

# Afkoma Breiðamerkurjökuls jökulárið 2008-2009.

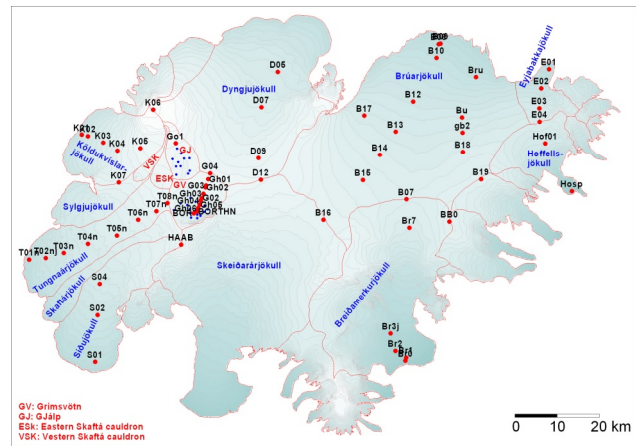
Reykjavík 3. febrúar 2010.

Greinargerð til Vegagerðarinnar vegna styrks af tilraunafé til samvinnu um rannsóknir á afkomu Breiðamerkurjökuls 2008-2009 vegna landris í nágrenni Vatnajökuls, b.t. Þórir Ingason.

Frá Jöklahópi, Jarðvísindastofnun Háskólans: Finnur Pálsson, Helgi Björnsson, Sverrir Guðmundsson og Eyjólfur Magnússon.

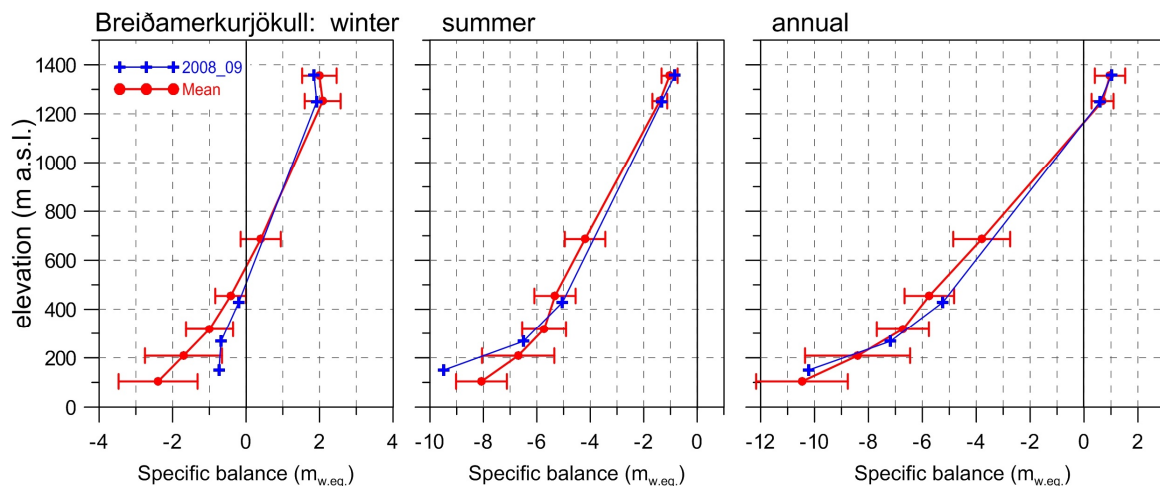
Á árinu 2009 var aflað gagna sem nýttast til mats á landrisi vegna jöklarýrnunar. Um er að ræða mælingar á afkomu, breytingar á lögum yfirborðs, veðurþáttum sem stjórna afkomu og kortlagningu botns og yfirborðs.

Eins og mörg undanfarin ár var afkoma Vatnajökuls mæld í um 60 punktum víðsvegar um jökulinn, á suðurjöklinum á Breiðamerkurjökli og Hoffellsjökli (mynd 1). Einnig voru reknar 10 veðurstöðvar, þar af ein á sporði Breiðamerkurjökuls. Hreyfing var mæld á öllum afkomumælistöðvum. Vegagerðin styrkti mælingar á Breiðamerkurjökli.



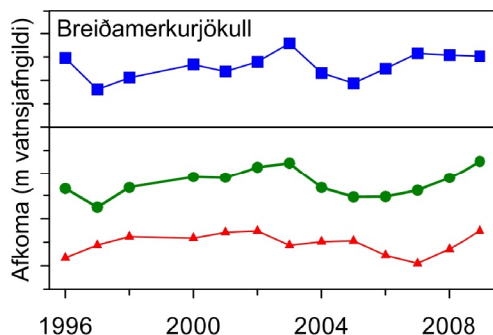
Mynd 1. Afkomumælistaðir og veðurstöðvar á Vatnajökli 2009.

## Afkoma



Mynd 2. Breytileiki afkomu með hæð á Breiðamerkurjökli jökulárið 2008-2009 og meðaltal allra ára sem afkoma hefur verið mæld. (afkoma í mm vatnsjafngildi og hæð (y-ás) í m yfir sjó).

Breytileiki afkomu með hæð á Breiðamerkurjökli er sýndur á 2. mynd. Afkoma í tveim efstu mælistöðvum var mæld í afkomumælistöðvum í maí og október. Mælingar og vinnu við úsetningu afkomuvíra og enduruppsetningu snjóhæðarmælis við veðurstöð er heppilegast að vinna að vetrarlagi: jökulsporðurinn er nánast ófær þar til dálítill snjór hefur safnast fyrir. Að þessu sinni var gagna aflað í leiðöngrum í febrúar 2009 og janúar 2010, en vitjað um veðurstöðina þrisvar sumar og haust en afkomurvíra 28. ágúst 2009. Vetrarafkoma Breiðamerkurjökuls 2008-09 var 15% yfir meðallagi mælitímabilsins frá 1996, og en sumarleysing um 11% minni. Vetrarleysing neðst á jökulsporðinum var mun minni en oft áður. Rýrnunin var sú minnsta sem mælst hefur.



Mynd 3. Afkoma Breiðamerkurjökuls

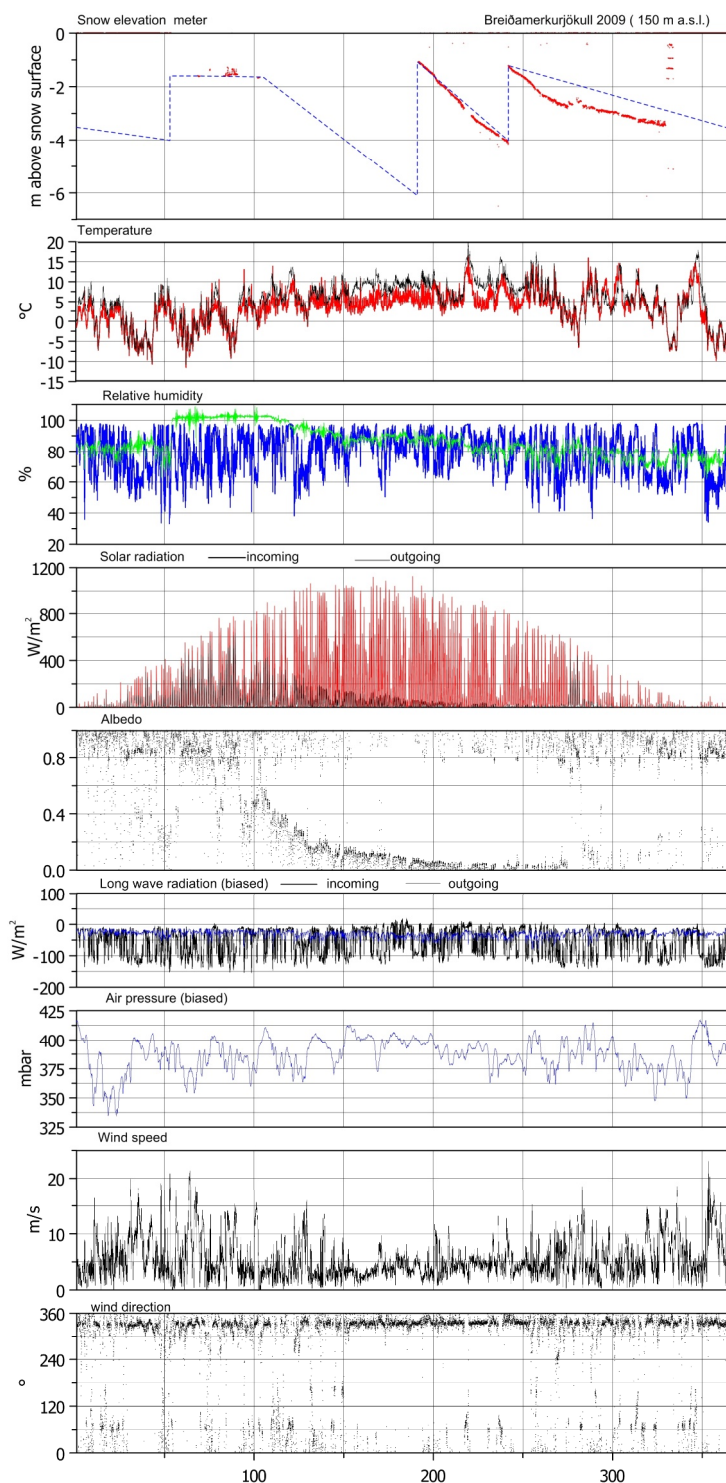
Ísmassi vegna kelfingar sem nemur um  $0.25 \text{ km}^3$  á ári sem svarar til meðalíspynningar alls jökulsins um  $3.5 \text{ m}$  á 14 árum. Rýrnun vegna kelfingar er því nærri 20% af heildarrýrnun Breiðamerkurjökuls. Dreifing afkomu með hæð er gefin í töflu hér aftast.

### Veðurathuganir

Til að auka skilning á samhengi veðurs og jöklabreytinga hefur veðurgagna á jökli verið aflað. Á Breiðamerkurjökli (í 150-140 m hæð jökulárið 2008-2009) er veðurstöð rekin allt árið, í samvinnu við Háskólann í Utrecht í Hollandi (IMAU). Yfirlit mæligagna frá veðurstöðinni árið 2009 er sýnt á 4. mynd.

Nær enginn snjór safnaðist á jökulinn neðan 500 m hæðar veturinn 2008-2009; það sem til féll bráðnaði jafnóðum fyrri hluta vetrar en 10-25 cm snjólag var við veðurstöðina í byrjun sumars. Af hitaferlinum má ráða að það hlýnar jafnt og þétt eftir því sem líður á sumarið og mikil hlýindi fylgja sunnanáttum í sumarlok. Sumarið var sólríkt en lýngt miðsumars, vindur fór sjaldan yfir  $5 \text{ m/s}$ . Í september-október safnaðist dálítill snjór fyrir en leysti síðan allan og enginn snjór var upp í a.m.k. 500 m hæð í lok janúar 2010. Veðurgögnin eru notuð til að greina orkuþætti og til líkangerðar af tengslum jökulrýrnunar og hlýnunar andrúmslofts (t. d. gráðudagalíkon og orkubúskaparlíkon).

Heildarýrnun Breiðamerkurjökuls vegna afkomu á yfirborði er orðin  $17 \text{ m}$  (vatnsjafngildi) jafndreift yfir jökulinn ( $990 \text{ km}^2$ ), á 14 árum í lok jökulársins 2008-09 eða þynning vegna afkomu að jafnaði  $19 \text{ m}$  af ís. Á þessu tímabili hefur vetrarafkoman verið  $\sim 18.3 \text{ m}$  en sumarleysing um  $35.5 \text{ m}$ , þannig er leysing nærri tvöfalt meiri en vetrarsnjór sem safnast fyrir. Auk massataps vegna yfirborðsafkomu tapast



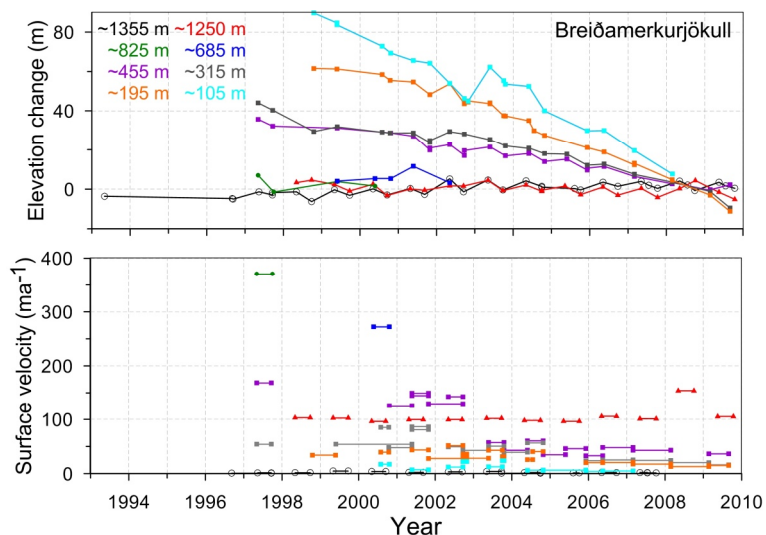
Mynd 4. Helstu veðurþættir á Breiðamerkurjökli 2009.

## Hæðarbreytingar (þykktarbreytingar)

Í öllum afkomumælipunktum er yfirborðshæð mæld með nákvæmum GPS tækjum og þannig fylgst með hæðarbreytingum jökulsins. Yfirborð var einnig mælt á mælinum um nær allan jökulinn með nákvæmri loftvog 1991 í íssjarmælingaleiðangri (efst á jöklinum 1988, þegar Brúarjökull var kortlagður með íssjá). Yfirborðshæð á efri hluta jökulsins (ofan Eyjólfsfells) og svæðinu milli Máfabyggða og Esjufjallar var mælt á sniðum með kinematic GPS samhliða kortlagningu botns með íssjá á árabílinu 2000 til 2005. Stafræn kort af yfirborði hafa verið unnin eftir SPOT5 gervitunglagögnum frá árunum 2003 og 2008.

Hér til hliðar (6. mynd) eru breytingar í hæð jökulsins í afkomumælistöðum sýnd sem tímaröð. Nærri jökulröndinni eins og hún var 1991 hefur jökullinn þynnst um ríflega 100 m frá vori 1991. Ofar hefur hann þynnst minna, um 90 m í 200 m hæð, 65 m í 300 m og ríflega 35 m í 450 m hæð. Á hæðarbilinu milli 700 -1250 m hefur þynning verið nærri 15 m. Hraði þynningar hefur aukist eftir 2001. Á ísaskilum Breiðamerkurjökuls og Brúarjökuls, þar sem jökull er enn að hækka eftir framhlaup Brúarjökuls 1963-64, hefur jökullinn þykknað um nærri 15 m frá u.þ.b. 1990, hraðast á árabílinu 1990-95, en í mögru árunum síðan hefur hæð þar verið nær óbreytt.

Unnið er að því að nota þessi gögn ásamt öllum tiltækum kortum til að reikna massatap jökulsins og dreifingu þess í fleti.



Mynd 5. Hæðarbreytingar og skriðhraði á mælistöðvum á Breiðamerkurjökli 1991 – ágúst 2009. Hæð vorið 2008 er til viðmiðunar.

Allur styrkur Rannsóknasjóðs Vegagerðarinnar til þessa verkefnis (300 þ.kr) var nýttur til mæliferða.

## Breiðamerkurjökull

| Elevation<br>(m a.s.l.) |      |      | $\Delta S$<br>(km <sup>2</sup> ) | $\dot{\Delta} S$<br>(km <sup>2</sup> ) | $b_w$<br>(mm) | $b_s$<br>(mm) | $b_n$<br>(mm) | $\Delta B_w$<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | $\dot{\Delta} B_w$<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | $\Delta B_s$<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | $\dot{\Delta} B_s$<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | $\Delta B_n$<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | $\dot{\Delta} B_n$<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------|------|------|----------------------------------|--|---------------|---------------|---------------|---|---|---|---|---|---|
| 1850                    | 1900 | 1875 | 0,2                              | 0,2                                    | 6664          | 36            | 6701          | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | 1   |
| 1800                    | 1850 | 1825 | 0,4                              | 0,6                                    | 6318          | 19            | 6338          | 3   | 4   | 0   | 0   | 3   | 4   |
| 1750                    | 1800 | 1775 | 0,6                              | 1,2                                    | 5598          | -52           | 5546          | 3   | 7   | 0   | 0   | 3   | 7   |
| 1700                    | 1750 | 1725 | 2,1                              | 3,3                                    | 3799          | -156          | 3643          | 8   | 15  | 0   | 0   | 8   | 15  |
| 1650                    | 1700 | 1675 | 4,8                              | 8,1                                    | 3171          | -194          | 2977          | 15  | 30  | -1  | -1  | 14  | 29  |
| 1600                    | 1650 | 1625 | 18,6                             | 26,7                                   | 2843          | -235          | 2607          | 53  | 83  | -4  | -6  | 49  | 78  |
| 1550                    | 1600 | 1575 | 25,5                             | 52,2                                   | 2645          | -295          | 2349          | 68  | 151   | -8  | -13   | 60  | 138   |
| 1500                    | 1550 | 1525 | 32,8                             | 85,0                                   | 2482          | -369          | 2112          | 81  | 232   | -12   | -25   | 69  | 207   |
| 1450                    | 1500 | 1475 | 44,4                             | 129,4                                  | 2364          | -437          | 1926          | 105   | 337   | -19   | -45   | 86  | 293   |
| 1400                    | 1450 | 1425 | 62,4                             | 191,8                                  | 2263          | -577          | 1686          | 141   | 478   | -36   | -81   | 105   | 398   |
| 1350                    | 1400 | 1375 | 89,8                             | 281,6                                  | 2143          | -735          | 1408          | 193   | 671   | -66   | -147  | 127   | 524   |
| 1300                    | 1350 | 1325 | 95,2                             | 376,8                                  | 2051          | -944          | 1107          | 195   | 866   | -90   | -237  | 105   | 630   |
| 1250                    | 1300 | 1275 | 59,3                             | 436,1                                  | 2010          | -1170         | 840           | 119   | 985   | -69   | -306  | 50  | 680   |
| 1200                    | 1250 | 1225 | 43,5                             | 479,6                                  | 1952          | -1380         | 572           | 85  | 1070  | -60   | -366  | 25  | 704   |
| 1150                    | 1200 | 1175 | 31,9                             | 511,5                                  | 1893          | -1573         | 319           | 60  | 1131  | -50   | -416  | 10  | 715   |
| 1100                    | 1150 | 1125 | 31,0                             | 542,5                                  | 1822          | -1768         | 54            | 56  | 1187  | -55   | -471  | 2   | 716   |
| 1050                    | 1100 | 1075 | 29,8                             | 572,3                                  | 1767          | -1938         | -170          | 53  | 1240  | -58   | -529  | -5  | 711   |
| 1000                    | 1050 | 1025 | 28,6                             | 600,9                                  | 1728          | -2072         | -343          | 49  | 1289  | -60   | -588  | -10   | 701   |
| 950                     | 1000 | 975  | 34,4                             | 635,3                                  | 1652          | -2246         | -593          | 57  | 1346  | -77   | -666  | -21   | 680   |
| 900                     | 950  | 925  | 28,6                             | 663,9                                  | 1507          | -2367         | -860          | 43  | 1389  | -69   | -734  | -26   | 654   |
| 850                     | 900  | 875  | 32,8                             | 696,7                                  | 1349          | -2517         | -1168         | 44  | 1433  | -88   | -822  | -44   | 611   |
| 800                     | 850  | 825  | 30,9                             | 727,6                                  | 1179          | -2689         | -1509         | 36  | 1469  | -95   | -916  | -58   | 553   |
| 750                     | 800  | 775  | 27,4                             | 755,0                                  | 943           | -2923         | -1980         | 26  | 1495  | -95   | -1011   | -69   | 484   |
| 700                     | 750  | 725  | 31,3                             | 786,3                                  | 731           | -3122         | -2391         | 23  | 1518  | -116  | -1127   | -93   | 390   |
| 650                     | 700  | 675  | 28,3                             | 814,6                                  | 508           | -3303         | -2794         | 14  | 1532  | -110  | -1238   | -96   | 294   |
| 600                     | 650  | 625  | 30,0                             | 844,6                                  | 324           | -3413         | -3089         | 10  | 1542  | -124  | -1361   | -114  | 181   |
| 550                     | 600  | 575  | 18,4                             | 863,0                                  | 129           | -3562         | -3432         | 2   | 1544  | -81   | -1442   | -79   | 102   |
| 500                     | 550  | 525  | 19,4                             | 882,4                                  | -37           | -3718         | -3755         | -1  | 1544  | -89   | -1532   | -90   | 12  |
| 450                     | 500  | 475  | 16,1                             | 898,5                                  | -184          | -3902         | -4086         | -3  | 1541  | -78   | -1610   | -81   | -69   |
| 400                     | 450  | 425  | 16,6                             | 915,1                                  | -397          | -4230         | -4627         | -6  | 1534  | -85   | -1695   | -92   | -161  |
| 350                     | 400  | 375  | 12,4                             | 927,5                                  | -569          | -4687         | -5256         | -7  | 1527  | -70   | -1765   | -77   | -238  |
| 300                     | 350  | 325  | 12,0                             | 939,5                                  | -667          | -5209         | -5876         | -8  | 1519  | -74   | -1839   | -82   | -320  |
| 250                     | 300  | 275  | 11,9                             | 951,4                                  | -710          | -5851         | -6562         | -8  | 1511  | -88   | -1927   | -96   | -416  |
| 200                     | 250  | 225  | 11,0                             | 962,4                                  | -734          | -6470         | -7205         | -8  | 1503  | -96   | -2023   | -104  | -520  |
| 150                     | 200  | 175  | 8,4                              | 970,8                                  | -784          | -6843         | -7627         | -7  | 1496  | -81   | -2104   | -87   | -608  |
| 100                     | 150  | 125  | 9,1                              | 979,9                                  | -851          | -7142         | -7994         | -7  | 1489  | -83   | -2186   | -90   | -697  |
| 50                      | 100  | 75   | 9,0                              | 988,9                                  | -896          | -7344         | -8240         | -2  | 1487  | -21   | -2208   | -23   | -721  |
| 0                       | 50   | 25   | 4,6                              | 993,5                                  | -930          | -7399         | -8329         | 0   | 1487  | -1  | -2209   | -1  | -722  |

$\Delta S$  : 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,  $\Delta B_w$  : winter balance at a given elevation range,  $\Sigma\Delta B_w$ : cumulative winter balance above given elevation,  $\Delta B_s$  summer balance at a given elevation range,  $\Sigma\Delta B_s$ : cumulative summer balance above given elevation,  $\Delta B_n$ : net annual balance in a given elevation range,  $\Sigma B_n$ : cumulative net annual balance above given elevation.