

Greinargerð vegna styrks árið 2012 af tilraunafé til samvinnu um rannsóknir á Grímsvatnahlaupum.

Finnur Pálsson og Helgi Björnsson; fp@raunvis.hi.is, hb@raunvis.hi.is
Jarðvísindastofnun Háskólans
Sturlugata 7, 101 Reykjavík

Við sendum hér með niðurstöður af samvinnu um verkefnið Grímsvatnahlaup: vatnsgeymir, upphaf og rennsli. Um er að ræða yfirlit yfir könnun á aðstæðum við Grímsvötn: vatnshæð, legu vatnarása, mat á þykkt íshellu, flatarmáli og rúmmáli Grímsvatna, hæð og styrk ísstíflu, mat á líklegu hámarksrennsli í hlaupum, mælingum á rennsli úr Grímsvötnum, mati á núverandi stöðu í Grímsvötnum og áframhaldandi vöktun ísstíflu. Einnig afkomu ísaviðs Grímsvatna, löggun þess og ísskrið, og afrennsli leysingavatns til þeirra.



Mynd 1. Mælistöð í Grímsvötnum í júní 2012, (ljósm. FP).

Mælistöð í Grímsvötnum.

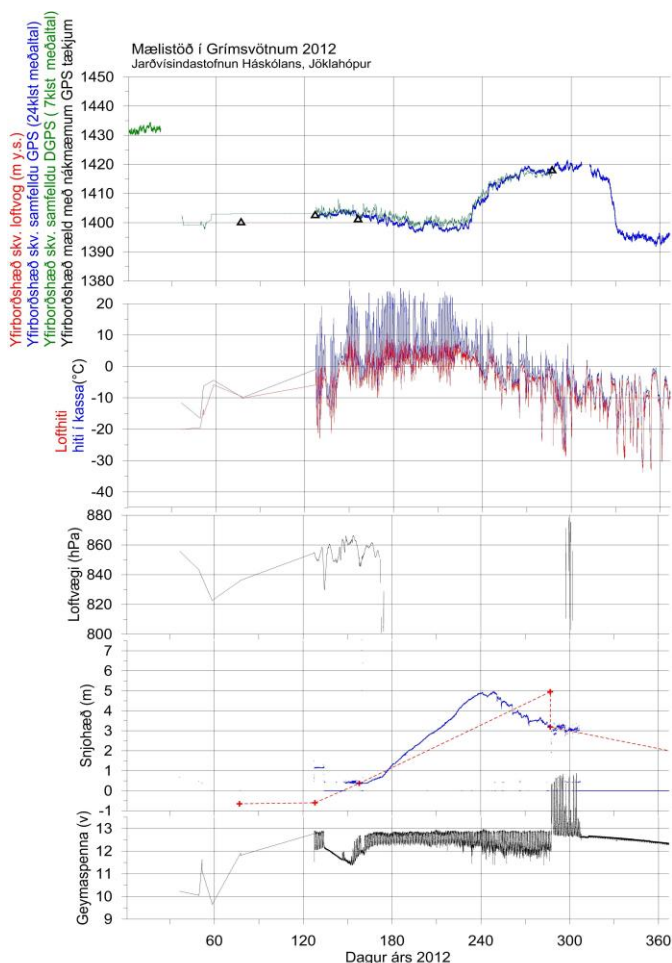
Eins og mörg undanfarin ár voru rekin mælitæki í Grímsvötnum til að fylgjast með vatnshæð.

Skráðar voru mælingar á meðalloftvægi (nákv. ~ 0.2 mb) hverra 15 mínútna og einnig hitastig (nákv. ~ 0.5 °C) auk snjóhæðar, sem mæld er með hljóðbylgjumæli sem komið er fyrir á slá efst á mælitækjamastri.

Tvö GPS tæki mæla og skrá staðsetningu og hæð mastursins, hnit frá öðru tækinu eru skráð með veðurgögnunum (á 6 mínútna fresti, nákæmni hverrar mælingar í hæð ~ 5 -20 m), en hitt skráir í innbyggða gagnageymslu (á 5 mínútna fresti, nákæmni í hæð ~ 2 -5 m).

16. mars 2012 var komið við í mælistöðinni og gögn lesin, og svo aftur í byrjun maí. Vegna rafmagnsleysis og bilunar í skráningartæki voru ekki skráð gögn um veður frá ársbyrjun þar til í maí þegar gert var við bilunina.

Sjálfstæða GPS-tækið skráði hins

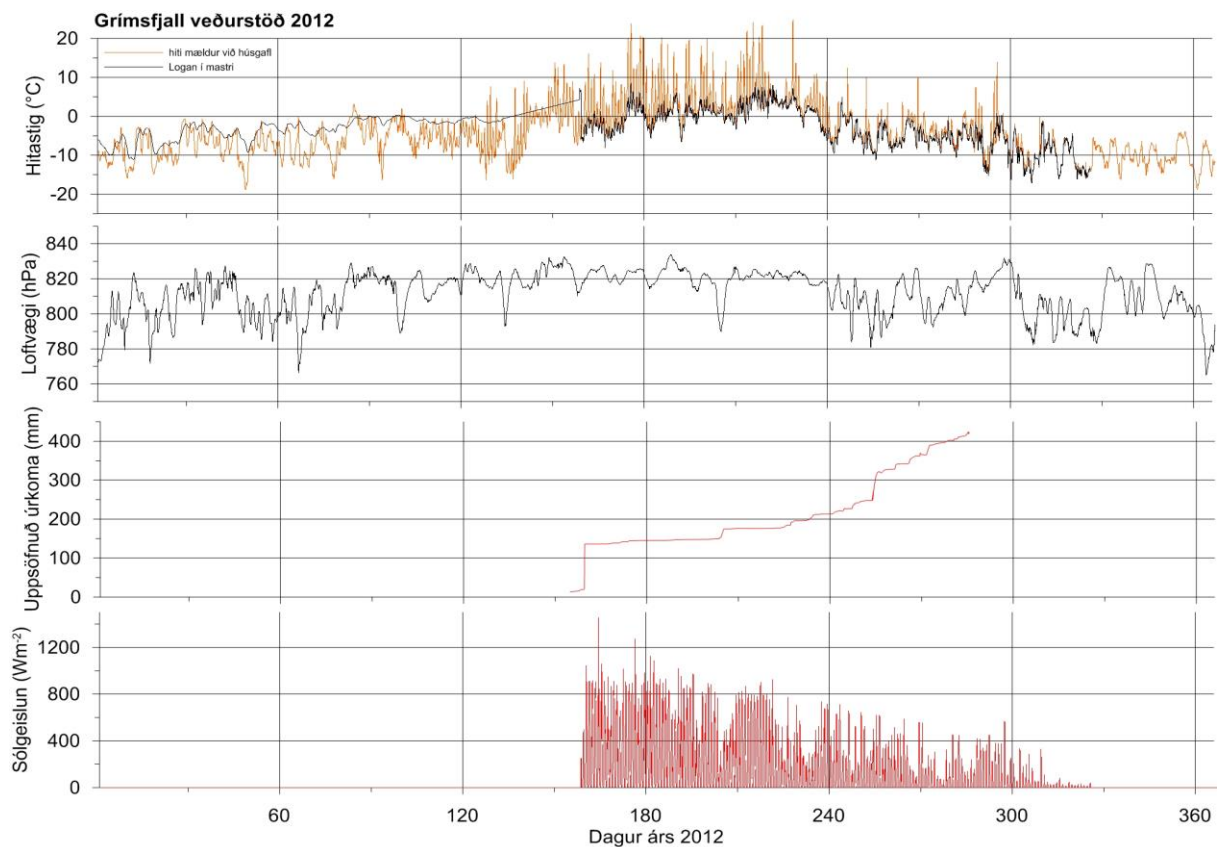


Mynd 2. Yfirlit yfir mælingar í sjálfvirkri mælistöð í Grímsvötnum á árinu 2012.

vegar út janúar. Stöðin var þjónustuð í júní og aftur í október, en þá var aukið við rafgeyma stöðvarinnar, nú eru þar 4 120AH rafgeymar, enda hefur stöðin unnið hnökralaust síðan. Á árinu var fjarskiptum við stöðina breytt þannig að í stað þess að nota GSM símamótald á Grímsfjalli (GSM samband við Grímsfjall hvarf þegar símafyrirtækin drógu úr afli GSM-senda sinna á Snjóöldu) til gagnaflutnings (auk fjarskiptahlekks milli Grímsvatna og Grímsfjalls) er notast við gagnaflutningsrás sem Veðurstofa Íslands rekur á Grímsfjalli og Skeiðarársandi vegan jarðskjálftamælis og GPS landmælingatækis. Eftir þessa breytingu voru gagnasamskipti við mælistöðina nær hnökralaust á árinu, þannig að hægt var að sækja gögn í hana að vild.

Yfirlit mælinga á yfirborðshæð íshellu og veðurþættir eru sýnd á 2. mynd. Loftvog bilaði á miðju sumri, í október kom í ljós að tengi við örsmáa magnararás hafði tærst í sundur, og reyndist hægt að laga það, skipt var um loftvog í tilfallandi ferð í Grímsvötn um miðjan mars 2013.

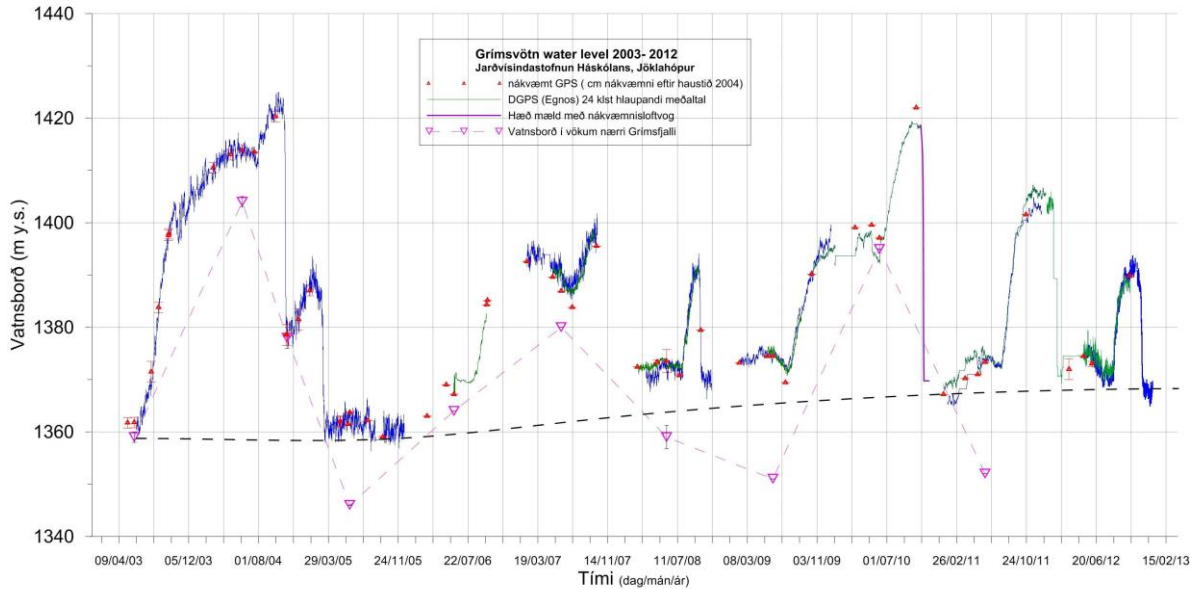
Á Grímsfjalli er einnig rekin veðurstöð sem safnar gögnum um hitastig, loftvægi og sumarúrkomu (3. mynd). Gögn um hitastig og loftvægi nýtast til reikninga á vatnshæð Grímsvatna eftir stigli hita og loftþrýsings með hæð, ef gögn frá GPS tækjunum bregðast. Veðurgögnin nýtast einnig sem almenn veðurgögn, meðal annars til mats á orkubúskap og við gerð afkomulíkana af Grímsvatnasvæðinu.



Mynd 3. Yfirlit yfir mælingar í sjálfvirkri mælistöð á Grímsfjalli á árinu 2012.

Vatnshæð og vatnssöfnun í Grímsvötnum

Yfirlit yfir mældu vatnshæð frá ársbyrjun 2003 til ársloka 2012 er sýnt á 4. mynd.



Mynd 4. Vatnshæð Grímsvatna frá ársbyrjun 2003 til ársloka 2012.

Á árinu 2012 voru tvö jökulhlaup frá Grímsvötnum, annað um mánaðarmótin febrúar mars en hitt í nóvemberlok. Þessu verður lýst nánar hér neðar í lok jökulhlaupaannálsins. Eftir jökulhlaupið um mánaðamótin október nóvember 2004 safnaðist fyrst í stað lítið vatn í Grímsvötn. Vötnin tæmdust ekki í því hlaupi (vatnshæð í lok hlaups var um 1380 m og rúmmál vatns um 0.2 km^3). Hæsta vatnsstaða eftir þetta var um 1385 m (rúmmál vatns um 0.26 km^3) nærri miðjum febrúar 2005. Eftir það jókst leki og endaði með smáhlaupi í byrjun mars 2005. Þá tæmdust vötnin og í hlaupinu runnu $0.25\text{-}0.3 \text{ km}^3$ til Skeiðarár frá Grímsvötnum.

Frá því í hlaupinu í marsbyrjun 2005 til loka júlí 2006 hafði nær ekkert vatn náð að safnast í Grímsvötn. Frá ágúst 2006 til miðs nóvember safnaðist vatn fyrir og náði vatnsborð hámarki um 1395 m. Þann 8. febrúar 2007 var vatnshæðin 1393 m, nær óbreytt síðan í nóvember. Vatnsborð lækkaði jafnt og þétt og var 8. júní orðið 1387 m og lækkaði enn til u.þ.b. 15. júlí var þá 1384 m (vatnsmagn er um 0.3 km^3). Eftir það náði vatn að safnast fyrir, lekinn hafði ekki undan innstreymi bræðsluvatns af yfirborði. Það hægði á hækkuninni eftir að yfirborðsleysing datt niður í byrjun september. Vatnshæðin var orðin um 1396 m 10. október, um 6 m hærra en var fyrir smáhlaupið í febrúar 2005. Lítið hlaup varð frá Grímsvötnum um mánaðamótin október nóvember 2007, vatnshæð fyrir það hlaup var nærri 1398 m en 1372 m í lok þess. Rúmmál þessa hlaups var því nærri 0.25 km^3 . Eftir þetta hlaup verður enn á ný sírennsli úr vötnunum en í síðustu viku júlí 2008 fer vatn að safnast hratt fyrir í Grímsvötnum, en hægir á í annari viku september. Þetta endar með hlaupi um mánaðamótin september október 2008, verulegt útrennsli hefst 24. september en líkur 1. október. Vatnshæð í upphafi hlaups var 1392 m en 1370 í lok þess, rúmmál hlaupvatns nærri 0.19 km^3 . Nú varð enn sírennsli úr Grímsvötnum; allt bræðsluvatn rann þaðan jafnharðan. Undir lok júlí 2009 varð breyting á og vatn fór að safnast fyrir í Grímsvötnum. Um miðjan október 2009 var vatnshæð orðin ~ 1394 m. Rishraðinn varð minni þegar leið á veturinn, mest vegna þess að

sumarleysingavatn af yfirborði hafði allt skilað sér, en að hluta vegna þess að sífellt stærri hluti íshellunnar fer á flot (meira rúmmál fyrir hvern metra í hækkun); vatnshæð orðin ~ 1404 m 14. mars 2010. Ris íshellunnar var með svipuðu sniði 2010 og var 2009, leki frá Grímsvötnum hafði undan innrennsli þar til á miðju sumri, þegar yfirborðsleysing hófst að ráði. Í sumarlok var vatnsborð orðið jafnhátt og fyrir hlaupið (og gosið) 2004, vatnsborð 1420 m og ~0.7 km³ vatns safnast fyrir. Hlaup varð úr Grímsvötnum 23. október til 5. nóvember. Sig íshellunnar (og þá einnig vatnsborðs) var mælt með loftvogum á Grímsfjalli og í Grímsvötnum. Með því að tengja sigferilinn við lýsingu á rúmmáli vatns sem fall af vatnshæð var gerður rennslisferill vatns frá Grímsvötnum (5. mynd). Hámarksrennsli frá Grímsvötnum er skv. þessu um 2500 m³s⁻¹, frá ~kl. 2-8 aðfaranótt 3. nóvember, en frá hádegi fram á síðdegisdag við Gígjubrúna skv. mælingum Vatnamælinga Veðurstofu. Hlaupið má einnig greina á jarðskjálftamæli á Grímsfjalli. Órói á hærri tíðniböndunum óx jafnt og þétt þegar vatn byrjaði að renna frá Grímsvötnum. Óróinn er vegna niðs í sívaxandi magni rennandi vatns (líklega er vatn þó búið að renna frá Grímsvötnum í tæpa viku (23-28. október) áður en hægt er sjá óróann vaxa). Þegar vatnsborðið hafði lækkað um ~30 m og hlaupið náði hámarki breyttist óróinn skyndilega. Óróakviður, sem líklega stafa af suðu í jarðhitakerfinu vegna þrýstiléttis, bættust við rennslisóróann (sem þá var minnkandi; jöklahópur JH mun í samvinnu við Pál Einarsson skoða þetta nánar). Þessi suðuórói var öflugur til að byrja með (3.-6. nóv.) en síðan í óreglulegum rokum eftir það, datt trúlega alveg niður stuttan tíma 14. nóvember (óróinn datt líka alveg niður í nokkra daga snemma í desember og aftur milli jóla og nýárs, en tók sig upp aftur). Þetta eru vísbendingar um að vatn hafi safnast fyrir í stuttan tíma og þrýstingur orðið nægur til að kæfa jarðhitakerfið. Hinn 11. janúar 2011 var yfirborðshæð íshellunnar sú sama og í hlauplok, líklegast er að íshellan hafi hvílt á botni Grímsvatna allan tímann, lítið eða ekkert vatn safnast fyrir. Ekki fór að safnast vatn í Grímsvötn árið 2011 fyrr en um mánuður var liðinn af yfirborðsleysingartímabilinu, nærri júlílokum, og hætti snögglega þegar sumarleysing hætti í september.

Eldgos í Grímsvötnum í síðustu viku maí bræddi lítinn ís, þar sem gosið var á nær sama stað og 2004: allt bræðsluvatnið rann burtu jafnóðum eða fór upp í loftið sem hluti gosmakkar. Hins vegar dreifðist aska úr gosinu um Grímsvatnasvæðið, raunar frekar lítið magn því mest af öskunni fór til suðurs yfir Háubungu og talsvert til vesturs og vestnorðvesturs yfir Tungnaárjökul í átt að Hamrinum og Köldukvíslarjökli. Sú litla aska sem þó dreifðist um Grímsvötn og norður um ísasvæði þeirra jók leysingu á svæðinu til muna, sjá nánar í kafla um afkomumælingar.

Í vetrarbyrjun 2011 var vatnshæð nálægt 1400 m Grímsvötnum og vatnsmagn um 0.4 km³. Lítillega (5m) hækkaði í vötnunum til miðs desember. Eftir það náðist ekki samband við mælistöðina í Grímsvötnum, GSM sambandið hafði versnað svo að ekkert samband var við símamótald á Grímsfjalli (sambandið fjaraði alveg út í desember 2011). Í lok janúar 2012 bentu óróagröf frá jarðskjálftamælum auk vatnshæðar- og leiðnimæla Veðurstofunnar í Gígju til þess að Grímsvötn væru að hlaupa (28-30 janúar). Við töldum okkur þó vita að vatnsborð hefði ekki hækkað mikið í Grímsvötnum frá síðasta aflestri gagna í desember 2012 (mjög lítið hefur safnast í Grímsvötn á síðustu árum að vetrarlagi). Vatnsborð Grímsvatna mældist þann 17. mars hafa lækkað um ~25 m frá miðjum desember 2011. Mæligögnin sýna að vatnshæð í upphafi hlaups var um 1405 m og 1370 m í lok þess, vatnsmagn í upphafi hlaups um 0.5 km³ en 0.14 í lok þess. Eftir að hlaupinu lauk lækkaði enn hægt og rólega fram á mitt sumar (um ~5 m) uns íshellan settist á botn vatnanna. Eftir miðjan ágúst safnaðist hins vegar vatn í Grímsvötn, vatnsborð reis um á u.þ.b. mánuði (mest leysingarvatn af yfirborði vatnasviðs Grímsvatna) en svo sáralítið eftir miðjan september. Eftir leiðangur til afkomumælinga á

Vatnajökul um miðjan október, voru gögn reglulega lesin af mælistöðinni. Eftir vinnslu lesinna mæligagna 22. nóvember sýndist okkur að það væri farið að lækka í Grímsvötnum og sendum viðvörðun til Vegagerðar um yfirvofandi hlaup:

Sælir,

gögn frá mælistöð okkar í Grímsvötnum benda til þess að hafið sé Grímsvatnahlaup, íshellan þar hefur sigið um ~7 m á um það bil viku en hraðast síðasta sólarhringinn. Þetta er vísbending um að hafið sé Grímsvatnahlaup af hefðbundinni gerð með langan aðdraganda.

Vatnshæð hefur verið nálægt 1390 m (vatnsmagn u.þ.b. 0,32 km³) frá því í september en er nú (kl. 9:00, 22/11) ~1380 m (vatnsmagn nú nærri 0.2 km³).

Upphafsvatnshæð nú er svipuð og í hlaupinu 2008, ekki ósennilegt að þetta verði svipaður atburður, lítið hlaup.

Gott væri ef starfsmenn ykkar gætu fylgst eitthvað með þessu á Skeiðarársandi.

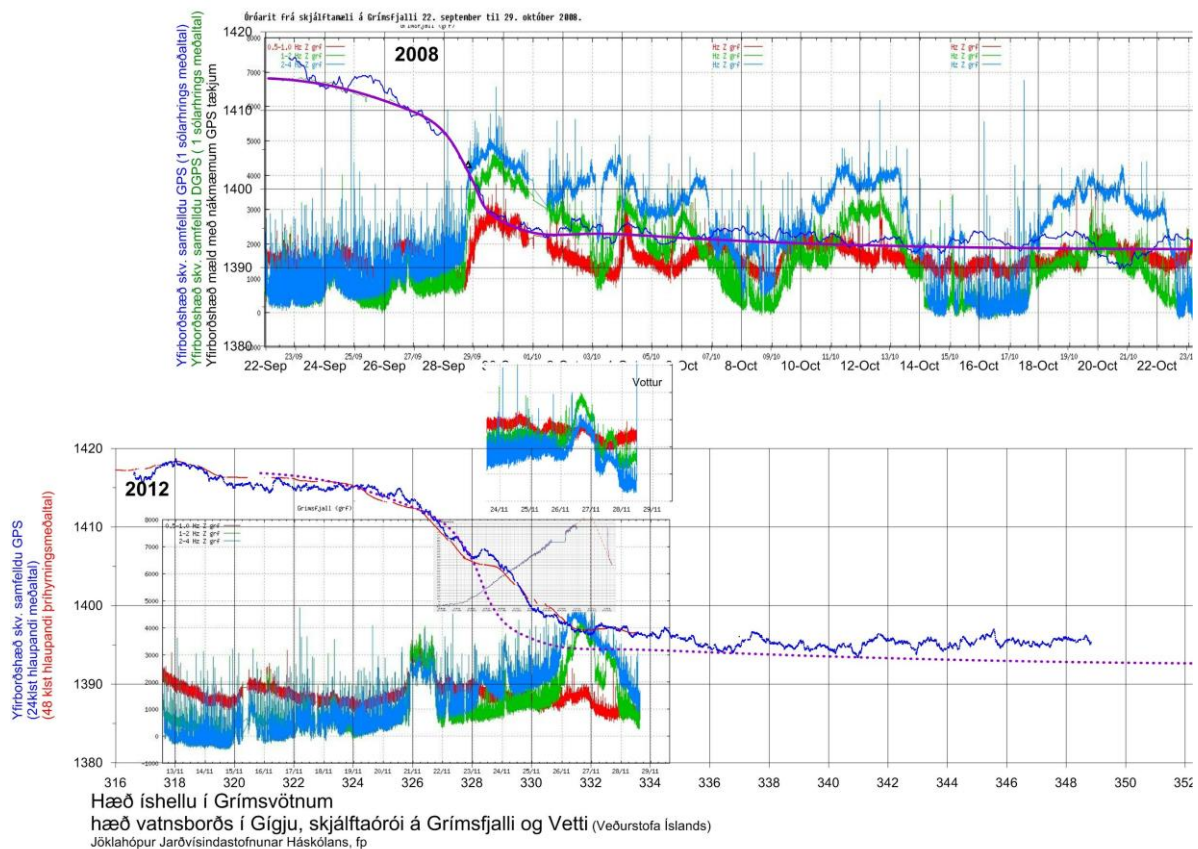
Í viðhengi er yfirlitsmynd yfir mælingar í Grímsvötnum á árinu, og yfirlit yfir vatnshæð Grímsvatna frá 2003.

Kv.

Finnur Pálsson

Jöklaþpur Jarðvísindastofnunar Háskólans

Næstu daga var fylgst mjög nákvæmlega með og Vegagerðin upplýst um gang mála. Þetta hlaup reyndist bæði lítið og langdregið, mun hægara en t.d. 2010 og 2008 (sjá 5. mynd).



Mynd 5. Yfirborðshæð Grímsvatna í hlaupunum 2008 og nóvember 2012, felld ofan í óróarit frá jarðskjálftamælum Veðurstofunnar á Grímsfjalli og Vetti.

Hér að neðan er tafla með helstu kennistærðum Grímsvatnahlaupa frá 1998. Hafa þarf í huga að tölur um rúmmál og flatarmál eru úr fengnar úr stafrænum kortum af neðra borði íshellunnar og botni vatnanna frá árinu 2000. Síðan þá hefur íshellan þykkað (um ~10 m þar sem mælistöðin er og vötnin dýpst en minna eða ekkert annars staðar) og gosin 2004 og 2011 breyttu talsvert lögun íshellunnar meðfram Grímsfjalli, þó það hafi ekki veruleg áhrif á vatnsrúmmál. Þrátt fyrir þetta eru óvissa í rúmmálstölum talin minni en 0.1 km³.

Á árunum 2007 og 2009 voru mæld þétt mælisnið í Grímsvötnum með íssjá, úrvinnsla þeirra gagna mun skila betra mati á rúmmáli Grímsvatnalægðarinnar og þá einnig venslum vatnhæðar og vatnsrúmmáls.

	dnu-max	dnu-min	man-max	man-min	vb-max	vb-min	dz	A-max	A-min	V-max	V-min	dV	
1998,13	46,39	60,66	feb	mars	1407	1348	59,0	13,4	2,78	0,51	0,05	0,46	
1999,08	30,92	34,42	jan	jan	1390	1338	51,9	10,3	1,28	0,30	0,03	0,27	
1999,81	295,43	317,33	sept	okt	1386	1349	37,4	9,74	2,85	0,27	0,05	0,22	
2000,56	205,75	218,45	júl	agúst	1369	1350	19,0	5,56	2,9	0,12	0,05	0,07	
2001,92	337,15	353,65	des	des	1397	1391	6,8	11,6	10,5	0,38	0,31	0,08	
2002,20	72,05	106,29	feb	april	1399	1361	38,2	12	4,04	0,41	0,09	0,32	
2004,79	287,55	314,85	okt	nov	1422	1378	44,2	16,5	8,05	0,73	0,19	0,55	+0.1bráðnun
2005,18	65,59	76,72	mars	mars	1385	1361	24,6	9,57	4,04	0,26	0,09	0,17	
2007,83	301,42	304,92	okt	okt	1400	1372	27,9	12,1	6,76	0,42	0,15	0,27	
2008,72	264,37	275,17	sept	okt	1391	1369	22,0	10,7	5,82	0,32	0,13	0,19	
2010,84	304,00	309,50	okt	nóv	1419	1370	49,0	15,8	6,08	0,68	0,14	0,55	
2012,16	28,00	32,00	jan	feb	1405	1370	35,0	13,1	6,08	0,5	0,14	0,36	
2012,90	323,00	331,00	nóv	nóv	1388	1367	21,0	10,1	5,21	0,32	0,10	0,22	

Hér er da-by og da-en dagnúmer við upphaf og lok hlaups

Zw-max og zw-min hæst og lægsta vatnsborð, dz vatnshæðarbreyting (m)

A-max og A-min mesta og minnsta flatarmál fljótandi hluta íshellunnar (km²)

V-max og V-min rúmmál vatns við upphaf of lok hlaups (km³)

dV rúmmál vatns sem rann frá Grímsvötnum (km³)

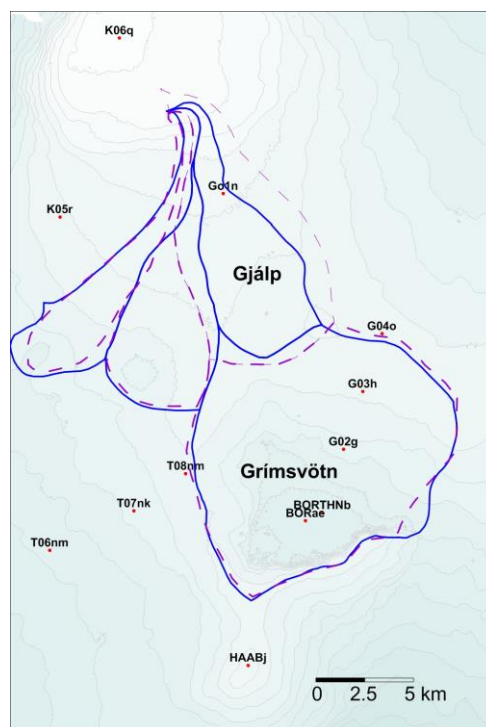
Afkoma Grímsvatna.

Vatn sem safnast í Grímsvötn er annars vegar leysingarvatn af yfirborði vatnasviðs Grímsvatna en hins vegar vatn sem bráðnar neðan af ísnum vegna jarðhita í Grímsvötnum og Gjálpi. Afkomumælingar eru gerðar á ísa- og vatnasviði Grímsvatna í samvinnu Jarðvísindastofnunar, Rannsóknasjóðs Vegagerðar og Landsvirkjunar, auk þess sem afkoma er mæld á íshellu Grímsvatna í vorferðum Jöklarannsóknafélagsins. Lega mælipunktanna er sýnd á 6. mynd. Þar er líka sýnt nýtt mat á ísasvæði Skaftárkatla, Gjálpar og Grímsvatna, unnið eftir yfirborðskorti 2010 (grunnurinn er hæðarlíkan sem Jöklahópur Jarðvísindastofnunar fékk frá SPOT image fyrirtækinu unnið eftir gervitunglamyndum). Ísskrið vegna framhlaups Dyngjujökuls 1998-2000 og ísskrið inn í Gjálpi frá 1996 hafa breytt lögun yfirborðsins talsvert, ísaskil hafa flutts til. Flatarmál ísasviðs Grímsvatna (auk Gjálpar) er metið 175 km² 2010 en var metið 204 km² 1998 (nákvæmt yfirborðskort unnið eftir EMISAR gögnum úr flugvél).

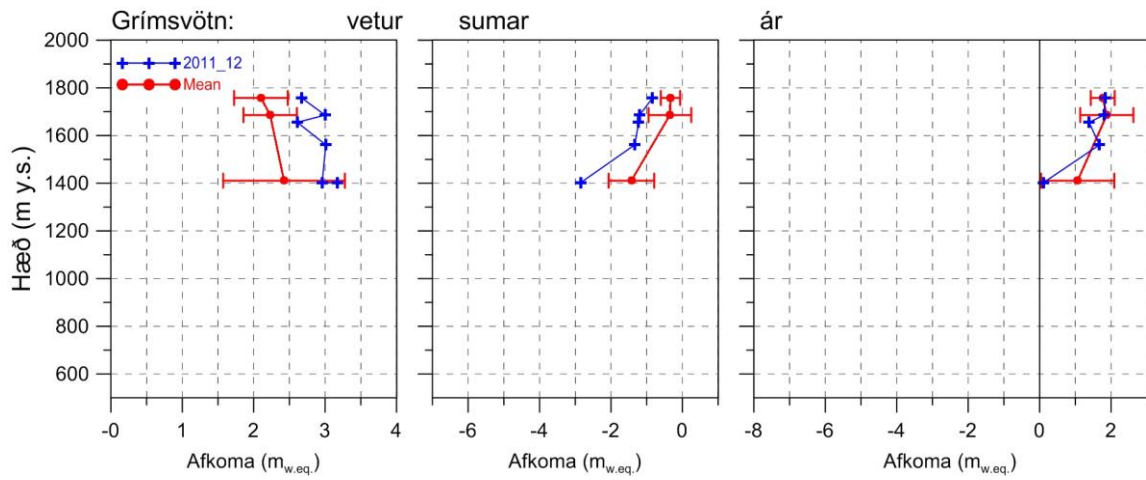
Á 7. mynd er sýnd vetrar-, sumar- og ársafkoma á mælisniðinu í Grímsvötnum. Stafræn kort sem hafa verið unnin af afkomu Grímsvatna eru sýnd

á 8. mynd. Afkoma ísasviðs Grímsvatna (auk Gjálpar) er reiknuð með því að tegra afkomukortin yfir ísasviðið. Meðalafkoma Grímsvatna og Gjálparsvæðisins frá upphafi afkomumælinga er sýnd á 8. mynd.

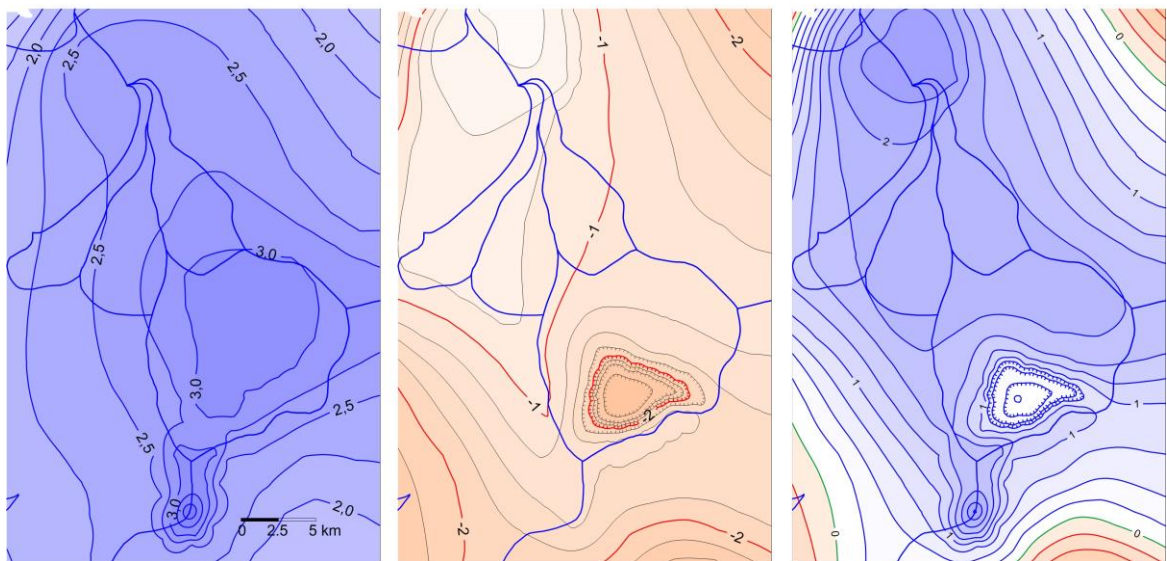
Vetrarafkoma var með mesta móti, um 30% meiri en í meðalári. En sumarleysing var líka með meira móti, nær 80% meiri en í meðalári mælitímans. Öskufok frá gosstöðvunum í Grímsvötnum á þar einhvern hlut að máli, en mælingar á sólgeislun á veðurstöð efst á Tungnaárjökli og á Grímsfjalli (mynd 3.) sýna að sumarið var sólríkt á Vestur-Vatnajökli, og úrkomumælingar á Grímsfjalli (mynd 3.) sýna að sumarið var þurrviðrasamt. Niðurstaðan varð sú að ársafkoma Grímsvatnsvæðisins var mjög nærri meðallagi mælitímabilsins.



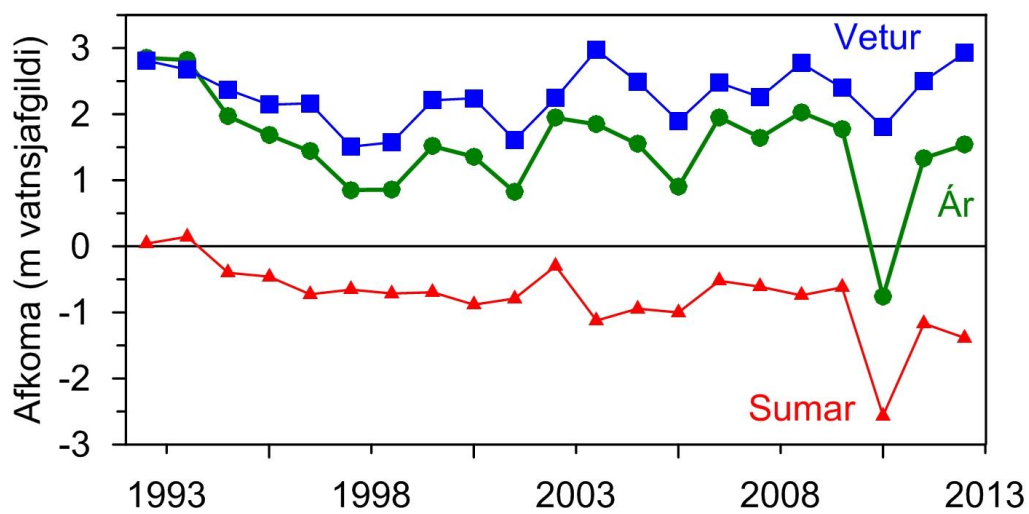
Mynd 6. Afkomumælistaðir á ísasviði Grímsvatna jökulárið 2011-12. Undir er yfirborð jökulsins sumarið 2010 unnið eftir SPOT5 gervitunglamyndum. Bláu línurnar afmarka ísasvið unnin eftir yfirborðskorti 2010 en brotnu línurnar eftir yfirborðskorti 1998.



Mynd 7. Afkoma 2011-12 á mælisniði á íssvæði Grímsvatna og Gjálpar (blá), og meðalafkoma þar 1991-92 til 2009-10.



Mynd 7. Afkoma Grímsvatnsvæðisins jökulárið 2011-12, vetrar- sumar- og ársafkoma í m vatnsjafngildis.

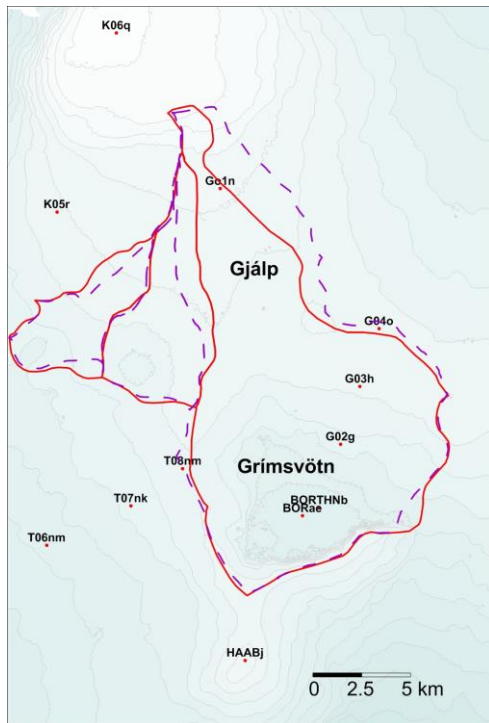


Mynd 8. Afkoma Grímsvatnsvæðisins (Grímsvötn og Gjálp) jökulárin 1991-92 til 2011-12, vetrar- sumar- og ársafkoma í m vatnsjafngildis.

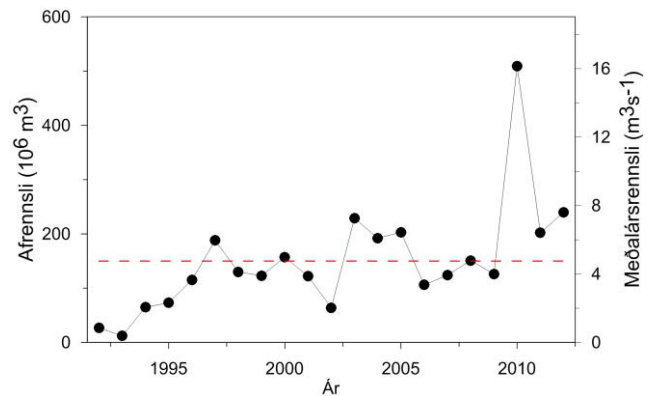
Vegna breytinga á yfirborðslögun hefur vatnsvið Grímsvatna breyst töluvert. Jökulsá á Fjöllum og eystri Skaftárketillinn fá nú afrennsli af hluta þess svæðis sem áður veitti vatni til Grímsvatna (sjá mynd 9.). Þessu svæði liggja þó mjög hátt þannig að leysing þar er lítil, þessi minnkun á vatnasviði Grímsvatna úr rúmlega 200 km² í 173 km² breytir því litlu um heildarafrennslið.

Frá því mælingar á sumarafkomu vatnasviðs Grímsvatna hófust, 1992, hefur afrennsli leysingavatns til Grímsvatna verið mjög breytilegt (10. mynd) en að meðaltali 150 10⁶ m³ á ári (125 ef sumrinu 2010 er sleppt). Í þessa tölu vantar rigningavatn og líka leysingu sem bætt hefur verið upp með snjókomu að sumrinu (það er heildarafkoma sumars sem er mæld); þetta er því lágmarksgildi afrennslis. Hæsta afrennslið tengist skítugu yfirborði næsta sumar eftir eldgos eða ryki frá hálendinu og söndunum í þurrkatíð og/eða óvenju hlýju og björtu sumri (1997, 1999, 2003, 2005, 2010). Sumarið 2012 var afrennsli leysingavatns 240 10⁶ m³

Dreifing afrennslis yfirborðsleypingavatns á mismunandi hæðarbil til Grímsvatna sumarið 2012 er í töflu II. í viðauka.



Mynd 9. Vatnasvið Grímsvatna og Skaftárkatla afmörkuð eftir yfirborðskorti frá 2010 (rautt), brotnu línurnar sýna vatnasviðin metin eftir yfirborðskorti frá 1998.



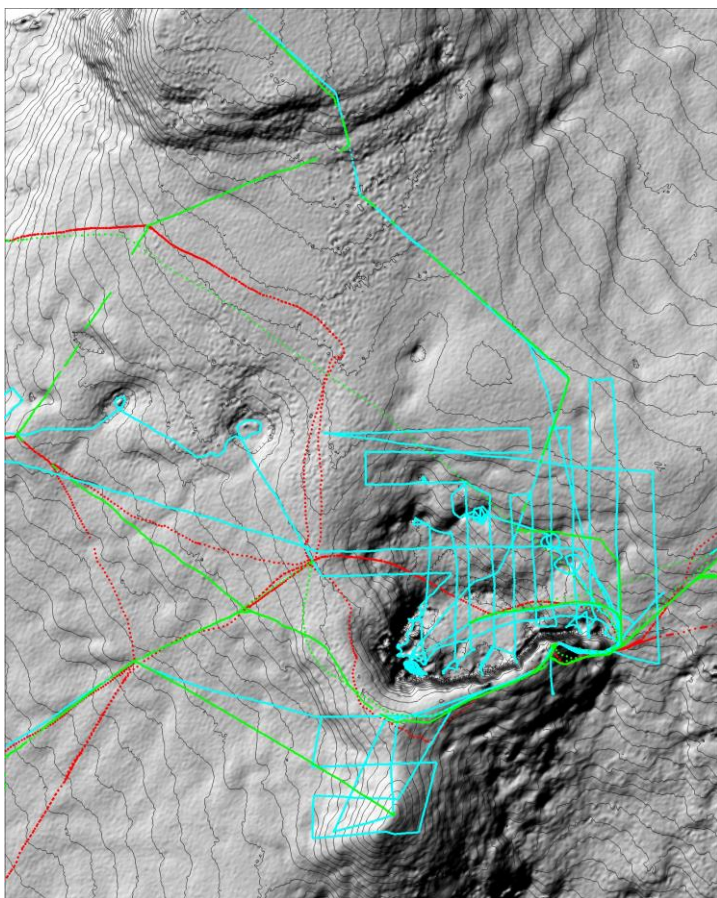
Mynd 10. Afrennsli yfirborðsleypingavatns til Grímsvatna metið útfrá afkomumælingum (meðaltal áráanna 1992 til 2012 er sýnt með brotinni línu).

Breytingar á stærð Grímsvatna og yfirborðshæð Grímsvatnasvæðisins.

Ísasvæði Grímsvatna minnkaði eftir gosið í Gjalp, ís af nokkru svæði sem áður féll til Grímsvatna fer nú að Gjalparlægðinni. Fyrir Gjalpargosið var ísarvið Grímsvatna 160 km² en var 1998 132 km² (203 km² ef Gjalparsvæði er talið með).

Nú er lokið vinnslu hæðarlíkans af yfirborði Grímsvatna og nágrennis árið 2010. Grunn gögn þessa hæðarlíkans er unnið af SPOT-Image fyrirtækinu eftir sterió-myndum frá SPOT5 gervitunglinu sem teknar voru 6. júní 2010) sem þáttur í SPIRIT samstarfsverkefninu. Upprunalega hæðarlíkanið var nokkuð götótt og hliðrað í hæð. Samanburður við GPS sniðmælingar, víðsvegar um svæðið (þekja svipuð og sýnt er á mynd 10.) okkar sýndu að hæðarhliðrunin var 4 m. Talsverð vinna var lögð í að brúa yfir eyðurnar í upprunalega líkaninu með því að hliðra öðrum hæðarlíkunum þar til þau féllu að jöðrum eyðanna. Það er mat okkar að nákvæmni þessa nýja hæðarlíkans sé 0.5-1 m (byggt á samanburð við GPS sniðmælingar frá nánast sama degi). Einnig var lokið vinnslu hæðarlíkans með sömu aðferðum fyrir ágúst 2003

Einnig fékkst hæðarlíkan frá SPOT-Image fyrir 13. september 2010, en það var með mun meiri eyðum á þessu svæði. Annað slíkt kort fékkst eftir myndum frá september sama ár. Þannig er nú til tímaröð nákvæmra hæðarkorta af Grímsvatnasvæðinu 1998, 2003, 2010 og LiDAR 2012. Ekki vannst tími á þessu vinnuári til að fullvinna mat á breytingum ísrúmmáls á ísarviði Grímsvatna eftir þessum gögnum, það verður verk næst vinnuárs.



Mynd 11. Hæðarsnið mæld með GPS landmælinga tækjum árið 2012. Í bakgrunni er yfirborðskort 6/6 2010 gert eftir SPOT5 gervitunglamyndum, stillt af með GPS-sniðum frá júní 2010.

(rautt: maí; ljósblátt: júní; grænt: október).

Auk þessarar kortagerðar var enn aflað hæðarsniða með kinematiskum GPS tækjum (nákvæmni nokkrir cm) í samvinnu við Magnús T. Guðmundsson og Þórdísi Högnadóttur. Gögnum er safnað í afkomumælingaferðum Jarðvísindatofnunar og Landsvirkjunar vor og haust og öðrum tilfallandi ferðum. Sérstaklega er safnað sniðum í Grímsvötnum í vorferð Jökklarannsóknfélagsins í júní ár hvert. Kort af yfirborði eru endurnýjuð árlega (eða bæði vor og haust) eftir þessum mælingum. Mælisnið sem aflað var á árinu 2012 eru sýnd á mynd 11. Vinnsla allra hæðarsniða er lokið (Finnur Pálsson vann það verk auk gagnaöflunar) en hæðarkort af yfirborði Grímsvatnasvæðisins sumarið 2012 er í vinnslu (unnið af Magnúsi T. Guðmundssyni og Þórdísi Högnadóttur).

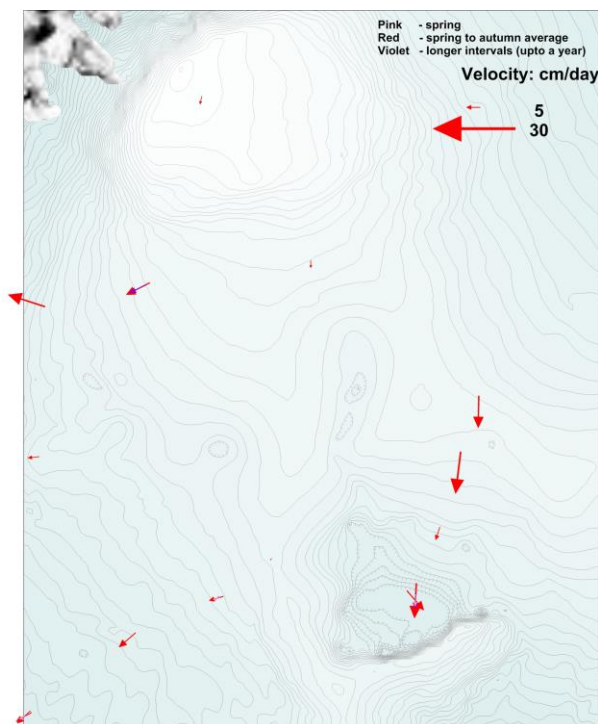
Ísskrið til Grímsvatna.

Höfundar hafa ásamt öðrum metið varmafl Grímsvatna seinni hluta 20. aldar. Þetta var gert út frá vatnssöfnun í Grímsvötnum sem var tiltöluglega auðvelt að meta meðan lítill eða enginn leki var frá Grímsvötnum og uppsafnað vatn skilaði sér í Skeiðarárhlaupum á u.þ.b. 4 ára fresti. Frá gosinu 1998 hefur einungis hluti bræðsluvatns safnast fyrir, stærri hluti þess hefur runnið burt jafnóðum og í mjög smáum hlaupum. Til að meta varmaflið nú þarf að meta afkomu á ísaviði Grímsvatna, auk ísflæðis til Grímsvatna og kanna hvort massabreytingar verða á íshellunni.

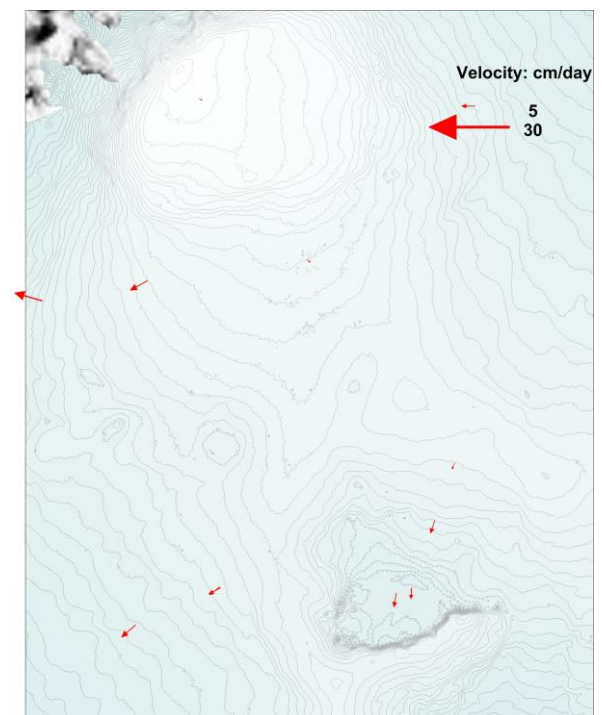
Vorið 2007 var ísþykkt mæld á sniði norðan vatnanna í sem næst 1500 m hæð. Einnig var mælt með íssjá í sama skyni vorið 2009. Einnig var mælt ísskrið á 7 stöðum á þessari línu, og 17 öðrum stöðum í og norðan við Grímsvötn. Saman nýtast þessi gögn til að meta ísflæði til Grímsvatna.

Hraðamælingarnar hafa verið gerðar hvert ár síðan 1992 á mismörgum stöðum Hraðavigrar í skriðmælistikum 2010 og 2012 eru sýndir á myndum 14 og 15. Á myndunum sést hve meðalskriðhraði sumars var miklu hærri 2010 en 2012 en skriðhraði 2012 er svipaður og í meðalári, líklega vegna þess að leysingatímabilið var miklu lengra, að jafnaði hærri vatnsþrýstingur við botn og því meira botnskrið.

Hnit mælipunkta eru í töflu 3 í viðauka.



Mynd 12. Meðalyfirborðsskriðhraði í í Grímsvötnum og nágrenni 2010 (yfirborð 1998 í bakgrunni).



Mynd 13. Meðalyfirborðsskriðhraði í í Grímsvötnum og nágrenni 2012 (yfirborð 2010 í bakgrunni).

Tafla I. Afkoma ísasviða Grímsvatna og Gjálpar jökulárið 2011-12.

ΔS : area in elevation range, $\Sigma\Delta S$: cumulative area above given elevation, b_w : specific winter balance, b_s : specific summer balance. b_n : specific winter balance, ΔB_w : winter balance at a given elevation range, $\Sigma\Delta B_w$: cumulative winter balance above given elevation, ΔB_s summer balance at a given elevation range, $\Sigma\Delta B_s$: cumulative summer balance above given elevation, ΔB_n : net annual balance in a given elevation range, ΣB_n : cumulative net annual balance above given elevation.

Grímsvötn og Gjálp (neðri tafla)

Elevation (m a.s.l.)			ΔS (km ²)	$\Sigma\Delta S$ (km ²)	b_w (mm)	b_s (mm)	b_n (mm)	ΔB_w (10 ⁶ m ³)	$\Sigma\Delta B_w$ (10 ⁶ m ³)	ΔB_s (10 ⁶ m ³)	$\Sigma\Delta B_s$ (10 ⁶ m ³)	ΔB_n (10 ⁶ m ³)	ΣB_n (10 ⁶ m ³)
1700	1750	1725	0,8	0,8	2990	-1147	1842	3	3	-1	-1	2	2
1650	1700	1675	40,8	41,6	2975	-1162	1813	122	124	-48	-48	74	76
1600	1650	1625	30,6	72,2	2917	-1231	1685	89	213	-38	-86	52	127
1550	1600	1575	18,6	90,8	2940	-1402	1538	55	268	-26	-112	29	156
1500	1550	1525	16,9	107,7	2940	-1719	1221	50	318	-29	-141	21	177
1450	1500	1475	11,6	119,3	2969	-2161	808	34	352	-25	-166	9	186
1400	1450	1425	15,1	134,4	2981	-2552	429	45	397	-38	-205	7	192
1350	1400	1375	0,6	135	2793	-1918	875	2	399	-1	-206	1	193
1900	1950	1925	0,5	0,5	2680	-331	2348	2	2	0	0	1	1
1850	1900	1875	0,6	1,1	2680	-502	2177	2	3	0	-1	1	3
1800	1850	1825	1,2	2,3	2676	-681	1994	3	6	-1	-1	2	5
1750	1800	1775	4,5	6,8	2669	-784	1885	12	18	-4	-5	9	14
1700	1750	1725	15,9	22,7	2752	-893	1859	44	62	-14	-19	30	43
1650	1700	1675	16,5	39,2	2916	-1014	1902	48	110	-17	-36	31	75
1600	1650	1625	0	39,2	2940	-1017	1923	0	111	0	-36	0	75

Tafla II: Afrennsli yfirborðsleysingar til Grímsvatna sumarið 2012.

ΔS : area in a given elevation range where summer balance is negative (i.e. net melting in the area) , $\Sigma\Delta S$: cumulative area above a given elevation, ΔQ_s : melt water runoff from a given elevation range, $\Sigma\Delta Q_s$: cumulative melt water runoff from an area above given elevation.

Grímsvötn water drainage basin

Elevation (m a. s. l.)		ΔS km ²	$\Sigma\Delta S$ km ²	ΔQ_s (10 ⁶ m ³)	$\Sigma\Delta Q_s$ (10 ⁶ m ³)
1900	1950	0,6	0,6	0	0
1850	1900	1,3	1,9	1	1
1800	1850	1,6	3,5	1	2
1750	1800	3,9	7,4	3	5
1700	1750	15,9	23,3	14	19
1650	1700	56,4	79,7	63	82
1600	1650	30,9	110,6	38	120
1550	1600	18,7	129,3	26	147
1500	1550	16,7	146	29	175
1450	1500	11,6	157,6	25	200
1400	1450	15,1	172,7	38	239
1350	1400	0,6	173,3	1	240

Tafla III. : Mæld hnit hraðamælistika.

Hnit hraðamælistaka eru mæld með GPS: “differential, DGPS” (I), “fast static” (FS), eða “kinematic” (K) mæliaðferð.

(Nákvæmni mælinga er 0.2-1.0 m í fleti og 0.5-2.0 m í hæð fyrri DGPS, 1-2 cm í fleti og 2-4 c í hæð fyrir fast static, and 3 cm fyrir kinematic).

GPS stöðin á Höfn í Hornafirði er notuð sem viðmiðun fyrir allar mælingarnar, með föstum hnitum. Viðmiðunarkerfi er ÍSN93 datum, h_1 er hæð yfir ellipsíóðu, dL loftnetshæð, N metinn hæðarmunur ellipsíóðu og meðalsjárborðs, H hæð yfir meðalsjárarfleti ($H = h_1 + N + dL$). X and Y eru í ÍSN93 “Lambert conformal conic” vörpun. M er gæðamerki.

Stöð	tími	Dags	Dag númer #	Ár	Breidd	Lengd	h_1		dL		N		H		M	
							(m a. e.)	(m)	(m)	(m a. s. l.)	X	Y				
BORag	12,54	3	6	155	2012	64	24,9375	17	20,1472	1470,4	0,0	-67,7	1402,7	580209,2	435909,3	K
BORag	12,68	13	10	287	2012	64	24,9338	17	20,1489	1479,8	0,0	-67,7	1412,1	580208,0	435902,5	K
BORTHNk	14,18	6	5	127	2012	64	25,1025	17	19,1477	1470,1	0,0	-67,7	1402,4	581003,7	436237,1	K
BORTHNk	16,47	13	10	287	2012	64	25,0990	17	19,1485	1491,4	-5,9	-67,7	1417,8	581003,3	436230,6	K
G02i	14,73	3	6	155	2012	64	26,8584	17	17,7202	1628,7	0,0	-67,7	1561,0	582062,0	439529,0	K
G02i	13,33	11	10	285	2012	64	26,8550	17	17,7231	1624,9	0,0	-67,7	1557,1	582059,8	439522,6	K
G03j	15,7	3	6	155	2012	64	28,4494	17	16,3579	1723,2	0,0	-67,7	1655,4	583074,0	442513,6	K
G03j	13,94	11	10	285	2012	64	28,4478	17	16,3595	1720,0	0,0	-67,7	1652,3	583072,8	442510,7	K
G04q	16,38	3	6	155	2012	64	30,0001	17	15,0068	1753,4	0,0	-67,7	1685,7	584076,9	445423,5	K
G04q	14,23	11	10	285	2012	64	30,0004	17	15,0063	1750,1	0,0	-67,7	1682,4	584077,3	445424,0	K
Go1p	17,61	3	6	155	2012	64	33,9995	17	24,9400	1825,3	0,0	-67,8	1757,4	575938,1	452642,3	K
Go1p	15,04	11	10	285	2012	64	33,9987	17	24,9379	1824,3	0,0	-67,8	1756,4	575939,9	452640,8	K
HAABI	15,49	5	6	157	2012	64	20,9547	17	24,0955	1798,9	0,0	-67,5	1731,4	577225,4	428429,9	K
HAABI	10,36	12	10	286	2012	64	20,9547	17	24,0949	1795,1	0,0	-67,5	1727,6	577225,9	428429,9	K
K05t	18,04	5	5	126	2012	64	33,4512	17	35,4298	1748,7	0,0	-67,8	1680,9	567582,6	451425,4	K
K05t	17,81	11	10	285	2012	64	33,4483	17	35,4427	1743,8	0,0	-67,8	1676,0	567572,4	451419,8	K
K06s	20,08	3	6	155	2012	64	38,3509	17	31,3625	2036,3	0,0	-67,9	1968,4	570619,7	460600,7	K
K06s	15,88	11	10	285	2012	64	38,3504	17	31,3604	2036,9	-2,1	-67,9	1966,9	570621,3	460599,9	K
K07o	11,41	11	5	132	2012	64	29,1218	17	42,0251	1602,8	0,0	-67,7	1535,1	562478,2	443270,2	K
K07o	18,58	11	10	285	2012	64	29,1217	17	42,0261	1600,3	0,0	-67,7	1532,6	562477,4	443270,0	K
S01h	11,3	5	5	126	2012	64	7,0040	17	49,9901	814,4	0,0	-66,8	747,5	556855,5	402057,5	K
T06no	19,17	4	5	125	2012	64	24,2867	17	36,5309	1532,0	0,0	-67,6	1464,4	567077,5	434382,5	K
T06no	11,27	12	10	286	2012	64	24,2829	17	36,5416	1529,0	-1,6	-67,6	1459,7	567069,1	434375,1	K
T07nm	20,19	5	5	126	2012	64	25,3009	17	31,1928	1631,7	0,0	-67,7	1564,0	571322,5	436363,8	K
T07nm	18,58	12	10	286	2012	64	25,2987	17	31,2011	1627,4	0,0	-67,7	1559,7	571315,9	436359,5	K
T07rorj	20,3	5	5	126	2012	64	25,2971	17	31,2059	1631,3	-2,0	-67,7	1561,6	571312,1	436356,4	K
T07rorj	19,18	12	10	286	2012	64	25,2947	17	31,2133	1629,9	-1,0	-67,7	1561,2	571306,2	436351,8	K
T07rork	19,18	12	10	286	2012	64	25,2947	17	31,2133	1629,9	0,0	-67,7	1562,2	571306,2	436351,8	K
T08no	19,47	5	5	126	2012	64	26,3071	17	27,7780	1705,0	0,0	-67,8	1637,2	574018,9	438298,1	K
T08no	17,74	12	10	286	2012	64	26,3071	17	27,7791	1701,0	0,0	-67,8	1633,3	574018,1	438298,1	K

Kostnaður á árinu 2012:

Styrkur til þessa verkefnis af tilraunafé Vegagerðar var 1500 þkr.

Rekstrarkostnaður mælistöðvar (viðgerð skráningatækis, verkstæðisvinna, varahlutir í veðurstöð, rafgeymar, plaststíkur) var 320 þkr., kostnaður vegna mælileiðangra (5 ferðir, allar tengdar öðrum verkum til að halda kostnaði í lágmarki) reyndist 750 þkr., laun starfsmanns við frumúrvinnslu og túlkun gagna (8 vikur) 890 þkr., og umsjónargjald til yfirstjórnar Raunvísindastofnunar 12.5% eða 190 þkr. Samtals eru þetta 2150 þkr.

23. apríl 2013.

Finnur Pálsson og Helgi Björnsson