

LV-2017-126
ORK-1702



Mælingar á aurburði og rennsli í Jökulkvísl árin 2015 og 2016

orkusalan 

 Landsvirkjun

Skýrsla LV nr: LV-2017-126, ORK 1702Dags: Desember 2017

Fjöldi síðna: 50

Upplag: 25

Dreifing:

-
- Opin
-
-
- Birt á vef
-
-
- Takmörkuð til

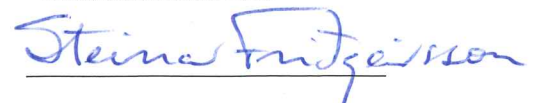
Titill: Mælingar á aurburði og rennsli í Jökulkvísl árin 2015 og 2016Höfundar /
fyrirtæki Esther Hlíðar Jensen, Davíð Egilsson, Svava Björk Þorláksdóttir, Snorri Zóphóniasson, Gunnar Sigurðsson / Veðurstofa ÍslandsVerkefnisstjóri: Helgi Jóhannesson verkefnisstjóri Landsvirkjunar, Steinar Friðgeirsson verkefnisstjóri Orkusölnunnar ehf. og Jörunn Harðardóttir verkefnisstjóri Veðurstofu ÍslandsUnnið fyrir: Landsvirkjun og Orkusölnuna ehf.

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Í skýrslunni er samantekt allra aurburðarferða sem farnar hafa verið á árunum 2015 og 2016 í Jökulkvísl. Fjöldi svifaursýna er 24 og skriðaurssýnin eru 350 en 67 þeirra hafa verið kornastærðargreind. Kornastærðareiginleikar eru skoðaðir fyrir bæði svifaur og skriðaur og framburðarlyklar fyrir hvern kornastærðarflokk svifaurs reiknaðir. Rennslismælingar í Jökulkvísl eru af skornum skammti svo byggja þurfti á reiknaðri rennslisröð út frá mælum við Þaula og Hólmsárfoss. Heildarframburður reiknast 1,38 milljón tonn á ári þar af 29% skriðaur. Svifaursframburður skv. árslykli er 0,97 milljón tonn á ári. Stærstur hluti svifaursframburðarins er sandur (>0,2 mm) kringum 45%. Fínefni reiknast um 30% af svifaursframburði. Túlkun á heildarframburði út frá lyklum verður að skoðast í ljósi óvissu í rennsli.

Lykilorð: Hólmsá, Jökulkvísl (v2281), Þauli (vhm577), Framgil (vhm468), sýnataka, svifaurslykill, skriðaurlykill, svifaursstyrkur, kornastærðarmælingar, skriðaurframburður, heildarframburður.

ISBN nr: _____

Samþykki verkefnisstjóra
LandsvirkjunarSamþykki verkefnisstjóra
Orkusölnunnar ehf.

LV-2017-126
ORK-1702

orkusalan 

 Landsvirkjun

Mælingar á aurburði og rennsli í Jökulkvísl árin 2015 og 2016

Höfundar:
Esther Hlíðar Jensen
Davíð Egilsson
Svava Björk Þorláksdóttir
Snorri Zóphóníasson
Gunnar Sigurðsson

**Veðurstofa
Íslands** 

Skýrsla VÍ-2017/015
ISSN 1670-8261

Desember 2017

Efnisyfirlit

Myndaskrá	6
Töfluskrá	7
1 Inngangur.....	9
2 Mat á rennsli í Jökulkvísl	12
2.1 Mælingar í Jökulkvísl og mat á rennsli	13
2.2 Úrkoma á vatnasviði Jökulkvísar	16
3 Aurburðarsýnataka og úrvinnsla	18
3.1 Tímasetning aurburðarsýna miðað við rennsli	19
3.2 Svifaurssýni	20
3.2.1 Sýnataka og kornastærðargreining	20
3.2.2 Svifaursslyklar.....	20
3.3 Skriðaurssýni	21
3.3.1 Sýnataka og kornastærðargreining	21
4 Niðurstöður aurburðarmælinga í Jökulkvísl.....	24
4.1 Niðurstöður svifaursmæling	24
4.1.1 Kornastærðargreining svifauris	32
4.1.2 Niðurstöður skriðaursmælinga.....	35
4.1.3 Kornastærðargreiningar skriðauris	37
4.2 Samanburður svifauris og skriðauris	40
5 Samantekt	42
6 Heimildir	45
Viðaukar, tölur og talnaefni.....	47
Viðauki 1	48
Viðauki 2	49

Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitskort af svæðinu með rennislismæli- og sýnatökustöðum	9
Mynd 2. Kort af vatnasviðum Hólmsár við Hólmsárfoss og Paula.....	11
Mynd 3. Gildandi rennislislyklar fyrir mælistaðinn við Paula	12
Mynd 4 Rennsli við Hólmsárfoss, Paula, Jökulkvísl skv. kafara og reiknað rennsli við Jökulkvísl, ásamt mældu rennsli við Jökulkvísl.....	14
Mynd 5 Myndir af Vatnshæðarmæli og staðsetningu loftþrýstingsmæli á brú.	15
Mynd 6 Rennsliruna með reiknuðu rennsli (gul lína) fyrir Jökulkvísl ásamt lykludu rennsli út frá mælingum kafara og rennislismælingum.....	16
Mynd 7. Rennslisraðir og úrkomuraðir gerðar með mismunandi aðferðum.....	17
Mynd 8. Ljósmyndir úr ferðum.....	18
Mynd 9. Rennsli Hólmsár við Paula og reiknað rennsli Jökulvklslar.....	19
Mynd 10. Meðaltímalengd sýnataka við botn, mælt meðalrennsli og meðalframburður á stöð.	22
Mynd 11 Vatnasvið Jökulkvíslar og Ytri-Bláfelssár.....	25
Mynd 12. Langæi dagsmeðalrennslis frá júlí 2015 loka desember 2016.....	27
Mynd 13 Samanburður á svifaurslyklum fyrir Jökulkvísl og Hólmsá.....	27
Mynd 14. Vensl svifaursframburðar og rennslis. Árslykill.....	29
Mynd 15 Jökulkvísl, vensl svifaursframburðar og rennslis. Vetrarlykill.....	29
Mynd 16 Jökulkvísl, vensl svifaursframburðar og rennslis. Sumarlykill.....	30
Mynd 17. Svifaurslyklar fyrir Framgil, Paula og Jökulkvísl.....	30
Mynd 18 Ársframburður í Jökulkvísl 2013–2016.....	31
Mynd 19. Kassagraf af dreifingu styrks svifaurs (mg/l) eftir kornastærðarflokkum.	32
Mynd 20. Meðalframburður svifaurs 2013–2016	34
Mynd 21. Skriðausframburður við Jökulkvísl, tímabilið 2015–2016.....	35
Mynd 22. Mældur framburður á hverri stöð flokkaður eftir rennslisbilum.....	36
Mynd 23. Skriðauslykill fyrir sýni tekin 2013–2016 í Jökulkvísl.	37
Mynd 24. Kassagröf af kornastærðareiginleikum skriðaus, meðalstærð, aðgreiningu, skakka og topplögun flokkað eftir stöðvum.	38
Mynd 25. Vensl meðalstærðar og aðgreiningar og skakka og aðgreiningar	39
Mynd 26. Samanburður skriðaus- og svifaursframburðar í sýnatökuferðum í Jökulkvísl árin 2013–2014.....	41
Mynd 27 Svifaurslyklar í nokkrum íslenskum ám.	43

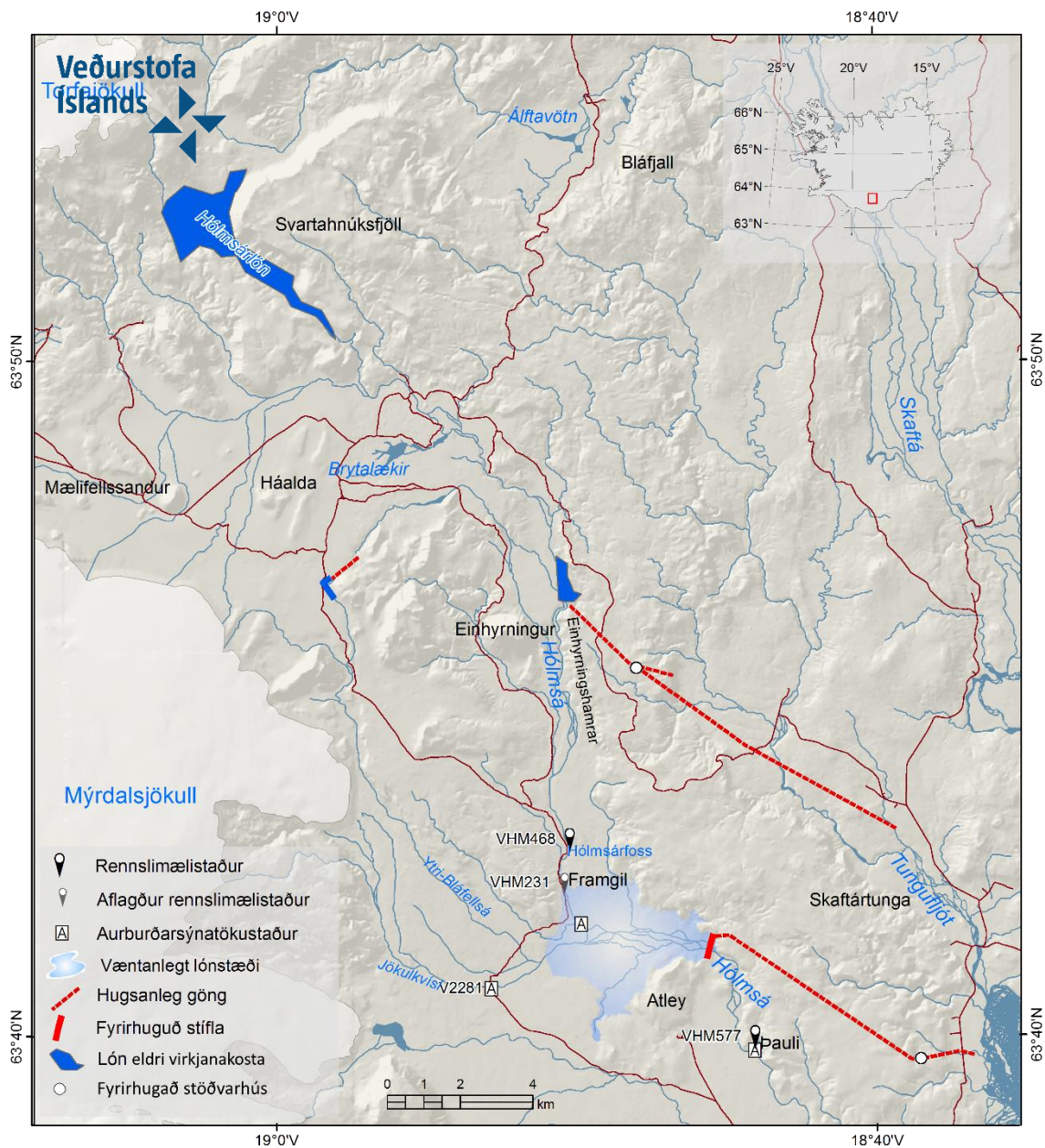
Töfluskra

Tafla 1. Rennslismælingar við Þaula 2015 notaðar í rennslislykil.	13
Tafla 2 Rennslismælingar í Jökulkvísl 2015–2016	13
Tafla 3 Úrkoma og hiti á vatnsviði Jökulskvísar 2015–2016	16
Tafla 4. Fjöldi og gerð aurburðarsýna sem tekin voru í Jökulkvísl árið 2015 og 2016.	19
Tafla 5. Kornastærðarflokkar svifaurs.....	20
Tafla 6. Fjöldi skriðaurssýna ásamt meðalframburði og niðurstöðu rennslismælingar í sýnatöku.....	22
Tafla 7. Samanburður stærða í mm og í ϕ -gildum og heiti kornastærðarflokka	23
Tafla 8 Skýringar á tölfræðlegum eiginleikum kornastærðargreiningar	24
Tafla 9. Niðurstöður kornastærðarmælinga á svifaurskýnum úr Jökulkvísl árin 2015–2016, ásamt sýni úr Ytri Bláfellsá.	26
Tafla 10. Helstu einkenni svifaurslyklanna.	28
Tafla 11. Samanburður á reiknuðum svifaursframburði frá mismunandi stöðum.	31
Tafla 12. Dreifing styrks eftir kornastærðum	33
Tafla 13. Helstu einkenni svifaurslykla kornastærðarflokka.....	33
Tafla 14. Samanburður á reiknuðum hluta fínafnis milli staða.....	34
Tafla 15. Helstu einkenni skriðaursslykils fyrir Jökulkvísl og Hólmsá við Þaula til samanburðar.	36
Tafla 16. Svifaurs- og skriðaurssframburður á ári í Jökulkvísl og Þaula.....	40
Tafla 17. Samanburður svifaurs- og skriðaurssframburðar í sýnatökufurðum	40
Tafla 18. Svif- og skriðaurssframburður á ári í Jökulkvísl, Hólmsá við Þaula og Framgil.	42
Tafla 19. Framburðar heimtur (e. sediment yield) fyrir Þaula, Framgil og Jökulkvísl	43

1 Inngangur

Þetta verkefni er framhaldsrannsókn á framburði Hólmsár vegna hugsanlegrar nýtingar á henni til raforkuframleiðslu (Verkís, 2013). Áður hafa verið gefnar út skýrslur um niðurstöður mælinga í Hólmsá (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003, 2004 og 2005) og samantekt á mælingum og framburðarútreikningar við Framgil, Þaula og Jökulkvísl (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014 og 2016 a og b).

Uppruni Hólmsár er aðallega undan Mýrdalsjökli og Torfajökli, úr lindum nyrst á Mælifellssandi og úr Brytalækjum. Brytalækir spretta fram úr hraunum austan í Háöldu. Við upptökin og í efri hluta farvegarins er rennsli Hólmsár sambland af lindavatni, yfirborðsvatni og jökulbráð (Mynd 1).



Mynd 1. Yfirlitskort af svæðinu með rennslismæli- og sýnatökustöðum ásamt gömlum og nýjum virkjanahugmyndum úr skýrslu Verkís (2013).

Í venjulegu rennsli er aurburður í Hólmsá ekki mikill en eykst verulega við skyndiflóð sem fylgja snörpum rigningarskúrum. Flóð þessi geta orðið veruleg á vetrum við leysingu sem fylgir aftakaúrkomu. Neðan ármóta Hólmsár og Jökulkvíslar breytast einkenni framburðarins vegna áhrifa jökulvatnsins sem ber með sér mun meira af aur.

Eldri hugmyndir sem gerðu ráð fyrir að virkja Hólmsá og veita henni yfir í Tungufljót og í 1. áfanga rammaáætlunar um nýtingu vatnsorku og jarðvarma var gert ráð fyrir stíflu ofan við Einhyrningshamra sjá Mynd 1. Frá þessum hugmyndum hefur verið horfið að ósk heimamanna, en í þess stað sjónum beint að kostum neðar í ánni.

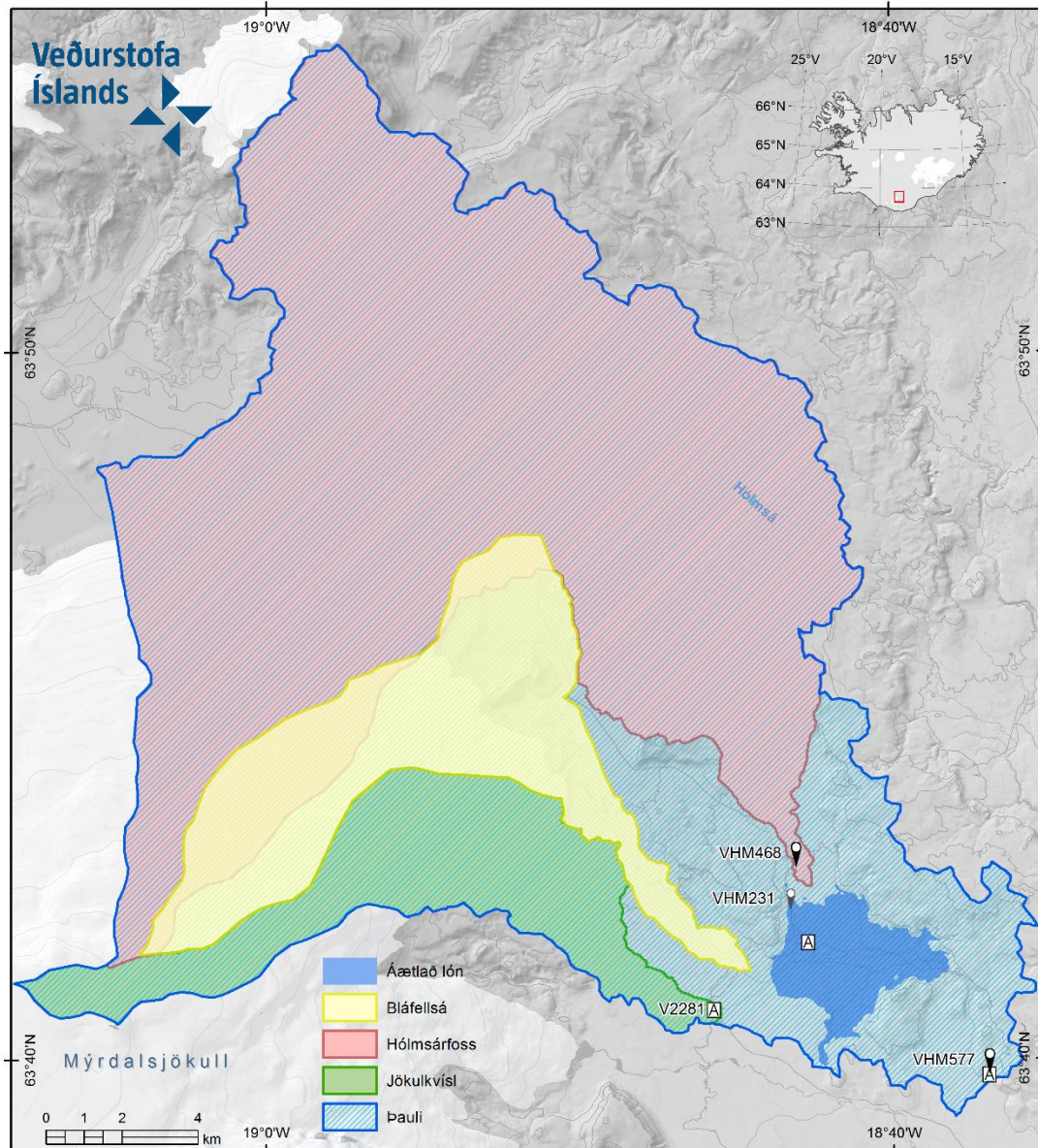
Nýjasta tillagan um virkjun í Hólmsá gerir ráð fyrir miðlunarlóni við Atley (Verkís 2013) og í ljósi þeirra hugmynda var farið að safna sýnum neðar í vatnasviðinu. Upphaflega var sýnataka við Framgil en vegna breytinga á farvegi Hólmsár á tímabilinu 2009–2010 sem leiddu til skemmda á sýnatökustaðnum við Framgil árið 2010, var sýnataka færð niður að mælistaðnum við Paula (Myndir 1 og 2) (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014 og 2016a). Árið 2013 var ákveðið að taka sýni úr Jökulkvísl til að reyna að meta það magn framburðar sem kæmi til með að setjast til í lóni ofan við Atley.

Vatnaskil undir jökli ráðast af hæð jökulbotns og þykkt jökulsins. Botnkort fyrir Mýrdalsjökul var ákvarðað af Helga Björnssyni, Finni Pálssyni og Magnúsi Tuma Guðmundssyni árið 2001 (Helgi Björnsson o.fl. 2001) en yfirborðskort var gert af verkfræðistofunni Vatnaskil árið 2010 (Verkfræðistofan Vatnaskil 2012). Á grundvelli þessara gagna dró Finnur Pálsson Jarðfræðistofnun Háskóla Íslands vatnaskil undir Mýrdalsjökli (Helgi Björnsson o.fl., 2001). Samkvæmt þessu er vatnasvið Hólmsár við Paula 383 km². Mýrdalsjökull þekur 94 km² af vatnasviðinu (24,6%) og Torfajökull 2 km² (0,5%). Vatnasvið Jökulkvíslar er 40,5 km² og Mýrdalsjökull þekur um 23,5 km² þess eða 58% heildarvatnasviðsins (Mynd 2). Þetta er mun stærra vatnasvið fyrir Jökulkvísl en fékkst með gögnum af yfirborði, þar sem heildarvatnasvið reiknaðist 24 km² og jökulhlutinn 6,5 km² (16%) (Veðurstofa Íslands, 2015; Oddur Sigurðsson 2013). Vatnasvið Ytri-Bláfellsár reyndist vera 55,1 km² og með því að nota vatnaskil á jökli minnkaði áður reiknuð stærð vatnasviðs Hólmsár við Framgil um 15 km² eða úr 239 km² í 224 km².

Samantekt fyrri rannsókna leiddi í ljós að heildarframburður við Framgil á tímabilinu 2002–2009 reiknast 0,49 milljónir tonna á ári og þar af er hlutur skriðaus um 8% en 44% svifaursframburðar er fínefni (<0,002–0,2 mm) (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014). Þegar neðar er komið í farveginum hefur samsetning framburðarins breyst eins og áður sagði vegna jökuláhrifa. Við Paula reiknast heildarársframburð 2,81 milljón tonn á ári fyrir tímabilið 2009–2013 og er hlutur skriðaus 21% en stór hluti svifaursframburðarins er sandur eða 58%.

Á Mynd 2 er svæði sem færi undir vatn miðað við lónshæð í 172 m teiknað með ljósblárrí skyggingu (Verkís 2013). Þetta „lónstæði“ er reiknað út frá landlíkani ÍSOR frá 2008 (Skúli Víkingsson, 2008) og því er einhver munur á þessum útlínum og þeim sem birtast í skýrslu Verkís 2013 og byggja á öðru landlíkani.

Í skýrslunni verða teknar saman niðurstöður fyrir svifaurs- og skriðausmælingar í Jökulkvísl sem rennur í Hólmsá, fyrir árið 2015–2016 og reynt að meta hlutfall skriðausframburðar af heildaraurburði. Sett er fram yfirlit yfir kornastærð bæði svifaurs- og skriðaus-sýna sem tekin voru á þessum árum, en frekari upplýsingar um einstök sýni er að finna aftast í viðauka en nánari upplýsingar um framburð í Hólmsá má sjá í fyrri skýrslum (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003, 2004 og 2005, Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014 og 2016a og b).

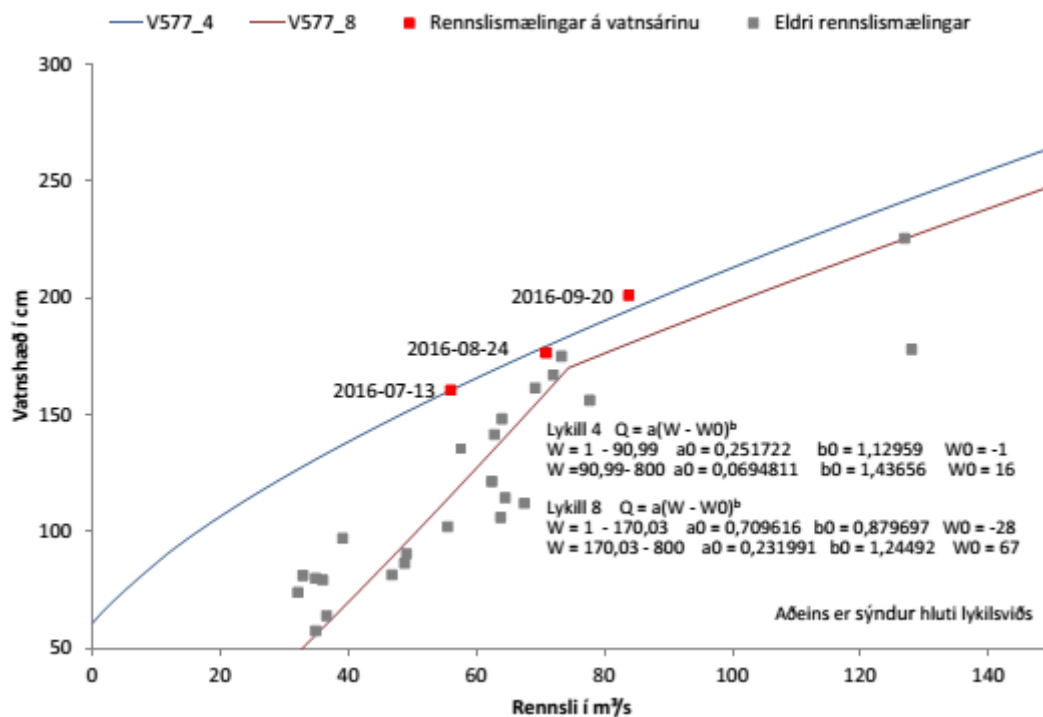


Mynd 2. Kort af vatnasviðum Hólmssár við Hólmssárfoss og Paula ásamt vatnasviði Jökulkvíslar. Vatnshæðarmælir í Hólmssá við Hólmssárfoss (vhm 468), Paula (vhm 577), fyrrum staðsetning eldri mælis við Framgil (vhm 231). Sýnatökustaði eru merktir sem svart [A] og mælistaður fyrir stakar rennslismælingar í Jökulkvísl er merktur sérstaklega (v2281). Fyrirhugað „lónstæði“ er teiknað eftir landlíkani ÍSOR miðað við 172 m hæð (óvissa 10–50 m) (Verkís 2013; Skúli Víkingsson, 2008).

2 Mat á rennsli í Jökulkvísl

Byrjað var að mæla rennsli Hólmsár á Álftaversafrétti við Framgil 20. september 1984 með síritandi vatnshæðarmæli (vhm 231) vegna hugmynda um að stífla Hólmsá ofan við Einhyrningshamra (Mynd 1 og 2). Í ljósi breyttra hugmynda um nýtingu, sem gert er grein fyrir í skýrslu Verkís 2013 var mælistöð sett upp við Þaula hinn 17. september 2009. Henni er ætlað að mæla rennsli til Hólmsárvirkjunar með miðlunarlóni við Atley en þar eru árnar Jökulkvísl og Bláfellsá komnar saman við Hólmsá. Vatnahæðarmælirinn við Þaula er staðsettur rúmum þremur km neðar en fyrirhugað inntak við Atley.

Aðstæður við Þaula eru mjög erfiðar hvað varðar mælingar á framburði. Áin er ýmist að grafa sig niður eða setja af sér framburð og því eru rennslislyklarnir síbreytilegir og er reynt að fylgja breytingunum eftir með tíðari mælingum (Veðurstofa Íslands, 2010, 2011, 2012 og 2013). Þá flækir það einnig myndina að árið 2013 var skilgreining vatnsársins breytt frá 1. September til 31. ágúst í 1. október til 30. September. Rennslismælingar við Þaula 2015–2016 eru sýndar í töflu 1 og á Mynd 3. Það vatnsár mældist meðalrennsli við Þaula 59,1 m³/s. Á sama tíma var rennsli við Hólmsárfoss (V468) 33,6 m³/s.



Mynd 3. Gildandi rennslislyklar fyrir mælistaðinn við Þaula, vatnsárið 2015/2016. V577_8 gildir frá 2015-08-12, V577_4 gildir frá 2016-06-19.

Tafla 1. Rennslismælingar við Paula 2015 notaðar í rennslislykil.

Dagsetning	Mælt W (cm)	Mælt Q (m ³ /s)	Reiknað Q (m ³ /s)	Mism. Q (m ³ /s)	Mism. Q %	Mism. W (cm)	Mæli-aðferð
2015-06-10	108,7	54,1	53,7	0,4	0,8	-1,2	Straumsjá
2015-07-09	141,3	82,3	79,2	3,1	3,9	-3,6	Straumsjá
2015-09-09	234,5*	125	136	-11,3	-8,3	11,3*	Skrúfa
2016-07-13	160,5	56	56,0	0,0	0,0	0,0	Straumsjá
2016-08-24	176,5	70,9	68,6	2,3	3,3	-2,8	Skrúfa
2016-09-20	201	83,8	89,3	-5,5	-6,2	6,4	Straumsjá

2.1 Mælingar í Jökulkvísl og mat á rennsli

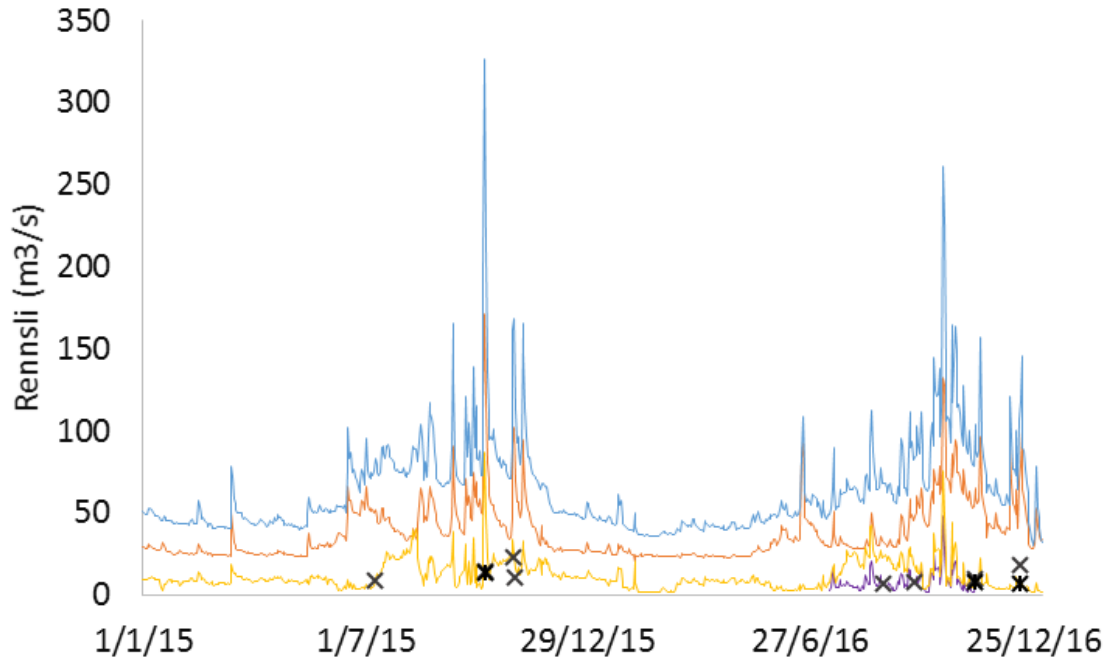
Hinn 7. janúar 2010 voru rennslismældar allar ár rennslismældar sem koma í Hólmsá milli Hólmsárfoss og Paula. Samanlagt innrennsli allra þessara vatnsfalla milli Hólmsárfoss og Paula var nákvæmlega hið sama og mismunurinn milli stöðvanna þá stundina sem gefur til kynna að lyklarnir hafi verið innbyrðis réttir. Innrennslið var allt fyrir ofan Atley. Við þessa athugum sem gerð var að vetri til í mjög litlu rennsli kom í ljós að rennsli í Jökulkvísl var 6% af rennsli við Paula (sjá fyrri skýrslu Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2016b).

Tafla 2. Rennslismælingar í Jökulkvísl 2015–2016.

Dagur	Tími	Rennslis-mæling (m ³ /s)	Pauli mælt
08.07.2015	14:28	8,820	
09.09.2015	09:30	23,3	125
09.09.2015	12:40	23,0	
07.10.2015	14:39	14,70	
07.10.2015	18:41	13,81	
29.10.2015	11:03	22,00	
29.10.2015	16:13	23,03	
30.10.2015	09:55	10,82	
25.08.2016	11:15	7,21	
20.09.2016	11:36	7,62	83,8
08.11.2016	10:20	10,10	
08.11.2016	15:22	7,70	
15.12.2016	09:03	6,70	
15.12.2016	14:59	18,50	

Í skýrslu um mælingar á aurburði og rennsli fyrir tímabilið 2013–2014 (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2016b) var tekin ákvörðun um að nota reiknað rennsli út frá mælum við Paula og Hólmsárfoss. Ákveðinn fasti var settur til að margfalda rennsli Hólmsárfoss áður en það var dregið frá rennsli við Paula. Sá fasti sem skilaði röð sem rennslismælingar féllu inná reyndist vera 1,4.

Þessi rennslisferillinn féll best saman við rennslismælingar í sýnatöku, af þeim sem skoðaðir voru og varð þess vegna fyrir valinu til áframhaldandi útreikninga á framburði. Nánari umfjöllun á rennslisútreikningum má finna í skýrslu Esther Hlíðar Jensen o.fl. (2016b).



Mynd 4. Rennsli við Hólmsársfoss (appelsínugul lína), Paula (blá lína), Jökulkvísl skv. kafara (fjólublá lína) og reiknað rennsli við Jökulkvísl (gul lína), ásamt mældu rennsli við Jökulkvísl (krossar).

Árið 2015 var byrjað að gera tilraunir með svokallaðan kafara, sem mælir heildarþrýsting eða vatns- og loftþrýsting sem síðan er umbreytt í vatnshæð eftir að búið er að leiðrétta fyrir loftþrýstingi. Var honum upphaflega komið fyrir í október 2015 en var síðan færður á betri stað í júlí 2016.

Ljósmyndir sem sýna þrýstingsmæli í Jökulkvísl og loftþrýstingsmælir á brú má sjá á Mynd 5.

2016-07-13



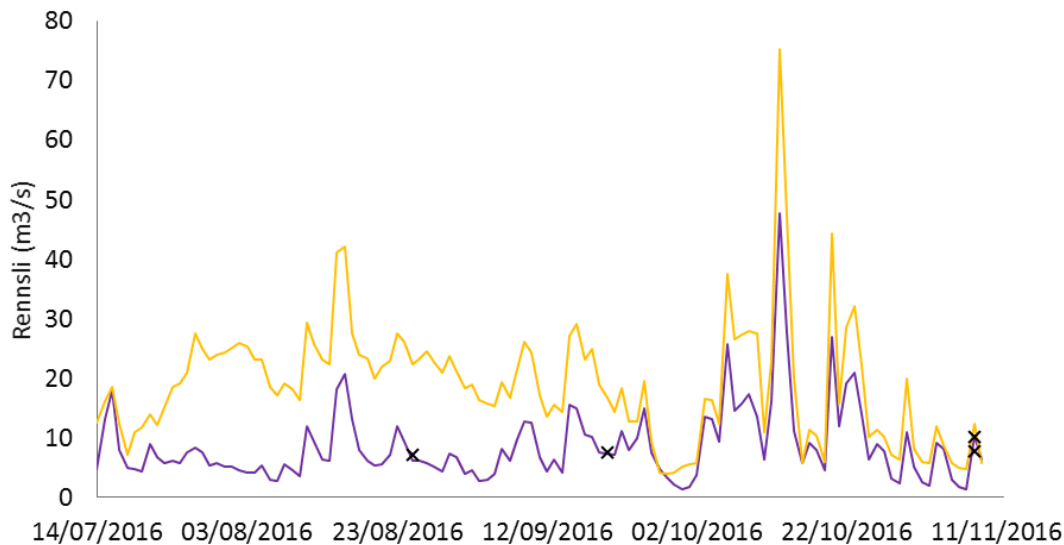
2016-11-08



Mynd 5 Myndir af Vatnshæðarmæli (kafara, efri myndir) og staðsetningu loftþrýstingsmæli á brú (neðri mynd).

Nokkrar rennismælingar hafa verið gerðar á meðan kafarinn var í gangi hefur verið gerð tilraun til að reikna rennislýkil fyrir áætlaða vatnshæð. Sú tímaröð sem fékkst með mælingu kafarans má sjá á *Mynd 4* með fjólublárrí línu. Þessi röð er talsvert lægri en fæst með aðferðinni sem notuð var í síðustu skýrslu. Mestu munar í grunnrennsli á tímabilinu

júlí – október 2016, þrátt fyrir að margir megindrættir í skammtímabreytingum séu samstíga. Þess ber þó að geta að rennslisbilið sem kafarinn hefur verið kvarðaður á er mjög takmarkað. Hæsta rennslismæling sem gerð var á tímabilinu var 23,03 m³/s (Tafla 2) sem er aðeins tæplega helmingur af hæsta rennsli sem mælt var árið 2014 (47,5 m³/s) (Mynd 6).



Mynd 6 Reiknað rennsli fyrir Jökulkvísl (gul lína) ásamt lykluðu rennsli út frá mælingum kafara (fjólublá lína) og rennslismælingum (krossar).

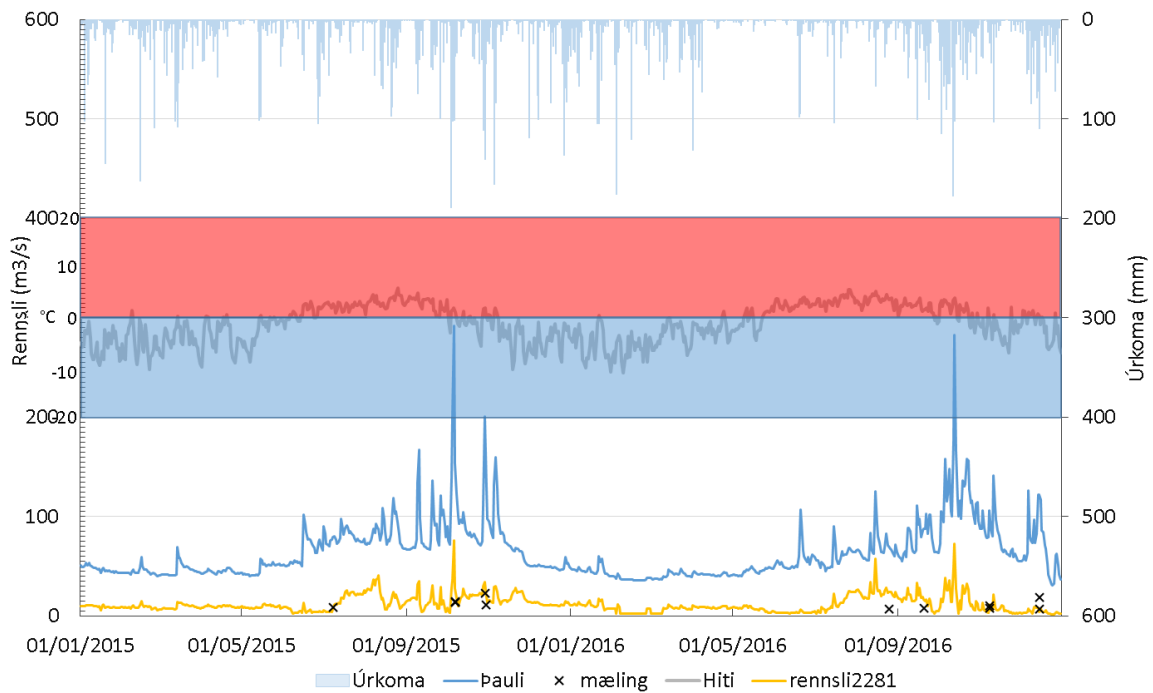
Líkur eru á að reikna megi ásættanlega rennslisröð með upplýsingum úr svökölluðum kafara (þrýstingsmæli) þegar fleiri rennslismælingar hafa verið gerðar.

2.2 Úrkoma á vatnasviði Jökulkvíslar

Dagsmeðalúrkoma á vatnasviði Jökulkvíslar var tekin saman fyrir tímabilið 2015–2016 skv. Harmonie líkani (Mynd 7). Á Mynd 7 er hitastig sýnt á miðju grafinu með sér y-ás frá -20–20°C þar sem svæði neðan frostmarks er bláskyggt en svæðið ofan frostmarks er rauðskyggt. Vorið 2016 og fram undir miðjan júní var nokkuð þurr á vatnasviði Jökulkvíslar miðað við árið á undan.

Tafla 3 Úrkoma og hiti á vatnsviði Jökulskvíslar 2015–2016.

	2015				2016			
	JFM	AMJ	JÁS	OND	JFM	AMJ	JÁS	OND
Hámarkshiti	1.8	4.2	7.5	4.6	0.7	5.3	7.1	5.0
Lágmarkshiti	-13.0	-12.4	0.2	-13.0	-13.8	-6.3	-1.5	-8.9
Meðalhiti	-6.1	-2.2	3.6	-3.3	-6.1	0.0	3.9	-1.2
Staðalfrávik hita	3.3	4.0	1.4	3.8	3.4	3.1	1.6	3.5
Hámarksúrkoma	162	104	100	190	176	132	104	178
Meðalúrkoma	21	13	17	26	20	8	13	28
Staðalfrávik úrkomu	32	22	24	41	30	22	21	33
Uppsöfnuð úrkoma	1925	1173	1551	2426	1790	733	1178	2605



Mynd 7. Rennslisráðir og úrkomuráðir gerðar með mismunandi aðferðum. Rennslisröð Þaula er blá og rennsli-röð Jökulvíslar er gul. Rennslismælingar við Jökulvísl eru merktar með svörtum X-um. Úrkoma fengin með úr Harmonie líkani er fölblá á öndverðum ás. Hitastig fengið úr Harmonie líkani er grá lína á miðju grafinu, þar sem rauðskyggða svæðið er hiti yfir frostmarki en bláskyggða svæðið er hiti undir frostmarki.

3 Aurburðarsýnataka og úrvinnsla

Ferðum inn að Jökulkvísl var skipt upp í tvenns konar ferðir, annars vegar "hefðbundnar" ferðir og hins vegar "atburðarferðir". Hefðbundnar ferðir voru farnar í tengslum við aðrar ferðir en atburðaferðir voru eingöngu vegna sýnasöfnunar í Jökulkvísl.

Með atburðum er átt við snörp rigningarflóð sem þekkt eru í Hólmsá/Jökulkvísl og eru algeng allt árið um kring. Sérstaklega geta þau verið stór í miklum vetrarrigningum þegar snjóþekja er á jörð en reiknað er með að í þessum flóðum skili sér mikill aur niður ána (*Mynd 8*). Þessir atburðir standa oft aðeins 1–2 daga. Til að ná að safna sýnum úr slíkum atburðum þarf því að bregðast skjótt við og vera kominn á staðinn eins fljótt og auðið er.



Mæling í atburðaferð 30.10.2016 KGE



Mæling í atburðaferð 30.10.2016 KGE



Flóð yfir snjóinn mynd tekin 10. júní 2015 GS

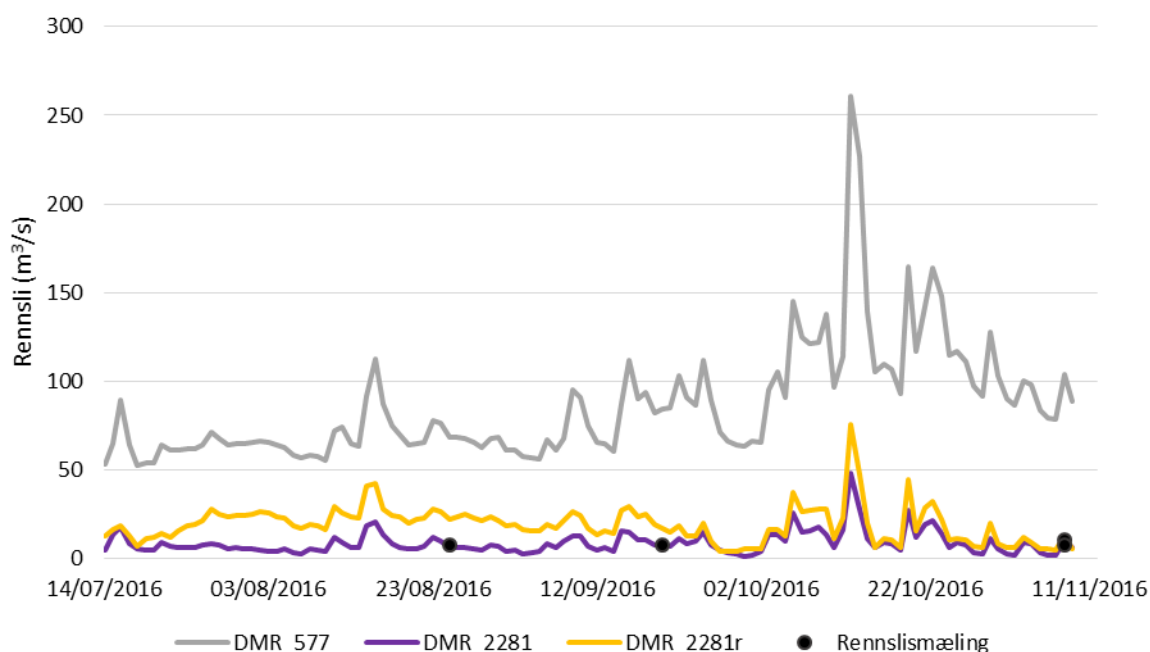


Bláfellskvísl mynd tekin 9. Júlí 2015 KGE

Mynd 8. Ljósmyndir úr ferðum.

3.1 Tímasetning aurburðarsýna miðað við rennsli

Í ferðum á tímabilinu 2015 voru tekin 12 svifaurssýni úr Jökulkvísl og 199 skriðaurssýni með vökvadrifnu spili af brúnni yfir Jökulkvísl (Tafla 4). Rennslið í Jökulkvísl var nokkuð jafnt þegar þessi sýni voru tekin og á Mynd 9 sést reiknað dagsmeðalrennsli fyrir Jökulkvísl miðað við Paula fyrir allt tímabilið en einnig mælt rennsli við sýnatöku. Fjórar hefðbundnar ferðir voru farnar á tímabilinu og fjórar atburðaferðir (Tafla 4).



Mynd 9. Rennsli Hólmsár við Paula og reiknað rennsli Jökulkvíslar, ásamt mældu rennsli við sýnatöku (x).

Tafla 4. Fjöldi og gerð aurburðarsýna sem tekin voru í Jökulkvísl árið 2015 og 2016.

Dagsetning	Tegund ferðar	Fjöldi svifaurssýna	Fjöldi skriðaurssýna	Fjöldi greindra skriðaurssýna	Fjöldi eintoppa skriðaurssýna
2015-07-08	Hefðbundin	2	25	4	2
2015-09-09	Hefðbundin	2	26	5	2
2015-10-07	Atburðaferð 1	4	67	12	6
2015-10-29	Atburðaferð 2	3	57	6	5
2015-10-30	Atburðaferð 2	1	24	6	2
2016-08-25	Hefðbundin	2	24	6	4
2016-09-20	Hefðbundin	2	27	5	3
2016-11-08	Atburðaferð 1	4	54	12	11
2016-12-15	Atburðaferð 2	4	46	10	8
Alls aurburðarsýni		24	350	67	44

3.2 Svifaurssýni

3.2.1 Sýnataka og kornastærðargreining

Öll svifaurssýni úr Jökulkvísl á tímabilinu og voru tekin með S49 sýnataka á þremur eða fleiri stöðum yfir þversniðið (svokölluð S1 sýni) (Svanur Pálsson & Guðmundur H. Vigfússon, 2000). Sýni af S1 gerð eru því nákvæmari en S2 eða jafnvel S3 sýni sem tekin eru með handsýnataka.

Svifaurssýni sem tekin voru á árinu 2015 voru kornastærðargreind á aurburðarstofu VÍ, 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. Kornastærðarlínuritum sýnanna var skipt upp í fimm flokka til að einfalda úrvinnslu gagnanna og eru þeir sýndir í töflu 4:

Tafla 5. 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

3.2.2 Svifaurslyklar

Magn þess svifaurs sem berst fram á sýnatökustað á tilteknu tímabili er fundið út frá reynslusambandi milli svifaursframburðar og rennslis. Þetta reynslusamband er hér eftir kallað svifaurslykill. Lykillinn er á eftirfarandi formi þar sem q_s er svifaursframburður í kg/s, Q er rennsli í m^3/s , en k og n eru aðhvarfsstuðlar, k hlutfallsstuðull og n veldisvísir:

$$q_s = k \times Q^n \quad (1)$$

Þegar gæði lykla eru metin þarf að hafa eftirtalin atriði í huga:

- Lyklar eru almennt því betri sem sýnin, sem þeir byggjast á, eru fleiri. Annars er hætt við, að sýnin séu ekki nægilega marktækt úrtak. Samband rennslis og svifaurs er í rauninni töluvert breytilegt, því að margs konar ytri skilyrði önnur en rennsli hafa áhrif á aurinn. Sýnin þurfa m.a. helst að dreifast sem jafnast yfir árið, sérstaklega þann hluta ársins sem framburður er mestur. Sýnin ættu varla að vera færri en sjö ef nota á þau til ályktunar, en þá þurfa skilyrðin sem talin eru hér á eftir að vera vel uppfyllt.
- Best er að sýnin hafi verið tekin á breiðu rennslisbili, helst allt frá því að vera nærri hæsta dagsmeðalrennsli tímabilsins sem lykillinn gildir fyrir, niður í nokkuð lágt rennsli. Ennfremur er æskilegt að sýnin dreifist sem jafnast á rennsli.
- Fylgnin þarf að vera sem hæst. Hún telst góð ef hún er 0,90 eða hærri, mjög góð ef hún er 0,95 eða hærri, en léleg ef hún er undir 0,80.
- Lyklar með hærri veldisvísi en 3 eru varasamir því þeim hættir til að gefa of mikinn aur við hárennsli og þar sem stuðlarnir hafa gagnverkandi áhrif hvor á annan of lítinn aur við lágrennsli. Algengt er að veldisvísirinn sé nálægt 2 í góðum lyklum. Trúverðugir veldisvísar eru á bilinu 1,5–3.
- Óheppilegt er að einstakir mælipunktur skeri sig mjög úr, sérstaklega þegar lykillinn byggist á fáum sýnum. Slíkum punktum gæti verið rétt að sleppa í sumum tilfellum.

Lyklarnir eru notaðir til að reikna svifaurinn fyrir hvern dag fyrir sig út frá meðalrennsli dagsins. Þannig á að vera unnt að reikna svifaur sem berst fram á einu ári eða nokkurra ára tímabili ef lyklarnir eru nægilega góðir og upplýsingar liggja fyrir um dagsmeðalrennsli. Lyklar sem byggðir eru á sýnum frá öllum árstímum eru kallaðir árslyklar. Ef sýnafjöldi leyfir er sýnunum skipt niður í árstíðir og reiknaðir sérstakir árstíðalyklar fyrir hvora eða hverja árstíð fyrir sig. Oft eru sumarsýni hlutfallslega fleiri en vetrarsýni miðað við fjölda mánaða sem getur verið af ýmsum ástæðum t.d. verra aðgengi á veturnum. Þegar sumarrennsli er hærra en vetrarrennsli, sem gjarnan er í jökulmiðluðum ám, má því gera ráð fyrir að meiri framburður reiknist samkvæmt árslykli en samanlögðum árstíðalyklum. Hins vegar er rennsli og framburður vetrarmánaðanna þá oft einsleitara en sumarmánaðanna og því ekki þörf á jafnmörgum sýnum til að lýsa tímabilinu.

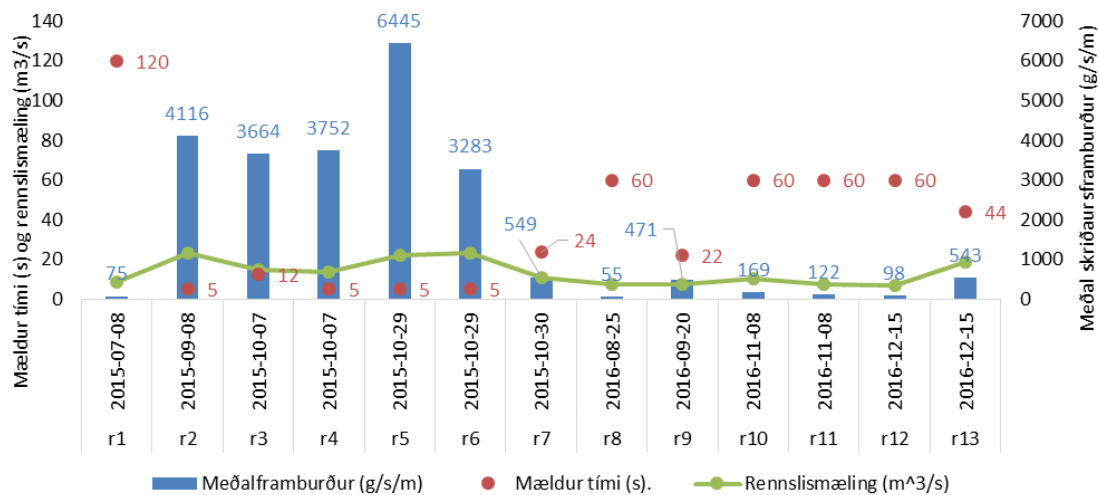
Rofnæmi og rofmætti má lesa út úr stuðlum í jöfnu (1) (Morgan, 1995; Asselmann, 2000). Hátt gildi hlutfallsstuðulsins k bendir til að á vatnasviðinu sé mikið veðrað efni, sem flyst auðveldlega og því talað um hátt rofnæmi. Hátt gildi veldisvísisins n bendir til mikillar aukningar í rofmætti með auknu rennsli, þ.e. rofkraftur árinna vex hratt. Hins vegar hafa stuðlarnir gagnverkandi áhrif hvor á annan og því er betra að skoða halla kúrfunnar. Brött kúrfa þ.e. lágt k og hátt n ættu að vera einkennandi fyrir vatnsfall með lítinn framburð við lágt rennsli sem eykst mikið við aukið rennsli. Flöt kúrfa ætti að einkenna vatnsföll þar sem auðrofið efni er í vatnasviðinu, sem getur flust við nánast hvaða rennsli sem er (Asselmann, 2000). Þessi atriði eru eingöngu til viðmiðunar en skoða verður hvert vatnsfall og sýnatöku sérstaklega því önnur áhrif geta verið mikilvæg s.s. stíflumannvirki sem og náttúrulegar breytingar á vatnasviðinu.

3.3 Skriðaurssýni

3.3.1 Sýnataka og kornastærðargreining

Alls voru tekin 350 skriðaurssýni af brúnni yfir Jökulkvísl með vökvadrifnu spili. Af þessum sýnum voru síðan 67 sýni kornastærðagreind á aurburðarstofu Veðurstofunnar en 44 þeirra voru eintoppa (Tafla 4) og verður nánar fjallað um þau í kafla 4.1.4 um kornastærðargreiningu skriðaurssýna.

Skriðaurssýni voru tekin með Helley Smith skriðaurssýnataka af kláfi við Framgil með vökvadrifnu spili. Sýnatakinn vegur um 48 kg og er með $3 \times 3''$ (ca. $7,6 \times 7,6$ cm) sýnatökuopi og 3,22 stækkunarhlutfalli. Sýnatakinn var látinn síga niður á botn árinna á ákveðnum stöðum og látinn sitja þar í vissan tíma. Tímalengd sýnatakans við botn var háð rennsli og framburði og getur því verið breytileg milli sýnatökumferða (Mynd 10). Þessi tímalengd er breytileg í Jökulkvísl eða frá 5 – 120 sek. Fylgni milli rennslis og tímalengdar er öfug þ.e. með hækkandi rennsli styttest tímalengd sýnataka við botn og sama á við um fylgni framburðar og tímalengdar (Mynd 10).



Mynd 10. Meðaltímalengd sýnataka við botn, mælt meðalrennsli og meðalframburður á stöð hvern sýnatökudag. X-ás sýnir sýnatökudag og ártal.

Reynt var að taka sýni á svipuðu lengdarbili í þversniðinu í öllum sýnatökuferðum.

Tafla 6 sýnir dagsetningu sýntöku, stöðvanúmer (staðsetning á þversniði), fjölda sýna ásamt niðurstöðu rennslismælingar í sýnatökunni. Í tveimur atburðaferðum 7.10.2015 og 29.10.2015 fylltist sýnatökupokinn og eru þessi sýni með í töflu 6 og á Mynd 10 en ekki í útreikningum á heilduðum skriðaur í komandi kafla .

Tafla 6. Fjöldi skriðaurssýna ásamt meðalframburði og niðurstöðu rennslismælingar í sýnatöku.

Dagsetning	Stöðvar (m)	h-bakki	v-bakki	Meðalframburður (g/s/m)	Rennslismæling (m³/s)	Fjöldi sýna
08.07.2015	7;9;11;13;15	5,80	17,8	75	8,82	25
09.09.2015	7;9;11;13;15;16	5,50	18,5	4116	23,3	26
07.10.2015	7;9;11;13;15;16	5,50	17,5	3664	14,7	49
07.10.2015	7;9;11;13;15;16	5,80	17,8	3752	13,81	18
29.10.2015	7;9;11;13;15;16	5,80	17,8	6445	22	21
29.10.2015	7;9;11;12;13;15;16	5,80	17,8	3283	23,03	36
30.10.2015	7;9;11;13;15;16	5,80	17,8	549	10,82	24
25.08.2016	7;9;11;13;15;16	5,50	17,5	55	7,21	24
20.09.2016	6;7;9;11;13;15;16	5,50	17,5	471	7,62	27
08.11.2016	7;9;11;13;15;16	6,00	17,0	169	10,1	18
08.11.2016	7;9;11;13;15;16	6,00	17,0	122	7,7	36
15.12.2016	7;9;11;13;15	5,50	17,0	98	6,7	30
15.12.2016	7;9;11;13;15	5,50	17,0	543	18,5	16

Rennsli í sýnatökum var mjög breytilegt eða frá 8,82 m³/s og upp í 23,3 m³/s (Mynd 10 og Tafla 6). Rennslismælingin sýnir hins vegar eingöngu augnabliksrennsli en ekki meðalrennsli sýnatökunnar. Skipting í rennslisbil hér miðast við rennslismælingar sem gerðar voru samhliða sýnatöku en ekki meðalrennsli reiknað út frá vatnshæðarmælingum, eins og gert er í flestum tilvikum. Þetta kemur til af því að vatnshæðarmælingar hafa ekki staðið nógu lengi við Jökulkvísl til að hægt sé að reikna rennslisferil og því ekki um samfellda rennslisröð að ræða með nægjanlegri upplausn (10 mínútna til klukkustundargildi) til að byggja á meðalrennsli í sýnatöku.

Breytileiki á aurstyrk innan hverrar sýnatöku var mismikill en mestur var hann í atburðaferðum og er sýnum úr nokkrum þeirra raðað á fleiri en eitt rennslisbil. Þann 7. Október 2015 var sýnatökunni skipt í tvö rennslisbil og 29. október voru einnig tvö rennslisbil en þriðja rennslisbilið í þeirri sýnatökufærð var 30.10.2015. Rennslisbilin eru merkt á x-ás á Mynd 10 (r1 til r13) og niðurstöður mælinga eru í töflu 6.

Skriðaurssýnin 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). Til þess að einfalda tölfræðilega útreikninga á kornastærð skriðausins var ϕ -kvarðinn notaður, en ϕ -gildi eru reiknuð á eftirfarandi hátt (Boggs, 1995):

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

þar sem d er þvermál korna í mm. Tafla 5 sýnir samanburð á stærðum í mm og stærðum í ϕ .

Tafla 7. Samanburður stærða í mm og í ϕ -gildum og heiti kornastærðarflokka samkvæmt Udden-Wentworth kvarða.

mm	ϕ	U.W. heiti	mm	ϕ	U.W. heiti	mm	ϕ	U.W. heiti	mm	ϕ	U.W. heiti
256	-8	Hnullungar	11,2	-3,5	Meðalmöl	1,41	-0,5	Mjög grófur sandur	0,18	2,5	Fínsandur
64,0	-6	Steinar	8,00	-3		1,00	0		0,125	3	
44,8	-5,5	Mjög gróf möl	5,66	-2,5	Fínmöl	0,71	0,5	Grófsandur	0,088	3,5	Mjög fínn sandur
32,0	-5		4,00	-2		0,50	1		0,063	4	
22,4	-4,5	Grófmöl	2,83	-1,5	Mjög fín möl	0,35	1,5	Meðalsandur	<0,063	>4	Silt og leir
16,0	-4		2,00	-1		0,25	2				

Tölfræðilegir eiginleikar sýnanna voru reiknaðir út með afleiðuaðferð og í töflu 8 er sýnt hvernig meðalstærð, aðgreining, skakki og ferilris eru reiknuð. Tafla 8 sýnir einnig kvarða aðgreiningar, skakka og ferilriss.

Tafla 8 Skýringar á tölfræðilegum eiginleikum kornastærðargreiningar.

Meðaltalstærð	Aðgreining	Skakki	Ferilris		
$\bar{x}_\phi = \frac{\sum fm}{n}$	$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f(m - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$	$\overline{Sk}_\phi = \frac{\sum f(m - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$	$K_\phi = \frac{\sum f(m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4}$		
Aðgreining (σ_ϕ)		Skakki (\overline{Sk}_ϕ)	Ferilris (topplögun) (K_ϕ)		
Mjög vel aðgreint	<0,35	Mjög finn hali	>+1,30	Mjög lágreist	<1,70
Vel aðgreint	0,35–0,50	Finn hali	+0,43 til + 0,1,3	Lágreist	1,70–2,55
Í meðallagi vel aðgreint	0,50–0,70	Samhverft	-0,43 til + 0,43	Meðalreist	2,55–3,70
Í meðallagi aðgreint	0,70–1,00	Grófur hali	-0,43 til - 0,1,3	Háreist	3,70-7,40
Illað aðgreint	1,00–2,00	Mjög grófur hali	< - 0,1,3	Mjög háreist	>7,40
Mjög illa aðgreint	2,00–4,00				
Sérlega illa aðgreint	>4,00				

Þar sem f táknar þungaprósentu í hverjum kornastærðarflokki fyrir sig og m er miðja hvers kornastærðarflokks í ϕ . Afleiddir kornastærðareiginleikar voru eingöngu reiknaðir á efni stærra en 0,063 mm og því var efni sem kom í þönnu við sigtun sleppt. Í öllum nema einu sýni var þetta efni <0,1% af heildarþunga sýnisins.

Meðaltalstærð 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 finni hluta þess er sagt að sýnið hafi “hala” af grófu efni og er talað um neikvæðan skakka. Jákvæður skakki gefur hins vegar til kynna að sýnið hafi “hala” af finu efni og er þá skakkagildið tiltölulega há jákvæð tala.

4 Niðurstöður aurburðarmælinga í Jökulkvísl

Áður hefur verið reiknaður heildarframburður fyrir Hólmsá við Framgil, Paula og Jökulkvísl (Esther Hlíðar Jensen o.fl. 2014 og 2016 a og b). Vegna breytinga á farvegi Jökulkvíslar var sýnataka færð niður að Paula árið 2009 en farið var að taka sýni úr Jökulkvísl haustið 2013 (sjá umræðu í köflum 2 og 3). Hér á eftir eru settir fram aurburðarlyklar til að meta framburð svifaurs og skriðaus í Jökulkvísl fyrir árin 2015–2016.

4.1 Niðurstöður svifaursmæling

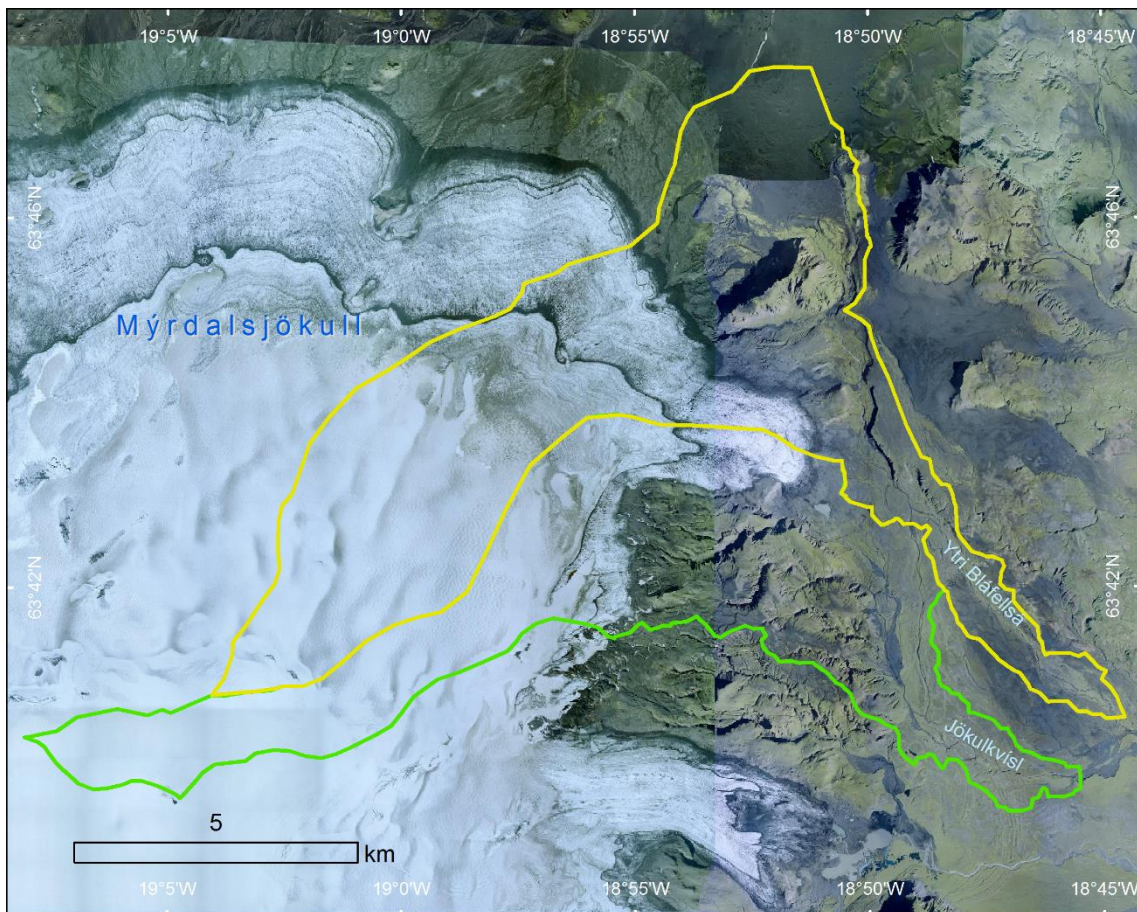
Niðurstöður mælinga svifaurs sýna eru settar fram í töflu í Viðauka 1. Gífurlegur munur er á svifaursstyrk í Jökulkvísl við mismunandi rennsli eins og við var að búast. Það samræmist niðurstöðum fyrri rannsókna á Hólmsá við Framgil, Paula og Jökulkvísl (Esther Hlíðar Jensen, 2014 og 2016 a og b). Langmestur er styrkurinn í rigningarflóðum að sumarlagi þegar jökulvatn er einnig til staðar (Tafla 9).

Almennt séð er nauðsynlegt við gerð aurburðarlykla að fjöldi sýna sé mikill og sýnin tekin yfir breitt rennslisbil svo lykillinn gefi marktæka niðurstöðu (sjá umfjöllun í kafla 3.2.2). Á sama hátt og rætt var í skýrslu um aurburð í Jökulkvísl 2013–2014 (Esther Hlíðar Jensen,

2016 b) er sýnafjöldi ásættanlegur (Mynd 14) en enn er hætt við því að sýnin séu nokkuð einsleit því ekki er um margar fleiri ferðir að ræða og sýnin tekin á fremur afmörkuðu rennslisbili (Tafla 10). Helstu einkenni svifaurslykla fyrir Jökulkvísl má sjá í töflu 10.

Vetrarlykillinn hefur verið bættur og er nú gerður með 22 sýnum (áður sex) úr sex ferðum og hefur því meiri breidd en áður. Sumarlykillinn er gerður með 16 sýnum og var lægsta rennsli í sýnatöku um 14% ofan við lægsta dagsmeðalrennsli.

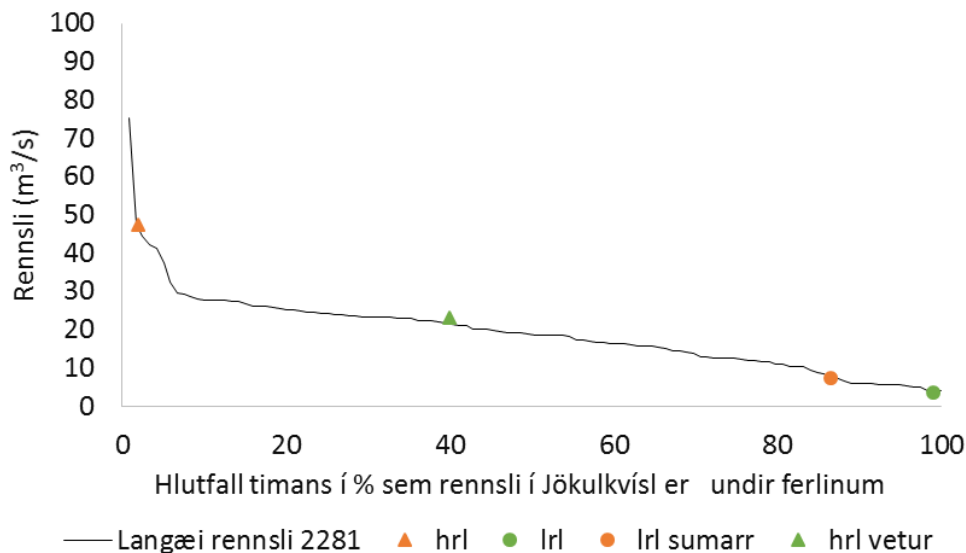
Eitt sýni var tekið úr Ytri-Bláfellsá til samanburðar. Ekki var unnt að mæla rennsli samfara sýnatökunni og því er framburður óþekktur. Styrkur sýnisins úr Ytri-Bláfellsá er um fjórum sinnum meiri en styrkur sýna úr Jökulkvísl (Tafla 9). Þar sem um stakt sýni er að ræða er ekki hægt að fullyrða að það endurspegli hlutfall milli þessara vatnsfalla. Hins vegar gefur það vísbendingu um að Ytri-Bláfellsá geti borið fram meiri aur en Jökulkvísl enda talsvert vatnsmeiri og ekki með ólíkt vatnasvið hvað framboð lausefna varðar. Ytri-Bláfellsá er meira niðurgrafin en Jökulkvísl en rennur um stór sandsvæði og getur því við vissar aðstæður náð að rjúfa mikið af efni á leið sinni út í Hólmsá (Mynd 11).



Mynd 11 Vatnasvið Jökulkvíslar (grænar útlínur) og Ytri-Bláfellssár (gular útlínur). Loftmyndin undir sýnir að stór sandsvæði eru á báðum vatnasviðum. Loftmynd úr Loftmyndaþjónustu Loftmynda e.hf.

Tafla 9. Niðurstöður kornastærðarmælinga á svifaurssýnum úr Jökulkvísl árin 2015–2016, ásamt sýni úr Ytri Bláfellsá.

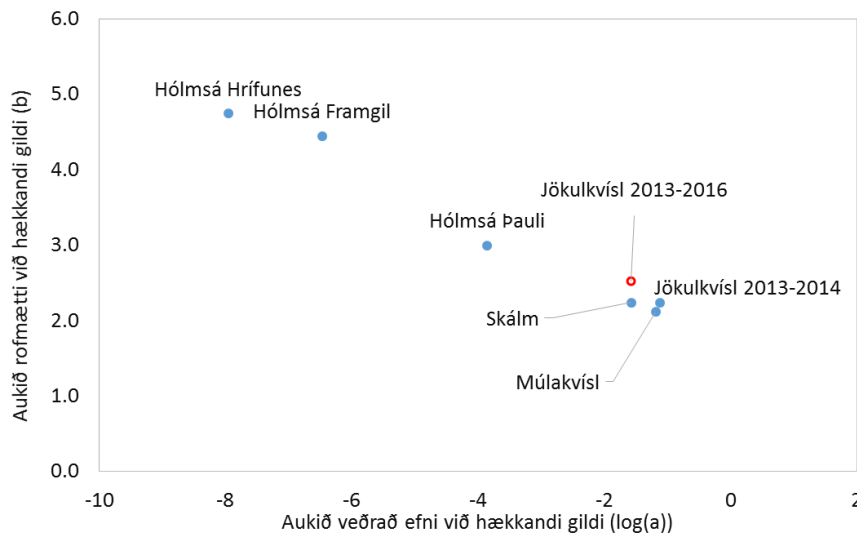
Dagsetning	Kl.	Rennsli (m ³ /s)	Aur- Styrkur (mg/l)	TDS (mg/l)	Kornastærð (%) flokkastærðir í mm					Stærsta korn (mm)	Sýna- gerð
					<0,002	0,02- 0,002	0,06- 0,02	0,2- 0,06	>0,2		
8.7.2015	13:40	8.82	852	92	12	19	34	27	8	3.6	S1
8.7.2015	16:50	8.82	1034	66	21	25	26	24	4	4.4	S1
9.9.2015	09:30	23.3	6161	48	41	27	19	11	2	4.9	S1
9.9.2015	12:40	23	7830	46	27	20	12	34	7	4.1	S1
7.10.2015	09:10	14.7	2008	85	40	21	17	18	4	3.5	S1
7.10.2015	12:38	14.7	2430	84	48	19	15	15	3	4.1	S1
7.10.2015	19:45	13.81	1858	76	47	23	14	12	4	2.9	S1
7.10.2015	22:40	13.8	2973	74	69	11	10	9	1	5	S1
29.10.2015	08:55	23.03	3657	34	46	28	15	10	1	3.9	S1
29.10.2015	12:20	23.03	2588	40	49	21	18	11	1	3.1	S1
29.10.2015	17:50	23.03	2298	51	45	23	19	12	1	4.1	S1
30.10.2015	08:15	10.82	1878	78	18	26	34	18	4	3.3	S1
25.8.2016	10:30	7.21	739	74	28	26	27	16	3	3.5	S1
25.8.2016	12:45	7.21	615	72	35	21	24	17	3	2.7	S1
20.9.2016	09:20	7.62	719	107	72	13	6	8	1	3.4	S1
20.9.2016	14:25	7.62	762	81	61	13	11	13	2	4	S1
8.11.2016	08:15	10.1	624	52	43	10	24	18	5	2.6	S1
8.11.2016	11:15	10.1	450	52	53	14	11	18	4	2.6	S1
8.11.2016	13:40	7.7	249	55	50	17	10	18	5	3	S1
8.11.2016	16:00	7.7	206	61	55	16	11	14	4	2.5	S1
15.12.2016	08:40	6.7	127	45	64	16	7	4	9	1.7	S1
15.12.2016	10:50	6.7	144	51	26	23	9	9	0	1.6	S1
15.12.2016	12:15	18.5	717	42	63	19	9	7	2	4.5	S1
15.12.2016	15:30	18.5	633	35	57	16	10	14	3	3.8	S1
Niðurstöður kornastærðarmælinga á svifaurssýni úr Ytri-Bláfellsá											
15.12.2016	16:10	-	2603	43	39	28	18	13	2	3.3	S2



Mynd 12. Langæi dagsmeðalrennslis frá júlí 2015 loka desember 2016 ásamt hæstu og lægstu rennslisgildum lykila (h.r.l. = hæsta rennsli lykils (þríhyrningur), l.r.l. = lægsta rennsli lykils (hringur)). Hæsta rennsli sumarlykils (appelsínugulur hringur/þríhyrningur) er sama og árslykils og lægsta rennsli vetrarlykils (grænn hringur/þríhyrningur) er sama og árslykils.

Óslitin rennslisröð fyrir vatnsfallið þarf að vera til staðar svo hægt sé að reikna framburð. Eins getið var í kafla 2 var tekin ákvörðun um að nota líkan við gerð rennslisráðarinnar fyrir Jökulkvísl sem er eftirfarandi: Þauli – Hólmsárfoss * 1,4 (sjá nánar í Viðauka 1 Esther Hlíðar Jensen o.f.l., 2016b). Sá ágalli er á þessari nálgun að alloft komu fram neikvæð gildi og því þurfti að átæla lágrennslið, sbr. umfjöllun Esther Hlíðar Jensen o.f.l (2016b). Mynd 12 sýnir langæi dagsmeðalrennslis reiknað með þessari aðferð fyrir rennsli tímabilsins 1.1.2015 til 31.12.2016.

Samanburður á helstu einkennum svifaurslykla fyrir Jökulkvísl, Þaula og Framgil má sjá í töflu 8 og Mynd 13.



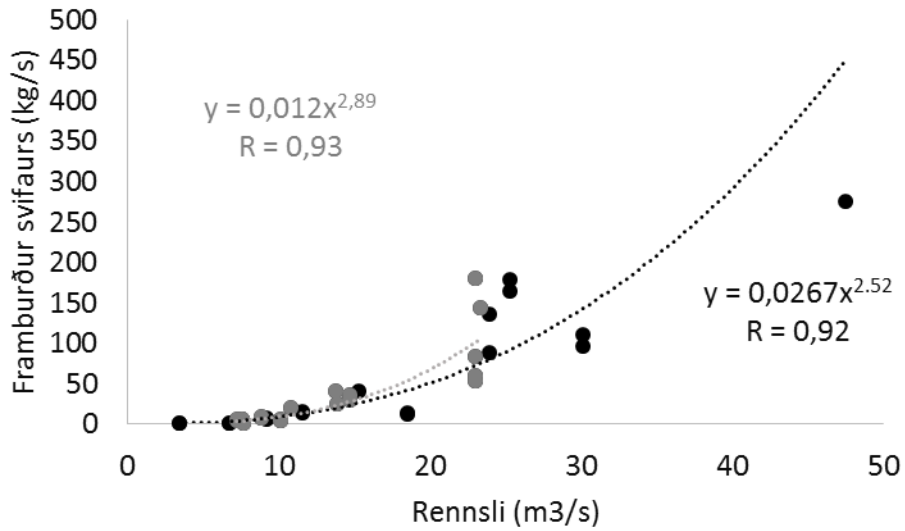
Mynd 13. Samanburður á svifaurslyklum fyrir Jökulkvísl og Hólmsá ásamt lyklum fyrir Skálm og Múlakvísl. Nýjasti lykillinn í Jökulkvísl er merkur með rauðum hring aðrir með bláum punkti.

Áberandi er hversu háir hlutfallsstuðlarnir fyrir Jökulkvísl eru sérstaklega þegar skoðaðir eru lykilar fyrir sýni frá Framgili og Þaula. Hins vegar líkjast þeir lykllum frá Skálm og Múlakvísl. Eins og fram kom í kafla 3.2.2 bendir hátt gildi hlutfallsstuðulsins k til að á vatnasviðinu sé mikið veðrað efni, sem flyst auðveldlega og því talað um hátt rofnæmi. Í fyrri skýrslu um framburð í Hólmsá við Þaula (Esther Hlíðar Jensen o.fl. 2016a) kom fram að framburður við Þaula er stöðugri en við Framgil jafnvel að vetri til þegar jökulþátturinn er ekki til staðar og meira framboð af lausefnum. Svifaurstryklar fyrir Jökulkvísl benda til að þetta ferli sé jafnvel enn skýrara þar þ.e. meira framboð af efni og meira rofnæmi er við sýnatökustaðinn í Jökulkvísl en niðri við Þaula. Mynd 17 sýnir svifaurstrykla frá Framgili 2002–2009, Þaula 2009–2012 og Jökulkvísl 2014–2016, 2015–2016 og að lokum með öllum sýnum 2013–2016.

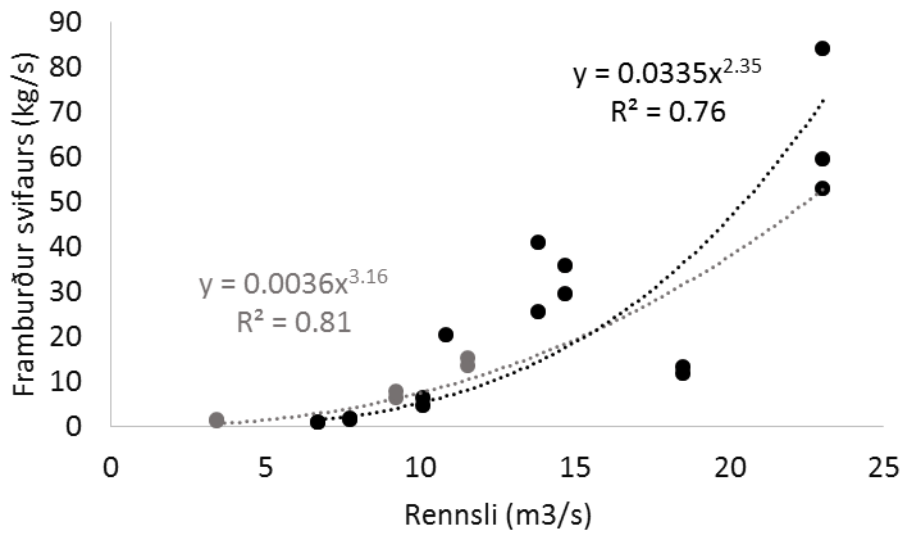
Tafla 10. Helstu einkenni svifaurstryklanna. H.r.l. er hæsta rennsli lykils og L.r.l. er lágsta rennsli lykils.

	Tímabil	Árstíð	Sýna- fjöldi	Fjöldi ferða	H.r.l. m ³ /s	L.r.l. m ³ /s	Fylgni R	Hlutfalls- stuðull k × 10 ⁶	Veldisvísir n
Jökulkvísl	2013–2014	Sumar	8	3	47,5	15,3	0,81	1007000	1,46
		Vetur	6	2*	11,5	3,4	0,99	134000	1,86
		Allt árið	14	5*	47,5	3,4	0,98	77700	2,21
2015–2016	Sumar	8	4	23,3	7,21	0,998	12200	3,02	
	Vetur	16	4	23,03	6,7	0,90	3600	3,16	
	Allt árið	24	8	23,3	6,7	0,89	9241	2,90	
2013–2016	Sumar	16	7	47,5	7,21	0,97	47700	2,41	
	Vetur	22	6	23,03	3,42	0,87	33500	2,35	
	Allt árið	38	13*	47,5	3,4	0,92	26700	2,52	
Þauli	2009–2013	Allt árið	38	16	232	35,3	0,87	140	2,99
Framgil	2002–2009	Allt árið	48	58	148	28,1	0,92	0,34	4,45

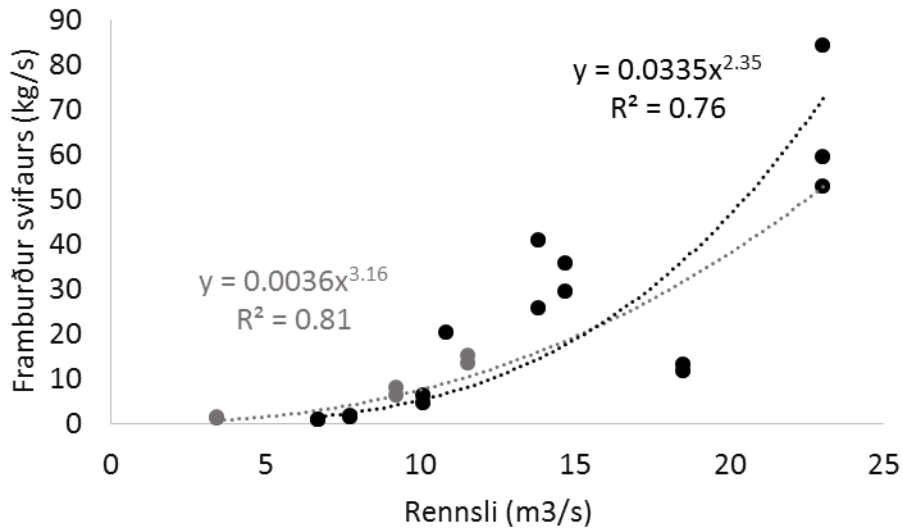
* Ekki rennslismælt í einni ferð í töflu 5 og sýni af S3 gerð og því ekki notað í lykil.



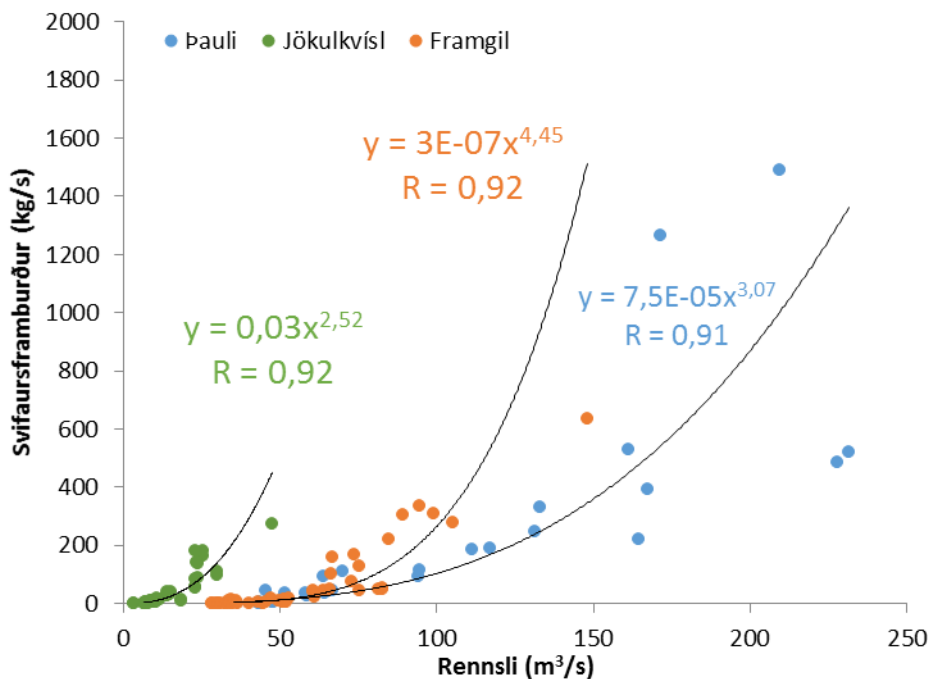
Mynd 14. Venzl svifaursframburðar og rennslis. Árslykill. Gráir punktar og leitnilína sína eldri lykil.



Mynd 15. Jökulkvísl, venzl svifaursframburðar og rennslis. Vetrarlykill. Gráir punktar og leitnilína sína eldri lykil.



Mynd 16. Jökulkvísl, venzl svifaursframburðar og rennslis. Sumarlykill. Gráir punktar og leitnilína sína eldri lykil.



Mynd 17. Svifaurslyklar fyrir Framgil (2002–2009), Þaula (2009–2013) og Jökulkvísl (2013–2016).

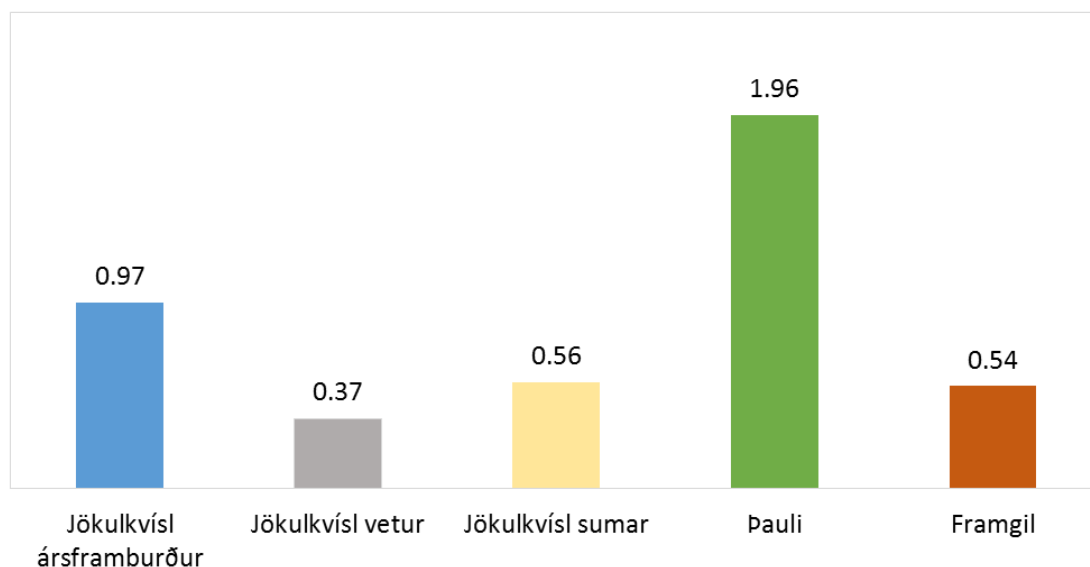
Þessar endurbætur á lyklinum frá 2013–2014 (Tafla 10) gera það að verkum að minni framburður reiknast í Jökulkvísl en áður, eða 0,97 milljón tonn í stað 1,02 milljón tona fyrir tímabilið 2015–2016 með nýja lyklinum annars vegar og eldir lykli hins vegar. Hins vegar skal áréttað að framburðarútreikningar fyrir Jökulkvísl verða ennþá að teljast fremur ónákvæmir og einungis er hægt að nota þá sem vísbendingu um framburð (Tafla 11).

Þegar skoðaður er framburður frá Framgili og hann lagður saman við framburð frá Jökulkvísl (Mynd 18 og Tafla 11) fæst nú minna magn en áður. Með fyrri lykli reiknaðist samanlagt magn frá Framgili og Jökulkvísl það sama og við Þaula. Hins vegar var þá ekki búið að reikna með framburði frá Bláfellsám. Með nýjum lykli reiknast samanlagt Framgil og Jökulkvísl 1,51 milljón tonn á ári þegar Þauli reiknast 1,95 milljón tonn. Samkvæmt þessu er svigrúm fyrir Bláfellsárnar að bera fram 0,45 milljón tonn af svifaur á ári ef ekkert sest til.

Tafla 11. Samanburður á reikuðum svifaursframburði frá mismunandi stöðum.

Staður	Árssvifaursframburður (millj. tonn/ár)	Svifaur sumar (millj. tonn/ár)	Svifaur vetur (millj. tonn/ár)
Jökulkvísl	0,97	0,56	0,37
Framgil	0,54*	!	!
Þauli	1,96*	!	!
Samanlagt Framgil og Jökulkvísl	1,51	!	!

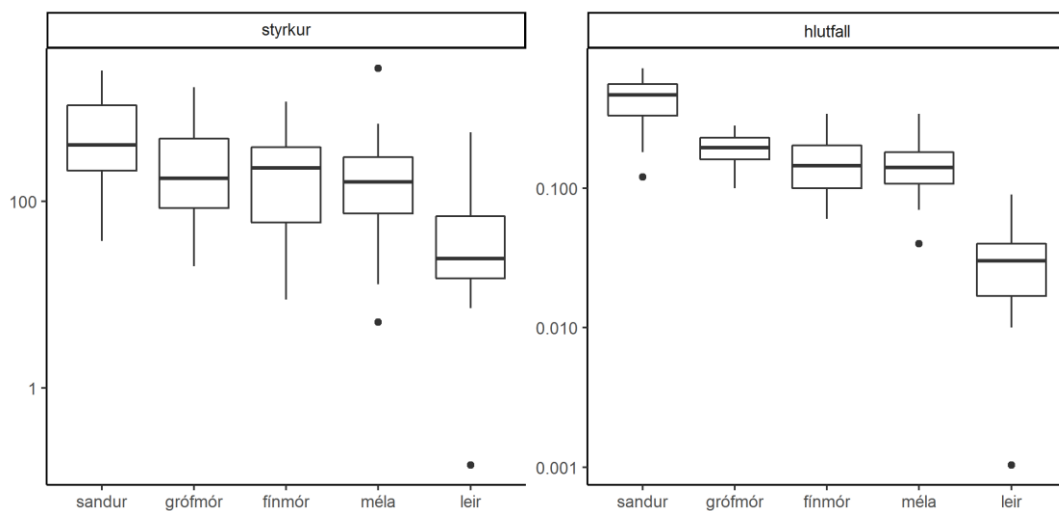
*Meðalframburður 2015–2016 ef samband sýna frá fyrri tímabilum við rennsli myndi gilda fyrir þetta tímabil !ekki reiknað.



Mynd 18 Ársframburður í Jökulkvísl 2013–2016, sumar og vetur ásamt ársframburði við Þaula og Framgil.

4.1.1 Kornastærðargreining svifaurs

Mikill munur er á kornastærðardreifingu innan svifaursýna frá Jökulkvísl. Mynd 19 sýnir kassagraf af dreifingu styrks eftir kornastærðarflokkum í mg/l og sem hlutfall (%) af heild. Tafla 12 sýnir gildin á bak við myndirnar á Mynd 19. Q1 stendur fyrir neðsta fjórðungsmark, eða 25% af úrtakinu og Q3 er efsta fjórðungsmark, eða 75% úrtaksins. Miðgildið sýnir hvar 50% sýna liggja og er lína sem skilur milli kassanna í hverjum flokki. Miðgildið er ónæmt fyrir útlögum ólíkt meðaltali. Innri spönn, þ.e. sýnin sem þar eru lenda á milli 25–75% allra sýna í úrtakinu kallast IQR. Eftir því sem spönnin er meiri því lengri verða kassarnir á grafinu. Útlagar eru skilgreindir þannig að efri mörk útlaga eru sett við gildi sem samsvara $1,5 * IQR$ yfir efsta fjórðungsmarki en neðri mörkin við samsvarandi $1,5 * IQR$ undir neðsta fjórðungsmarki. Mikilvægt er að átta sig á að útlagar eru ekki endilega léleg sýni en geta þvert á móti verið mjög þýðingarmiklir fyrir gagnasettið. Mynd 19 sýnir að stærstur hlutinn aurstyrks er sandur, þ.e. miðgildi sands er hæst en dreifing er líka mest innan sandflokksins og fer úr 1,1 mg/l í 2526 mg/l. Nokkuð jafnt magn er af grófmó, fín mó og mélu en langminnst er af leir í sýnunum eða frá 0 mg/l uppí 548 mg/l. Tvö sýni voru tekin 9. september 2015, seinna sýnið sem tekið var (Tafla 12) innihélt mun meiri leir (548 mg/l) og mélu (2662 mg/l) en önnur sýni. Samt sem áður var leirinnihaldið aðeins 7% af heildarsýninu en mélan var 34%. Í fyrra sýninu þennan sama dag var grófari hluti sýnisins meiri. Sandur var 41 % eða 2526 mg/l, grófmór 27% eða 1663 mg/l og fín mó 19% eða 1171 mg/l. Þessi gildi eru hæst mældu gildi ársins og koma fram á kassagrafi sem svartir punktar nema sandgildið sem ekki telst vera útlagi. Sama dag er hæsta mældu rennsli á tímabilinu og hæsti vatnshiti sem segir að þarna hafi verið um leysingu í jöklinum að ræða.



Mynd 19. Kassagraf af dreifingu styrks svifaurs (mg/l) eftir kornastærðarflokkum.

Tafla 12. Dreifing styrks eftir kornastærðum

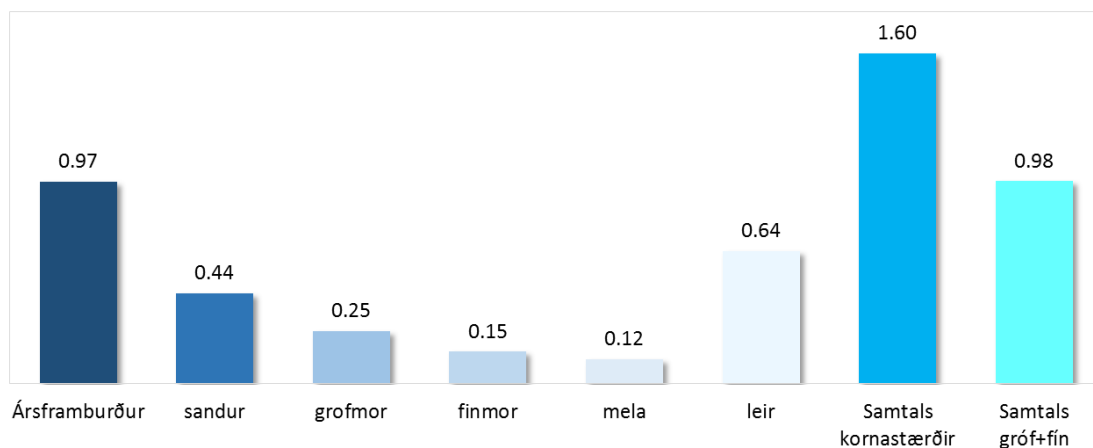
Aurstyrkur (mg/l)	Sandur	Grófmór	Fínmór	Méla	Leir
Min	1,1	1,5	1,3	5,1	0
Q1	215,8	94,9	63,6	68,9	14,5
Miðgildi	446,9	208,7	162,8	138,6	24,5
Q3	979,6	453,1	358,7	282,5	49,4
Max	2526	1663	1171	2662	548
IQR	763,8	358,2	295,1	213,6	34,9
Hlutfall styrks(%)	Sandur	Grófmór	Fínmór	Méla	Leir
Min	7	9	6	4	0
Q1	36	16	10	10	2
Miðgildi	47	21	14	14	3
Q3	55	25	19	18	4
Max	72	28	34	61	15
IQR	19	9	9	8	2

Gerðir voru aurburðarlyklar fyrir hvern kornastærðarflokk til að reyna að spá fyrir um það hversu mikið gæti sest til af aur á leiðinni milli sýnatökustaða í Jökulkvísl og Þaula. Aðeins er hægt að gera ráð fyrir því að sandur og grófmór setjist til á milli sýnatökustaðanna því hvergi er vatnið nógu lygnt til að finni korn náí að setjast til.

Tafla 13. Helstu einkenni svifaurslykla kornastærðarflokka.

Kornastærð	Fylgni	Hlutfalls-stuðull	Veldisvísir
	R	$k * 10^6$	n
Sandur	0,94	0,007	2,69
Grófmór	0,91	0,003	2,75
Fínmór	0,86	0,004	2,54
Méla	0,84	0,006	2,36
Leir	0,68	0,058	2,16
Fínefni	0,86	0,011	2,41

Sýna fjöldi 38, Fjöldi ferða: 13, hæsta rennsli lykils.:47,5 m³/s lægsta rennsli.: 3,4 m³/s



Mynd 20. Meðalframburður svifaurs 2013–2016 skv. árslyklum einstakra kornastærðarflokka.

Niðurstaða framburðarútreikninga fyrir einstaka kornastærðarflokk má sjá á Mynd 20. Samanlagður framburður kornastærðarflokka er 1,60 milljón tonn/ár samanborið við 0,97 milljón tonn/ár sem fæst með árslykli heildarsvifaursframburðar. Lykill leirframburðar er mjög óreiðanlegur og með honum reiknast allt of mikill framburður. Samanlagðir sandgrófmós- og fínefnalykillinn gefa hins vegar betri niðurstöðu þ.e. nær árslyklinum eða 0,98 milljón tonn á ári. Reiknaður var framburður fínefna skv. lykli (Tafla 15 og Tafla 14) og var niðurstaðan 0,29 milljón tonn á ári.

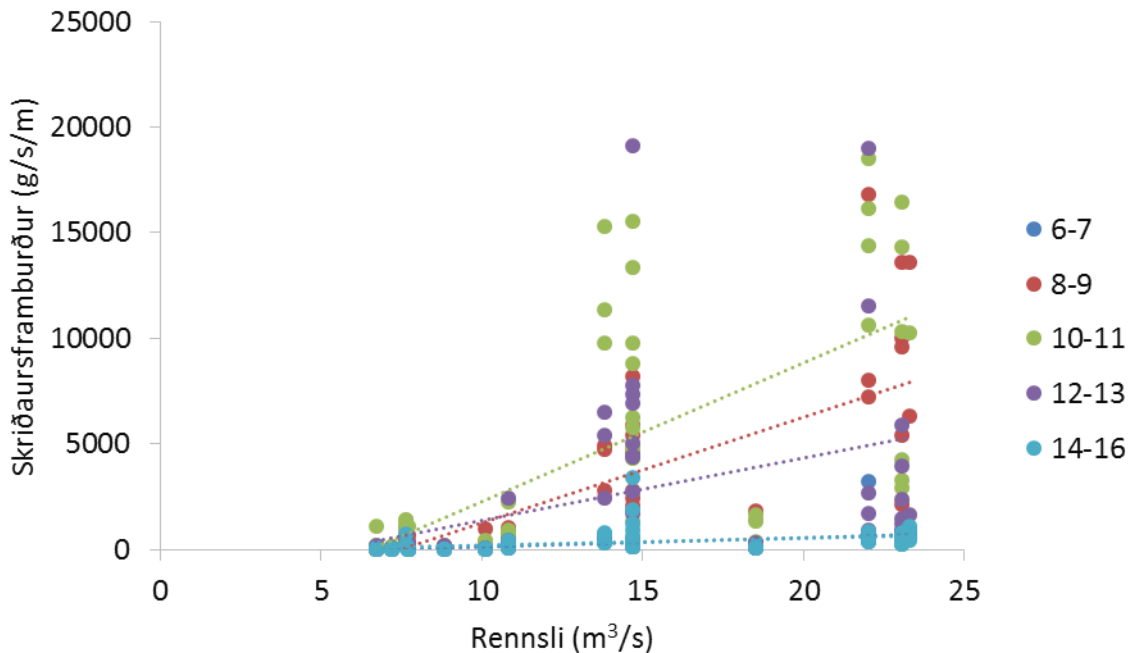
Fínefni þ.e. kornastærð minni en 0,063 mm sest ekki auðveldlega til nema í lygnu vatni. Samanlagt magn fínefna frá Framgili og Jökulkvísl er meira en reiknast niðri við Þaula. Nokkrar skýringar eru hugsanlegar á því. Í fyrsta lagi að fínefnalyklar ofátli magn frá Jökulkvísl og/eða Framgili. Í öðru lagi að um vanmat á fínefnum sé að ræð við Þaula. Í þriðja lagi að hluti fínefna setjist til á leiðinni en það verður að teljast ólíkleg skýring þar sem ekkert stöðuvatn eða marflatt land er á leiðinni.

Tafla 14. Samanburður á reiknuðum hluta fínefnis milli staða

Staður	Fínefni skv. lykli (milljón tonn/ár)
Þauli	0.40
Framgil	0.25
Jökulkvísl	0.29

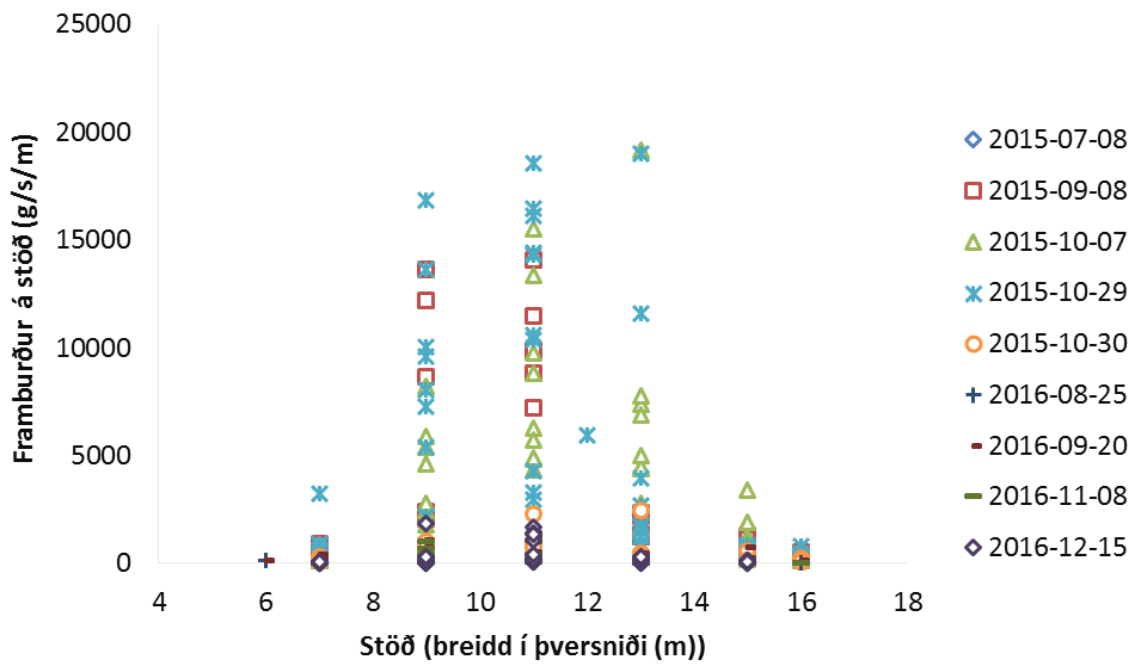
4.1.2 Niðurstöður skriðaursmælinga

Botnskrið í Jökulkvísl var mælt í ferðum sem farnar voru á árinu 2015 og má sjá yfirlit yfir fjölda sýna og hversu mörg þeirra hafa verið kornastærðargreind í töflu 6. Sýnunum var skipt upp í rennslisbil eftir dögum og ef rennsli breyttist mikið í mælingu (sjá Viðauka 2). Skriðaurframburður fyrir hverja stöð sem fall af rennsli er sýndur á Mynd 21. Svokallaðar stöðvar eru ákveðnar breiddir á þversniði árinna. Reynt er að taka skriðaurssýni á sömu stöðvum í hverri á fyrir sig ef hægt er að koma því við. Stöðvar í Jökulkvísl eru á hækkanði breiddarbili frá vinstri bakka til þess hægri (horft niður eftir ánni). Stöð 6 er því næst vinstri bakkanum um stöð 16 næst þeim hægri.



Mynd 21. Skriðaurframburður við Jökulkvísl, tímabilið 2015–2016, litaflokkaður eftir stöðvum (breiddarbili (m)) á þversniði árinna.

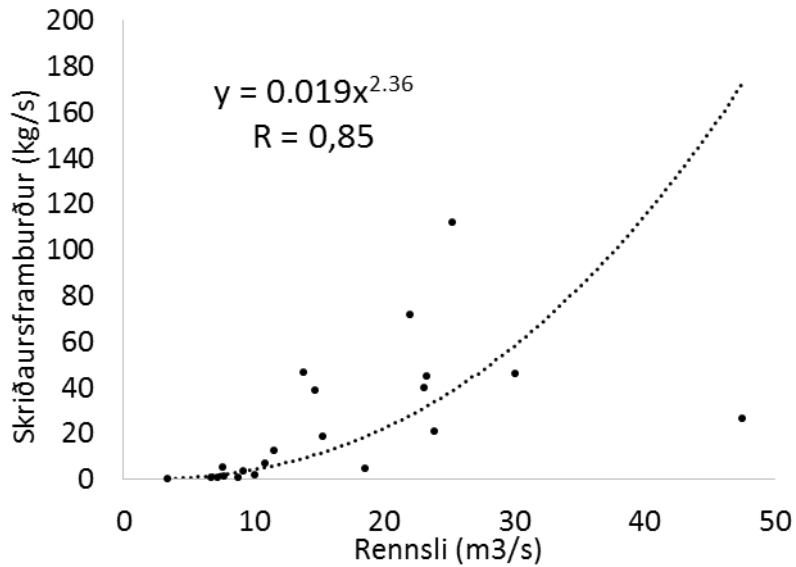
Aðferðin við að reikna heildarframburður skriðaur fyrir hvert sýni byggir á því að reikna heildaðan skriðaur fyrir hverja stöð í hverju rennslisbili og síðan er framburður allra stöðva lagður saman samkvæmt aðferð WMO sem fjallað er um í kafla 3.3.1 í þessari skýrslu (World Meteorological Organization, 1994). Gögnin eru síðan teiknuð upp á móti rennsli og leitnilína reiknuð, á forminu $q_s = k \times Q^n$ eins og fyrir svifaur (sjá kafla 3.2.2). Niðurstöðurnar eru birtar á Mynd 23. Hér er aftur á móti ekki notast við meðalrennsli í mælingu heldur rennslismælingu fyrir og eftir sýnatöku sem eykur óvissu skriðaurslýkilsins.



Mynd 22. Mældur framburður á hverri stöð flokkaður eftir rennslisbilum (sjá dagsetningar í skýringum).

Tafla 15. Helstu einkenni skriðauslykils fyrir Jökulkvísl og Hólmsá við Paula til samanburðar.

Vatnsfall	Gildistími lykils	Rennslisbil	Fjöldi ferða	H.r.l. m ³ /s	L.r.l. m ³ /s	Fylgni R	Hlutfallsstuðull k * 10 ⁶	Veldisvísir n
Jökulkvísl	2013–2014	8	5	47,5	3,4	0,92	41000	2,13
	2013–2016	21	12	47,5	3,4	0,85	19000	2,36
Pauli	2009–2013	26	15	232	35,3	0,59	12000	1,69
Framgil	2002–2009	40	57	163	28,1	0,77	50	2,64

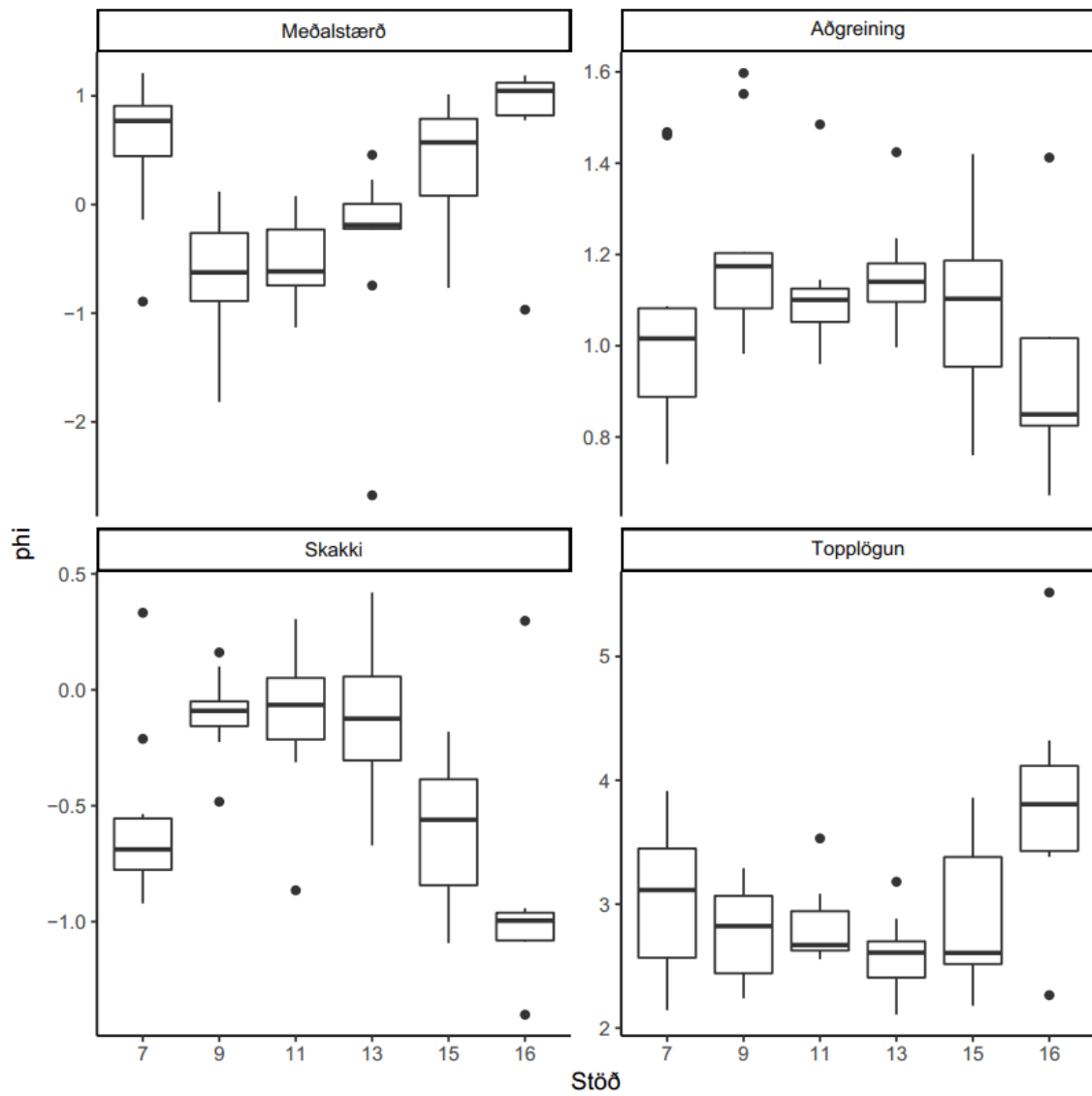


Mynd 23. Skriðaurstrylling fyrir sýni tekin 2013–2016 í Jökulskvísl.

4.1.3 Kornastærðargreiningar skriðaur

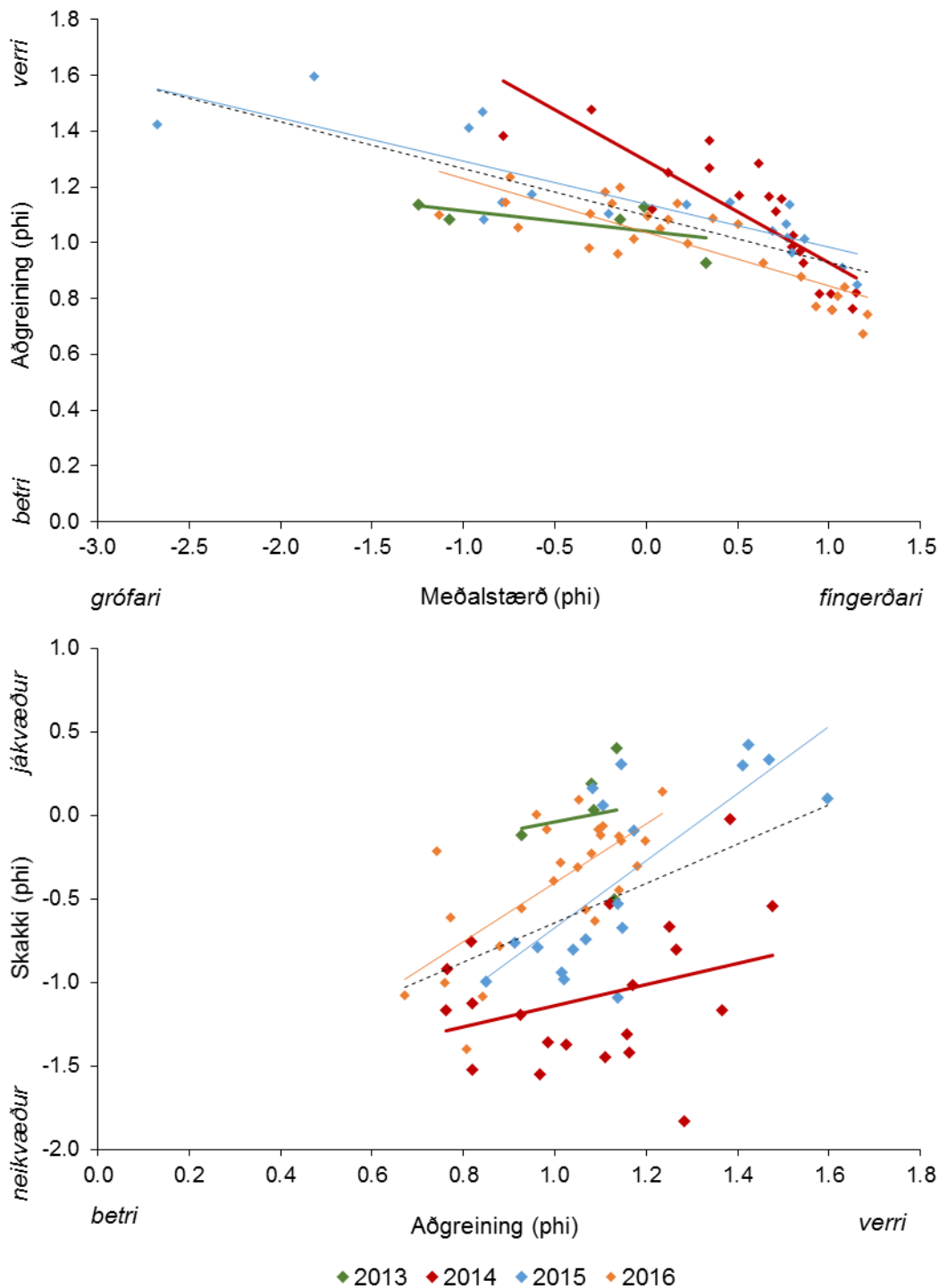
Eins og fjallað var um hér að framan eru kornastærðareiginleikar eintoppa sýna skoðaðir sérstaklega. Hins vegar er vert að ræða það að sýni úr Jökulskvísl eru mörg hver ekki eintoppa. Af 67 sýnum sem voru kornastærðargreind voru 44 eintoppa þ.e. 23 sýni voru tví- eða fleirtoppa (Tafla 6). Þegar um eintoppa dreifingu er að ræða er sýninu skipt í flokka eftir hundraðshlutamarki þ.e. D_{10} eða D_{50} o.s.frv. og magn í flokkunum notað til að skilgreina eiginleika sýnisins. Þegar sýni eru tví- eða fleirtoppa er ekkert vit í að skoða þessa flokka því t.d. helmingur sýnisins (D_{50}) segir ekki til um eiginleika dreifingarinnar þ.e. skakka, aðgreiningu eða meðalstærð. Hámarkstoppur getur verið beggja vegna miðgildisins og það gæti jafnvel fallið á milli og nánast enginn hluti sýnisins verið af þeirri stærð sem miðgildið stendur fyrir. Safntíðnirit kornastærðarmældra sýna má sjá í Viðauka 2. Kornastærðardreifing er einsleitari í sýnum frá tímabilinu 2015–2016 en áður.

Kassagröf af spönn meðalstærðar, aðgreiningar, skakka og topplögun fyrir eintoppa sýni frá Jökulskvísl má sjá á Mynd 24. Þar sést að grófustu sýnin eru tekin á stöðvum 9–11 í miðri á. Kornastærð skriðaurssýna fer frá því að vera mjög grófur sandur niður í grófan eða meðalsand. Mesta spönn kornastærðar er á stöð 9 og flest sýnin hafa neikvæðan skakka þ.e. grófan hala.



Mynd 24. Kassagröf af kornastærðareiginleikum skriðaus, meðalstærð, aðgreiningu, skakka og topplögun flokkað eftir stöðvum.

Mynd 25 sýnir vensl meðalstærðar og aðgreiningar (efri mynd) annars vegar og vensl aðgreiningar og skakka (neðri mynd) hins vegar, litakóðað eftir árum. Þar sést að aðgreining verður betri eftir því sem sýnið verður fínna. Eins er tilhneiging í þá átt að verr aðgreind sýni hafi jákvæðari skakka (fínan hala).



Mynd 25. Vensl meðalstærðar og aðgreiningar (efri mynd) og skakka og aðgreiningar (neðri mynd) í öllum skriðaurssýnum frá Jökulkvísl sem voru kornastærðargreind á árinu 2015.

4.2 Samanburður svifaurs og skriðaus

Heildarframburður Jökulkvíslar er listaður í töflu 16 og telst vera 1,38 milljón tonn skv. árslykli eða 57% af framburði við Þaula. Í töflunni er líka skipt á milli svifaurs- og skriðausframburðar og reiknað hlutfall skriðaus af heildarframburði skv. lyklum. Eins og sjá má er meðalframburður skriðaus frá 23% af heildaraurburði ársins 2014 en 29% á tímabilinu 2015–2016. Til samanburðar má sjá að hlutfall skriðaus af heildarframburði við Þaula reiknaðist 20% á tímabilinu 2015–2016 ef gert er ráð fyrir að samband framburðar og rennslis sem gildi frá 2009 til 2013 gildi enn.

Tafla 16. Svifaurs- og skriðausframburður á ári í Jökulkvísl og Þaula.

Ár	Dagsmeðal- rennsli	Svifaursframburð (millj. t/ár) skv. árstíðarlykl	Skriðausframburð (millj. t/ári) skv. árlykl	Heildarframburður (millj. t/ár)	Hlutfall skriðaus Heildarframburði (%)
2014	12	1,40	1,59	0,48	23%
2015–2016	15,1	0,92	0,97	0,41	29%
Þauli 2015–2016!	63,6		1,96	0,48	20%
Framgil 2015–2016!!	37		0,54	0,03	6%

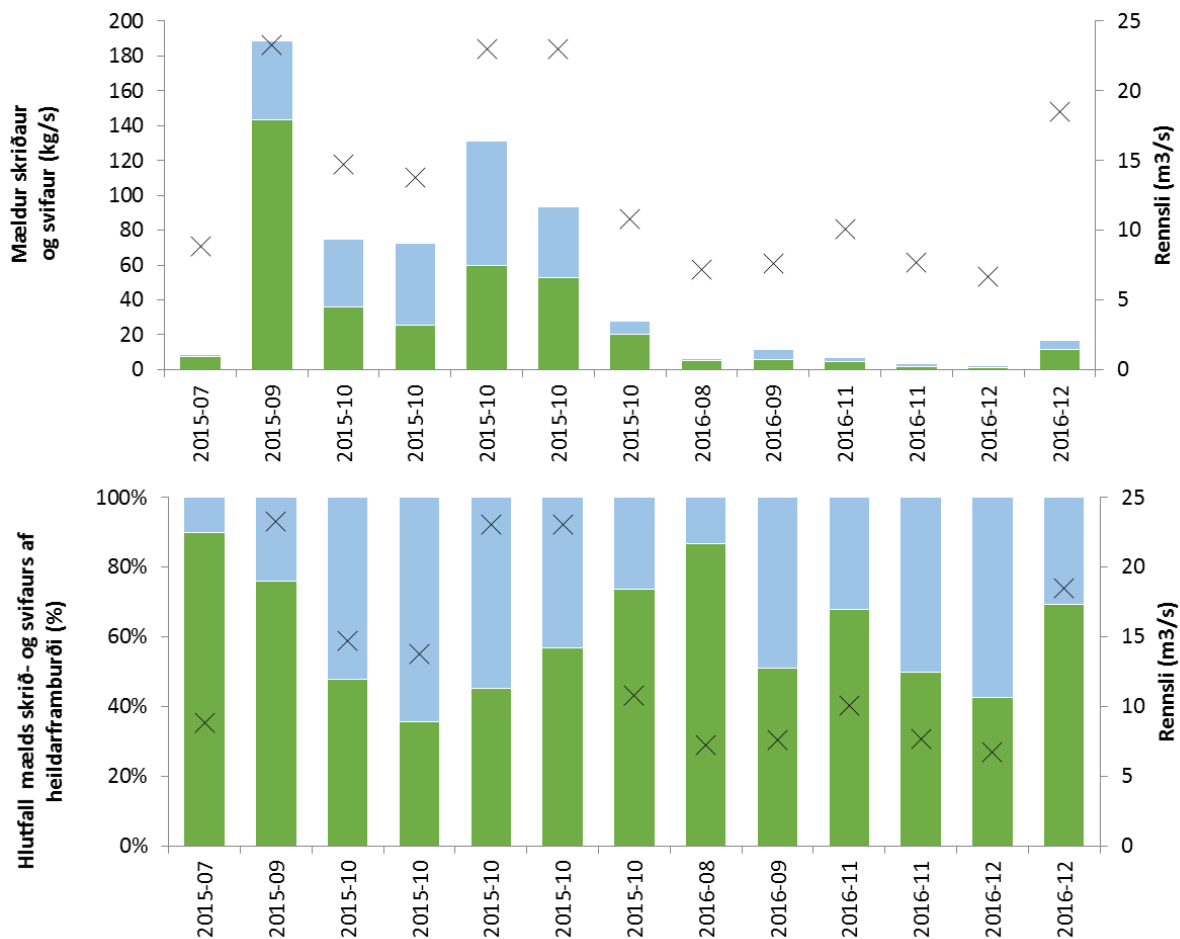
!gildistími lykils 2009–2013, !!gildistími lykils 2002–2009

Svifaursnýni sem tekin voru samhliða skriðausnýnum úr Jökulkvísl, mynda pör sem nýtast til samanburðar á framburðarhlutfalli skriðaus og svifaurs af heildarframburði. Framburður svifaurs er reiknaður út frá hverju sýni og hann borinn saman við heildaðan skriðausframburð sem reiknaður var fyrir sama dag og svifaursnýnið var tekið (Mynd 26).

Tafla 17. Samanburður svifaurs- og skriðausframburðar í sýnatökuferðum í Jökulkvísl 2015–2016.

Dagsetning	Rennslis mæling (m ³ /s)	Svifaursfram- burður (kg/s)	Heildaður skriðaus- framburður (kg/s)	Samanlagður framburður (kg/s)	Hlutfall skriðaus
2015-07-08	8,8	7,5	0,8	8,4	10%
2015-09-09	23,3	144	45,3	189	24%
2015-10-07	14,7	35,7	38,8	74,6	52%
2015-10-07	13,8	25,7	46,6	72,3	65%
2015-10-29	23,0	59,6	71,9	131	55%
2015-10-29	23,0	52,9	40,3	93,2	43%
2015-10-30	10,8	20,3	7,2	27,5	26%
2016-08-25	7,2	5,3	0,8	6,1	13%
2016-09-20	7,6	5,8	5,6	11,4	49%
2016-11-08	10,1	4,5	2,2	6,7	32%
2016-11-08	7,7	1,6	1,6	3,2	50%
2016-12-15	6,7	0,8	1,2	2,0	58%
2016-12-15	18,5	11,7	5,2	16,9	31%
Meðaltal	13	28,9	20,6	49,4	39%

Mikill munur var á milli ferða og jafnvel innan ferða hversu stór hluti skriðaur er af heildarframburði. Minnsta hlutfall mældist 10% þann 8. júlí 2015. Að meðaltali var hlutfall skriðausframburðar úr sýnatöku hins vegar 39% af heildarframburði, sem er hærra hlutfall en það sem reiknað er skv. aurburðarlyklum þ.e. að skriðaur væri 29% heildarframburði. Hlutfall skriðaus skv. aurburðarlyklum reiknast lægra fyrir fyrir fyrri tímabilið sem skoðað hefur verið í Jökulkvísl 2013–2014 (23%) og en það síðara 2015–2016 (29%).



Mynd 26. Samanburður skriðaus- og svifaursframburðar í sýnatökuferðum í Jökulkvísl árin 2013–2014. Bláar súlur tákna skriðaur og grænar svifaur. Mælt rennsli er táknað með x-um. Efri myndin sýnir mæld gildi skrið- og svifaurs (kg/s) og neðri myndin sýnir hlutfall hvors flokks í %.

5 Samantekt

Sýnatöku í Jökulkvísl var ætlað að varpa ljósi á þann framburð sem berst inn á væntanlegt lónstæði ofan við Atley. Það setur verkefninu nokkrar skorður að eins og í fyrri skýrslu (Esther Hlíðar Jensen o.fl. 2016b) var rennsli áætlað vegna þess að ekki hefur verið rekinn vatnshæðarmælir í Jökulkvísl í nógu langan tíma. Framburður var því reiknaður út frá áætluðu rennsli þ.e. rennsli við Þaula að frádregnu rennsli við Hólmsárfoss margfaldað með 1,4 (Esther Hlíðar Jensen o.fl. 2016b). Verða niðurstöðurnar að skoðast í ljósi þeirra takmarkana.

Heildarframburður Jökulkvísar reiknaðist 1,38 milljón tonn á ári (Tafla 18) sem er um 57% af framburði við Þaula ef notaður er svifaurslykill tímabilsins 2009–2013 og reiknað á rennsli frá Þaula 2015–2016.

Tafla 18. Svifaurs- og skriðausframburður á ári í Jökulkvísl, Hólmsá við Þaula og Framgil.

Gildistími lykils	Ár	Dagsmeðal- rennsli	Svifaursframburður (millj. t/ár) árslykli	Skriðausframburður (millj. t/ári) skv. heilduðum árslykli	Heildar- framburður	Hlutfall skriðaus Heildarframburði (%)
Jökulkvísl						
2013–2014	'14	12	1,59	0,48*	2,07	23%
2013–2016	'15–'16	15	0,97	0,41	1,38	29%
Þauli						
2009–2013	'15–'16	64	1,96	0,48	2,44	20%
Framgil						
2002–2009	'15–'16	37	0,54	0,03	0,57	6%

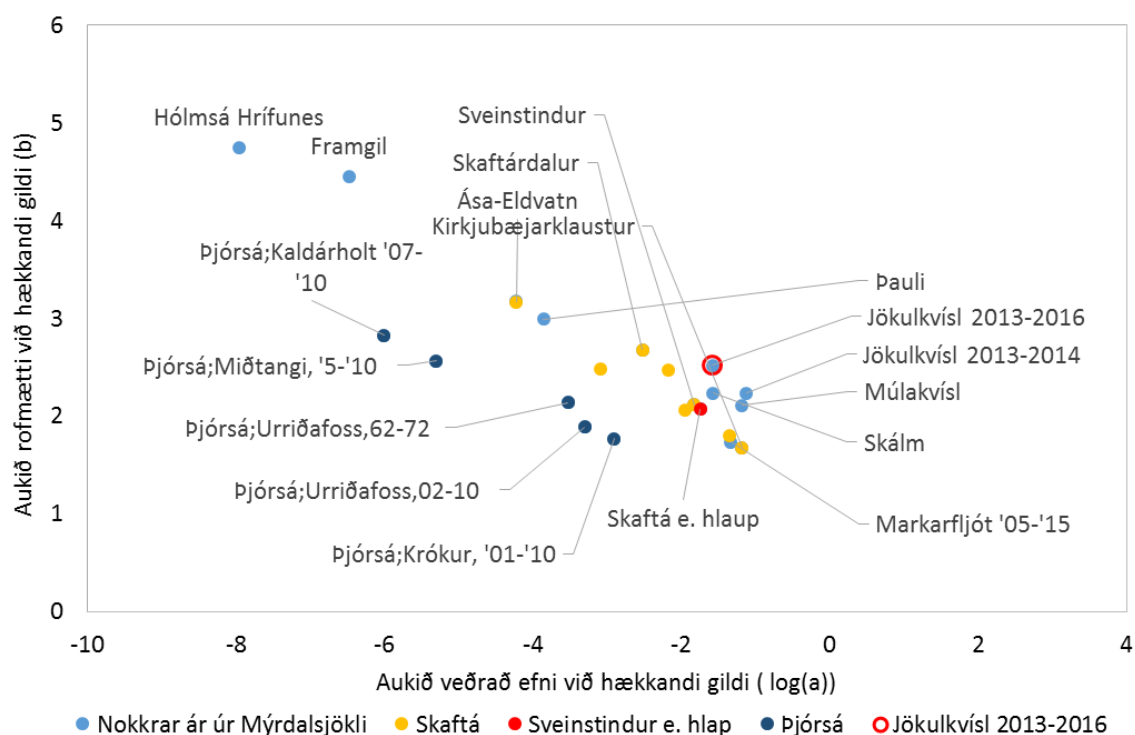
Talsvert bættist við af skriðaurssýnum frá fyrri rannsókn í Jökulkvísl. Greining á kornastærð skriðaus gaf sambærilegar niðurstöður og áður þ.e. að grófustu sýnin berast fram í miðjum farvegi eins og búast mátti við. Hins vegar er kornastærðardreifing sýnanna einsleitari en áður. Skriðauslykill var uppfærður en óvissa hans er enn mikil þar sem ekki er notast við meðaltalsrennsli í sýntöku heldur rennslismælingu. Lykillinn hefur hins vegar svipaða eiginleika og svifaurslykillinn þ.e. Jökulkvísl líkist meira Þaula en Framgili (Tafla 15).

Framburðarheimtur reyndust enn vera miklar fyrir Jökulkvísl og við samanburð milli staða sést að talsvert meira magn berst fram á hvern ferkílómetra frá Jökulkvísl en frá Framgili og Paula.

Tafla 19. Framburðar heimtur (e. sediment yield) fyrir Paula, Framgil og Jökulkvísl.

Mælistaður	Heildarvatnasvið (km ²)	Hluti jökuls af vatnasviði (%)	Framburðar heimtur	
			2014	2015–2016
Tímabil			2014	2015–2016
Pauli	383	25%	7285	6378
Framgil	224	18%	1992	2543
Jökulkvísl	40,5	58%	40000	34096

Samanburður lykla frá nokkrum íslenskum ám leiddi í ljós að Jökulkvísl hefur herra rofmætti en ár með sambærilegt framboð af veðruðu efni Mynd 27. Mjög auðrjúfanlegt efni er á öllu þessu svæði og hafa nýleg eldgos aukið framboð lausefna á vatnsviðum í nágrenni Mýrdalsjökuls enn frekar. Framgil sker sig úr að þessu leiti enda er hlutfall jökuls af vatnasviði Hólmsár við Framgil minna en hinna vatnasviðanna (Tafla 19 og Mynd 2).



Mynd 27. Svifurslyklar í nokkrum íslenskum ám. Þjórsá (dökkbláir), Skaftá (gulir) og Skaftá eftir hlaup (rauður) og nokkrar ár úr Mýrdalsjökli (ljósbláir). Núverandi lykll fyrir Jökulkvísl með rauðum hring.

Við samanburð milli staða þarf alltaf að áætla marga þætti. Hér hafa verið borin eru saman gögn frá mismunandi mælistöðum, frá mismunandi tímabilum, mislangar tímaraðir þar sem ekki hafa verið notaðar sambærilega mæliaðferðir. Það má því gera ráð fyrir að talsverð óvissa sé á samanburðinum. Hins vegar hefur tekist að setja Jökulkvísl í flokk með ám sem

hafa hátt hlutfall af veðruðu efni á vatnasviðinu og mikinn rofmátt þrátt fyrir að rennsli hefur aldrei mælst meira en 47,5 m³/s. Ennþá er mikil óvissa um þátt Ytri-Bláfellsár í framburði Hólmsár en sýni sem tekið var sumarið 2016 bendir til að hún geti a.m.k. við vissar aðstæður borið meira fram en Jökulkvísl þar sem styrkur sýnisins var um fjórum sinnum hærri en styrkur sýna úr Jökulkvísl sama dag.

6 Heimildir

Asselman, N. E. M. (2000). Fitting and interpretation of sediment rating curves. *Journal of Hydrology*, 234, 228–248.

Boggs, S. Jr. (1995). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. 2nd edition. New Jersey: Prentice Hall.

Esther Hlíðar Jensen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir & Snorri Zóphóníasson (2014). *Heildarframburður Hólmsár við Framgil árin 2002 til 2009* (LV-2014-067, ORK 1406). Reykjavík: Landsvirkjun og Orkusalan ehf.

Esther Hlíðar Jensen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir & Snorri Zóphóníasson (2016 a). *Heildarframburður Hólmsár við Paula árin 2009 til 2013*. LV-2016-067, ORK 16010. Landsvirkjun og Orkusalan ehf.

Esther Hlíðar Jensen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Snorri Zóphóníasson & Gunnar Sigurðsson (2016 b). *Mælingar á aurburði og rennsli í Jökulkvísl árin 2013–2014*. LV-2016-068, ORK 16011. Landsvirkjun og Orkusalan ehf.

Helgi Björnsson, Finnur Pálsson og Magnús T. Guðmundsson (2001). Surface and bedrock topography of the Mýrdalsjökull ice cap. Iceland. *Jökull*, 49.

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

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

Jórunn Harðardóttir, Bjarni Kristinsson & Svava Björk Þorláksdóttir (2005). *Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli, árið 2004* (OS-2005/002). Reykjavík: Orkustofnun.

Morgan, R. P. C. (1995). *Soil Erosion and Conservation*. Harlow: Longman.

Oddur Sigurðsson, Richard S. Williams Jr. & Skúli Víkingsson (2013). *Jöklakort af Íslandi*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Skúli Víkingsson (2008). *Landlíkan ÍSOR*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-08022. Unnið fyrir Vatnamælingar Orkustofnunar. 4 bls.

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

Veðurstofa Íslands (2010). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2009/2010 vhm 577, Hólmsá, Paula*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Veðurstofa Íslands (2011). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2010/2011 vhm 577 Hólmsá, Framgil*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Veðurstofa Íslands (2012). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2011/2012 vhm 577, Hólmsá, Hólmsárfoss*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Veðurstofa Íslands (2013). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2012/2013 vhm 477, Hólmsá; Hólmsárfoss*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Veðurstofa Íslands (2015). Stafrænn vatnagrunnur Veðurstofu Íslands. Sótt 21.5.2015.

Verkfræðistofan Vatnaskil (2012). *Hólmsá í Skaftártungu. Rennslislíkan*. Unnið fyrir Landsvirkjun og Orkusöluna, LV-2012-094 og ORK-1207

Verkís (2013). *Hólmsárvirkjun með miðlunarlóni við Atley. Tilhögun og umhverfi* (LV-20130-76, ORK1304). Reykjavík: Landsvirkjun og Orkusalan.

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

Viðaukar, tölur og talnaefni

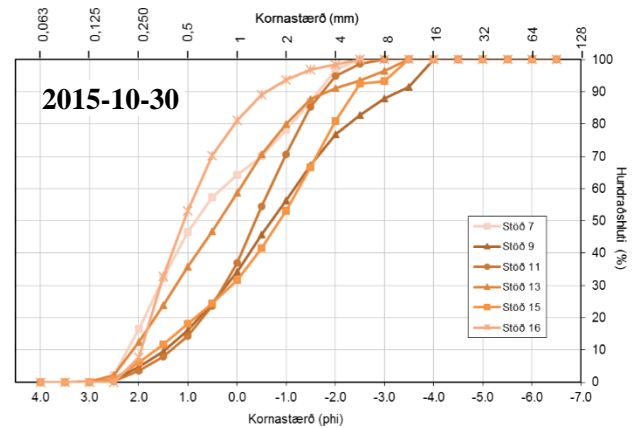
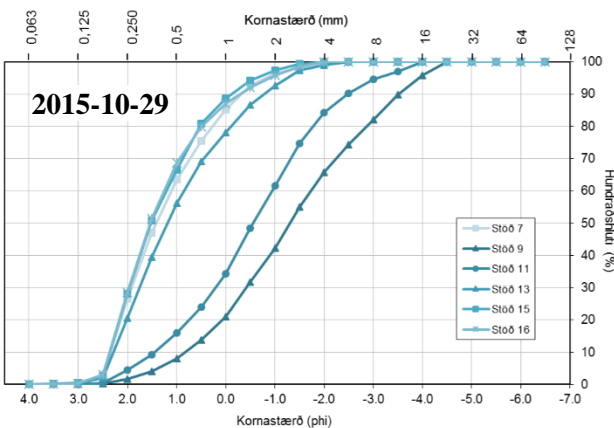
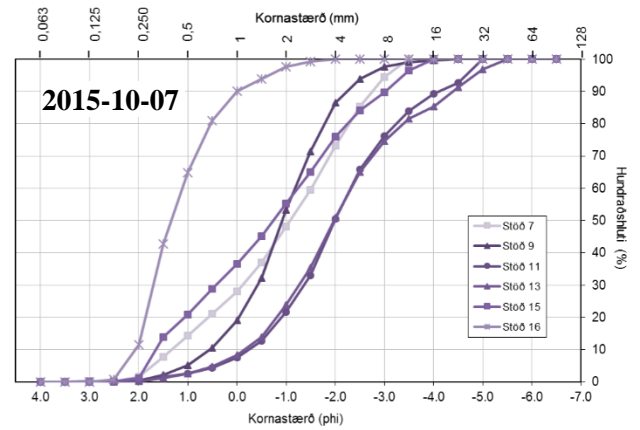
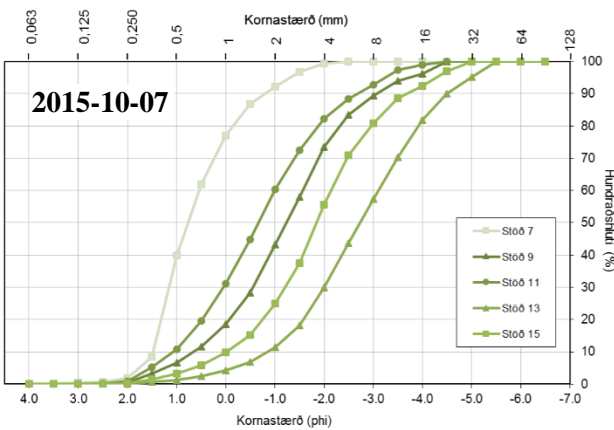
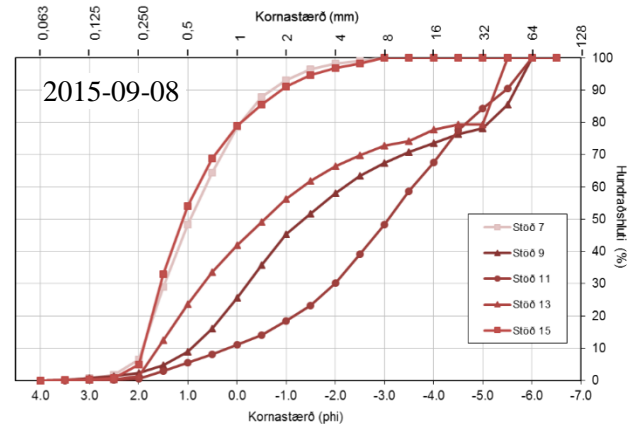
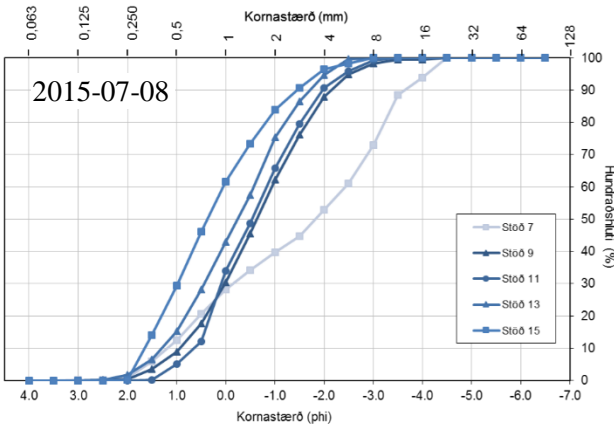
Viðauki 1

Niðurstöður á heilduðum framburðarútreikningum skriðaurssýna.

Dags	Q	h- bak ki	v- bak ki	Breidd í rennslis- mælingu	Stöð													Heildaður framburður (kg/s)				
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		End i			
2013-10-10	3,4	8	1,5	9,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0											0,25	
2014-07-02	23,9	13	5,5	18,5				0,3		3,2								0,4			20,99	
2014-07-02	47,5	13	5,5	18,5				0,6		2,8								0,5			26,6	
2014-07-02	15,3	13	5,5	18,5				0,2		1,5					2,0			1,4		0,26	0,31	18,7
2014-07-31	30,1	13,5	5	18,5				4,2		2,8											1,62	46,2
2014-09-03	25,2	8	13,5	5	18,5			9,6	8,9	9,2	11,6	13,9	14,1		25,3			15,1			3,90	112
2014-11-12	9,2	12	5,5	17,5				0,0		0,2					1,5			0,3				3,74
2014-11-13	11,5	4	12	5,5	17,5			0,2	1,2	3,0					0,7							12,74
Breiddir						4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				

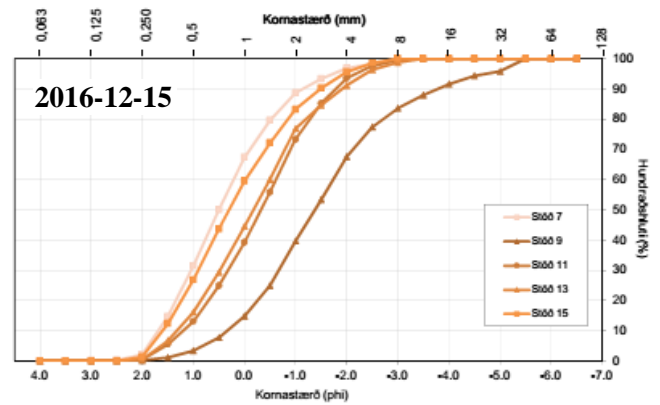
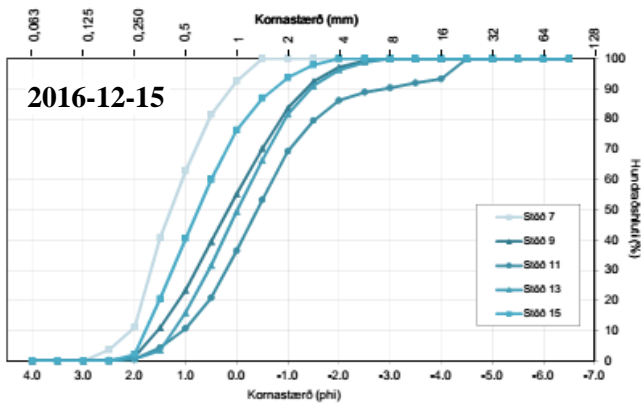
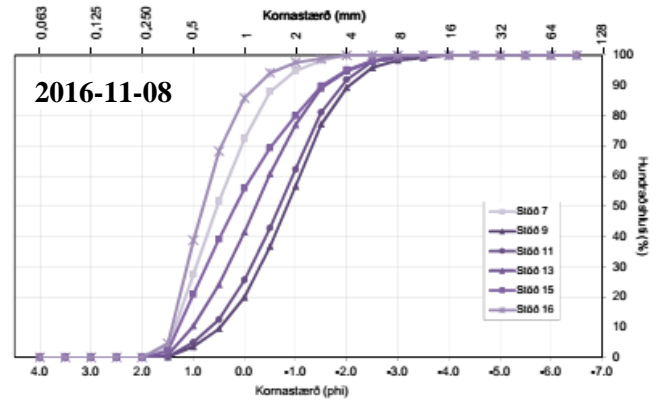
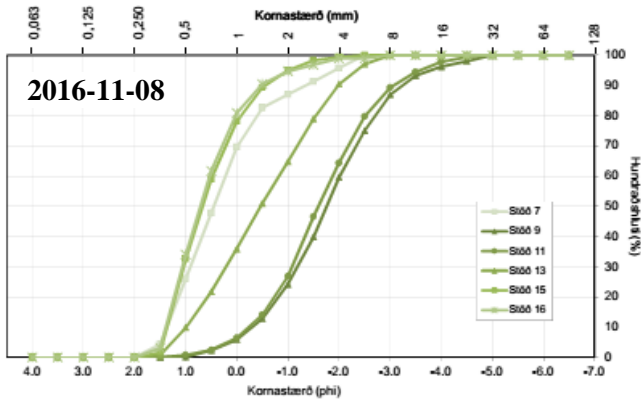
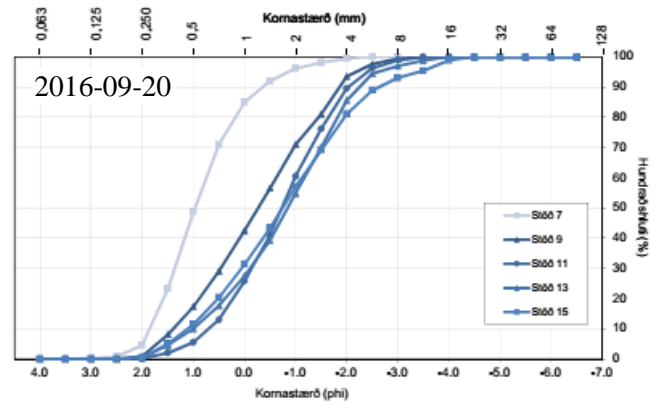
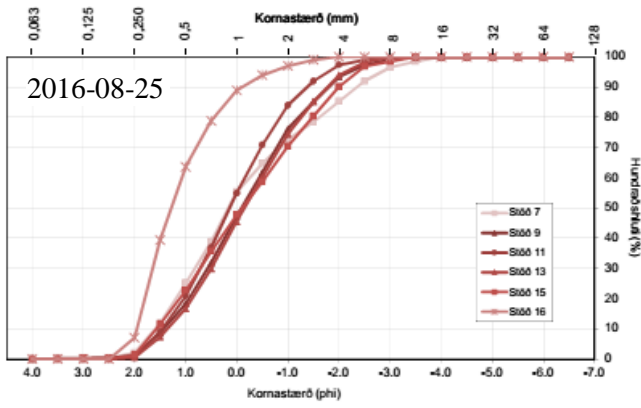
Viðauki 2

Safntíðnirit kornastærðarmældra skriðaurssýna



Safntíðnirit kornastærðarmældra skriðaurssýna úr Jökulkvísl 2015. Feitletruðu dagsetningarnar sýna atburðarferðir. X-ásinn sýnir phi-kvarða frá 4 til -7 (stækkandi til hægri) eða 0,063mm til 128mm og y-ásinn sýnir uppsafnað hlutfall (%).

Viðauki 2 Safntíðnirit kornastærðarmældra skriðaurssýna



Safntíðnirit kornastærðarmældra skriðaurssýna úr Jökulkvísl 2016. Feitletruðu dagsetningarnar sýna atburðarferðir. X-ásinn sýnir phi-kvarða frá 4 til -7 (stækkandi til hægri) eða 0,063mm til 128mm og y-ásinn sýnir uppsafnað hlutfall (%).



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

orkusalan 

Bíldshöfði 9
110 Reykjavík
orkusalan.is

orkusalan@orkusalan.is
Sími: 422 10 00

