

Greinargerð til Vegagerðarinnar vegna styrks til verkefnisins:

Afkoma og hreyfing Breiðamerkurjökuls og afrennsli leysingavatns til Jökulsárlóns á Breiðamerkursandi 2017



Jöklahópur Jarðvísindastofnunar Háskólans
mars 2018

(Umsjón: Finnur Pálsson, verkefnastjóri í jöklarannsóknum; fp@hi.is)

Inngangur

Jöklahópur Jarðvísindastofnunar hefur í ártugi aflað gagna um Breiðamerkurjökul og Jökulsárlón og Jökulsá á Breiðamerkursandi, lengst af í nánu samstarfi við Vegagerðina. Hér er lýst helstu niðurstöðum rannsókna ársins 2017. Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

Botn og yfirborð jökulsins voru kortlögð með íssjarmælingum 1991, en mæling afkomu og rekstur veðurstöða hófst árið 1996, en um árabíl hefur rannsóknasjóður Vegagerðarinnar styrkt Jöklahóp JH til reksturs veðurstöðva og afkomumælinganna. Afkoma Breiðamerkurjökuls er mæld á 7 mælistöðvum og fleiri mælistaðir á Vatnajökli nýtast til að skorða afkomu hans (1. mynd). Unnið er að mælingum á þrem efstu mælistöðvunum í sérstökum leiðöngum til afkomumælinga á öllum Vatnajökli í maí og október, en stuðningur Vegagerðar er nýttur til mælinga á stöðvum BR1, BR2, BR3 og BR4.

Sjálfvirkar veðurstöðvar hafa síðustu 5 ár verið reknar allt árið á tveimur stöðum, Br1, Br4 en að sumarlagi einnig á mælistað Br7 síðustu tvö sumur. Á veðurstöðvunum er safnað gögnum sem nýtast til að meta orku sem berst að yfirborði jökuls og bræðir ís og snjó.

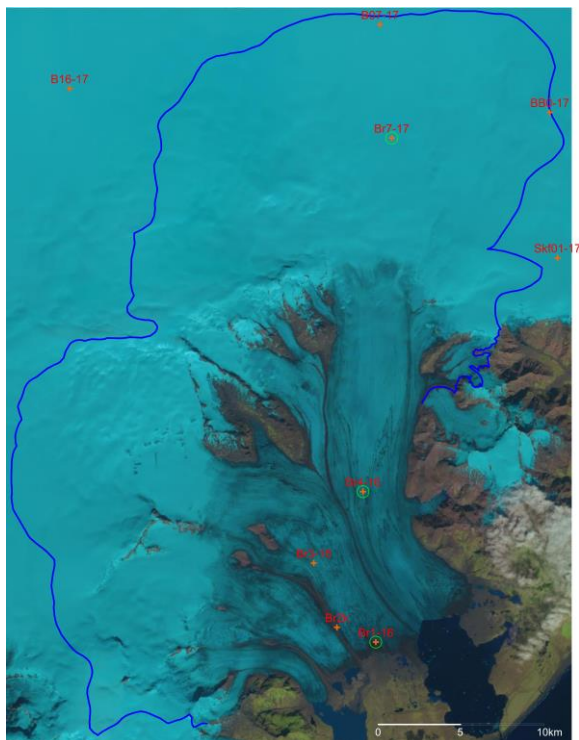
Staðsetning mælistika eða mælivíra á afkomumælistöðum er mæld með landmælinga GPS tækjum og meðalhraði milli mælinga reiknaður út frá færslu þeirra. Á síðast áratug var í nokkur skipti mældur skriðhraði jökulsins í átt til Jökulsárlóns með samfelldum GPS mælingum, en slíkum mælingum var ekki viðhaldið, þessi rekstur mjög erfiður í framkvæmd vegna sprungins yfirborðsins. Einnig hefur síðustu ár verið aflað margskonar gervihnattagagna sem nýtast til að meta legu jaðars og yfirborðshreyfingu stórra svæða yfir tiltekin tímabil (frá nokkrum dögum til nokkurra mánaða) og til gerðar hæðarlíkana jökulsins. Um tveggja ára skeið rak Jöklahópur (Eyjólfr Magnússon) myndavél sem tók háupplausnarljósmyndir af kelfandi hluta jökulsins á 5 mínútna fresti. Myndaraðirnar nýtast til að sjá kelfingaraburði (myndaraðir má sjá hér:

https://notendur.hi.is/~eyjolfr/Breidamerkurj_time_lapse_video.html).

Árið 2014 hófst verkefni þar sem flygildi með myndavél er notað til að afla gagna um breytingar á hæð og legu jökuljaðarsins og hreyfingu kelfandi hluta jökulsins. Gagnaöflun gekk vel árið 2014 og á árinu 2015 var unnið að frekari þróun mælitækni og búnaðar og hugbúnaði til að vinna hæðarlíkön og hraðasvið eftir þessum gögnum.

Tvö síðastnefndu verkefni hafa haft stuðning af mælingaferðum á og að jöklinum til afkomumælinga og viðhalds veðurstöðvanna.

Eyjólfr Magnússon sem unnið hefur að rannsóknum á hreyfingu jökulsins, flutti erindi um þær á árlegri ráðstefnu American Geoscience Union í San Fransisco í desember 2013 og á ráðstefnu International Glaciological Society í Finnlandi í nóvember 2013, Alexander Jarosch sem vinnur að gagnaöflun með flygildi og túlkun þeirra gagna og kynnti niðurstöður á flutti erindi um þær á árlegri ráðstefnu American Geoscience Union í San Fransisco í desember 2014 og víðar. MS nemandi hans Tayo van Boeckel vann meistaraverkefni um vensl



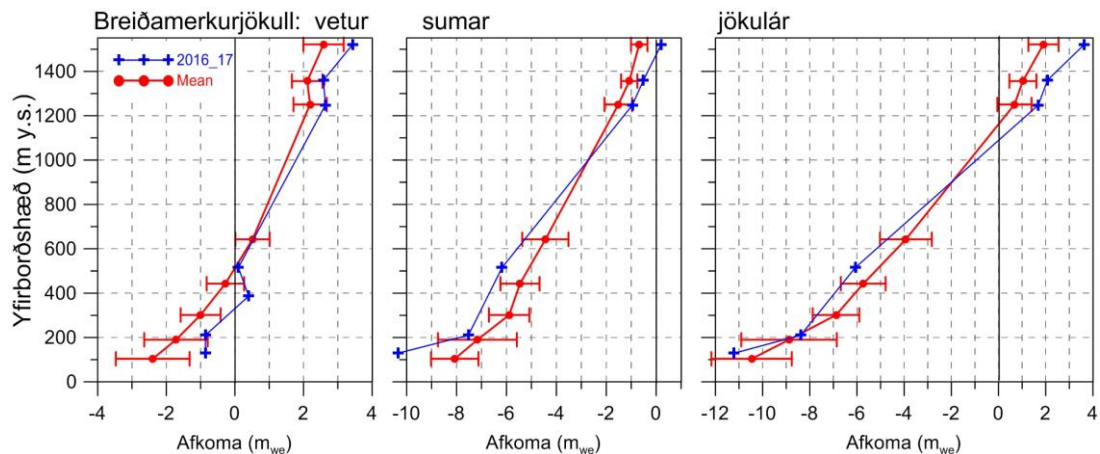
Mynd 1. Afkomumælistaðir (+), veðurstöðvar (O), GPS stöðvar (Δ) og myndavél (Δ) á og við Breiðamerkurjökul. Ísaskil Breiðamerkurjökuls sýnd með blárrí línu. (í bakgrunni er Landsat 8 gervihnattamynd frá 22. Ágúst 2018)

botnskriðs og vatnsþrýstings á Breiðamerkurjökli, en í því verkefni nýtir hann gögn frá veðurstöðvunum, GPS tækjunum, afkomumælingarnar, um lögun botnsins og nýleg kort af yfirborði jökulsins sem jöklahópur hefur aflað. Ritgerð hans um þetta efni má nálgast hér: (<http://skemman.is/item/view/1946/23007;jsessionid=7E330A905BA14EFC419157BE3ADF CF2E>).

Árið 2017 kom úr grein í alþjóðlegur tímariti um þar sem rakin er þróun Breiðamerkurjökuls: Snævarr Guðmundsson, Helgi Björnsson, Finnur Pálsson, 2017. Changes of Breiðamerkurjökull glacier, SE-Iceland, from its late nineteenth century maximum to the present. Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography, (4), 338-352 201710.1080/04353676.2017.1355216, <http://dx.doi.org/10.1080/04353676.2017.1355216>

Hér er að aftan er gerð grein fyrir afkomumælingum, afrennsli leysingavatns af jökli til Jökulsárlóns og veðurathugunum sem unnið var að á árinu 2017.

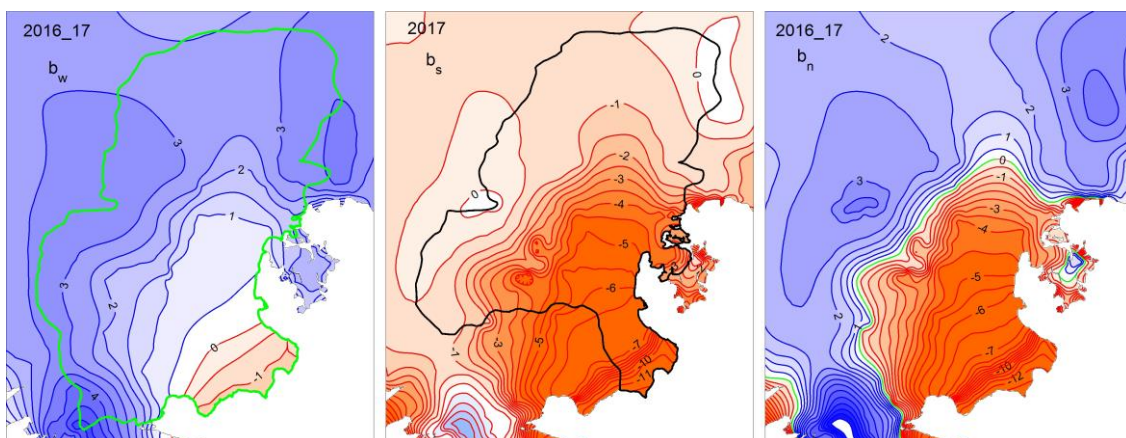
Niðurstöður afkomumælinga 2016-17.



Mynd 2. Breytileiki afkomu með hæð á Breiðamerkurjökli jökulárið 2016-17 og meðaltal allra ára (flestar ár frá 1995-96) sem afkoma hefur verið mæld (afkoma í m vatnsjafngildi og hæð mælistaða í m yfir sjó). Þverstrikin sýna staðalfrávik mæliraðar í mælistöðvunum.

Farnar voru nokkrar ferðir til afkomumælinga og viðhalds veðurstöðva jökulárið 2016_17, flestar mátti tengja öðrum verkum til að lágmarka kostnað þessa verkefnis. Aðalmæliferðin var 2.-3. mars 2017 á neðri hluta jökulsins (leysingasvæði). Lesið var af eldri afkomuvírum og boraðar holur (~10-15 m djúpar) með gufubor og komið fyrir nýjum afkomumælivírum í Br2 og Br3 en $\frac{3}{4}$ “ rörum fyrir snjóhæðarmæla við veðurstöðvarnar í Br4 og Br1. Vetrarmælingar á efri hlutanum (safnsvæði) voru gerðar 3. maí. Þá var einnig farið í veðurstöðina í Br4) og skipt um rafgeymi og loftnet fyrir fjarskipti. Veðurstöð við Br7 var sett upp 3. maí. Haustmælingar á safnsvæði voru gerðar 24. október og en þann 29. Í Br2 og þá einnig komið við í Br1 til að laga snjóhæðarmæli sem féll í ágúst. Haustmæling afkomu í Br1 og Br4 fæst ú frá sjálfvirkum snjóhæðarmælingum í veðurstöðvunum.

Veður haustið 2016 var venju fremur votviðrasamt en hlýtt, vetrarmánuðir fram í mars í kaldara lagi, en úrkoma nærri meðallagi, mest rigning á leysingasvæði en óvanalega mikill snjócoma á safnsvæðið. Vorveður var fremur kalt en þurrt. Sumarið 2017 var kalt framan af með suðausturströndinni en lagaðist heldur seint í júlí og ágúst. Haustið var einkenndist af lægðagangi, hlýindum, úrkomu og hvassviðri. Á 2. mynd sést að vetrarsnjósöfnun var langt yfir meðallagi á safnsvæðinu, og á leysingasvæði var vetrarýrnun ríflega einu staðalfrávikki undir meðalagi og snjósöfnun veruleg ofan um 300 m hæðar, þetta endurspeglar kaldan seinni hluta vetrar. Þetta svæði er mjög næmt fyrir breytingum í vetrarhita, lítil breyting stjórna

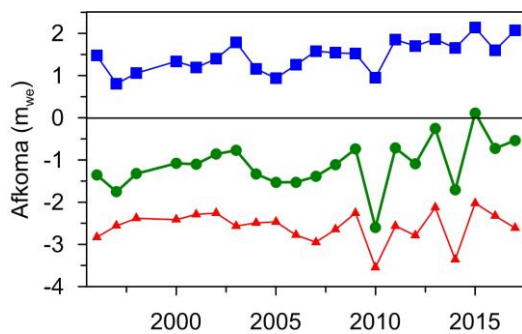


Mynd 3. Dreifing vetrar- (vinstri) sumar- (miðja) og ársafkomu (hægri) á Breiðamerkurjökli 2016-17 (afkoma í m vatnsjafngildi). Ísasvið Breiðamerkurjökuls er sýnt með grænni línu (vinstri rammi) og vatnasvið Jökulsárlóns á Breiðamerkursandi með svartri línu (miðju rammi).

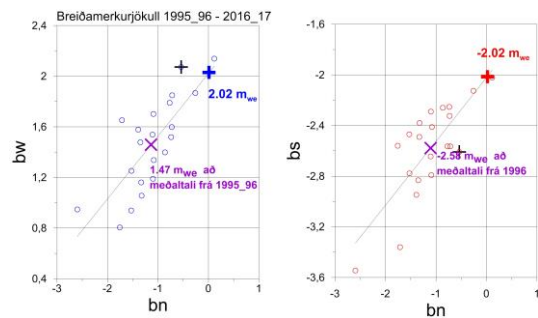
hvort þarna leysir eða snjór safnast fyrir. Á safnsvæði var sumarafkoma yfir meðallagi, leysing miklu minni en í meðalári, en á stærstum hluta leysingasvæðis var leysing langt umfram meðallag, að hluta til vegna hvassviðris og hlýinda um haustið. Einnig var leysing á neðsta mælistað mjög mikil, sker sig frá öðrum mælistöðvum á leysingasvæðinu. en yfirborð þarna var mjög skítugt, sem eykur ísog orku frá sólgeislun. Ársafkoma 2016-17 er langt umfram meðallag efst, nærri meðallagi í um 800m hæð, rýrnun verulega meiri en að meðaltali þar fyrir neðan.

Flatartegur yfir safnsvæði jökulsins skila heildarafkomutölum (3. og 4. mynd). Vetrarafkoma reyndist um 41% umfram meðallag. Þó sumarrýrnun um 1% umfram meðaltali mælitímans, en dreifing rýrnunar óvanaleg eins og sagt er hér að ofan, mun minni á safnsvæði en meiri á leysingasvæði. Ársafkoman sem hefur verið neikvæð allt mælitímabilið (-1.14 m_{we} á ári að meðaltali) en var 2016-17 -0,54 m_{we} , eða aðeins um 48% þess sem verið hefur að jafnaði.

Auk massataps vegna afkomu við yfirborð tapast ís vegna kelfingar í Jökulsárlón (ís sem brotnar af sporðinum og bráðnar í lóninu). Jöklahópur hefur í eldri verkum metið að kelfing hafi verið fjórðungur úr km^3 um miðjan fyrsta áratug aldarinnar (sem samsvarar 10 hluta meðal sumarleysingar). Sterkar vísbendingar eru um að kelfing hafi aukist á síðasta áratug, það voru niðurstöður vinnu fransks nemenda sem var hjá jöklahópi sumarið 2009 og vann að mati kelfingar út frá ýmsum gervitunglagögnum. Skv. þeirri vinnu var að kelfing árið 2007 væri $\sim 0.25 km^3$ en $\sim 0.7 km^3$ árið 2009 (það ár var þó einstakt að því leiti að lónið var meira og minna þakið ísjökum langtímum saman). Á 5. mynd er sýnt samhengi ársafkomu Breiðamerkurjökuls við vetrar- og sumarafkomu með því að teikna ársafkomu á mótí

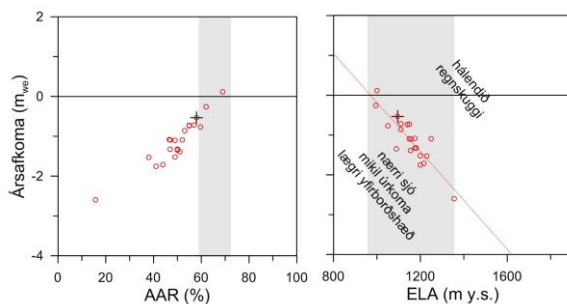


Mynd 4. Afkoma Breiðamerkurjökuls metin eftir afkomumælingum **vetur**, **sumar** og **jökulár** (ekki er tekið tillit til kelfingar).



Mynd 5. Ársafkoma (b_n) Breiðamerkurjökuls teiknuð á mótí vetrarafkomu (b_w , vinstri) og sumarafkomu (b_s , hægri). Mæligildi jökulársins 2016_17 eru merkt með svörtum +.

vetrafkomu annars vegar en sumarafkomu hins vegar. Bæði línuritín sýna sterkt samhengi og gefa vísbendingu um að til þess að afkoma Breiðamerkurjökuls sé í jafnvægið miðað við núverandi lögun ætti umsetning að vera um $2 m_{we}$ ($b_w=2=-b_s$). Mæliröðin sýnir hins vegar að meðalvetrafkoma er aðeins $1.47 m_{we}$ eða $\sim 74\%$ af $2 m_{we}$ og sumarleysing um 30% umfram ($-2.58 m_{we}$). Þannig hníga rök til þess að hin afgerandi neikvæða afkoma Breiðamerkurjökuls á mælitímanum sé bæði vegna skorts á snjósöfnun að vetri og mikillar leysingar að sumarlagi.



Mynd 6. Ársafkoma Breiðamerkurjökuls teiknuð á mótí mældri hæði jafnvægislínu (ELA) á mælisniði og hlutfalli safnsvæðis af heildarflatarmáli (AAR). Svartur + er gildi ársins. Gráa svæðið sýnir svæði þar sem aðrir annarra skriðjökla Vatnajökuls sker $b_n=0$ línuna skv. mælingum.

Fyrir aðra skriðjökla þar sem afkoma er mæld er sumarrýrnun langtum stærri orsakabáttur og vetrarafkoma vel yfir 90% af því sem til þarf. Á 6. mynd er ársafkoma Breiðamerkurjökuls teiknuð á móti mældri hæð jafnvægislínu (ELA) á mælisniði og einnig hlutfalli safnsvæðis af heildarflatarmáli (AAR). Þetta samhengi bendir til að að jafnaði þurfi AAR Breiðamerkurjökuls þurfi að vera nærri 72% og ELA nærri 960 m til að ársafkoma hans sé núll. Bæði eru þessi gildi útmörk þess sem mælist fyrir skriðjökla Vatnajökuls (sjá gráu svæðin á 6. mynd), AAR hæst en ELA lægst. En stigull b_n -AAR og b_n -ELA er svipaður fyrir Breiðamerkurjökul og alla hina jöklana; um 0.5 m_{we} fyrir 10% breytingu AAR og 0.7 m_{we} fyrir 100 m breytingu ELA.

Samandregnar upplýsingar um afkomu Breiðamerkurjökuls jökulárið 2016-17 eru sem hér segir:

Flatarmál = $\sim 938 \text{ km}^2$ (skv. yfirborðskorti ársins 2010)

$B_w = 1.94 \text{ km}^3$; $b_w = 2.07 \text{ m}$ (meðatal 1995_96-2015_16 er: $\underline{b}_w = 1.47 \text{ m}$)

$B_s = -2.44 \text{ km}^3$; $b_s = -2.61 \text{ m}$ (meðatal 1996-2016 er: $\underline{b}_s = -2.58 \text{ m}$)

$B_n = -0.50 \text{ km}^3$; $b_n = -0.54 \text{ m}$ (meðatal 1995_96-2015_16 er: $\underline{b}_n = -1.11 \text{ m}$)

ELA (hæð jafnvægislínu) = $\sim 1095 \text{ m}$ (á mælisniði);

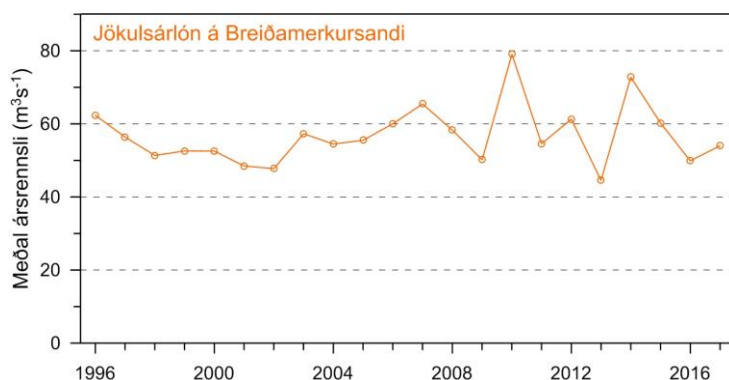
AAR (hlutfall safnsvæðis af heildarflatarmáli) = 58 %

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

Afrennsli til Jökulsárlóns

Meðalársafrennsli til Jökulsárlóns vegna yfirborðsleysingar (eins og hún er metin eftir sumarafkomu en þar er ekki tekið tillit til úrkomu, hvort heldur sem er rigningar eða snjókomu sem fellur og bráðnar) er sýnt á 7. mynd. Meðalafrennsli til lónsins 1996 til 2014 er nærri $55 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Afrennsli til lónsins sumarið 2017 er mjög nærri meðallagi, innrennsli síðsumars og haustsins var óvanalega mikið og bætti fremur rýrt rennsli sumarmánaðanna.

Leysing á miðju sumri ræðst að stærstum hluta af sólgeislun, þannig má nálgá dreifingu leysingar með tíma gróflega með sólarhæð; þ.e. gera ráð fyrir að lítil sem engin leysing sé á tímabilinu nóvember til febrúar, en nota sínuslögum það sem eftir er árs með hámarki á miðju sumri. Ef þetta er gert fæst hámarksafrennsli í meðalári nálægt $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ um miðjan júlí. Raunverulegur toppur er líklega mun hærri, ekki er óvarlegt að gera ráð fyrir að í ofsaleytingu sé topprennsli 2-3 sinnum meira eða $400\text{-}600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; þetta má vinna miklu betur



Mynd 7. Meðalafrennsli yfirborðsleysingarvatns (metið út frá sumarafkomu) til Jökulsárlóns sumurinn 1996 til 2017.

með reiknilíkönunum sem byggja þeirri röð veðurgagna sem til eru.

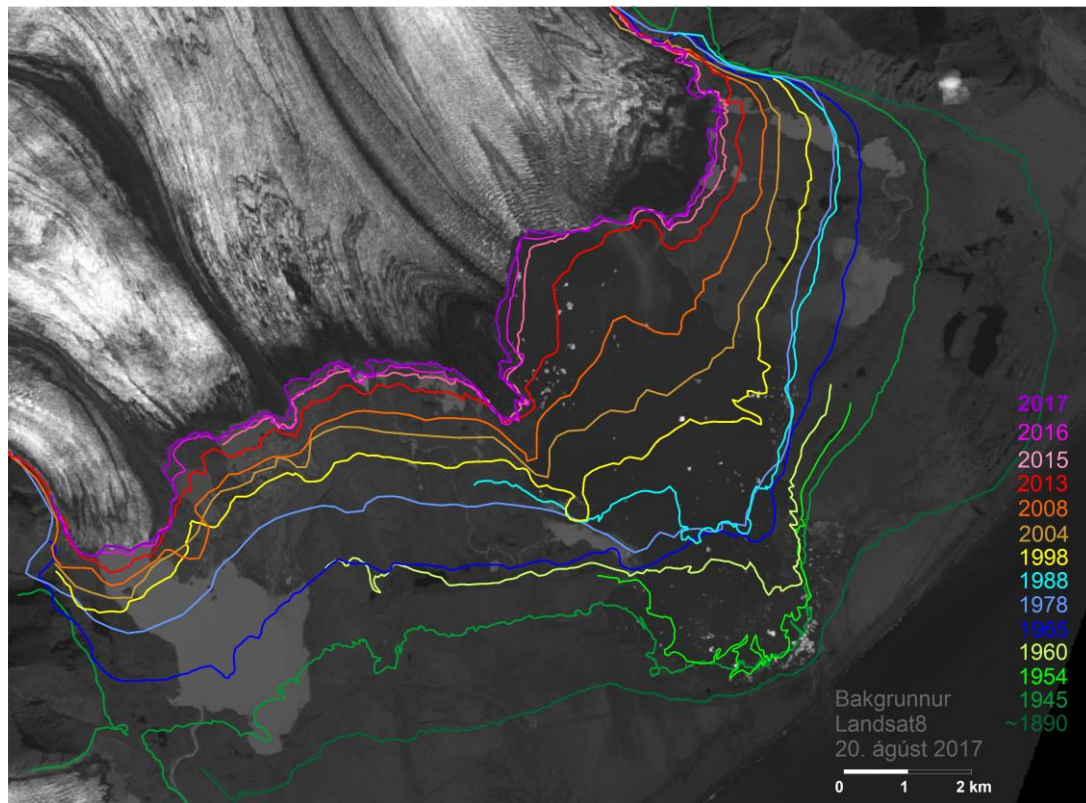
Ef gert er ráð fyrir að bráðnun íss í lóninu sé nálægt 0.5 km^3 af ís á ári eru það nærri $16 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ að meðaltali, en mest bráðnar yfir sumarmánuðina (mjög lítið í nóvember til febrúar/mars), þannig gæti tillegg þessa verið nálægt $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ yfir sumartímenn.

Breiðmerkurjökull og Jökulsárlón eru á úrkomusamasta svæði Íslands. Regnvatn sem fellur á vatnasvið Jökulsárlóns á jökli að sumarlagi skilar sér allt sem afrennsli til lónsins með breytilegri seinkun, nær engri seinkun fyrir það sem fellur á sporðinn en ~sólarringur fyrir það sem fellur efst á safnsvæðið. Metúrkoma var á þessu svæði í október 1979, sólarringursúrkoma á Kvískerjum mældist 242.7 mm, einnig í febrúar 1968 228.4 mm í Kvískerjum og samtímis 233.9 mm á Vagnstöðum í Suðursveit. Ef slík úrkoma félli á vatnasvið Jökulsárlóns ($\sim 740 \text{ km}^2$) og skilaði sér á einum sólarring í lónið væri meðalrennsli ($0.2 \text{ m} * 740.000.000 \text{ m}^2 / (3600 * 24 \text{ s}) = 1720 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (vatnsmagnið myndi hækka yfirborð lónsins um 6 m ef ekkert rynni burt). Atburður af þessu tagi er ekki líklegur að sumarlagi en ekki ósennilegt að helmingur þessa sé ekki útilokað, það þarf að kanna betur í úrkomugögnum Veðurstofu.

Að minnsta kosti þrjú jökulstífluð lón geta hlaupið til Jökulsárlóns undir Breiðamerkurjökul. Vel er þekkt lón í Veðurárdal (um 2 km^2), lítið lón er við enda Skálaljarga í Esjufjöllum, og lón sem fór að myndast rétt fyrir aldamót í Fossadal milli Skálaljarga og Vesturbjarga stækkar enn (nú um 1 km^2); á gervitunglamyndum sést að úr því hleypur. Í samanburði við Jökulsárlón eru öll þessi lón mjög lítil; þó rennslistoppur í hlaupum frá þeim gæti orðið stór (e.t.v. $100-1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) er hann skammær og vatnsmagnið það lítið að ekki myndi hækka í Jökulsárlóni nema um nokkra tugi cm. (hlaup úr lóni sem er 1 km^2 og 25 m djúpt myndi hækka yfirborð Jökulsárlóns um 1 m).

Ef saman færu í röð sólarringur með ofsarigningu og sólarringur með ofsaleytingu er ekki ólíklegt að innrennsli til Jökulsárlóns gæti verið $1000-1500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ í einn til tvo sólarringa. Áfram verður unnið að betra mati á þessum stærðum; gera þarf reiknilíkon sem nýta gagnasafnið sem til er.

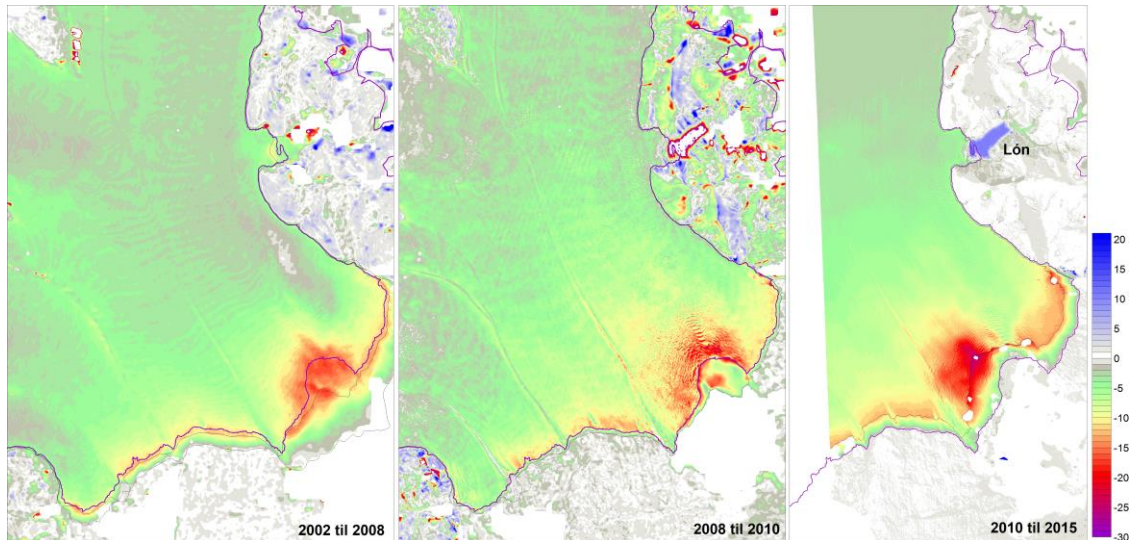
Hörfun Breiðamerkurjökuls



Mynd 8. Lega jaðars Breiðamerkurjökuls á ýmsum árum frá lokum litlu ísaldar um 1890. Jaðarinn 1890 er unnin eftir korti danska herforingjaráðsins og legu ystu jökulgarða. Jaðrar eftir 2004 eru unnir eftir gervihnattamyndum (SPOT-5 og Landsat-8), annað eftir flugmyndum Landmælinga Íslands. Í bakgrunni er mynd frá Landsat 8 (sýnilega sviðið, 15m upplausn, NASA og USGS).

Fylgst hefur verið með legu jaðars Breiðamerkurjökuls eftir ýmsum tiltækum gögnum m.a. gervihnattamyndum. Á 8. mynd er sýnd lega jaðars Breiðamerkurjökuls á ýmsum tímum frá lokum litlu ísaldar um 1890. Nýjasti jaðarinn er unnin eftir Landsat 8 gervihnattamynd frá 17. nóvember 2017. Vel má sjá hraða hörfun jökulsins frá ~1890 til um 1960, nær stöðnun frá 1960 til 1965 og aftur frá um 1978 til 1988 en hratt hop eftir miðjan tíunda áratuginn. Þetta endurspeglar að mestu þróun veðurfars þetta tímabil. Samstarfsmaður okkar og áður MS nemi, Snævarr Guðmundsson, nú sérfræðingur á Náttúrustofnun Suðausturlands, hefur unnið að enn ítarlegri greiningu jaðargagnanna og kortlagningu Breiðamerkursands. Grein um þetta efni hefur nú birst í fagtímaritinu Geografiske Annaler.

Þrátt fyrir að Breiðamerkurjökull kelfi enn í Jökulsárlón stendur hinn kelfandi sporður nú næstum í stað (sjá 8. mynd), hefur lítið hörfað síðan 2015, nærri jafnmikið brotnar af og skriður inn í lónið að jafnaði. Skriðhraði á blásporðinum hefur mælst um 500 m á ári; kelfandi tungan þarna er um 3 km löng og miðað við að sporðurinn er 25-30 yfir vatnsborðinu er hann um ~300 m þykkur í endann. Rúmtak ískelfingar er þá gróflega $3 \cdot 0.3 \cdot 0.5 = 0.45 \text{ km}^3$. En auk þess hefur kelfandi hluti sporðsins líka hörfað um nærri 750 m frá 2013. Þetta er tapað ísrúmmál um $\sim 0.7 \text{ km}^3$ eða 0.17 km^3 á ári. Samtals verður þá árlegt rúmtak kelfingar $\sim 0.6 \text{ km}^3$. Þetta er stærðagráðureikningur en skilar svipaðri tölu og áður hefur verið metið.



Mynd 9. Rýrnunarhraði Breiðmerkurjökuls (árleg þynning í m á ári) á þrem tímabilum. Mismunakortin eru unnin eftir stafrænum hæðarlíkunum 2002 og 2008 (gerð eftir SPOT5 gervitunglamyndum frá SPOT Image og Legos í Toulouse Frakklandi, 2010 (gert eftir Lidar mælingu úr flugvél, sjá Tómas Jóhannesson o.fl. 2013) og 2015 er úr bandaríska Arctic DEM safninu.

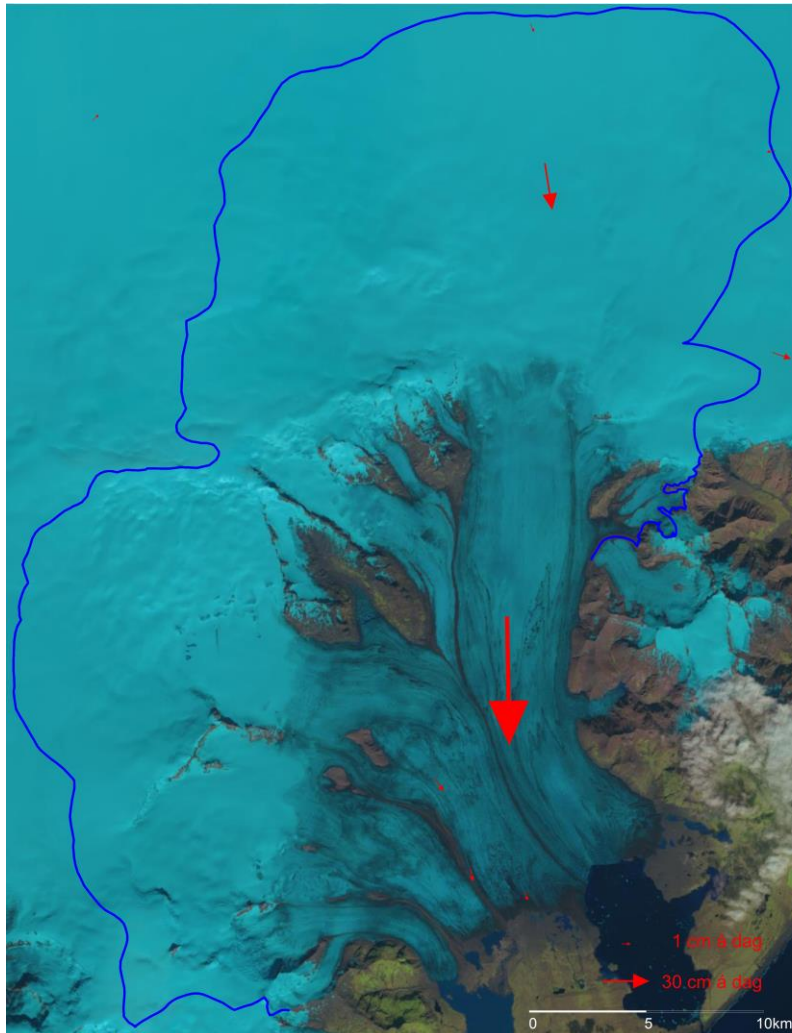
Veruleg breyting hefur á síðustu árum orðið á því hvaðan ísinn sem kelfir streymir að. Á 9. mynd er sýndur rýrnunarhraði (árleg þynning) á þrem tímabilum. Mismunakortin eru unnin eftir stafrænum hæðarlíkunum 2002 og 2008 gerð eftir SPOT5 gervitunglamyndum (frá SPOT Image og Legos, 2010 (gert eftir Lidar mælingu úr flugvél, sjá Tómas Jóhannesson o.fl. 2103) og 2015 er úr bandaríska Arctic DEM safninu. Þarna sést vel hvernig rýrnunin á fyrsta tímabilinu er mest beint norður af kelfandi jökultungunni sem að hluta er á floti og myndar „sillu“ upp af lóninu, en nú á síðasta tímabilinu kemur mestu ísinn æ meir úr vestri, og lækkunin og ísflæðið farið að teygja sig æ meir inn á miðstrauminn, og streymir með nokkuð jöfnum halla niður að lóninu. Ísflæðið tekur með sér Esjufjallaröndina til austurs, hún hefur slitnað frá suðurendanum og liggur á miðjum kelfandi hluta sporðsins, en markaði áður vesturjaðar lónsins og ísflæðis þangað. Þessari tilfærslu randarinnar var lýst í stuttri grein Snævarrs Guðmundsson og Helga Björnssonar í 65. árgangi tímaritsins Jökuls (2016).

Jökulhlaup úr Veðurárdalslóni

Ofarlega hægra megin á 9. mynd er merkt Lón, þetta er (Veðurárdalslón), en þaðan koma jökulhlaup sem enda í Jökulsárlóni. Fyrir tilviljun hefur það verið tómt á fyrra hæðarlíkaninu en nærri fullt á því seinna, vatnsdýpi þá ríflega 50 m og flatarmál 0.85 km². Vatnsmagn er þá nærri 43*10⁶m³. Til er gagnlegt reynslubundið samband milli rúmmáls í lóni og hámarksrennslis (Clague-Mathews jafna; sjá t.d. Felix Ng og Helgi Björnsson 2003); $Q_{\max} = KV_t^b$ þar sem Q_{\max} er hámarksrennslis í m³s⁻¹ en V_t rúmmál í 10⁶m³; b=2/3 og K=75. Samkvæmt þessu sambandi væri hámarksrennslis úr lóninu 930 m³s⁻¹, sem líta má á sem vísbendingu.

Skriðhraðamælingar

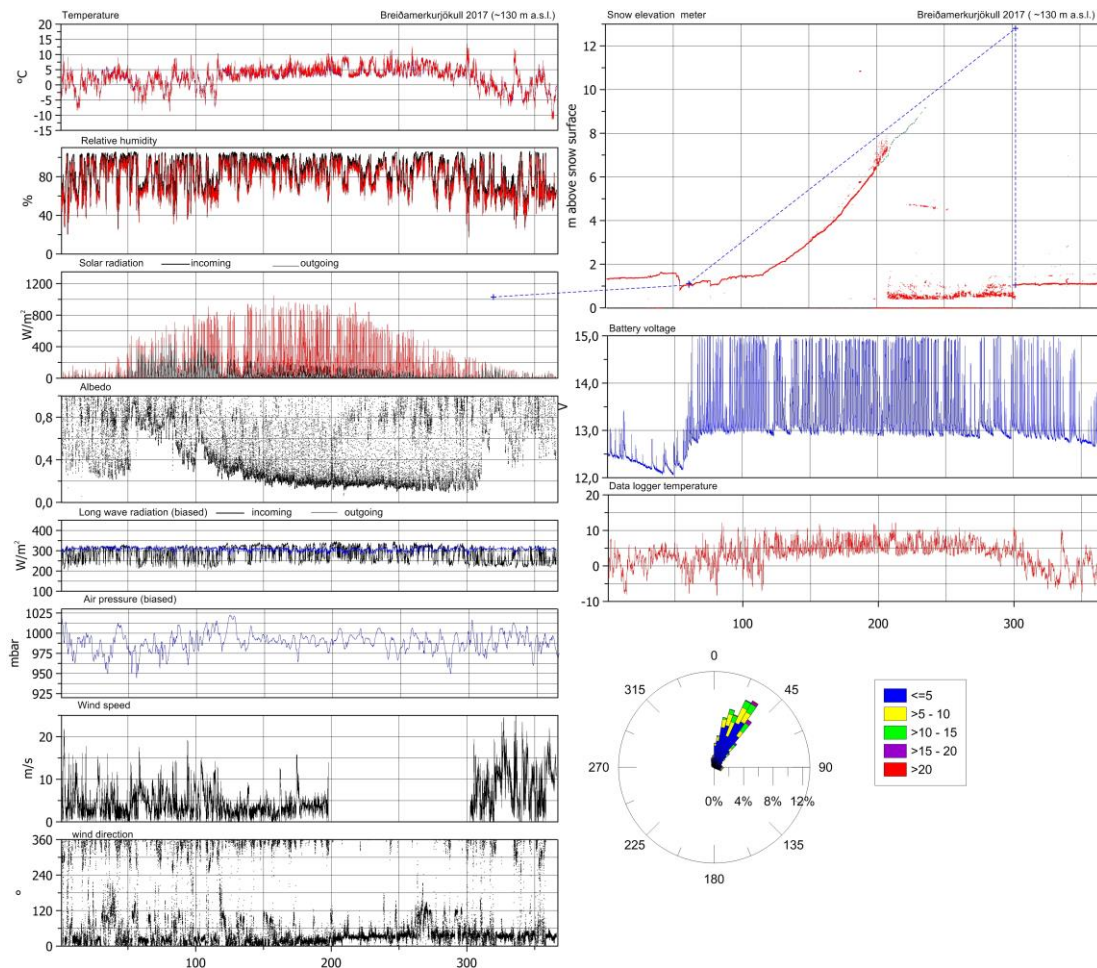
Um tíma voru GPS tæki sem skráðu samfelld hreyfingu Breiðamerkurjökuls á tveimur mælistöðum ofan Jökulsárlóns. Á þessu svæði er jökullinn mjög sprunginn og illur yfirferðar, og ekki teist að halda þessu áfram vegna manneklu og anna við önnur verk. Hins vegar voru allir afkomumælistaðir mældir inn með landmælinga GPS-tækjum og þannig fékkst skriðhraðamæling í stökum mælipunktum. Niðurstöður þeirra mælinga eru sýndar á 10. mynd.



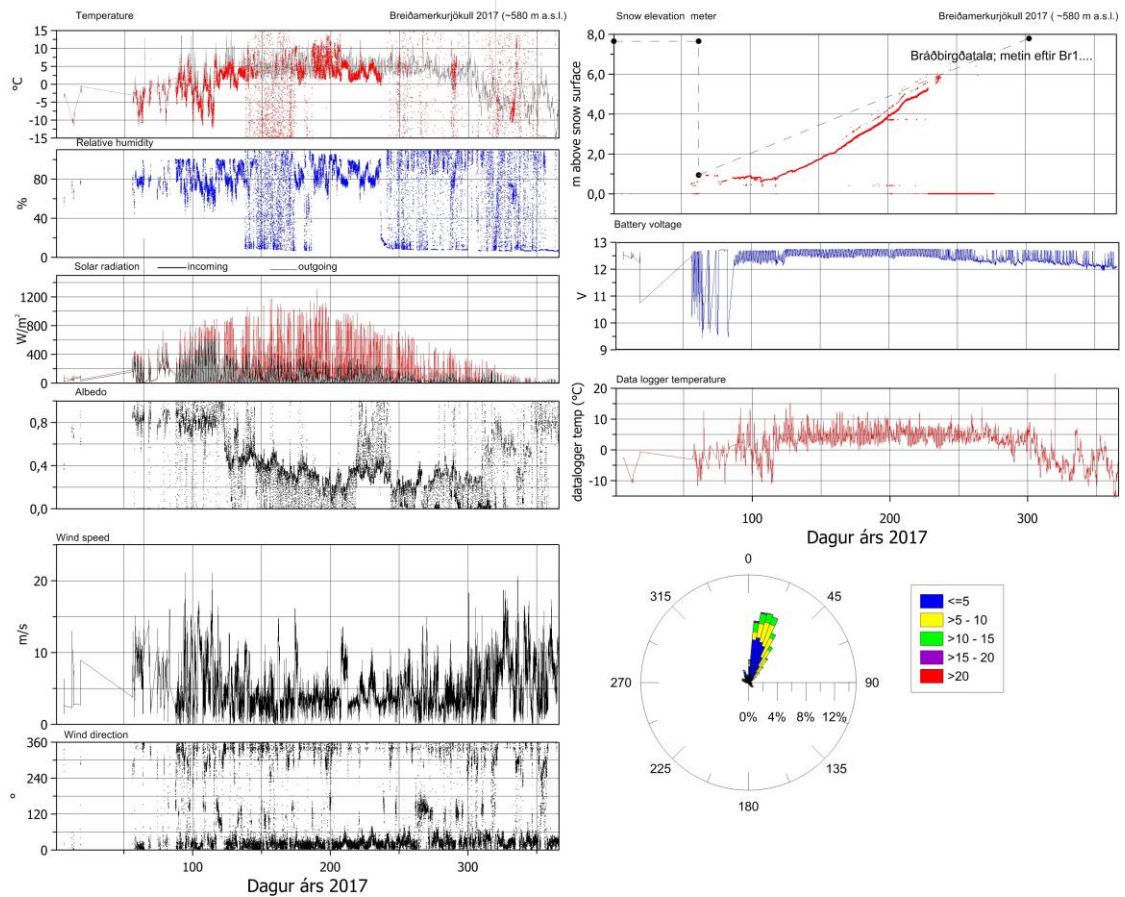
Mynd 10. Yfirborðsskriðhraði á afkomumælistöðum á Breiðamerkurjökli 2017. Á safnsvæðinu er mælingin gerð í maí og síðan í október 2017, í Br4 (þar sem hraðinn er mestur) apríl 2015 og janúar og maí 2016, og mars 2017, en í neðstu punktum í janúar 2016 og mars 2017.

Veðurathuganir

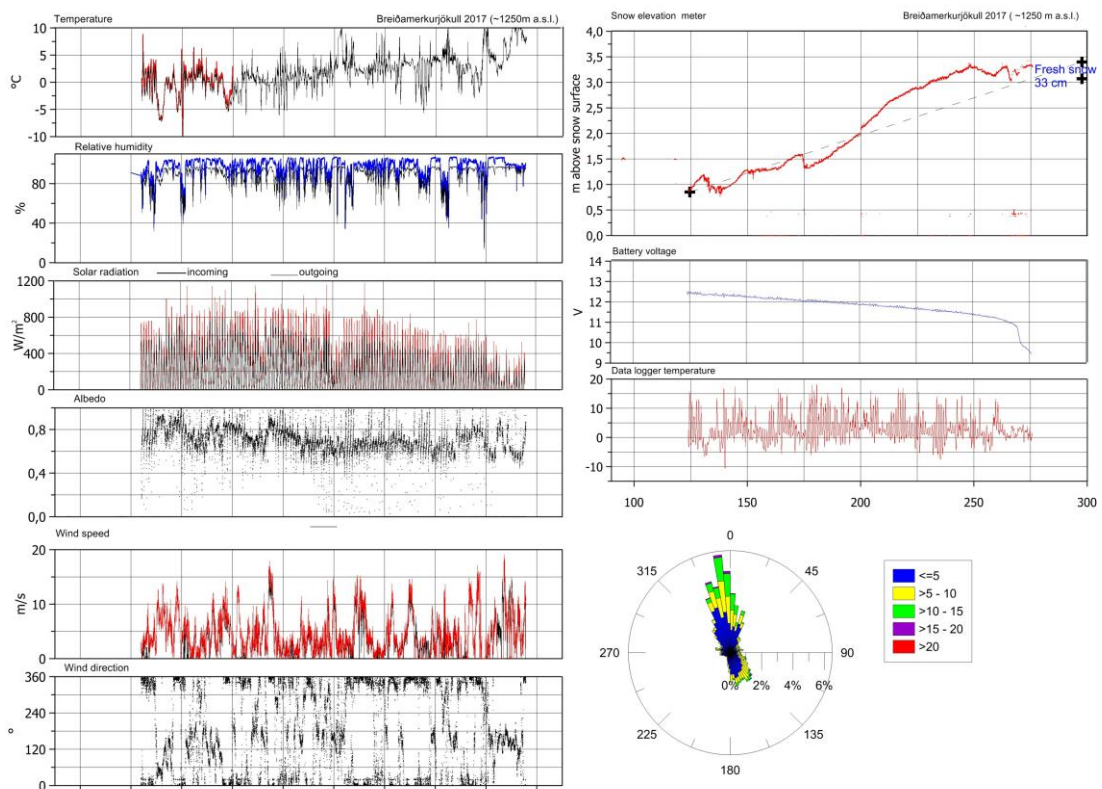
Til að auka skilning á samhengi veðurs og jöklabreytinga hefur veðurgagna á jökli verið aflað með sjálfvirkum veðurstöðvum. Á Breiðamerkurjökli eru nú tvær veðurstöðvar í rekstri allt árið (í um 100 (Br1) og 550 m (Br4) hæð). Þá er einnig rekin að sumrinu veðurstöð í um ~1250 m hæð á Breiðamerkurjökli. Stöðin í Br4 var heimsótt í mars 2017 og hún flutt til um nokkur hundruð metra til að tryggja betra símasamband (gögn eru lesin af stöðvunum með GSM mótöldum, en stöðin er þar sem árshraði er tæplega 400 m og hún flyst niður skarð þar sem ísinn er mjög þykkur). Mælingar eru einnig gerðar með stöðluðum mælitækjum á lofthita og vindhraða við NA-jaðar Jökulsárlóns þar sem er búnaður til sjálfvirkar myndatöku (sjá 1. mynd). Yfirlit mældra veðurþátta allra veðurstöðvanna er sýnt á myndum 10. til 13. Gögnin sem aflað er á veðurstöðvunum verða notuð sem inntak í orkubúskaps reiknilíkön til að meta leysingu og stilla afkomulíkön sem byggja á reikningum útrá lofthjúpslíkönunum. Þannig fæst möguleiki til að reikna tímaraðir afrennslis bæði aftur í tímann (lofthjúpslíkön sem byggja á mældum veðurþátum) og fram í tímann eftir loftlagsspám.



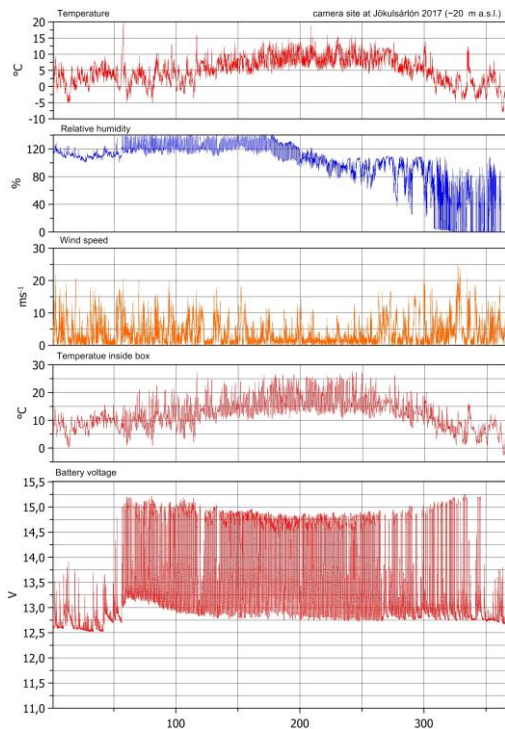
Mynd 10. Helstu mældir veðurþættir á veðurstöð í um 130 m hæð á sporði Breiðamerkurjökuls.



Mynd 11. Helstu mældir veðurþættir á veðurstöð í um 580 m hæð á austurstraumi Breiðamerkurjökuls.



Mynd 12. Helstu mældir veðurþættir á veðurstöð í um 1250 m hæð á austurstraumi Breiðamerkurjökuls.



Mynd 13. Lofthiti og vindstyrkur mælt á veðurstöð í um 20 m hæð við NA jaðar Jökulsárlóns.

Heimildir:

Snævarr Guðmundsson og Helgi Björnsson, 2016. Changes in the flow of Breiðamerkurjökull reflected by bending of the Esjufjallarönd medial moraine. *Jökull* No. 66, ISSN 0449-0576.

Guðmundsson, Snævarr, Björnsson, H., Pálsson, F. 2017. Changes of Breiðamerkurjökull glacier, SE-Iceland, from its late nineteenth century maximum to the present. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, (4), 338-352, 2017 10.1080/04353676.2017.1355216, <http://dx.doi.org/10.1080/04353676.2017.1355216>.

Jóhannesson, Tómas, Helgi Björnsson, Eyjólfur Guðmundsson, Sverrir Guðmundsson, Finnur Pálsson, Oddur Sigurðsson, Thorsteinn Thorsteinsson and Etienne Berthier. 2012. Ice-volume changes, bias-estimation of mass-balance measurements and changes in subglacial lakes derived by LiDAR-mapping of the surface of Icelandic glaciers. *Annals of Glaciology* 54, 63A422.

Ng, Felix and Helgi Björnsson. 2003. On the Clauge-Mathews relation for jökulhlaups. *Journal of Glaciology*, Vol. 49, No. 165, 161-172.

Kostnaður á árinu 2017:

Styrkur til þessa verkefnis af tilraunafé Vegagerðar var 2000 þkr.

Rekstrarkostnaður mælistöðva (viðgerð veðurstöðva, verkstæðisvinna, varahlutir, rafgeymar o.fl.) var 270 þkr., kostnaður vegna mælileiðangra (4 ferðir, sumar tengdar öðrum verkum til að halda kostnaði í lágmarki, greiðslur fyrir notkun bíla og vélsleða auk launa starfsmanna) reyndist 1050 þkr., laun starfsmanns við frumúrvinnslu og túlkun gagna (1.1 mannmán) 880 þkr., og umsjónargjald til yfirstjórnar Raunvísindastofnunar 2.5% eða 45þkr. Samtals eru þetta 2245 þkr.

28. mars 2018. f.h. Jöklahóps Jarðvísindastofnunar Háskólans;
Finnur Pálsson verkefnastjóri í Jöklarannsóknum