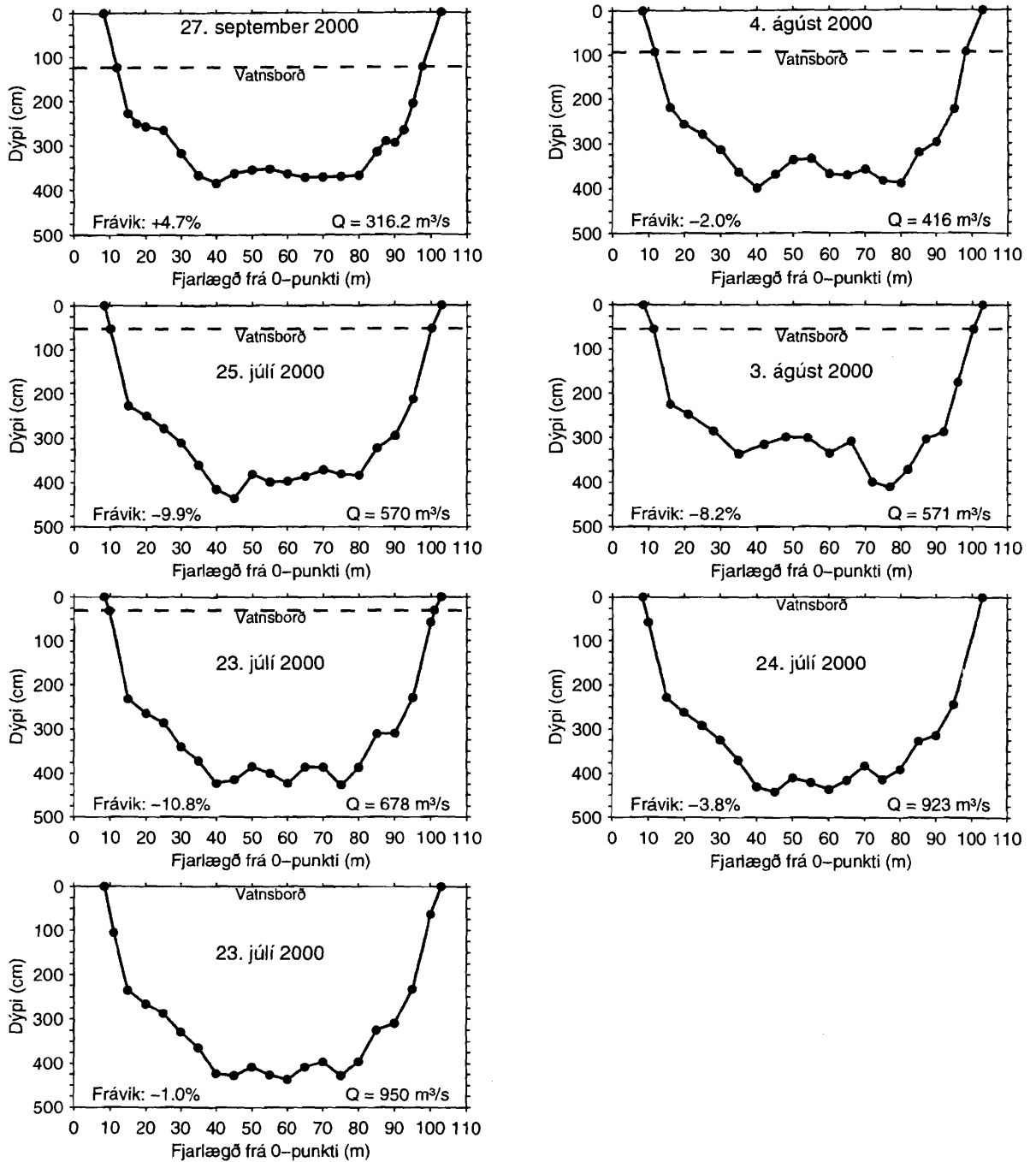
Rennslismælingar ársins 2000 voru síðan bornar saman við rennslismælingar við Hjarðarhaga frá árunum 1995 til 1999 (mynd 6). Til samanburðar eru mælingar til og með árinu 1994 sýndar á mynd 7, en þessar mælingar voru notaðar, þegar rennslislyklarnir voru gerðir síðla árs 1994.

Í ljós kemur að rennslismælingar árána 1995 til 1999 staðfesta í aðalatriðum þá fjórskiptingu, sem sagt var frá hér á undan. Í fyrsta rennslisluta, þ. e. þar sem rennsli er minna en 200 m³/s, falla mælingar á rennslislykil nr. 7 utan ein, sem fellur á rennslislykil nr. 6. Engin regla er hinsvegar á hlutunum á milli 200 og 550 m³/s rennslis, og gefa jafnvel einhverjar mælingar meira rennsli en rennslislykill nr. 7. Í þriðja hluta, sem inniheldur rennsli frá 550 til 900 m³/s, falla allar mælingar á lykil nr. 6, en aðeins tvær mælingar eru til við rennsli yfir 900 m³/s og lenda þær á eða við lykil nr. 7. Þessu til glöggvunar eru frávik rennslismælinga 1995–2000 frá meðallykli sömu mælinga sýnd á mynd 8 og sýna þau þennan breytileika á milli rennslisbila enn frekar.

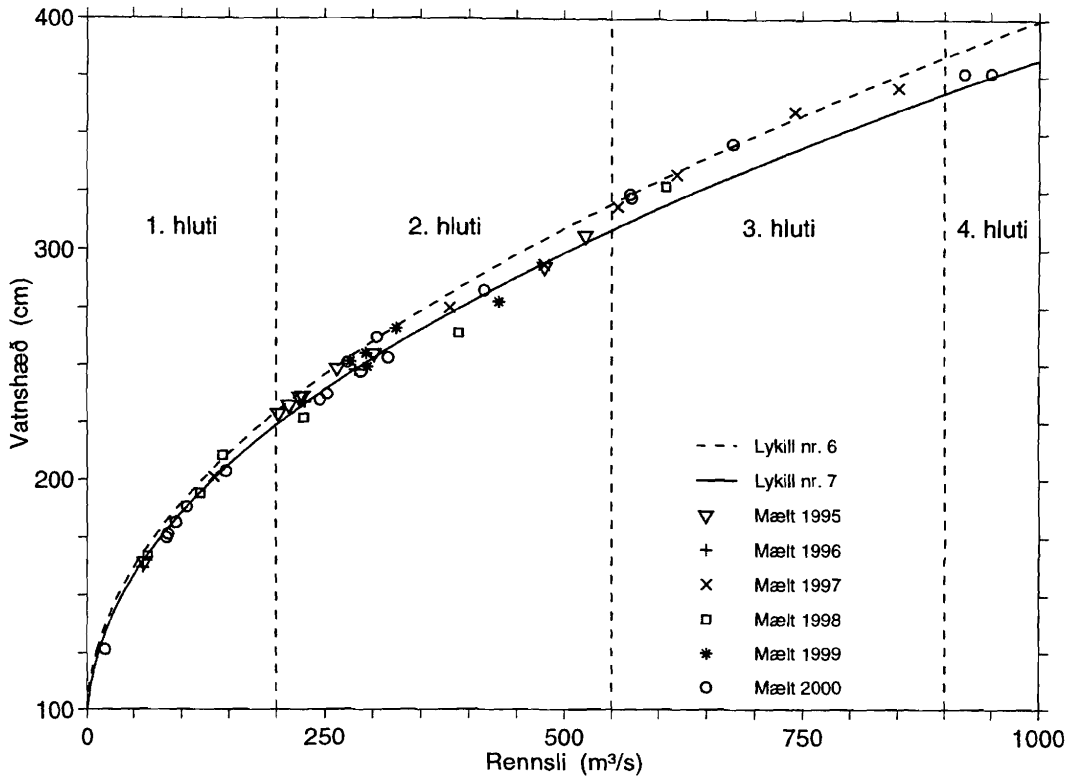
Þegar allar rennslismælingar fram að árinu 1995 eru skoðaðar, kemur í ljós, að tiltækar mælingar eru of fáar til að leyfa samanburð mælinga við lykila 6 og 7 innan hvers árs, þó að upplausn mælinganna sé nóg til þess að skoða breytileikann milli ára. Aðeins ein rennslismæling lendir á rennslisluta 3 og engin rennslismæling sýnir rennsli hærra en 900 m³/s (hluti 4). Við rennsli milli 200 og 550 m³/s er tiltölulega jöfn dreifing á milli lykila 6 og 7 eins og í rennslismælingum eftir 1994. Samskonar flökt á milli rennslislykla sést við rennsli minna en 200 m³/s (mynd 7) og er það frábrugðið mælingum eftir 1994 þar sem mælingar falla allar nema ein mæling frá 1998 á lykil 7 (mynd 6). Flestar rennslismælingarnar á síðara tímabilinu voru gerðar innan sama ársins, þ. e. ársins 2000. Hugsanlegt er að ástæðan fyrir því hve afgerandi þær mælingar raða sér á lykil 7 sé einmitt sú að innan hvers árs sé ákveðið ástand ríkjandi, sem að hluta til ráði á hvorn lykil rennslismælingar raða sér. Annað ástand er hugsanlega ríkjandi fyrir næsta ár sem gerir samanburð á milli ára erfiðan þó að ágætur samanburður ríki innan hvers árs. Þetta samband þarf að skoða frekar með fleiri rennslismælingum.



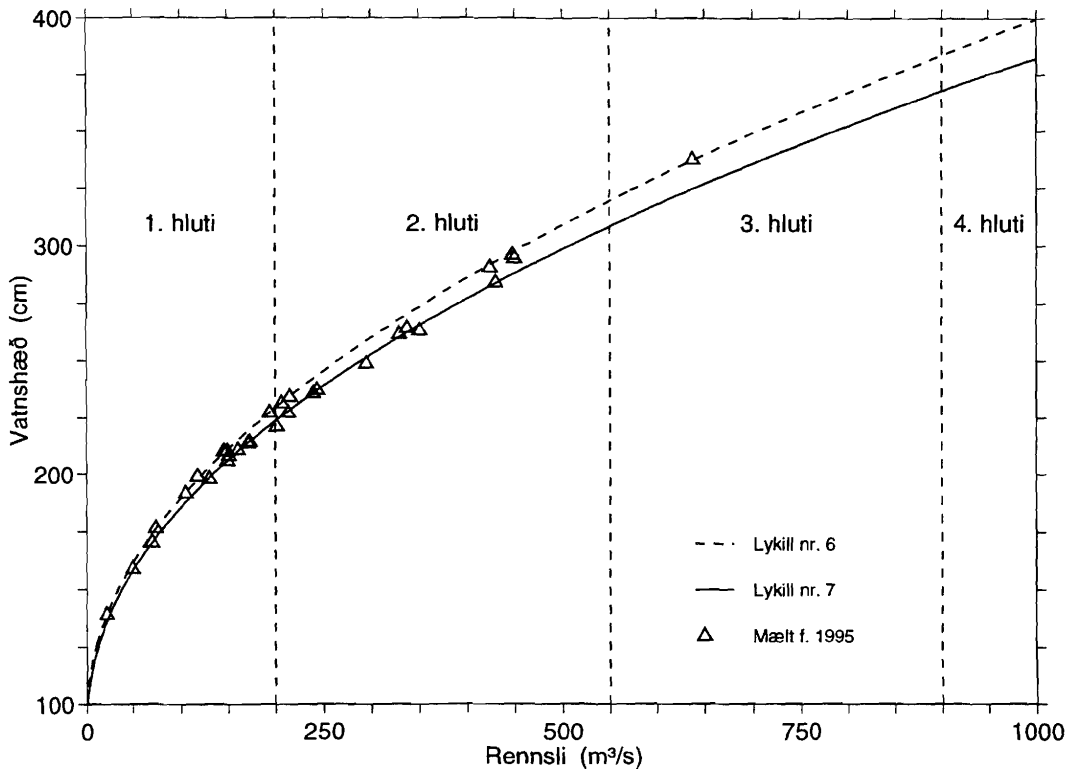
Mynd 4: Tíu dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir nýrri kláfnum.



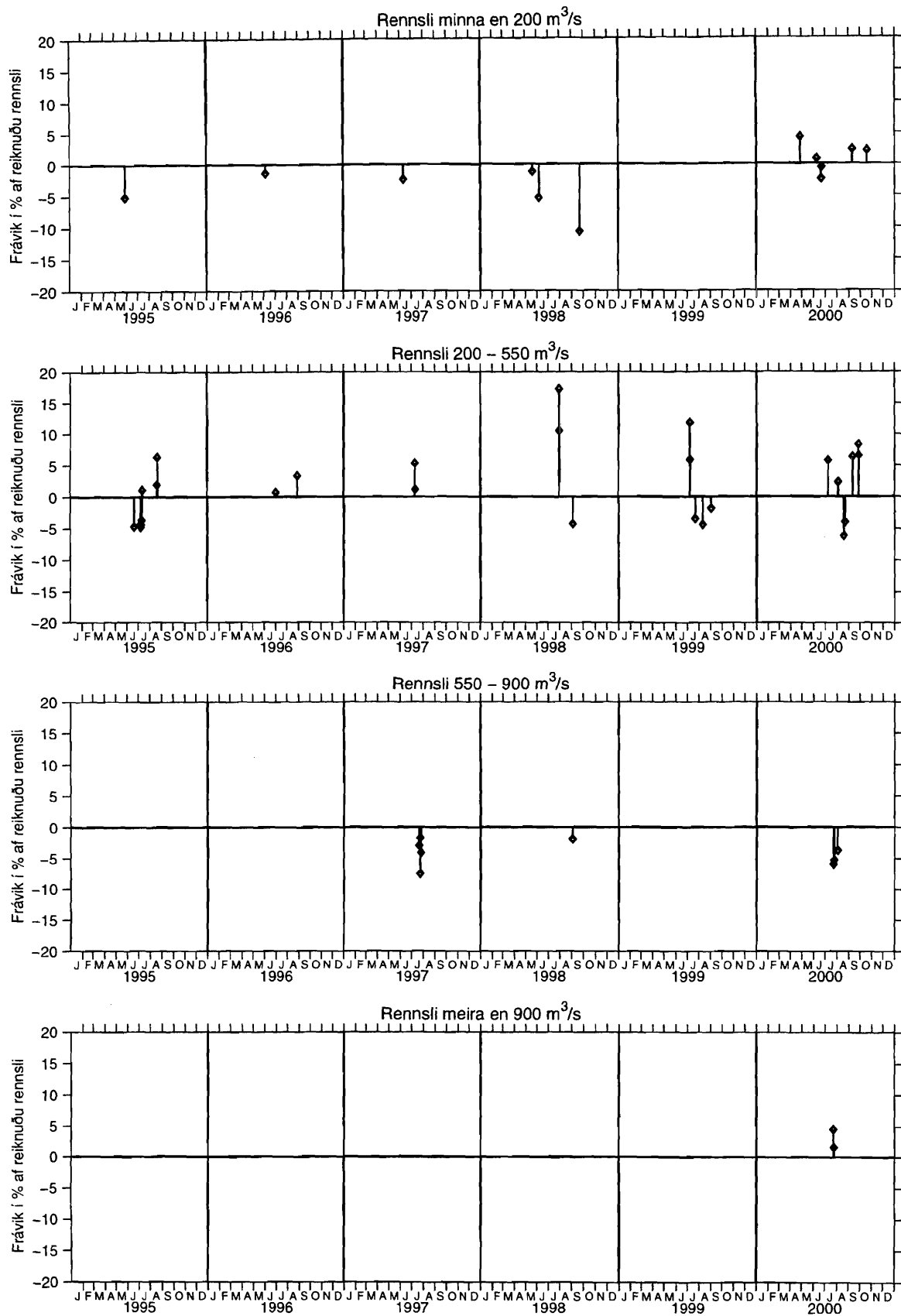
Mynd 5: Sjò dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir nýrri kláfnum.



Mynd 6: Rennslismælingar við Hjarðarhaga 1995–2000 ásamt lyklum 6 og 7.



Mynd 7: Rennslismælingar við Hjarðarhaga fyrir 1995 ásamt lyklum 6 og 7.



Mynd 8: Frávik rennismælinga 1995–2000 frá meðallykli sömu mælinga.

3 Svifaursmælingar

3.1 Samanburður á svifaursstyrk við brúna og kláfinn hjá Hjarðarhaga

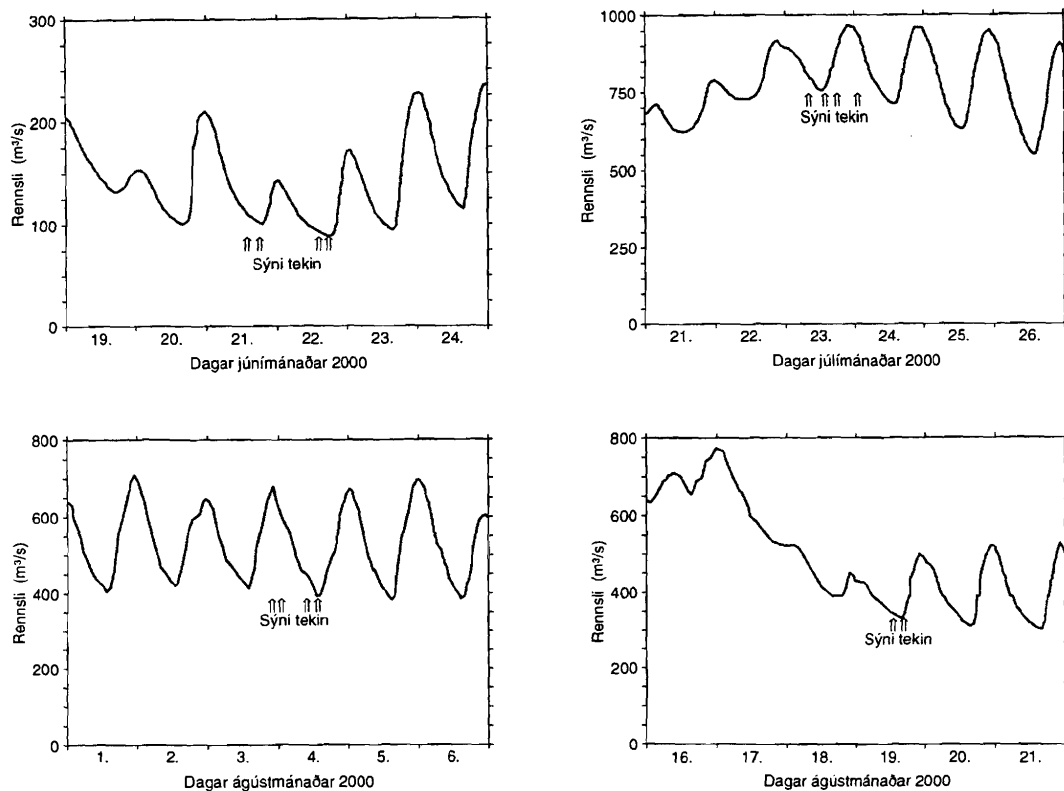
Á undanfórnum árum hefur verið sýnt fram á í nokkrum skýrslum Orkustofnunar, að sýnataka úr Jökulsá á Dal af brúnum við Hjarðarhaga og Brú með hefðbundnum S49 sýnataka er erfiðleikum bundin vegna straumhraða og iðukasta (t. d. Svanur Pálsson og Sigfinnur Snorrason 1996; Haukur Tómasson o. fl. 1996; Svanur Pálsson o. fl. 2000). Þessar aðstæður valda því, að sýnatakinn berst með straumnum og kemst ekki niður undir botn nema þegar rennsli er lítið. Grófur svifaur safnast því ekki sem skyldi í sýnatakann, þar sem vitað er, að grófasti hlutinn heldur sig frekar neðan til í dýptarsniðinu en ofar. Jafnframt hefur orðið að notast við þröngan inntaksstút (2 mm) í sýnatakanum, til þess að sýnaflöskurnar yfirfyllist ekki. Það eykur enn á óvissuna um það, hvort grófur aur skilar sér sem skyldi í sýnin. Í sýnataka P61 er hins vegar notaður 4,5 mm víður stútur, jafnframt því að hægt er að opna og loka fyrir innrennslið með rafboðum. Sýnatakinn er því látinn síga niður á botninn, síðan er opnað og sýnatakinn dreginn upp.

Við Hjarðarhaga voru nú eins og í fyrri samanburðarmælingum tekin hefðbundin sýni frá brúnni með sýnataka S49 og um svipað leyti var tekið sýni með P61 frá mælikláfnum, sem er um 2 km neðar á ánni. Síðar talda sýnið var tekið á nokkrum stöðum á þversniðinu. Saman mynduðu sýnin pör, sem nota má sem efnivið til þess að endurmeta mæligildi hefðbundinna sýna frá brúnni. Sýnatakan fór fram í 9 lotum og voru alls tekin 52 sýni eða 26 pör. Fyrstu sýnin voru tekin 21. júní og þau síðustu 20. október. Sýnatakan vék aðeins frá þeirri áætlun, sem gerð var í upphafi, vegna bilunar í mælikláfnum. Var því farið oftar á staðinn en áætlað hafði verið, en í staðinn var aðeins fyrri hluti sýnatökunnar endurtekinn nokkrum sinnum.

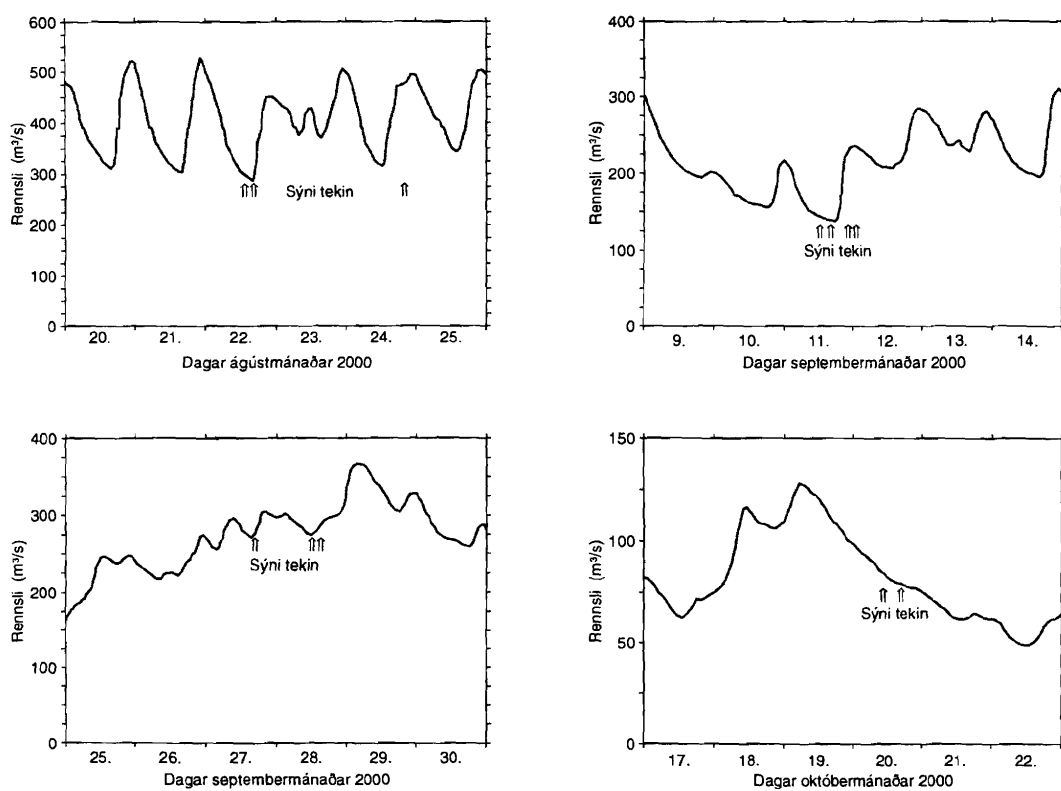
Á myndum 9 og 10 hér á eftir eru sýndir rennslisferlar Jökulsár á Dal við Hjarðarhaga samkvæmt rennslislykli nr. 7, þegar sýnapörin voru tekin. Hver mynd er sett saman úr fjórum smámyndum, sem sýna rennslið á nokkurra daga tímabili, svo að hægt sé að glöggva sig á dagsveiflum.

Mynd 9 er sú fyrri þessara mynda. Á fyrstu smámynd er sýnt rennsli Jökulsár á Dal dagana 19.–24. júlí, en alls voru tekin fjögur sýnapör dagana 21. og 22. júní. Sýnapörin voru öll tekin rétt fyrir lágmark dagsveiflu, en rennslið var þá í lægra lagi miðað við dagana á undan. Önnur smámynd sýnir rennslið dagana 21.–26. júlí, en dagana 23. og 24. júlí voru tekin 4 sýnapör. Þau dreifast vel á dagsveifluna, en rennsli var þá með mesta móti. Á þriðju smámynd er sýnt rennslið 1.–6. ágúst. Á þeim tíma voru tekin fjögur pör, sem dreifast allvel á dagsveiflu. Þessa daga hafa dagsveiflur verið miklar og jafnar. Á fjórðu smámynd er sýnt rennslið 16.–21. ágúst. Þann 19. voru tekin tvö pör, bæði nærri lágmarki dagsveiflu, en dagana á undan hefur rennslið farið minnkandi og dagsveiflur verið litlar.

Mynd 10 er sú seinni þessara mynda. Fyrsta smámynd sýnir rennslið 20.–25. ágúst. Á þeim tíma, þ. e. 22. og 24. ágúst, voru tvær sýnatökulotur með þremur sýnapörum, en hér er lítið svo á að um tvær lotur sé að ræða ef einn eða fleiri dagar eru á milli þess að sýni séu tekin. Á annarri smámynd er sýnt rennslið 9.–14. september. Þann 11. og 12. voru tekin fjögur pör, tvö nærri lágmarki og tvö nærri hámarki dagsveiflu. Þriðja



Mynd 9: Rennsli Jökulsár við Hjarðarhaga nærri sýnatöku í júní-ágúst 2000.



Mynd 10: Rennsli Jökulsár við Hjarðarhaga nærri sýnatöku í ágúst-október 2000.

smámynd sýnir rennslið 25.–30. september, en þrjú sýnapör voru tekin 27. og 28. september. Þegar þessi tími er kominn, eru dagsveiflurnar orðnar litlar og óreglulegar. Tvö síðustu sýnapörin voru tekin 20. október, og er rennslið 17.–22. október sýnt á fjórðu smámyndinni.

Sýnin voru kornastærðargreind á aurburðarrannsóknarstofu Vatnamælinga Orkustofnunar, þar sem efni fínna en $63 \mu\text{m}$ var mælt með setvogarmælingu, en grófara efni með sigtun. Einnig var fundinn heildarsvifaurstyrkur og styrkur uppleystra efna. Til þess að einfalda úrvinnslu gagnanna var kornastærðarferli hvers sýnis skipt niður í fimm flokka, sem sýndir eru í töflu 1, en niðurstöður svifaursmælinganna eru sýndar í töflu 2.

Tafla 1: Kornastærðarflokkar svifaur.

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

Til þess að átta sig á breytileika sýna, sem tekin voru með hefðbundnum hætti með S49 sýnataka, og sýna, sem tekin voru af kláfnum með P61 sýnataka, var hlutfallið á milli bæði heildarsvifaurstyrks og styrks svifaur af einstökum kornastærðarflokkum reiknað út fyrir hvert sýnapar. Á mynd 11 eru þessi hlutföll borin saman við rennsli. Ekki er að sjá nein ótvíræð tengsl við rennsli, en hlutfallið á milli P61 og S49 sýna er greinilega yfir einum fyrir heildarsvifaurstyrk og grófustu kornastærðarflokkana. Dreifing hlutfallsins er einnig meiri eftir því sem um grófara efni er að ræða, þannig að töluvert fleiri sýnapör í grófari kornastærðarflokkunum hafa hærri aurstyrk í P61 sýninu, en S49 sýninu. Á það sér í lagi við grófasta kornastærðarflokkinn með svifaur $>0,2$ mm. Þetta bendir eindregið til þess að P61 sýnatakinn nái betur en S49 sýnatakinn að safna í sig grófasta efninu, sem berst fram niðri við botn. Hins vegar er mjög lítil munur á hlutfalli aurstyrks í tveimur fínustu kornastærðarflokkunum (leir og mélu) á milli sýnataka, sem sýnir að fína efnið er vel upphrært í gegnum allan vatnsbolinn.

Á mynd 12 má sjá fylgni svifaurstyrks hinna ýmsu kornastærðarflokka við rennsli. Áberandi er góð fylgni á milli rennslis og heildaraurstyrks, grófmós, fínmós og mélu ($r=0,92-0,96$), en verri fylgni (ca. 0,7) á milli rennslis og kornastærðarflokkanna sands og leirs. Hallatala þessara síðasttöldu kornastærðarflokka er einnig nokkuð lægri, sem bendir til að svifaurstyrkur þeirra aukist ekki jafnmikið við aukið rennsli og hinna kornastærðarflokkanna. Ástæða fyrir þessari lægri fylgni leirs og sands við rennsli á væntanlega rætur að rekja til eðlisþátta efnisins. Þegar ákveðnu rennsli er náð, er allur svifaur af kornastærðinni leir ($<0,002$ mm) þegar í upplausn og orðinn tiltölulega jafndreifður um vatnsbolinn. Því eykst leirstyrkur ekki frekar við enn hærri rennsli. Grófasti hluti svifaurins, þ. e. sandur, þarf hins vegar töluvert meira rennsli til þess að haldast á lofti í vatnsbolnum. Á mynd 12 og í töflu 2 má sjá, að við Hjarðarhaga

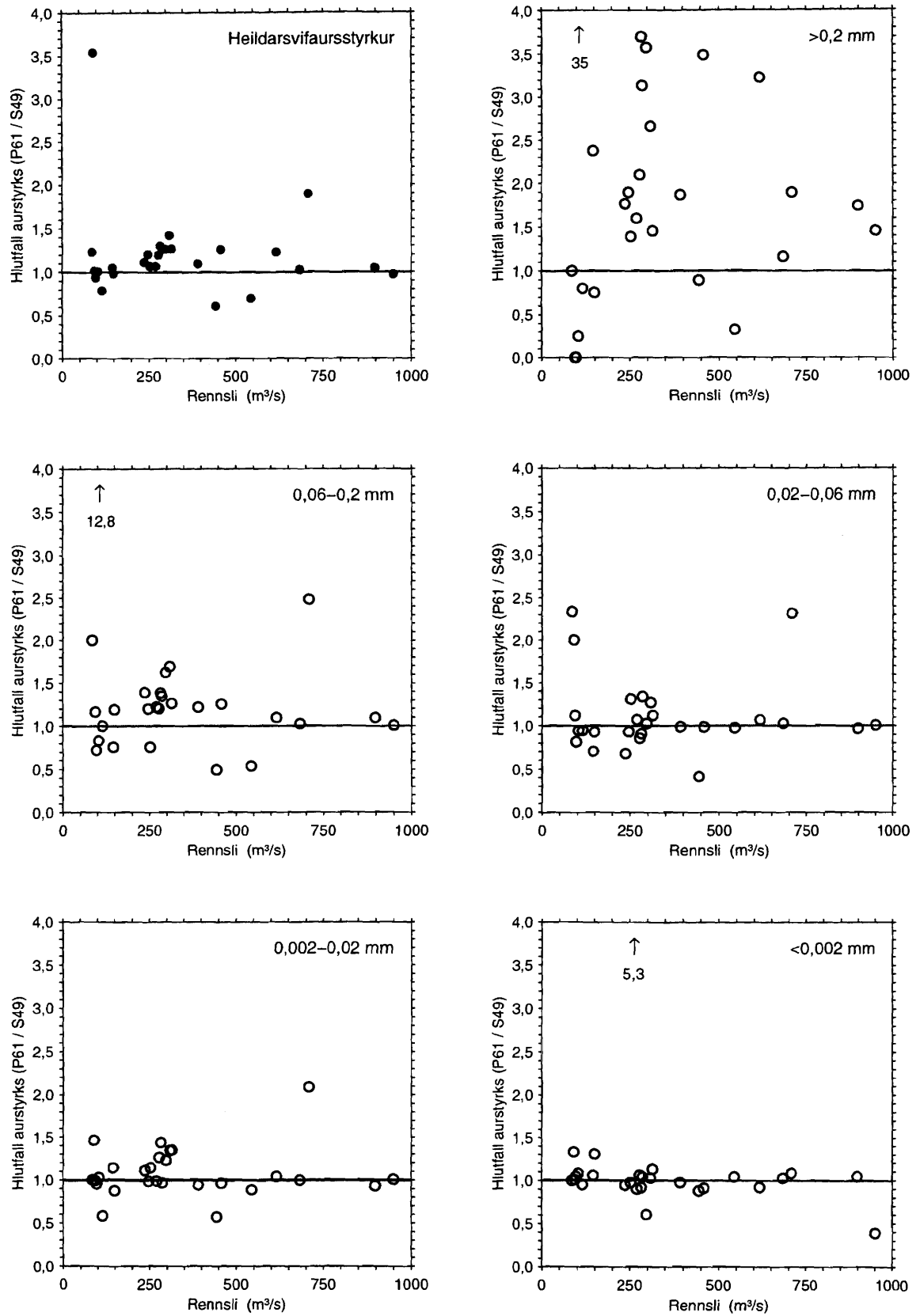
Tafla 2: Niðurstöður svifaursmælinga á sýnum teknum frá kláfnum og brúnni.

Dagsetning	Klukkan	Rennsli m ³ /s	Aur- styrkur mg/l	Kornastærð mg/l					Stærstu korn mm	Sýna- taki
				<0,002 mm	0,002-0,02 mm	0,02-0,06 mm	0,06-0,2 mm	>0,2 mm		
2000.06.21	13:30	115	366	101	120	88	51	4	0,5	P61
2000.06.21	13:40	115	465	107	209	93	51	5	1,0	S49
2000.06.21	18:00	104	426	119	213	68	25	1	0,3	P61
2000.06.21	18:10	104	422	110	107	72	30	4	0,7	S49
2000.06.22	14:00	97	296	113	121	44	18	0	0,4	P61
2000.06.22	14:10	97	316	108	127	54	25	3	0,7	S49
2000.06.22	17:30	94	301	120	120	39	21	0	0,7	P61
2000.06.22	17:40	94	296	119	121	35	18	3	0,5	S49
2000.07.08	11:45	253	762	175	252	122	114	99	1,8	P61
2000.07.08	11:40	253	715	179	221	93	150	71	1,0	S49
2000.07.23	08:50	708	2935	470	968	646	616	235	1,6	P61
2000.07.23	08:25	708	1547	433	464	279	248	124	1,3	S49
2000.07.23	13:40	683	2929	586	996	586	498	264	1,2	P61
2000.07.23	13:15	683	2853	571	999	571	485	228	1,6	S49
2000.07.23	17:45	898	3433	584	858	858	790	343	1,5	P61
2000.07.23	17:30	898	3281	558	919	886	722	197	0,9	S49
2000.07.24	00:15	950	3460	138	934	1038	1038	311	1,5	P61
2000.07.24	00:15	950	3562	356	926	1033	1033	214	0,8	S49
2000.08.03	21:45	616	3163	190	696	822	791	664	2,5	P61
2000.08.03	23:00	616	2572	206	669	772	720	206	1,1	S49
2000.08.04	01:00	544	1868	168	523	523	504	149	1,1	P61
2000.08.04	01:00	544	2679	161	590	536	938	455	2,5	S49
2000.08.04	09:30	444	808	186	210	121	137	154	1,3	P61
2000.08.04	09:30	444	1319	211	369	290	277	171	1,8	S49
2000.08.04	13:20	392	1392	223	418	251	264	237	1,4	P61
2000.08.04	13:30	392	1268	228	444	254	216	127	1,5	S49
2000.08.19	13:00	315	800	136	264	128	144	128	1,2	P61
2000.08.19	13:00	315	631	120	196	114	114	88	1,0	S49
2000.08.19	16:55	309	884	141	292	159	159	133	1,5	P61
2000.08.19	16:50	309	623	137	218	125	94	50	1,0	S49
2000.08.22	13:36	278	1064	170	426	160	160	149	2,6	P61
2000.08.22	13:10	278	889	160	338	187	133	71	1,1	S49
2000.08.22	16:22	270	932	158	345	168	149	112	1,0	P61
2000.08.22	16:20	270	873	175	349	157	122	70	1,1	S49

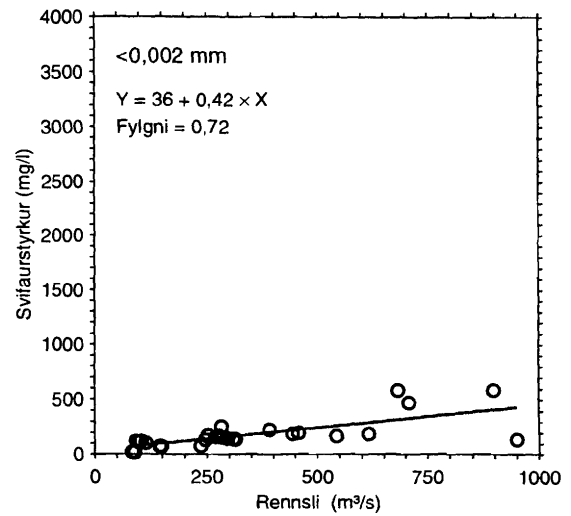
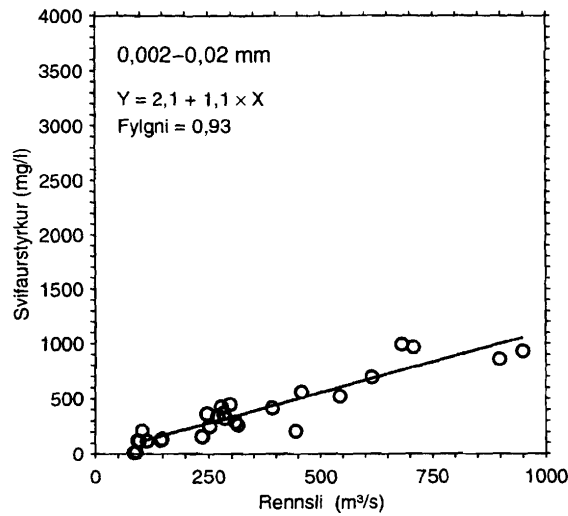
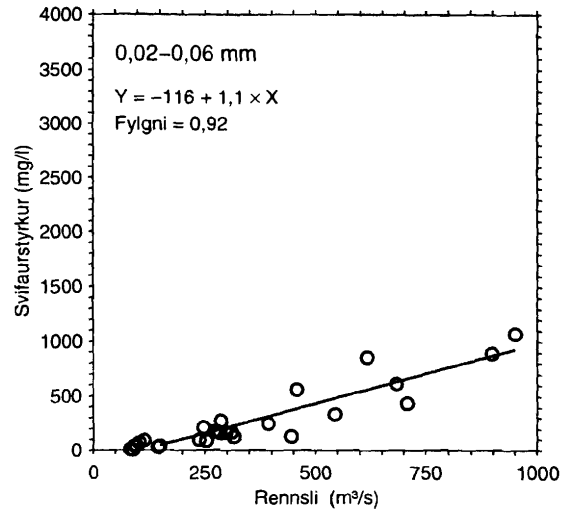
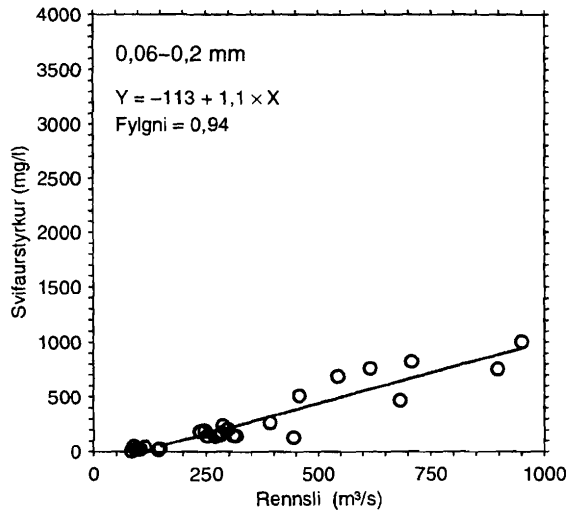
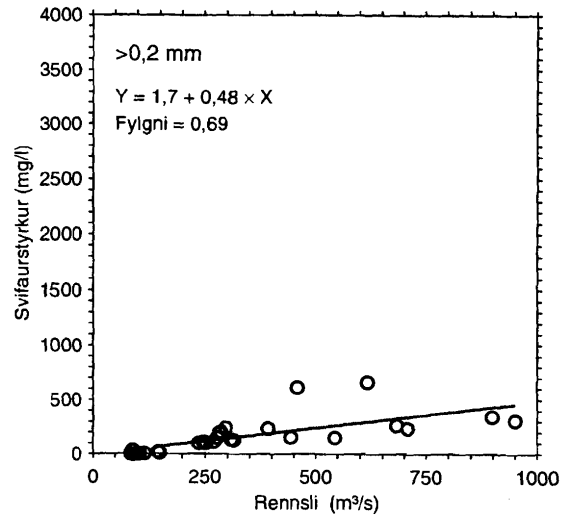
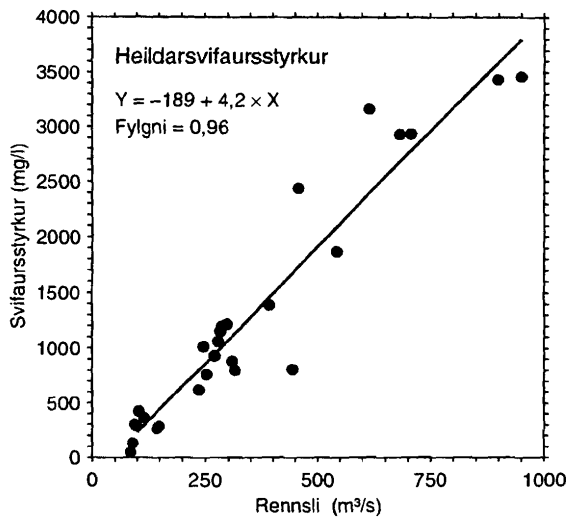
Dagsetning	Klukkan	Rennsli m ³ /s	Aur- styrkur mg/l	Kornastærð mg/l					Stærstu korn mm	Sýna- taki
				<0,002 mm	0,002-0,02 mm	0,02-0,06 mm	0,06-0,2 mm	>0,2 mm		
2000.08.24	20:03	458	2440	195	561	537	537	610	1,1	P61
2000.08.24	19:30	458	1942	214	583	544	427	175	1,3	S49
2000.09.11	12:15	149	283	68	136	40	31	9	0,7	P61
2000.09.11	12:50	149	287	52	155	43	26	12	0,9	S49
2000.09.11	15:25	146	266	72	128	29	19	19	0,6	P61
2000.09.11	16:15	146	253	68	112	40	25	8	0,7	S49
2000.09.11	22:25	237	620	74	161	99	186	99	1,0	P61
2000.09.11	22:00	237	557	78	145	145	134	56	0,9	S49
2000.09.12	00:42	247	1016	132	366	213	193	112	1,0	P61
2000.09.12	01:15	247	844	25	372	228	161	59	0,8	S49
2000.09.27	16:30	286	1200	156	324	276	240	204	1,2	P61
2000.09.27	17:00	286	934	150	336	206	177	65	1,0	S49
2000.09.28	12:10	283	1155	254	370	162	173	196	1,3	P61
2000.09.28	11:50	283	889	276	258	178	124	53	1,1	S49
2000.09.28	14:50	297	1216	146	450	158	219	243	2,5	P61
2000.09.28	15:25	297	965	241	367	154	135	68	0,8	S49
2000.10.20	10:30	90	131	20	19	6	51	35	0,9	P61
2000.10.20	11:00	90	37	15	13	3	4	1	0,7	S49
2000.10.20	16:30	85	48	21	12	7	6	1	0,5	P61
2000.10.20	17:55	85	39	21	12	3	3	1	0,7	S49

virðist þetta rennsli þurfa að vera meira en 200 m³/s, þar sem lítið sem ekkert er af sandi í sýnum, sem safnað er við lægra rennsli en 200 m³/s, en í sýnum teknum við hærra rennsli er sandstyrkurinn mun meiri. Í fyrri punktsýnamælingum svifauurs við Hjarðarhaga sást, að sandflutningur er langmestur við botn og jafnframt virtist sandurinn berast fram í púlsum (sbr. Svanur Pálsson og Ásgeir Gunnarsson 1998 og 1999). Þessi breytileiki sandflutningsins hefur líklega þau áhrif, að fylgni rennslis við sand er minni en við hina kornastærðarflokkana, ef frá er talinn leir.

Þessi mikla fylgni aurstyrks við rennsli, sem hér sést fyrir árið 2000 (mynd 12), hefur ekki sést áður í gögnum frá Hjarðarhaga. Þar skiptir líklega mestu máli, að P61-sýnin hafa ekki áður verið tekin út úr gagnasafninu og skoðuð sérstaklega, en hingað til hefur fjöldi P61-sýna, sem tekin hafa verið jafndreift yfir þversniðið, verið ónógur til þess að gera slíkan samanburð. Mun meiri dreifing svifauursstyrks með rennsli í eldri gögnum er því að mestu leyti tilkomin vegna þess að sýnin eru tekin með mismunandi sýnatökuaðferðum og á tveimur sýnatökustöðum, en þessir þættir skipta verulegu máli fyrir dreifingu svifauursstyrks sýnanna með rennsli. Það að fjöldi sýnanna fyrir árið 2000 er nógur til þess að skoða styrkbreytingar með rennsli innan eins árs, getur líka haft þau áhrif, að fylgnin sé meiri, þar sem þættir eins og framgangur í jökli og flóð í ánni geta haft áhrif á heildaraur, sem áin hefur kost á að bera fram hvert ár fyrir sig, og valdið verri samanburði milli ára fyrir vikið.



Mynd 11: Hlutföll svifaursstyrks, sýni tekin í P61/S49.



Mynd 12: Tengsl rennslis og styrks svifaurs af mismunandi kornastærðarflokkum, P61-sýni.

Í ljósi þessara niðurstaðna þarf að skoða frekar hvort hægt sé að nota samband svifaursstyrks í mg/l með rennsli við endurreikning aurframburðar aftur í tímann í stað þess að nota aurburðarlykla, sem byggja á fylgni rennslis og heildarsvifaurs í kg/s. Í slíkum lyklum er ekki um tvö óháð gildi að ræða og því verður fylgnin heldur meiri en frumgögn gefa til kynna.

3.2 Samanburður á svifaursstyrk við Brú og Hjarðarhaga

Til þess að fá gleggri mynd af heildarsvifaursframburði í Jökulsá á Dal voru borin saman svifaursýni, sem tekin voru frá Brú og Hjarðarhaga. Alls fengust 4 sýnapör frá Brú og Hjarðarhaga, þar sem tímamunur á milli sýnatöku á þessum stöðum telst viðunandi til þess að um samanburð geti verið að ræða, en rennslistoppur er 3–5 klukkustundir á leiðinni frá Brú niður að Hjarðarhaga. Niðurstöður mælinga á svifaur í þessum pörum eru sýndar í töflu 3. Eins og við er að búast, var rennslið alltaf hærra við Hjarðarhaga, enda rennur fjöldinn allur af minni ám út í Jökulsá á Dal á milli sýnatökustaðanna. Hins vegar hefur verið gert ráð fyrir, að framburður sé álíka mikill á við Brú og Hjarðarhaga, þar sem ekki er mikill framburður í þeim ám, sem renna út í Jöklu á þessu svæði, eða til staðar víðáttumiklar eyrar, þar sem set getur sest til. Svifaursstyrkurinn var hins vegar hærri við Hjarðarhaga í þremur af þessum fjórum pörum, sem verður því að teljast óeðlilegt. Af svo fáum samanburðarmælingum er engar ályktanir hægt að draga, en þess má geta, að í gagnasafni Orkustofnunar um aurburð er til talsvert af gögnum, sem nota má til slíkra athugana, og eru þau dregin fram í annarri skýrslu Orkustofnunar (Svanur Pálsson o. fl. 2000).

Tafla 3: Sýnapör tekin við Brú og Hjarðarhaga sumarið 2000.

Tökustaður	Dagsetning	Klukkan	Rennsli m ³ /s	Heildarsvifaurs- styrkur (mg/l)
Brú	2000.07.23	16:35	834	3594
Hjarðarhagi	2000.07.23	17:30	898	3281
Brú	2000.08.22	12:15	263	688
Hjarðarhagi	2000.08.22	16:20	270	873
Brú	2000.09.11	17:00	160	397
Hjarðarhagi	2000.09.11	22:00	237	557
Brú	2000.09.28	11:00	256	958
Hjarðarhagi	2000.09.28	15:25	297	965

4 Niðurstöður

4.1 Rennslismælingar

Þær 18 rennslismælingar, sem gerðar voru í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga sumarið 2000, staðfesta fyrri niðurstöður frá sama stað (Páll Jónsson o. fl. 1999), en þær sýndu, að rennsli árinna sveiflast á milli tveggja þrepa, sem rennslislyklar 6 og 7 afmarka. Í þessari skýrslu er þetta samband skýrt frekar og sést, að hægt er að skipta athugunum sumarsins 2000 í fjóra hluta eftir rennsli árinna:

1. Rennsli minna en $200 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Rennsli fá 200 til $550 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Rennsli frá 550 til $900 \text{ m}^3/\text{s}$.
4. Rennsli yfir $900 \text{ m}^3/\text{s}$.

Við lágsta rennslið er lykill 7 í gildi og ráðandi þversnið mjög stöðugt. Þegar rennsli mælist á bilinu $200\text{--}550 \text{ m}^3/\text{s}$ sveiflast rennsli á milli lykla 6 og 7 og ekkert samhengi virðist vera á milli dýpis undir kláfi og rennslis. Við rennsli frá 550 til $900 \text{ m}^3/\text{s}$ lenda hinsvegar þær þrjár mælingar, sem gerðar voru árið 2000, á lykli 6. Tvær rennslismælingar náðust við rennsli yfir $900 \text{ m}^3/\text{s}$ og féllu þær báðar á rennslislykil 7.

Mælingar frá 1995–2000 raða sér á sama hátt á milli rennslislykla 6 og 7, en mælingar frá árunum 1964 til og með 1994 sýna annars konar dreifingu. Þar sveiflast mælingar við lágt rennsli ($<200 \text{ m}^3/\text{s}$) á milli rennslislykla 6 og 7 eins og við rennsli á bilinu 200 til $550 \text{ m}^3/\text{s}$. Mögulegt er, að þarna ráði að hluta til fjöldi mælinga innan hvers árs nokkru. Mælingar eftir 1994 við lágsta rennsli eru flestar frá árinu 2000 og er hugsanlegt, að ákveðið rennslisástand hafi verið ríkjandi það árið, sem hefur raðað öllum 2000 mælingum á lykil 7. Sama ástand þarf ekki að hafa verið ríkjandi öll ár.

Greinilegt er út frá þversniðum undir kláfnum við Hjarðarhaga, að miklar breytingar verða á farveginum yfir sumarið. Farvegurinn virðist vera dýpstur við hæsta rennslið, en grynstur þegar rennslið er minnst ($<200 \text{ m}^3/\text{s}$).

Niðurstöðurnar sýna, að nauðsynlegt er að endurskoða rennslisgögn frá Hjarðarhaga m. t. t. rennslislykla 6 og 7, svo og í tengslum við straumfræðilíkan Vatnaskila, sem nú er í vinnslu.

4.2 Svifaursmælingar

Tvenns konar sýnapörum var safnað sumarið 2000. Annars vegar voru tekin sýnapör af hefðbundnum sýnatökustað við brúna við Hjarðarhaga og af rafdrifna kláfnum, sem er um 2 km neðar með ánni, og hinsvegar sýnapör við Hjarðarhaga og af hefðbundnum sýnatökustað við brúna við bæinn Brú á Efri-Jökuldal. Niðurstöður kornastærðarmælinga þessara sýnapara bætast við samsvarandi niðurstöður sem safnað hefur verið á allra síðustu árum úr Jökulsá á Dal og hafa þær verið notaðar í skýrslu Svans Pálssonar o. fl. frá árinu 2000 um endurmat á aurburði árinna.

4.2.1 Sýnapör frá Hjarðarhaga

Þegar hlutfall P61 og S49 sýna er borið saman við rennsli, sjást engin ótvíræð tengsl við það. Hinsvegar er greinilegt, að hlutfallið P61/S49 er yfir 1 fyrir heildaraurstyrk og grófustu kornastærðarflokkana, sem sýnir að P61 sýnatakinn nær betur að safna grófasta hluta svifaursins en S49 sýnatakinn.

Greinilegt samband sést hinsvegar, þegar heildarsvifaursstyrkur (mg/l) og aurstyrkur hvers kornastærðarflokks fyrir sig í P61-sýnum er borinn saman við rennsli. Sérstaklega er fylgningin góð, eða yfir 0,92, fyrir heildarsvifaúr, gróf- og fín mó og mélu. Þessi mikla fylgning, sem ekki hefur sést áður í sýnum frá Hjarðarhaga, er líklega tilkomin vegna þess, að hér eru P61-sýnin fyrir eitt ár tekin út úr heildarsýnafjöldanum og þau skoðuð sérstaklega. Svo virðist sem hin mikla dreifing aurstyrks með rennsli, sem sést þegar öll sýni fyrir utan bakkasýni (S3-sýni) frá Hjarðarhaga eru notuð, sé að miklu leyti til komin vegna mismunandi sýnatökuaðferða og sýnatökustaða. Hinn mikla fylgning getur þó hugsanlega verið afmörkuð við hvert ár og aðrar aðstæður en beint rennsli valdið því, að samband aurburðar og rennslis breytist að einhverju leyti á milli ára. Slíkir þættir gætu t.d. verið jökulframgangur eða flóð sem gæti breytt magni tiltæks aurs innan vatnasviðsins. Þetta þarf að skoða nánar með frekari sýnatöku. Þessi mikla fylgning svifaursstyrks og rennslis P61-sýna gefur þó til kynna, að í framtíðinni gæti verið hægt að meta betur aurburð við Hjarðarhaga án þess að nota aurburðarlykla sem byggja á afleiddum svifaursframburði.

4.2.2 Sýnapör frá Brú og Hjarðarhaga

Frá árinu 2000 voru eingöngu borin saman fjögur sýnapör frá Hjarðarhaga og Brú og er það ónógur fjöldi til þess að draga miklar ályktanir um samband milli þessara sýnatökustaða. Hinsvegar bætast þessi sýni við samsvarandi sýnapör í gagnasafni Vatnamælinga Orkustofnunar um aurburð í Jökulsá á Dal, og má finna niðurstöður allra sýnaparanna í annarri skýrslu Orkustofnunar (Svanur Pálsson o. fl. 2000).

4.3 Framhald rannsókna við Hjarðarhaga

Í þessari skýrslu koma fram niðurstöður rennslis- og svifaursmælinga ársins 2000. Enn vantar þó betri samanburð aurburðar og rennslis, en samkvæmt þessum niðurstöðum er greinilegt samband milli ríkjandi rennslislykils, rennslis og farvegabreytinga. Samskonar mælingar og kynntar eru í þessari skýrslu voru gerðar árið 2001 og þegar niðurstöður þeirra bætast við gagnasafnið verður vonandi hægt að meta þetta samband frekar. Sérstaklega er talið nauðsynlegt að rannsaka breytingar á aurburði og rennsli í tengslum við straumfræðilíkan Vatnaskila, sem nú er í lokavinnslu.

Einnig er talið nauðsynlegt að tengja betur framburð svifaurs við skriðaur, sem er sá hluti aursins sem berst með botni. Mælingar á botnskriði í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga hafa verið gerðar sumrin 2000 og 2001 og er skýrsla um þær mælingar á lokastigi (Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen og Vatnamælingar Orkustofnunar, í drögum). Í þeirri skýrslu er aðaláherslan lögð á sjálfar skriðaursmælingarnar, en sambandið milli þeirra og svifaursins minna rannsakað enda takmörkuð gögn til um það. Mjög nauð-

synlegt væri að gera frekari samanburðarrannsóknir á þessum þáttum, til þess að unnt sé að meta enn betur heildaraurburð Jökulsár á Dal.

5 Heimildir

Páll Jónsson, Árni Snorrason og Svanur Pálsson 1999: *Breytingar á rennslislyklum í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga*. Orkustofnun OS-99106, 19 s.

Svanur Pálsson og Ásgeir Gunnarsson 1998: *Samanburðarmælingar á svifaur í Jökulsá á Dal 1998*. Orkustofnun, greinargerð, SvP-ÁG-98/06, 18 s.

Svanur Pálsson og Ásgeir Gunnarsson 1999: *Samanburðarmælingar á svifaur í Jökulsá á Dal 1999*. Orkustofnun, greinargerð, SvP-ÁG-99/02, 18 s.

Svanur Pálsson, Jórunn Harðardóttir og Guðmundur H. Vigfússon 2000: *Suspended sediment load of river Jökulsá á Dal at Hjarðarhagi*. Orkustofnun, OS-2000/070, 30 s.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen og Vatnamælingar Orkustofnun, óbirt gögn: *Botnskriðsmælingar við Jökulsá á Dal, Hjarðarhaga árin 2000 og 2001*.