

Greinargerð vegna styrks árið 2014 af tilraunafé til samvinnu um rannsóknir á Grímsvatnahlaupum.

Jöklahópur Jarðvísindastofnunar Háskólans
(umsjón: Finnur Pálsson, fp@hi.is)
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 vatnsrása, 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, lögum þess, ísskrið, og afrennsli leysingavatns til þeirra.

Mælistöð í Grímsvötnum.

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

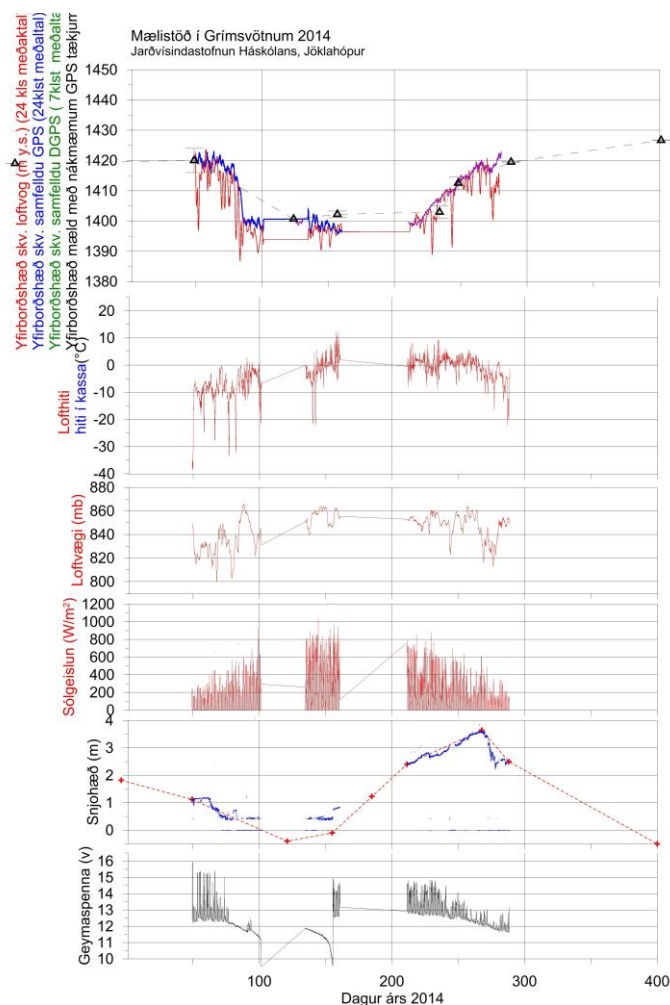
Skráðar voru mælingar á meðalloftvægi (nákv. ~ 0.2 mb) hverra 15 mínútna, einnig hitastig (nákv. ~ 0.5 °C) auk snjóhæðar sem mæld er með hljóðbylgjumæli sem komið er fyrir á slá efst á mælitækjamastri. Einföldum geislunarmæli fyrir stuttbylgjugeislun (sólgeislun) var bætt við í júní 2013.

Tvö GPS tæki eiga nú að mæla og skrá staðsetningu og hæð mastursins, hnit frá öðru tækinu eru skráð með veðurgögnunum (á 6 mínútna fresti, nákvæmni hverrar mælingar í hæð ~ 5 m), en hitt skráir í innbyggða gagnageymslu (á 5 mínútna fresti ásamt gögnum sem hægt er að leiðrétta eftir á með nákvæmni í hæð betri en 0.5 m).

Mælistöðin missti alveg afl í síðustu viku 2013, en í febrúar 2014 var bætt úr því með nýjum rafgeymi í tilfallandi ferð. Þetta reyndist heppilegt því þannig náðist skráning á jökulhlaupi í seinni hluta mars. Annars reyndist árið eitt það versta í resktri stöðvarinnar þrátt fyrir sífellt „betri“ tæknibúnað. Vegna bilunar í spennureglara fyrir sólarrafhlöð þvarr rafmagn aftur í um miðjan apríl, en



1. mynd. Mælistöð í Grímsvötnum í október 2014, (ljósm. Þorsteinn Jónsson).



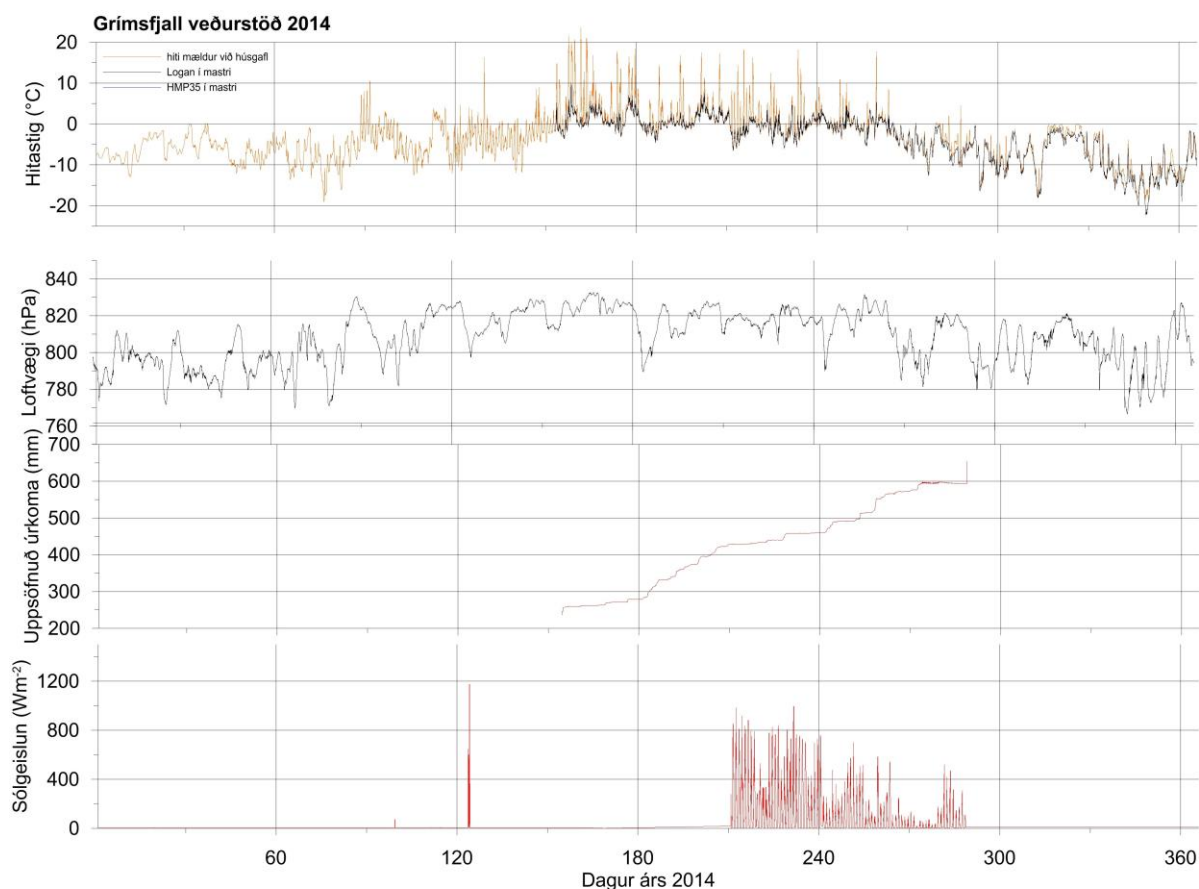
2. mynd. Yfirlit mælinga í sjálfvirkri mælistöð í Grímsvötnum á árinu 2014

brugðist var við því í afkomumælingaferð Jöklahóps og Landsvirkjunar í maí byrjun. Í vorferð JÖRFÍ, í fyrstu viku júní, var unnið að endurbótum á stöðinni, skipt um reglara, stórir rafgeymar stöðvarinnar fullhlaðnar, nýtt GPS tæki sett upp og fleira. Nú fór ekki betur en svo að rafgeymir sprakk nokkrum dögum síðar, líklega vegna skammhlaups. Enn var brugðist við því í lok júlí þegar tæknimenn Jarðvísindastofnunar áttu leið um vegna annarra verka, settur var nýr rafgeymir til bráðabirgða. Einhvern tíma í illviðrum haustsins brotnaði loftnet fjarskiptahlekkisins af stöðinni. Tæknimenn JH komu enn við í stöðinni í annarri viku október (í árlegri haustafkomumæliferð) og skiptu um rafgeyma (settu stóra geyma sem áttu að duga dimmasta tímann), settu upp bráðbirgðaloftnet og fleira smálegt. Viku seinna fór enn eitthvað úrskeiðis, ekki er vitað hvað það var en stöðin skráði ekki meir út árið og ekki aftur fyrr en vitjað var um hana í febrúar 2015. Þrátt fyrir þessa hörmungarsögu náðist skráning á tveim mikilvægustu þáttunum, þ.e. jökulhlaupi í mars og vatnssöfnun sem hófst seinni hluta sumars eins og mörg síðustu ár.

Yfirlit mælinga á yfirborðshæð íshellu, veðurþáttum og snjóþykkt eru sýnd á 2. mynd.

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 loftþrýstings með hæð, ef gögn frá GPS tækjunum bregðast. Nákvæmasta mæling lofthitastigs er sýnd með svörtum ferli. Sá skynjarari, ásamt sólgeislunarmæli, er á sérstöku mastri (röri) sem marga vetur sligast undan ísingu, en appelsínuguli ferillinn er frá hitaskynjara á vestur skálavegg gamla skálans á Grímsfjalli. Þar gætir mjög upphitunar frá sólu eftir að eftir að sól fer að hækka á lofti, en á vetrum eru gæði þeirrar mælingar ágæt.

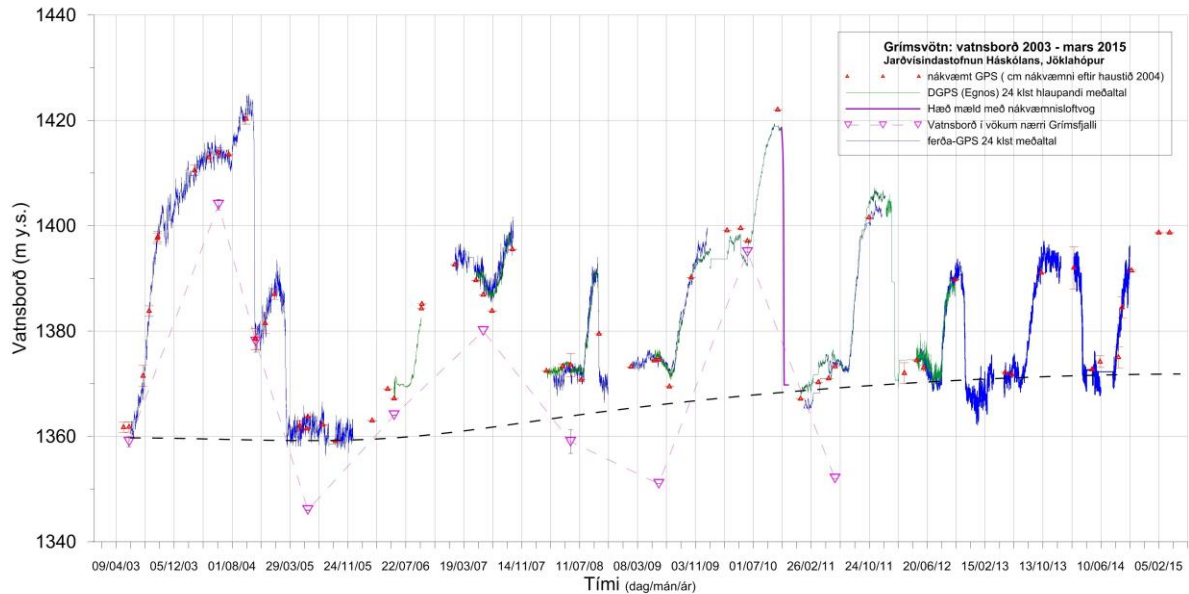
Veðurgögnin nýtast einnig sem almenn veðurgögn, meðal annars til mats á orkubúskap og við gerð afkomulíkana af Grímsvatnasvæðinu.



3. mynd. Yfirlit mælinga á veðurþáttum í sjálfvirkri mælistöð á Grímsfjalli á árinu 2014.

Vatnshæð og vatnssöfnun í Grímsvötnum

Yfirlit mældrar vatnshæðar Grímsvatna frá ársbyrjun 2003 til 20. mars 2015 er sýnt á 4. mynd.



4. mynd. Vatnshæð Grímsvatna frá ársbyrjun 2003 til 20. mars 2015.

Í ársbyrjun 2014 voru um 0,35 km³ í Grímsvötnum, vatn sem hafði safnast fyrir frá jökulhlaupi frá Grímsvötnum í nóvemberlok 2012. Lítið sem ekkert vatn safnaðist innundir íshelluna fyrir en eftir mitt sumar 2014 eftir að veruleg ofanbráð fór að renna til Grímsvatna. Bráðnun vegna jarðhita er að mestu bundin við suður og vesturjaðar vatnanna og stök jarðhitasvæði norðan og austan þeirra. Þegar íshellan er í mjög lágrri stöðu er lítið eða ekkert vatnssamband milli megin hluta vatnanna og rennunar sem nú liggur meðfram nær allri suður og vesturbrúninni. Jarðhitavatn fer að mestu í rennuna og lægðina í SV krikanum sem myndaðist í gosunum 2004 og 2011. Þetta vatn virðist að miklu leiti renna burt nær jafnóðum (eða í smáum atburðum) með Grímsfjalli til austurs og þaðan um rennslisleiðir við jökulbotn að jaðri og að lokum í Gígjukvísl. Eftir að ofanbráð hefur safnast fyrir undir íshellunni miðri og hún hefur lyfst um ~10-15 m verða tengsl milli vatnsins þar og þess sem er í rennunni með fjallinu; eftir það getur jarðhitavatnið þaðan runnið til Grímsvatna auk vatns úr jarðhitakötluum vestan og norðan þeirra. Vatnssöfnun í Grímsvötn sumarið 2014 fylgdi sama takti og síðustu ár, vatn fór skyndilega að safnast fyrir eftir að leysing á yfirborði varð veruleg og hætti aftur í kjölfar þess að haustaði og leysing stöðvaðist. Það virðist svo að sírennsli frá Grímsvötnum nái að jafnaði að halda í við bráðnun vegna jarðhita en ekki þegar ofanbráðin bætist við. Það líka hugsanlegt að aukin hreyfing íssins, þegar leysingavatn er farið berast til botns í verulegum mæli, loki fyrir rennslisleiðir sem sírennsli er um að vetri og fram á sumar. Hækkun íshellunnar nú yfir vetrarmánuðina er að stærstum hluta ekki vegna aukinna vatnssöfnunar heldur vegna snjóöfnunar, snjóþykkt vetrar er orðin ~5 m.

Jökulhlaupaannáll Grímsvatna (Skeiðarárhlaup) síðasta áratugar.

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 km³). Hæsta vatnsstaða eftir þetta var um 1385 m (rúmmál vatns um 0.26 km³) nærri miðjum febrúar 2005. Eftir það jókst leki og endaði með smáhlaupi í byrjun mars 2005. Þá tæmdust vötnin og í hlaupinu runnu 0.25-0.3 km³ 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 km³). 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 km³. 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 annarri 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 km³. 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 sífelld 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 síðdegið 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 jarðskjálfamælum 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 viðvörun til Vegagerðar um yfirvofandi hlaup: 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. Enn hljóp í mars 2014; vísbendingar um það komu fram við aflestur af vatnshæðarmæli í um fjarskipti sunnudaginn 23. mars 2014. Jöklahópur sendi Vegagerð, Veðurstofu og Almannavörnum tölvupóst mánudaginn 24. mars (sjá aftar í þessu skjali). Ördugt var að fylgjast með þessu hlaupi um fjarskipti, þau voru mjög stopul vegna ísingar á Grímsfjalli. Rennsli frá Grímsvötnum hætti á fimmtudegi 27. mars. Þetta var lítið hlaup mjög líkt hlaupunum 2008 og í nóvember 2012. Vatnshæð nú (apríl 2014) er mjög svipuð og fyrir þessi hlaup, líklega nokkrum metrum hærri, ef hleypur áður en veruleg sumarleysing hefst verður hlaupið væntanlega líkt þessum hlaupunum 2008 og nóv. 2012 eða hlaupinu í febrúarbyrjun 2012 sem var heldur stærra. 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 þykknað (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 0.05 km³. Á árunum 2007, 2009 og 2014 voru mæld þétt mælisnið í Grímsvötnum með íssjá, úrvinnsla þeirra gagna mun skila betra mati á ísþykkt og rúmmáli Grímsvatnalægðarinnar og þá einnig betri lýsingu á venslum vatnhæðar og vatnsrúmmáls.

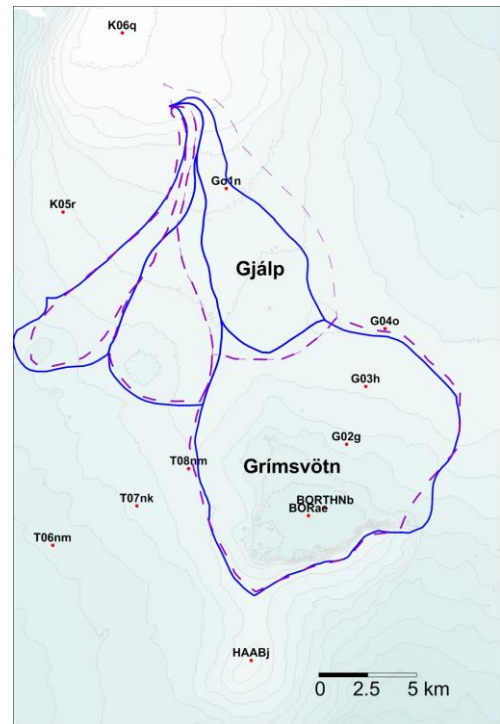
	dnu-max	dnu-min	man-max	man-min	vb-max	vb-min	dz	A-max	A-min	V-max	V-min	dV	
1998,13	46	61	feb	mars	1407	1348	59	13,4	2,8	0,51	0,05	0,46	
1999,08	31	34	jan	jan	1390	1338	52	10,3	1,3	0,30	0,03	0,27	
1999,81	295	317	sept	okt	1386	1349	37	9,7	2,9	0,27	0,05	0,22	
2000,56	206	218	júl	agúst	1369	1350	19	5,6	2,9	0,12	0,05	0,07	
2001,92	337	354	des	des	1397	1391	7	11,6	10,5	0,38	0,31	0,08	
2002,20	72	106	feb	april	1399	1361	38	12,0	4,0	0,41	0,09	0,32	
2004,79	288	315	okt	nov	1422	1378	44	16,5	8,1	0,73	0,19	0,55	+0.1bráðnun
2005,18	66	77	mars	mars	1385	1361	25	9,6	4,0	0,26	0,09	0,17	
2007,83	301	305	okt	okt	1400	1372	28	12,1	6,8	0,42	0,15	0,27	
2008,72	264	275	sept	okt	1391	1369	22	10,7	5,8	0,32	0,13	0,19	
2010,84	304	310	okt	nóv	1419	1370	49	15,8	6,1	0,68	0,14	0,55	
2012,16	28	32	jan	feb	1405	1370	35	13,1	6,1	0,50	0,14	0,36	
2012,88	323	331	nóv	nóv	1388	1367	21	11,0	5,7	0,32	0,10	0,22	
2014,21	71	86	mars	mars	1392	1371	22	11,0	5,8	0,35	0,14	0,21	

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 og lok hlaups (km³), dV rúmmál vatns sem rann frá Grímsvötnum (km³)

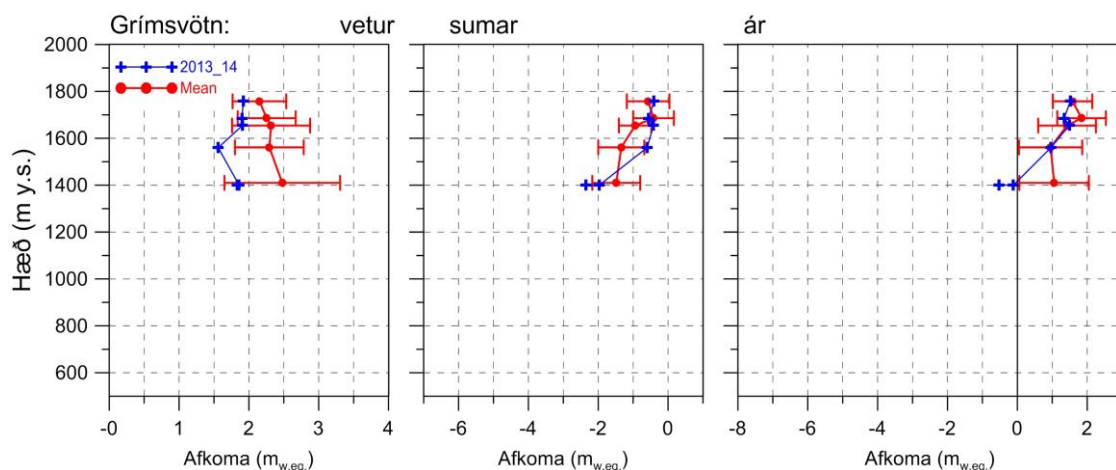
Afkoma Grímsvatna.

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 Gjálpar. 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 5. mynd. Þar er líka sýnt mat ísásvæðis 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 Gjálpar frá 1996 hafa breytt lögun yfirborðsins talsvert, ísaskil hafa fluttst til. Flatarmál ísásvæðis Grímsvatna (auk Gjálpar) er metið 175 km² 2010 en var metið 204 km² 1998 (nákvæmt yfirborðskort unnið eftir EMISAR gögnum úr flugvél).

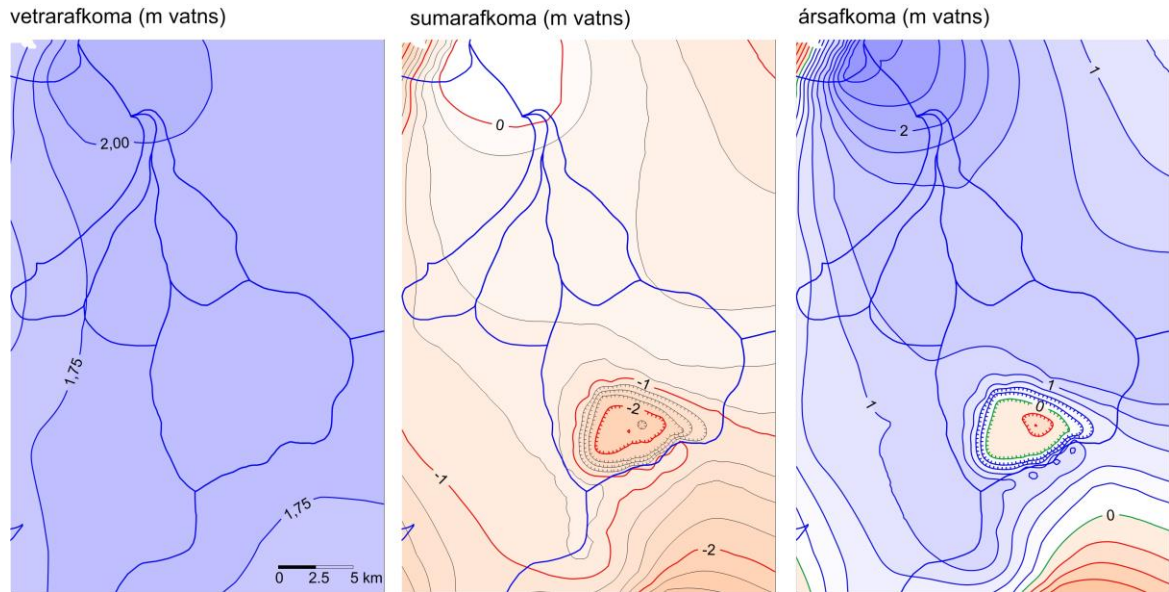
Á 6. mynd er sýnd vetrar-, sumar- og ársafkoma á mælisniðinu í Grímsvötnum. Þar sést að vetrarafkoma var með minnsta móti, tæpu einu staðalfráviki undir meðaltali mælitímans (frá 1991_92) í flestum mælipunktum. Sumarleysing var nærri meðaltali efst á svæðinu, verulega undir meðallagi um miðbikið, en vel yfir meðallagi á íshellu Grímsvatna, gosaska úr öskubingjum í Grímsvötnum hefur fokið um og aukið leysingu þar. Samanlagt varð ársafkoman ekki langt frá meðaltali í mælipunktunum. Stafræn kort sem hafa verið unnin af afkomu Grímsvatna eru sýnd á 7. mynd. Afkoma ísásvæðis Grímsvatna (auk Gjálpar) er reiknuð með því að tegra afkomukortin yfir ísásviðið. Meðalafkoma Grímsvatna og Gjálparsvæðisins frá upphafi afkomumælinga er sýnd á 8. mynd.



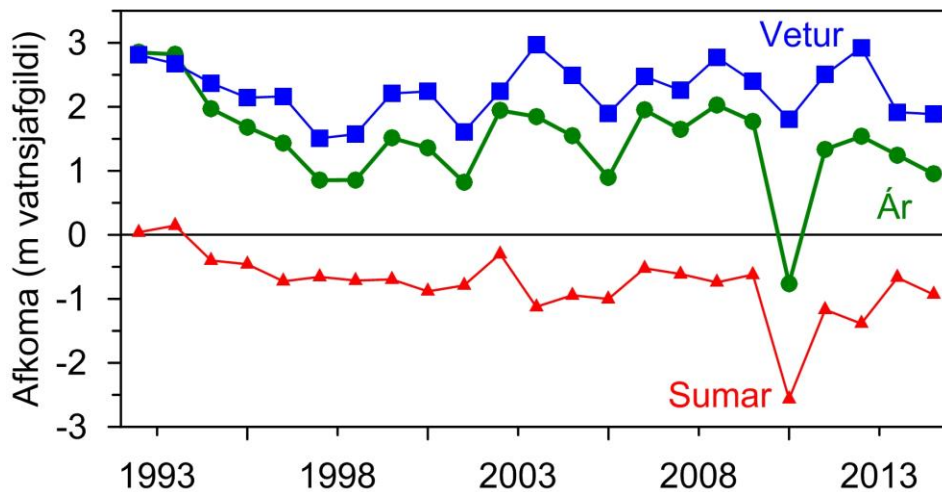
5. mynd. Afkomumælistaðir á ísásviði Grímsvatna jökulárið 2012-13. Undir er yfirborð jökulsins sumarið 2010 unnið eftir SPOT5 gervitunglamyndum. Bláu línurnar afmarka ísásvið unnin eftir yfirborðskorti 2010 en brotnu línurnar eftir yfirborðskorti 1998.



6. mynd. Afkoma 2013-14 á mælisniði á íssvæði Grímsvatna og Gjálpar (blá), og meðalafkoma þar 1991-92 til 2012-13.



7. mynd. Afkoma Grímsvatnsvæðisins jökulárið 2013-14, vetrar- sumar- og ársafkoma í m vatnsjafngildi.



8. mynd. Afkoma Grímsvatnsvæðisins (Grímsvötn og Gjálpar) jökulárin 1991-92 til 2013-14, vetrar- sumar- og ársafkoma í m vatnsjafngildi.

Vetrarafkoma ísasiðs Grímsvatna og Gjálpar var með minnsta móti, um 84% af afkomu meðalárs, en sumarafkoma (rýrnun) var með meira móti, um 20% umfram meðaltal. Niðurstaðan varð sú að ársafkoma Grímsvatnsvæðisins var 64% af meðaltali mælitímabilsins.

Helstu kennistærðir afkomu Grímsvatna jökulárið 2013-14 eru:

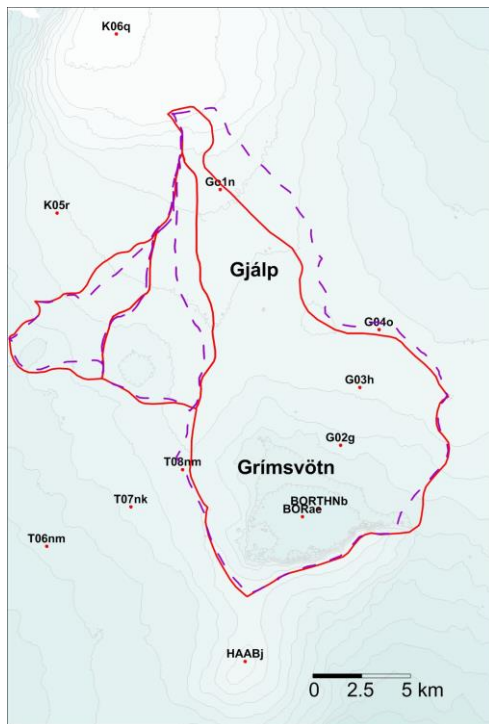
$$\begin{aligned} \text{Flatarmál} &= 174 \text{ km}^2 \\ B_w &= 0,25 \text{ km}^3_{we}; b_w = 1,88 \text{ m}_{we} \\ B_s &= -0,12 \text{ km}^3_{we}; b_s = -0,93 \text{ m}_{we} \\ B_n &= 0,13 \text{ km}^3_{we}; b_n = 0,95 \text{ m}_{we} \end{aligned}$$

(B er rúmmál afkomu, b er þykkt afkomu jafndreift á flötinn, bæði gefin sem vatnsjafngildi, w , s , n standa fyrir vetur, sumar og ár)

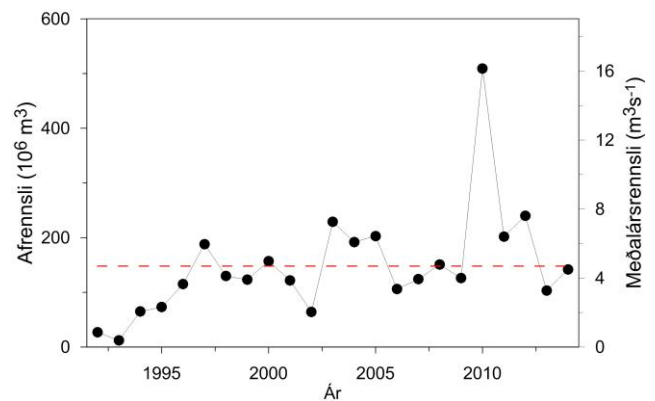
Vegna breytinga á yfirborðslögun hefur vatnsvið Grímsvatna breyst töluvert. Jökulsá á Fjöllum og eystri Skaftárketillinn fá nú afrennsli af hluta þess svæðis sem áður veitti vatni til Grímsvatna (sjá 9. mynd). Þessu svæði liggja þó mjög hátt þannig að leysing þar er lítil, þessi minnkun á vatnasviði 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 149 10⁶ m³ á ári (125 ef sumrinu 2010 er sleppt, gosaska frá Eyjafjallajökli margfaldaði leysingu). Í þessa tölu vantar rigningavatn sumars 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 sem sest í yfirborð frá hálandinu og söndunum í þurkkatíð og/eða óvenju hlýju og björtu sumri (1997, 1999, 2003, 2005, 2010). Sumarið 2014 var afrennsli leysingavatns 145 10⁶ m³.

Dreifing afrennslis yfirborðsleypingavatns til Grímsvatna á mismunandi hæðarbil sumarið 2014 er í II. töflu í viðauka.

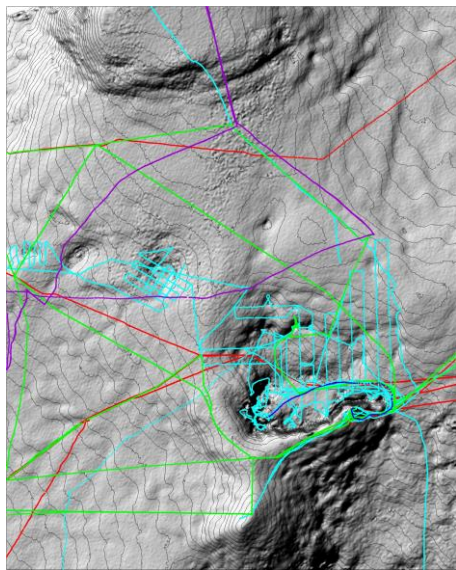


9. mynd. Vatnasvið Grímsvatna og Skaftárkatla afmörkuð eftir yfirborðskorti frá 2010 (rautt), brotnu línurnar sýna vatnasviðin metin eftir yfirborðskorti frá 1998.



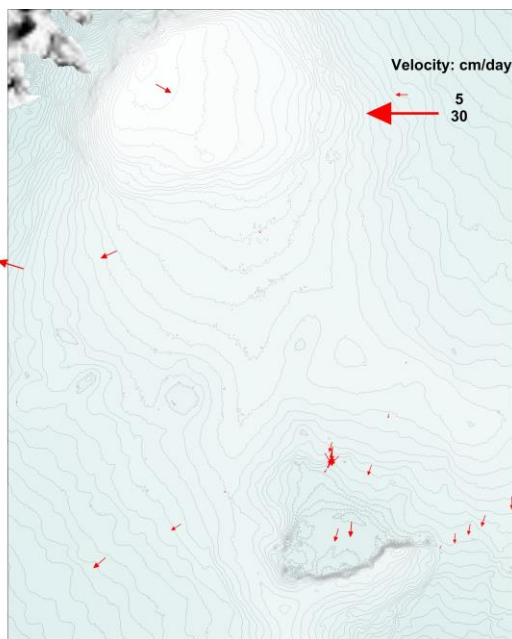
10. mynd. Afrennsli yfirborðsleypingavatns til Grímsvatna meitið útfra afkomumælingum (meðaltal árunna 1992 til 2014 er sýnt með brotinni línu).

Breytingar á stærð Grímsvatna, ísþykkt, ísskrið og yfirborðshæð Grímsvatnasvæðisins.



Mynd 10. Hæðarsnið mæld með GPS landmælinga tækjum árið 2014. Í bakgrunni er yfirborðskort 6/6 2010 gert eftir SPOT5 gerfitunglamyndum, stillt af með GPS-sniðum frá júní 2010. (blátt: febrúar;rautt: maí; ljósblátt: júní; grænt: október; fiólublátt: nóvember).

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



Mynd 11. Meðalyfirborðsskriðhraði í í Grímsvötnum og nágrenni 2014 (yfirborð 2010 í bakgrunni).

Árlega er unnið að mælingu hæðarsniða Grímsvatnasvæðinu í vorferð Jöklarannsóknafélags Íslands með kinematískum GPS tækjum (nákvæmni nokkrir cm) í samvinnu við Magnús T. Guðmundsson og Þórdísi Högnadóttur. Einnig er hæðargagna aflað í afkomumælinga-ferðum Jarðvísindastofnunar og Landsvirkjunar vor og haust og öðrum tilfallandi ferðum. Kort af yfirborði eru endurnýjuð árlega (eða bæði vor og haust) eftir þessum mælingum. Mælisnið sem aflað var á árinu 2014 eru sýnd á mynd 11. Vinnslu allra hæðarsniða er lokið en hæðarkort af yfirborði Grímsvatnasvæðisins sumarið 2014 er ekki fullunnið. Nú er til tímaröð nákvæmra hæðarkorta af Grímsvatnasvæðinu frá 1998 til 2012, en kort árinna 2013 og 2014 eru í vinnslu.

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

Árið 2013 var lokið vinnslu hæðarlíkans af yfirborði Grímsvatna og nágrennis árið 2010. Grunnöggn þessa hæðarlíkans eru unnin af SPOT-Image fyrirtækinu eftir steríó-myndum frá SPOT5 gervitunglinu sem tekur 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). Jöklahópurinn hefur ásamt öðrum áður metið varmafl Grímsvatna á seinni hluta 20. aldar. Þetta var gert út frá vatnssöfnun í Grímsvötnum sem var tiltölulega 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/eða í smáum hlaupum. Til að meta varmaaflið nú þarf að meta afkomu á ísaviði Grímsvatna, auk ísflæðis til þeirra og kanna hvort massabreytingar verða á íshellunni. Ísþykkt var mæld með íssjá á einu mælisniði í júní 2014, en 2007, 2009 og 2013 var mæld mörg snið sem spanna öll Grímsvötn. Tilgangur þessara mælinga er að fylgjast með þykktarbreytingum íshellunnar og þannig viðbrögðum hennar við breyttu ísasviði Grímsvatna. Hraðamælingarnar hafa verið gerðar hvert ár síðan 1992 á mismörgum stöðum. Hraðavigrar í skriðmælistikum 2014 eru sýndir á 12. mynd. Hnit mælipunkta eru í töflu 3 í viðauka.

Tölvupóstur til Vegagerðar, Veðurstofu og Almanna- og Almanna- og Almanna- 24.mars 2014, vegna grunsemda um að Grímsvatnahlaup sé hafið.

Sælir,

Lítið Grímsvatnahlaup gæti verið hafið. Meðfylgjandi er yfirlit mælinga á vatnshæð í Grímsvötnum á árinu, þar til í gærkvöldi (sunnudag 23. 3. 2014).

Vísbendingar eru þar um að hafið sé Grímsvatnahlaup, íshellan þar gæti hafa sigið um 5-10 m á nokkrum dögum. Vatnshæð hefur verið stöðugt nálægt 1390 m (vatnsmagn u.þ.b. 0,32 km³) frá því í september 2013.

(Vegna þess hve “mælasuð” er mikið eru þessar upplýsingar ekki ótvíræðar, græni ferillinn á er túlkun mín á mælingunum sem annars vegar eru GPS leiðsögutæki og hinsvegar hæð reiknuð eftir loftþrýstingsmun milli Grímsfjalls og Grímsvatna.)

Vatnsmagn og vatnshæð nú er svipuð og í byrjun hlaups 2008 og í nóvemberlok 2012, en minna en helmingur þess sem var í hlaupinu í febrúar 2012. Ef hlaup er hafið er ekki ósennilegt að þetta verði svipaður atburður og í nóvember 2012, lítið hlaup.

Óróarit frá Grímsfjalli á vef veðurstofu þar sem hæsti tíðnibandið (2-4 Hz) hefur verið að skríður rólega upp fyrir 1-2Hz) tíðnibandið hefur verið einkennandi í hlaupum síðustu ára, enn virðist það vera, en ekki ótvírætt því veðurórói er sterkur

Nú eru fjarskipti við jarðskjálftamæli Veðurstofunnar á Grímsfjalli og fjarskipti við mælibúnað Jarðvísindastofnunar í Grímsvötnum um sama búnað og af óþekktum ástæðum er sambandið slitrótt. Þannig er óljóst hvenær næst fást gögn um vatnshæð frá mælistöðinni í Grímsvötnum, en ég mun reyna að lesa gögn þaðan og læt vita ef ný gögn fást.

Gott væri ef starfsmenn Vegagerðar gætu litið á Gígjukvísl við brúnna.

Kv.

Finnur Pálsson

Jöklahópur Jarðvísindastofnunar Háskólans

Sérstakar þakkir til:

Tæknimanna verkstæðis Jarðvísindastofnunar Sveinbjörns Steinþórssonar og Þorsteins Jónssonar, Hlyns Skagfjörð Pálssonar starfsmanns HSSR, Andra Gunnarssonar verkfræðings hjá Landsvirkjun og einnig til Jökklarannsóknafélags Íslands.

Kostnaður á árinu 2014:

Styrkur til þessa verkefnis af tilraunafé Vegagerðar var 1600 þkr.

Rekstrarkostnaður mælistöðvar (viðgerð skráningatækis, verkstæðisvinna, varahlutir í veðurstöð, rafgeymar, plaststíkur) var 450 þkr., kostnaður vegna mælileiðangra (5 ferðir, allar tengdar öðrum verkum til að halda kostnaði í lágmarki) reyndist 800 þkr., laun starfsmanns við frumúrvinnslu og túlkun gagna (2 mannmán) 950 þkr., og umsjónargjald til yfirstjórnar Raunvísindastofnunar 12.5% eða 200 þkr. Samtals eru þetta 2400 þkr.

28. apríl 2015.

f.h. Jöklahóps Jarðvísindastofnunar

Finnur Pálsson verkefnastjóri í jökklarannsóknum

Tafla I. Afkoma ísasviða Grímsvatna og Gjálpar jökulárið 2013-14.

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	1893	-510	1382	1,6	2	-0,4	0	1,1	1
1650	1700	1675	40,8	41,6	1898	-520	1377	77,5	79	-21,2	-22	56,3	57
1600	1650	1625	30,6	72,2	1890	-642	1247	57,9	137	-19,7	-41	38,2	96
1550	1600	1575	18,6	90,8	1888	-789	1098	35,2	172	-14,7	-56	20,5	116
1500	1550	1525	16,9	107,7	1874	-1133	741	31,6	204	-19,1	-75	12,5	129
1450	1500	1475	11,6	119,3	1868	-1655	212	21,6	225	-19,2	-94	2,5	131
1400	1450	1425	15,1	134,4	1856	-2009	-153	28,0	253	-30,3	-125	-2,3	129
1350	1400	1375	0,6	135,0	1856	-1797	59	1,2	255	-1,2	-126	0,0	129
1900	1950	1925	0,5	0,5	2060	39	2099	1,1	1	0,0	0	1,2	1
1850	1900	1875	0,6	1,1	2024	-112	1912	1,3	2	0,0	0	1,2	2
1800	1850	1825	1,2	2,3	1991	-276	1714	2,3	5	-0,3	0	2,0	4
1750	1800	1775	4,5	6,8	1934	-403	1531	8,8	14	-1,8	-2	7,0	11
1700	1750	1725	15,9	22,7	1892	-439	1452	30,2	44	-7,0	-9	23,2	34
1650	1700	1675	16,5	39,2	1888	-456	1431	31,2	75	-7,5	-17	23,6	58
1600	1650	1625	0,0	39,2	1887	-452	1435	0,0	75	0,0	-17	0,0	58

Tafla II: Afrennsli yfirborðsleysingar til Grímsvatna sumarið 2014.

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	0,1	0,1	0,0	0,0	
1850	1900	1,3	1,4	0,1	0,1	
1800	1850	1,6	3,1	0,4	0,5	
1750	1800	3,9	7,0	1,6	2,0	
1700	1750	15,9	22,9	7,0	9,1	
1650	1700	56,4	79,2	28,4	37,4	
1600	1650	30,9	110,1	19,8	57,3	
1550	1600	18,7	128,8	14,7	72,0	
1500	1550	16,7	145,5	18,9	90,9	
1450	1500	11,6	157,1	19,2	110,1	
1400	1450	15,1	172,1	30,3	140,4	
1350	1400	0,6	172,8	1,2	141,5	

Tafla III. : Mæld hnit hraðamælistika.

Hnit hraðmælistaka 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_i er hæð yfir ellipsóíðu, dL loftnets hæð, N metinn hæðarmunur ellipsóíðu og meðalsjárvarborðs, H hæð yfir meðalsjárvarfleti ($H = h_i + N + dL$). X and Y eru í ÍSN93 “Lambert conformal conic” vörpun. M er gæðamerki.

Stöð	tími	Dag			Ár	Breidd	Lengd	h_i (m a. e.)	dL (m)	N (m)	H (m a. s. l.)	X	Y	M
		Dags	#	númer										
Borai	20,426	4	6	155	2014	64 24,93840	17 20,15760	1467,6	0,0	-67,7	1399,9	580200,60	435910,95	K
Borai	16,484	15	10	288	2014	64 24,93469	17 20,16052	1480,7	0,0	-67,7	1413,0	580198,61	435903,85	K
BORTHNb	18,216	4	5	124	2014	64 25,08660	17 19,15380	1468,4	0,0	-67,7	1400,7	580999,71	436207,75	K
BORTHNb	11,857	15	10	288	2014	64 25,08265	17 19,15470	1487,2	0,0	-67,7	1419,5	580999,06	436200,03	K
D12r	16,725	5	5	125	2014	64 28,98360	17 0,14040	1714,3	0,0	-67,6	1646,8	596037,69	443888,25	K
D12r	20,343	13	10	286	2014	64 28,98386	17 0,14026	1711,3	0,0	-67,6	1643,8	596037,79	443889,17	K
G02k	21,723	2	6	153	2014	64 26,84520	17 17,74800	1627,8	0,0	-67,7	1560,1	582040,56	439503,91	K
G02k	15,637	15	10	288	2014	64 26,84220	17 17,75045	1625,5	0,0	-67,7	1557,8	582038,57	439498,29	K
G03l	20,577	2	6	153	2014	64 28,44480	17 16,34700	1723,0	0,0	-67,7	1655,3	583083,02	442505,21	K
G03l	15,369	15	10	288	2014	64 28,44344	17 16,34757	1720,6	0,0	-67,7	1652,8	583082,58	442502,82	K
G04s	12,666	2	6	153	2014	64 30,01560	17 15,02520	1752,5	0,0	-67,7	1684,8	584061,27	445451,41	K
G04s	14,982	15	10	288	2014	64 30,01582	17 15,02524	1750,1	0,0	-67,7	1682,4	584061,38	445452,33	K
gb2d	13,917	6	5	126	2014	64 34,10880	16 0,02568	1268,8	-0,4	-66,9	1201,5	643722,97	455304,21	K
gb2d	17,751	11	10	284	2014	64 34,11637	16 0,02680	1264,2	0,0	-66,9	1197,3	643721,37	455318,15	K
Go1r	19,280	2	6	153	2014	64 34,01400	17 24,92040	1825,9	0,0	-67,8	1758,1	575953,19	452669,25	K
Go1r	14,601	15	10	288	2014	64 34,01311	17 24,91952	1823,1	0,0	-67,8	1755,3	575953,86	452668,00	K
GvK4-1b	11,187	6	6	157	2014	64 27,56340	17 20,40360	1663,3	0,0	-67,8	1595,6	579875,33	440781,56	K
GvK4-1b	16,484	15	10	288	2014	64 27,56082	17 20,40539	1660,1	0,0	-67,8	1592,4	579873,86	440776,35	K
GvK4-2b	11,101	6	6	157	2014	64 27,35880	17 20,31840	1642,3	0,0	-67,8	1574,5	579953,32	440402,63	K
GvK4-2b	16,409	15	10	288	2014	64 27,35459	17 20,31960	1638,5	0,0	-67,8	1570,8	579952,71	440395,11	K
GvK4-3b	11,258	6	6	157	2014	64 27,27780	17 20,34540	1624,7	0,0	-67,8	1556,9	579935,85	440252,14	K
GvK4-3b	16,300	15	10	288	2014	64 27,27310	17 20,34519	1618,4	0,0	-67,8	1550,6	579936,16	440243,21	K
GvK4-4b	10,957	6	6	157	2014	64 27,18660	17 20,37060	1598,1	0,0	-67,8	1530,3	579919,85	440082,07	K
GvK4-4b	16,266	15	10	288	2014	64 27,18291	17 20,36995	1591,8	0,0	-67,8	1524,1	579920,71	440075,19	K
GvK4-5b	10,873	6	6	157	2014	64 27,09780	17 20,49960	1595,3	0,0	-67,8	1527,5	579820,97	439914,20	K
GvK4-5b	16,187	15	10	288	2014	64 27,09560	17 20,50083	1592,6	0,0	-67,8	1524,8	579820,00	439910,25	K
GvK4-6b	10,801	6	6	157	2014	64 27,01620	17 20,59740	1587,7	0,0	-67,8	1519,9	579746,53	439761,11	K
GvK4-6b	16,123	15	10	288	2014	64 27,01475	17 20,59810	1584,5	0,0	-67,8	1516,7	579745,92	439758,04	K
GvK4-7b	10,729	6	6	157	2014	64 26,86620	17 20,78940	1577,0	0,0	-67,8	1509,3	579599,60	439478,25	K
GvK4-7b	15,983	15	10	288	2014	64 26,86513	17 20,79116	1574,1	0,0	-67,8	1506,3	579598,35	439476,09	K
GvK4-8b	11,340	6	6	157	2014	64 27,20760	17 20,58300	1620,1	0,0	-67,8	1552,3	579748,48	440116,75	K
GvK4-8b	16,657	15	10	288	2014	64 27,20429	17 20,57881	1615,6	0,0	-67,8	1547,9	579752,17	440110,50	K
GvK4-9b	11,014	6	6	157	2014	64 27,16560	17 20,13420	1610,6	0,0	-67,8	1542,8	580110,60	440047,85	K
GvK4-9b	16,579	15	10	288	2014	64 27,16303	17 20,13951	1605,8	0,0	-67,8	1538,0	580106,49	440043,11	K
HAABn	11,351	9	6	160	2014	64 20,95200	17 24,08340	1796,8	0,0	-67,5	1729,3	577235,16	428425,10	K
HAABn	11,880	14	10	287	2014	64 20,95213	17 24,08359	1792,5	0,0	-67,5	1724,9	577235,09	428425,30	K
K05v	12,884	5	5	125	2014	64 33,45060	17 35,42820	1749,0	0,0	-67,8	1681,1	567583,78	451424,35	K
K05v	9,576	16	10	289	2014	64 33,44815	17 35,44223	1746,6	0,0	-67,8	1678,8	567572,80	451419,51	FS
Ln1-1b	10,343	9	6	160	2014	64 24,50340	17 12,99780	1565,9	0,0	-67,6	1498,2	585973,23	435259,70	K
Ln1-1b	17,490	15	10	288	2014	64 24,50266	17 12,99921	1563,4	0,0	-67,6	1495,8	585972,28	435258,30	K
Ln1-2b	10,482	9	6	160	2014	64 24,74580	17 12,01260	1590,0	0,0	-67,6	1522,4	586752,07	435732,62	K
Ln1-2b	19,594	13	10	286	2014	64 24,74321	17 12,01283	1587,0	0,0	-67,6	1519,4	586751,87	435727,52	K
Ln1-3b	10,580	9	6	160	2014	64 24,99540	17 10,99920	1596,2	0,0	-67,6	1528,6	587552,71	436219,29	K
Ln1-3b	19,436	13	10	286	2014	64 24,99248	17 11,00038	1593,5	0,0	-67,6	1525,8	587551,70	436213,75	K
Ln1-4b	10,687	9	6	160	2014	64 25,24200	17 10,00380	1622,3	0,0	-67,6	1554,7	588338,65	436700,08	K
Ln1-4b	19,364	13	10	286	2014	64 25,23877	17 10,00623	1619,4	0,0	-67,6	1551,8	588336,74	436694,20	K
Ln1-5b	10,776	9	6	160	2014	64 25,74360	17 7,99260	1662,6	0,0	-67,6	1595,0	589925,75	437679,36	K
Ln1-5b	19,198	13	10	286	2014	64 25,74004	17 7,99259	1659,8	0,0	-67,6	1592,2	589925,94	437672,48	K
T08nq	17,604	4	5	124	2014	64 26,31300	17 27,77940	1703,7	0,0	-67,8	1635,9	574017,31	438309,42	K
T08nq	20,522	14	10	287	2014	64 26,31298	17 27,78163	1700,6	0,0	-67,8	1632,8	574015,76	438308,96	K