

Afkoma íslenskra jökla 2022–2023

Andri Gunnarsson¹, Finnur Pálsson², and Þorsteinn Þorsteinsson³

¹*Landsvirkjun, Katrínartúni 2, 105 Reykjavík*

²*Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugötu 7, 102 Reykjavík*

³*Veðurstofu Íslands, Bústaðavegi 7–9, 105 Reykjavík*

andri.gunnarsson@landsvirkjun.is; <https://doi.org/10.33799/jokull2023.73.093o>

Jökulárið 2022–2023 var afkoma mæld á um 120 stöðum á stærrri jöklum landsins. Mælt var í 68 punktum á Vatnajökli (frá 1992), 20 punktum á Hofsjökli (frá 1988), 25 punktum á Langjökli (frá 1997) og tveimur á Mýrdalsjökli (frá 2001). Árið 2022 var afkoma mæld í nokkrum punktum á Tindfjallajökli, Torfajökli og Eyjafjallajökli en aðstæður til mælinga reyndust ekki hagstæðar vorið 2023. Stefnt er að því að viðhalda þeim mælingum eftir aðstæðum hverju sinni.

Vetrarafkoma í hverjum punkti er metin með mælingu rúmmáls og massa kjarna í gegnum vetrarsnjóinn, en sumarafkoma út frá aflestri á lengd stiku eða vírs sem komið er fyrir í borholu að vori. Um þessar mundir má líta svo á að nýtt jökulár hefjist um 1. október, enda eru þá fyrstu snjóar yfirleitt fallnir á jökla landsins. Oftast er nú farið til haustmælinga á leysingu um það leyti. Snjósöfnun vetrarsins er mæld í vorleiðöngum nærri mánaðamótum apríl/maí. Hér er gerð grein fyrir helstu niðurstöðum ársins, en afkomugögn eru aðgengileg á vefsíðunni <https://islenskirjoklar.is>. Þar má einnig finna lýsingar á aðferðum og hugtökum, sem beitt er við afkomumælingar.

Afkoma jökla

Veturinn 2022–23 var almennt kaldur á hálendi Íslands. Úrkomu var hinsvegar nokkuð misskipt eftir landshlutum. Sé dregin lína frá Eyjafirði til Örfæa má almennt segja að úrkoma hafi verið verulega undir meðallagi vestan línunnar en nokkuð yfir meðallagi austan hennar. Á hálendinu var úrkoma sérstaklega

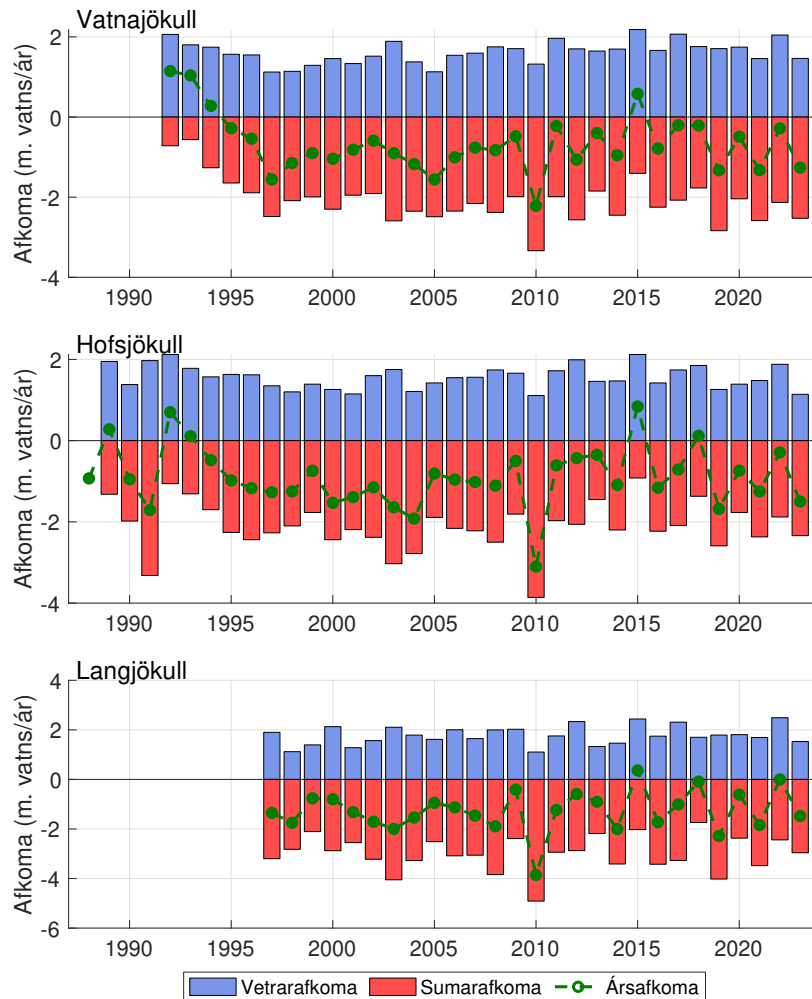
rýr í október, desember og mars. Suðvestanverður Vatnajökull og aðrir stærrir jöklar landsins eru innan þess svæðis þar sem vetrarúrkoma var undir meðallagi. Það endurspeglast vel í mældri vetrarafkomu sem og þeim snjómælingum sem gerðar voru á landi síðasta vetur og vor. Árstíðarbundinn snjór var almennt lítill á Suður- og Suðvesturlandi en nærri meðaltali á austurhluta hálendisins. Almennt má segja að snjó hafi tekið upp nokkuð hratt og snemma, sérstaklega á því svæði þar sem vetrarúrkoma var undir meðallagi.

Í samræmi við ofanritað var vetrarafkoma Langjökuls, Hofsjökuls og SV-hluta Vatnajökuls töluvert undir meðaltali, ólíkt vetrinum 2021–22, en þá var vetrarafkoma íslenskra jökla með mesta móti. Þykkun vetrarsnjó tekur síðar upp að sumri á neðri hluta jökuls og styttist því tímabil afrennslis af leysingarsvæðinu. Ennfremur getur snjórinn geymt meira leysingarvatn, auk þess sem verulega orku þarf til að hita vetrarsnjóinn að bræðslumarki svo bráðnun og afrennslis úr honum hefjist. Á jökli virkar hreinn nýr vetrarsnjór einnig eins og teppi sem skýlir óhreinum ís fyrir orku sólgeislunar á löngum sumardögum, sem annars veldur um 80–90% leysingar á íslenskum jöklum. Regnvatn á einnig þátt í að yfirvinna neikvætt vermi í snjó og lækkar endurkastsstuðul (endurkast yfirborðs minnkar). Talsvert rigndi á jökla landsins frá miðjum apríl fram í maí.

Almennt hefur sumarafkoma íslensku jöklanna sterk vensl við sjávarhita umhverfis landið. Sjávarhiti sunnan og vestan við Ísland var töluvert yfir meðaltali

sumarið 2023 og mátti því vænta leysingar yfir meðaltali. Sumarið 2023 reyndist með hlýrra móti á landinu og á Hveravöllum mældist meðalhiti tímabilsins frá maíbyrjun til septemberloka um 0.4° yfir meðaltali árána 1988–2022.

Samantekin gögn um yfirborðsafkomu þriggja stærstu jöklanna frá upphafi mælinga (1. mynd) endurspeglar neikvæða afkomu þeirra frá upphafi mælinga, að frátöldum nokkrum árum 1990–1995 og árið 2015. Auk þess var ársafkoma Langjökuls lítillega jákvæð árið 2022 og 2018 á Hofsjökli.



1. mynd. Samantekin gögn um yfirborðsafkomu þriggja stærstu jöklanna frá upphafi mælinga. Bláar súlur sýna vetrarafkomu (b_w), rauðar súlur eru sumarleysing (b_s) og græn lína táknar ársafkomu (b_n), summu vetrar og sumars en að auki er tekið tillit til leysingar við botn jökuls vegna jarðhita, kelfingar, og innri núningis. Gögn frá Jarðvísindastofnun Háskólans, Veðurstofu Íslands og Landsvirkjun. Gögnin ásamt útskýringum eru aðgengileg á <https://islenskirjoklar.is>. – *Specific surface mass-balance observations for the three largest ice caps in Iceland. Blue bars show the winter balance (b_w), red shows the summer balance (b_s) and green dots the net balance (b_n). Data, supporting literature and reports are accessible at <https://islenskirjoklar.is>.*

Yfirborðsafkoma Vatnajökuls jökulárið 2022–2023 var neikvæð, $-1,01$ m að vatnsgildi (ef öðru massatapi er bætt við verður heildarafkoma ársins $-1,21$ m) eða nærri tvöfalt meira massatap en í meðalári frá upphafi mælinga. Þetta má að hluta rekja til lítillar vetrarafkomu sem var um $0,26$ m undir meðaltali (um 90% meðallags mælitímans). Vatnsgildi vetrarafkomunnar var að jafnaði $1,46$ m, en meðaltal árána 1992 til 2022 er um $1,63$ m. Fyrri hluti sumars var fremur hlýr og bjartur á austurhluta Vatnajökuls, sem m.a. sást í mikilli leysingu á Brúarjökli í maí og júní, en heldur dró úr leysingu þegar leið á sumarið. Leysingarvatn Brúarjökuls rennur að mestu til Háslóns, en Háslón hefur ekki fyrr fyllst jafn snemma sumars. Sumarleysing var nærri meðaltali á safnsvæðum Vatnajökuls en vel yfir meðallagi á leysingarsvæðum. Oft þegar árstíðarbundinn snjó leysir snemma og jörð utan jökla verður snjólaus, má vænta þess að ryk og sandur berist í yfirborð jökla. Búist var við slíkum rykburði á jöklana þetta ár því þurr var í veðri sumarið og haustið 2023. Hægt er að vakta slíka atburði með fjarkönnun, m.a. með mælingum á endurkaststuðli yfirborðs (e. albedo). Sumarið reyndist hins vegar óvenju hægviðrasamt og saúst því engin merki um fok á yfirborð stærstu jöklanna. Þrátt fyrir það voru endurkaststuðlar lágir fyrir leysingartímabilið 2023 og má fyrst og fremst rekja það til þess að óhreinns ís kom fyrr undan leysingarsvæðum vegna lítillar snjóþykktar. Leysing á Vatnajökli mældist um 18% umfram meðallag og sumarafkoma jökulsins 2023 reiknaðist $-2,5$ m eða um $0,4$ m undir meðaltali mælitímabilsins 1997–2022, sem er $-2,1$ m.

Afkoma Hofsjökuls var verulega neikvæð jökulárið 2022–23, eða um $-1,50$ m (vatnsgildi). Afkoma jökulsins hefur verið mæld í 36 ár og reyndist neikvæð í 31 ár af þessum 36 en aðeins fimm sinnum jákvæð. Aðeins sex sinnum hefur afkoma jökulsins mælst meira neikvæð en jökulárið 2022–2023. Snjóþykkt á Hofsjökli var með minnsta móti veturinn 2022–2023. Sé miðað við meðaltal frá upphafi mælinga var hún 16% undir meðtalinu á Sátujökli, 28% á Þjórsárjökli og 39% á SV-Hofsjökli. Út frá mældum gögnum má áætla að snjókomu á Hofsjökli öllum veturinn 2022–2023 hafi að jafnaði verið a.m.k. 25% undir meðtalinu 1988–2022. Sumarafkoma reikn-

aðist nokkuð neikvæðari en að jafnaði (meiri leysing), 6% neikvæðari en meðaltal frá upphafi mælinga á Sátujökli, 8% á Þjórsárjökli og 15% á SV-Hofsjökli.

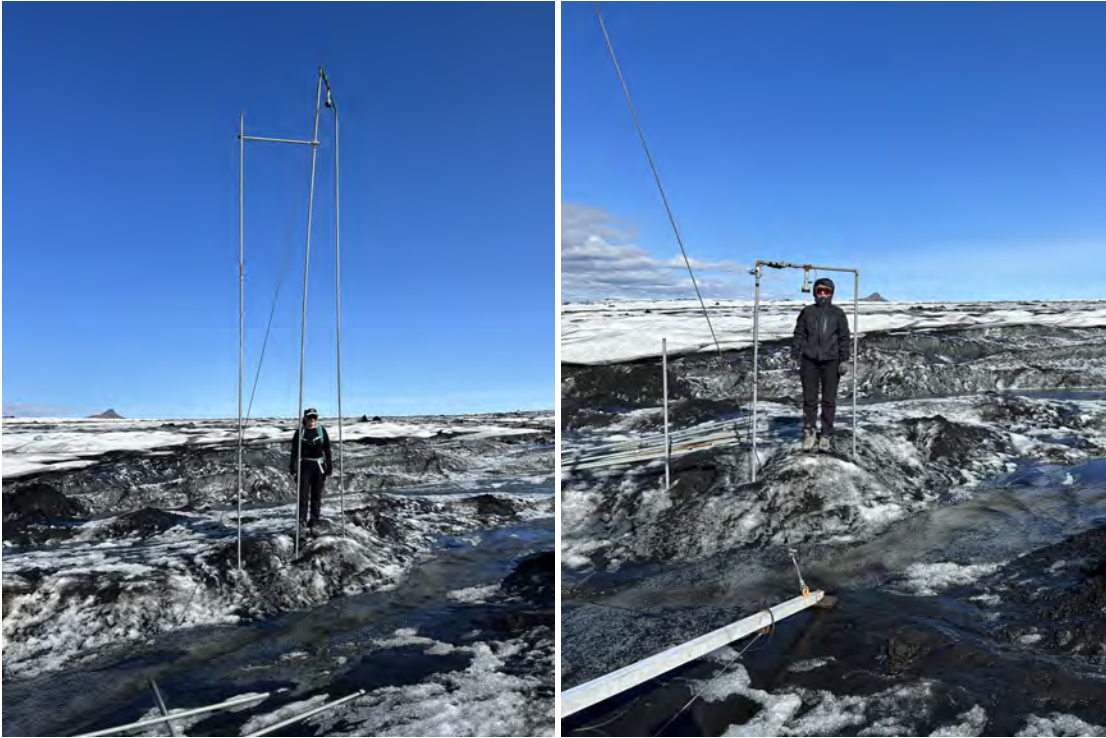
Yfirborðsafkoma Langjökuls var $-1,43$ m ($-1,48$ m ef annað massatap er tekið með) sem er 18% umfram meðaltap athuganatímabilsins ($-1,21$ m). Afkoman var víðast hvar vel undir meðallagi neðan 1100 m hæðar (á leysingarsvæði) en víðast nærri meðallagi ofan við 1100 m (á safnsvæði), líkt og á Vatnajökli. Líkt og á Vatnajökli og Hofsjökli, var vetrarsnjór veturinn 2022–23 á Langjökli undir meðaltali, eða um 86% af meðaltali ($1,53$ m). Mestur snjó var á suðursléttunni ofan jafnvægislínu, en þurran, lausan vetrarsnjó hefur skafið af brattri suðurhábungunni í köldum norðlægum áttum. Leysing sumars á suðurhvelinu var vel umfram meðaltal á leysingarsvæðinu og talsvert undir því ofanvert, en nærri meðaltali á norðurhveli jökulsins. Heilt yfir var sumarleysing nærri meðaltali athuganatímabilsins eða um 99% af meðaltali ($-2,96$ m).

Auk mælinga á blásporði Sólheimajökuls náðist aðeins að mæla í einum punkti á safnsvæði Mýrdalsjökuls (vanalegt mælt á þremur stöðum), því vorið var óhagstætt til ferðalaga á jökulinn.

Það er ljóst að íslenskir jöklar halda áfram að tapa rúmmáli enn eitt árið. Afkoma þeirra hefur verið neikvæð í flestum árum frá upphafi mælinga með fáeinum undantekningum.

Veðurathuganir á jöklum

Heilsársrekstur var á fjórum veðurstöðvum á jöklum til mats á orkuflæði, á sporðum Tungnaárjökuls, Brúarjökuls, Breiðamerkurjökuls og neðst á Þjórsárjökli, en einnig voru sumir veðurþættir mældir á Grímsfjalli og í Grímsvötnum. Á leysingartímabilinu (MJJAS) voru auk þess reknar sjö stöðvar á Vatnajökli, ein á Mýrdalsjökli og ein á Langjökli. Veðurstöðvarnar mæla veður- og orkuþætti sem hafa áhrif á leysingu jökla og einnig eru á þeim myndavélar og önnur mælitæki, sem tengjast tilteknum rannsóknarverkefnum (2. og 3. mynd). Auk veður- og orkuþátta er leysing mæld sem lækun yfirborðs. Þannig má meta leysingu á snjó og ís og bera saman við niðurstöður líkanreikninga. Notaðir eru hljóðbylgjumælar sem mæla fjarlægð til yfirborðs. Mælarnir eru settir á rör sem boruð

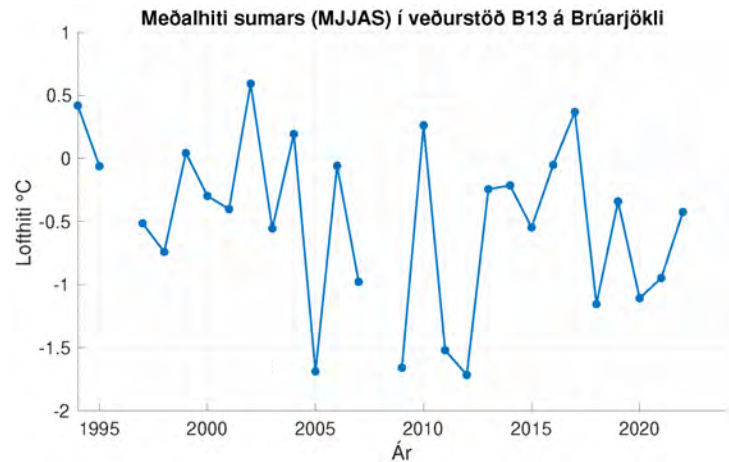
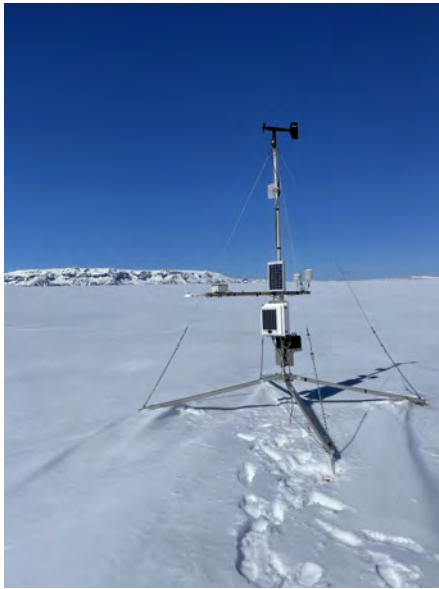


2. mynd. Snjóhæðarmælingar við veðurstöð neðst á Tungnaárjökli (T01). Myndin til vinstri sýnir stöðina í lok ágúst 2023 áður en snjóhæðarmælirinn var lækkaður um 4.5 m. Til hægri má svo sjá stöðina eftir að búið er að lækka hana en þá eru 1.5 m upp í snjóhæðarmælinn. Til samanburðar er lítil manneskja.– *Surface height measurements by a sonic ranger at the weather station T01 at Tungnaárjökull. The left image shows the sensor assembly late August 2023 where the height to the sensors is ~4.5 m. The right image shows when the assembly has been lowered to prevent it from collapsing. A person is shown for scale.* Ljósmynd. Andri Gunnarsson.

eru niður í ísinn og þegar snjór og ís bráðnar eykst fjarlægðin í mælana.

Mælingar á lofthita yfir leysingartímabilið (má til september) á B13 veðurstöðinni á Brúarjökli (3. mynd) sýna töluverðar sveiflur í lofthita á milli ára. Spönn mælinga er almennt mun minni en fyrir loft-hitamælingar á landi en það stafar af því að yfirborðshitastig jökuls verður aldrei hærra en 0°C sem dempar sveiflur í lofthitanum verulega. Unnið er að því að taka saman allar veðurmælingar sem gerðar hafa verið á íslenskum jöklum undanfarin 30 ár og koma þeim í samstætt gagnasafn. Áætlað er að gefa gagnasafnið út á næstu misserum og mun það nýtast við að skilja og túlka samhengi breytinga í loftslagi og jökulafkomu. Einnig munu gögnin nýtast til að áætla hvað framtíðin ber í skauti sér.

Á árinu bættust Brúarjökull, Eyjabakkajökull og Tungnaárjökull í safn viðmiðunarjökla (e. reference glaciers) hjá World Glacier Monitoring Service (WGMS) en í því safni voru fyrir nokkrir skriðjökla Hofsjökuls. Viðmiðunarjökla eru þeir jökla þar sem samfelldar afkomumælingar hafa verið gerðar í 30 ár hið minnsta. Afkoma jökla hefur verið skilgreind sem lykilbreyta loftslags (e. essential climate variable) og markmið gagnasöfnunar WGMS er að útbúa gagnagrunn um afkomu jökla á heimsvísu auk þess sem safnað er gögnum um framgang og hop jökulsporða. Þessar langtíma-athuganir nýtast til að kortleggja og skilja áhrif loftslagsbreytinga á útbreiðslu og afkomu jökla og meta framlög þeirra til sjávarstöðubreytinga. Nánar má lesa um viðmiðunarjökla á heimasíðu WGMS, https://wgms.ch/products_ref_glaciers/



3. mynd. Veðurstöðin við jafnvægislínu Brúarjökuls (B13). Stöðin hefur verið rekin frá árinu 1994 og spannar lengstu samfelldu mælingarnar á veður- og orkuþáttum á íslenskum jökli. Í baksýn má sjá Kverkfjöll. Til hægri: Sumarmeðalhiti (maí til september) í B13 veðurstöðinni á Brúarjökli. – *Left: Automatic weather station (B13) near the equilibrium line at Brúarjökull. The AWS has been operated since 1994 and spans the longest continuous period of meteorological observations on a glacier in Iceland. In the distance Kverkfjöll can be seen. Right: An example of mean melt season air temperature observations at B13 from 1994 to 2022.* Ljósmynd. Andri Gunnarsson.

SUMMARY

For the glaciological year 2022–23 mass balance was measured at ~120 locations in Iceland. At Vatnajökull 72 observation points were used, 20 points at Hofsjökull, 25 at Langjökull and 2 at Mýrdalsjökull. Five automatic weather stations (AWSs) were in full-year operation at Vatnajökull and Hofsjökull but additional 7 AWSs were operated during the melt season. Winter mass balance was below average, due to less winter snowfall than in an average year. Thus glacier ice beneath the snow cover was exposed relatively early in the summer, during which warm and relatively cloud-free conditions prevailed, leading to high levels of summer ablation. Figure 1 shows the main results for the three largest ice caps in Iceland. At Vatnajökull winter mass balance was ~10% below

average and summer ablation was significantly (20%) above average, resulting in a negative net balance of -1.01 m w. eq. (-1.21 m w. eq. if other mass loss (geothermal melt, calving etc.) is included).

At Hofsjökull winter snow thickness, as measured during the spring expedition, was about 25% below the long-term average. Summer ablation was about 10% above average, resulting in a negative net mass balance of -1.50 m w. eq. Only 6 years have seen more negative mass balance since the start of mass balance measurements on Hofsjökull, 36 years ago.

Net surface mass balance at Langjökull was 20% below the long term average, -1.43 m w. eq. (-1.48 if estimates of other mass loss are included). Winter mass balance was 14% under the long-term average (1.53 m w. eq.) and summer ablation was close to the long-term average, -2.96 m w. eq.