

## Yfirborðskortlagning íslenskra jökla á heimskautaárunum 2008–2009

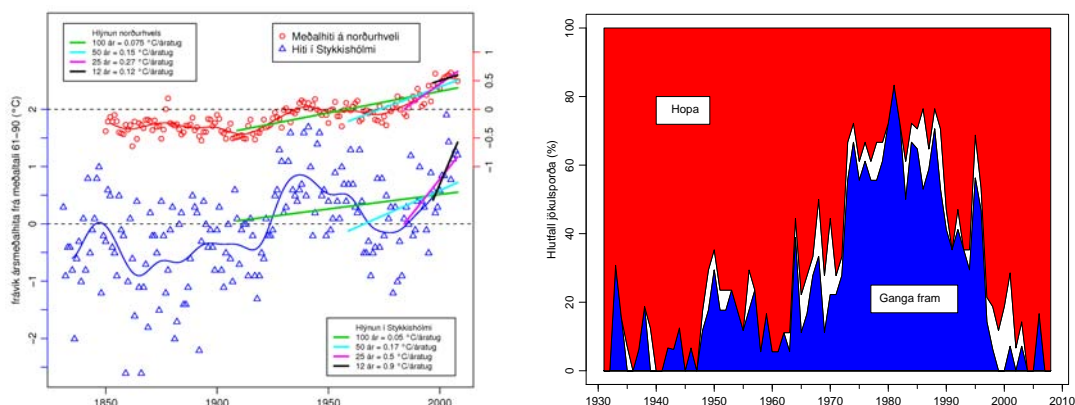
Tómas Jóhannesson<sup>1</sup>, Helgi Björnsson<sup>2</sup>, Finnur Pálsson<sup>2</sup>,  
Oddur Sigurðsson<sup>1</sup> og Þorsteinn Þorsteinsson<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Veðurstofa Íslands, Bústaðavegi 9, 150 Reykjavík  
<sup>2</sup>Jarðvísindastofnun Háskólans, Askja, 107 Reykjavík

Líkur benda til þess að loftslagsbreytingar á næstu áratugum leiði til mestu breytinga á umhverfisaðstæðum sem orðið hafa á Íslandi í langan tíma (Halldór Björnsson o.fl., 2008; IPCC, 2007; Tómas Jóhannesson o.fl., 2007) (mynd 1). Loftslagsbreytingarnar munu væntanlega hafa margvísleg áhrif á íslenskt samfélag, atvinnuhætti og menningu. Sem dæmi má nefna orkuframleiðslu, ferðaþjónustu, landbúnað, fiskveiðar, samgöngur og skipulag þéttbýlissvæða. Varðandi skipulagsmál má benda á breytingar á hönnunarforsendum margra mannvirkja, m.a. virkjana, hitaveitna, vega- og hafnarmannvirkja. Einhverjar mikilvægustu breytingar sem hér er um að ræða felast í hörfun jökla sem valda mun breytingum á vatnafari og hafa með þeim hætti áhrif á vatnsaflsvirkjanir, vegakerfi, ferðaþjónustu og fleiri þætti. Sem dæmi má benda á breytingar á farvegi Skeiðarár sl. sumar en eftir þær rennur lítið sem ekkert vatn undir Skeiðarárbrú miðað við það sem áður var.

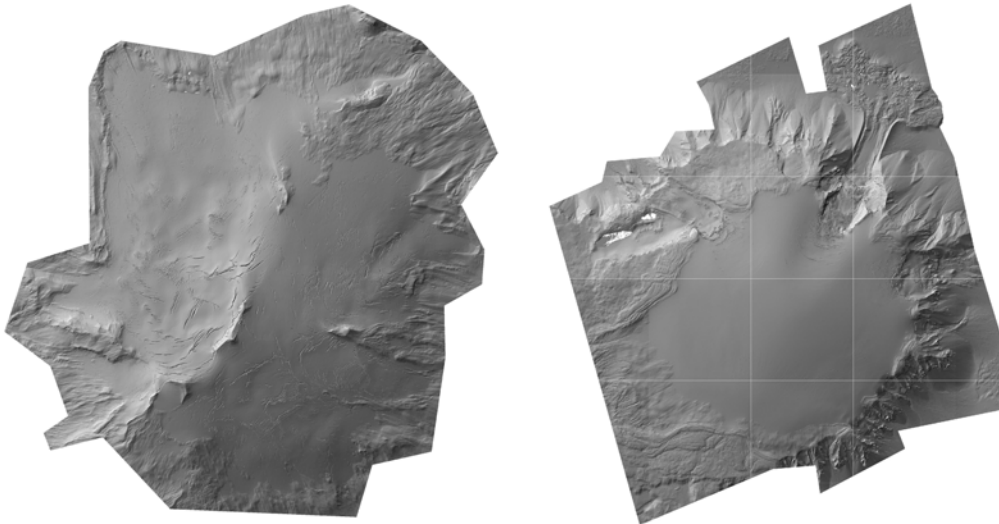
Íslenskir jöklar eru  $\sim 3600 \text{ km}^3$  að rúmmáli (Helgi Björnsson og Finnur Pálsson, 2008) og hafa þeir hörfað og þynnst hratt undanfarin ár (mynd 1). Ef sviðsmyndir um hlýnun ganga eftir munu jöklar hörfa hraðar á næstu áratugum og líklegt er að jöklarnir hverfi að mestu á næstu 150–200 árum (Bergström o.fl., 2007; Tómas Jóhannesson o.fl., 2007). Aukin leysing hefur mikil áhrif á rennsli jökuláa og er afrennsli af landinu talið munu aukast  $\sim 25\%$  milli tímabilanna 1961–1990 og 2071–2100, einkum af þessum sökum. Jafnframt er líklegt að breytingar verði á rennisleiðum vatns undir jökli og útföllum jökuláa af völdum rýrnunar jöklanna. Sjávarborð heimshafanna mun hækka um  $\sim 1 \text{ cm}$  ef íslensku jöklarnir hverfa alveg en um  $\sim 50 \text{ cm}$  ef allir jöklar utan stóru hveljöklanna tveggja á Grænlandi og Suðurskautslandinu bráðna.

Jöklar hörfa nú hratt víða um heim og hafa þessar breytinga bæði *stadbundin* áhrif á svæðum næst jöklunum, einkum vegna breytinga á vatnafari, og *hnattræn* áhrif vegna hækkunar á sjávarborði heimshafanna



Mynd 1: Vinstri: Hiti í Stykkishólmi frá 1831 (gögn frá Trausta Jónssyni á Veðurstofu Íslands) og á norðurhveli (gögn frá Climatic Research Unit, University of East Anglia, frá 1850 til 2008). Myndin sýnir árleg gildi og hlaupandi (u.þ.b.) 10 ára meðaltal. Meðalhlýnun síðustu 100, 50, 25 og 12 árin er sýnd með beinum línunum.

Hæгри: Hlutfall jökla sem ganga fram (blátt) og hopa (rautt) á árabilinu 1930/31 til 2007/08. Hvíta bilið á milli lituðu svæðanna táknar hlutfall kyrrstæðra jökulsþórða. Einungis eru teknir með jöklar sem ekki eru framhlaupsjöklar. Yfir mestan hluta tímabilsins er myndin byggð á gögnum frá 11 til 19 jökulsþórðum (heldur færri á árunum 1931 og 1932).



Mynd 2: Skyggðar myndir af landlíkönum frá september 2008 af Snæfellsjökli (vinstri) (flatarmál 12.5 km<sup>2</sup> árið 2000) og Eiríksjökli (hægri) (flatarmál 22 km<sup>2</sup> árið 2000).

sem leiðir af víðtækri bráðnun jökla (IPCC, 2007; Meier and o.fl., 2007). Af þessum sökum er mikilvægt að fylgst sé vel með breytingum á jöklum af völdum hlýnandi veðurfars og að unnt sé að segja fyrir um þessar breytingar nokkra áratugi fram í tímann.

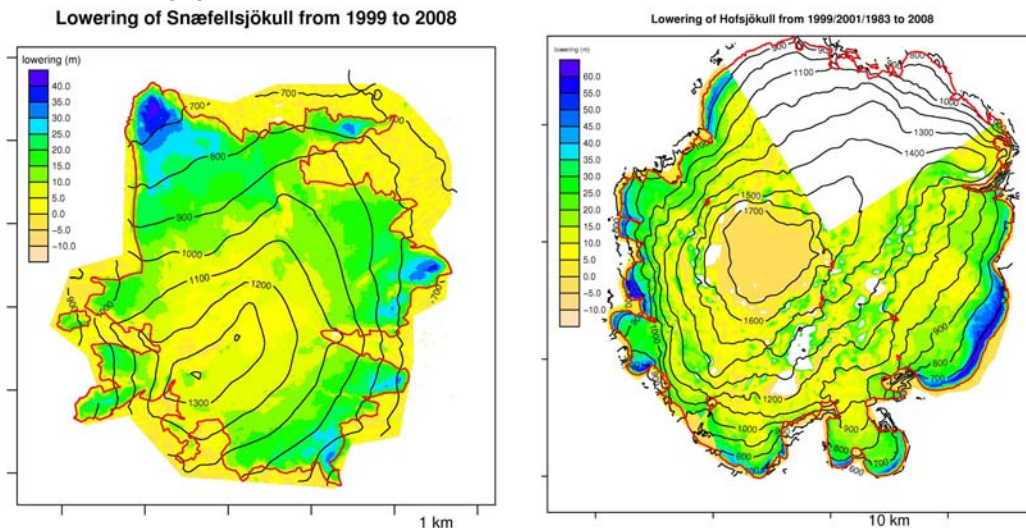
Yfirborð íslenskra jökla er kortlagt í framhaldi af alþjóðlega heimskaftaárinu 2007–2009 (IPY) til þess að afla viðmiðunargagna svo meta megi breytingar á jöklum hér á landi þegar frá líður. Áformað er að mæla Vatnajökul, Hofsjökul, Langjökul, Mýrdalsjökul, Eyjafjallajökul og Drangajökul og nokkra aðra minni jökla. Mælingarnar eru kostaðar af Rannsóknasjóðum Rannís og Vegagerðarinnar og af ýmsum fyrirtækjum og stofnunum sem eiga hagsmuna að gæta í sambandi við jöklabreytingar. Mælingarnar eru gerðar með leysitækni úr flugvél af þýska fyrirtækinu TopScan. Þessi aðferð hentar vel vegna þess að mælingarnar ná til sprungusvæða og svæða sem eru erfið yfirferðar af ýmsum öðrum ástæðum.

Mynd 2 sýnir skyggð 5x5 m landlíkón af Snæfellsjökli og Eiríksjökli. Hin mikla upplausn mælinganna sýnir vel kúpta lögun hábungu Eiríksjökuls, sprungusvæði nærri jökulskerjum og jöðrum og í aðdraganda helstu skriðjökla og margvíslegar jarðmyndanir næst utan við jaðarinn sem tengjast jökulrofi.

Niðurstöður verkefnisins eru kort af jöklum landsins sem verða til viðmiðunar á komandi árum í rannsóknnum á jöklabreytingum hér á landi og jafnframt alþjóðlegt framlag til rannsókna á jöklabreytingum vegna hnattrænnar hlýnunar. Kortin munu einnig nýtast við rannsóknir á framhlaupum jökla og landlyftingu vegna minnkandi jökulfargs, svo og við þróun og prófun nýrra aðferða við kortlagningu jökulyfirborðs, einkum mælingar úr gervitunglum. Auk rannsókna á jöklabreytingum er nákvæm kortlagning á landslagi í grennd við lón undir jöklum, t.d. Skaftárkatla, og við jökuljaðra, t.d. Grænalón, mikilvæg t.d. í sambandi við rannsóknir á jökulhlaupum og breytingar á farvegum vatnsfalla. Aðgengilegt stafrænt líkan af yfirborði jöklanna mun hafa margvíslegt annað notagildi, m.a. fyrir björgunarsveitir og ferðafólk á jöklum og við útgáfu korta.

Mynd 3 sýnir lækkun Snæfellsjökuls og Hofsjökuls síðan 1999 samkvæmt niðurstöðum frumúrvinnslu á nýju kortunum. Meðallækkun er ~13 m í báðum tilvikum sem svarar til lækkunar um ~1.5 m á ári á árabílinu 1999–2008. Lækkunin er mest næst jaðrinum, yfir ~30–40 m allstórum svæðum, en minni á hábungunni þar sem lækkunin er u.þ.b. 5 m að meðaltali ofan 1200 m y.s. á Snæfellsjökli og nánast engin efst á Hofsjökli.

Þessar mælingar staðfesta hraða rúmmálsminnkun jökla hér á landi sem afkomumælingar hafa sýnt síðan um miðjan síðasta áratug síðustu aldar (Helgi Björnsson og Finnur Pálsson, 2008). Margir minnstu jöklanna sýna hlutfallslega mestar breytingar og geta horfið að mestu á næstu áratugum ef veðurfar heldur áfram að hlýna. Stóru jöklarnir á miðhálandinu og Suður- og Suðausturlandi hafa af meiru að taka og munu endast lengur. Þó er gert ráð fyrir því að þeir hverfi að mestu á næstu 150–200 árum ef sviðsmyndir um hlýnun veðurfars ganga eftir. Jöklar landsins rýrna nú þegar mjög ört og er því mikilvægt að viðmiðunarmælingar til þess að meta frekari breytingar séu gerðar sem fyrst. Þessar breytingar eru afdrifaríkar hér innanlands en þær eru einnig mikilvægar í alþjóðlegu samhengi. Íslensku jöklarnir eru hluti af ísforða jarðar sem bundinn



Mynd 3: Lækkun Snæfellsjökulls (vinstri) og Hofsjökulls (hægri) frá 1999 til 2008. Eldri landlíkön sem notuð voru til samanburðar voru unnin af Loftmyndum ehf. Landlíkanið af Hofsjökli er samsett á grundvelli gagna frá 1999 (leysingarsvæði), 2001 (hábungan) og 1983 (miðbikið). Göt eru á svæðum þar sem viðmiðunarlíkanið frá 1983 er óáreiðanlegt á óaðgengilegum svæðum.

er í jöklum utan heimskautasvæða. Rýrnun þessara jökla er talin mun verða ein af mikilvægustu orsökum hækkandi sjávarborðs heimshafanna á þessari öld.

## Þakkir

Fjárstuðningur til jöklakortlagningarinnar var veittur af Rannsóknasjóði Rannís, Orkurannsóknasjóði Landsvirkjunar, Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar, Umhverfis- og orkurannsóknasjóði Orkuveitu Reykjavíkur og Landmælingum Íslands.

## References

- Bergström, S., Tómas Jóhannesson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, A. Ahlström, L. M. Andreassen, J. Andréasson, S. Beldring, Helgi Björnsson, B. Carlsson, Philippe Crochet, M. de Woul, Bergur Einarsson, H. Elvehøy, G. E. Flowers, P. Graham, Gunnar Orri Gröndal, Sverrir Guðmundsson, S-S. Hellström, R. Hock, P. Holmlund, Jóna Finndís Jónsdóttir, Finnur Pálsson, V. Radic, N. Reeh, L. A. Roald, J. Rosberg, S. Rogozova, Oddur Sigurðsson, M. Suomalainen, Þorsteinn Þorsteinsson, B. Vehviläinen og N. Veijalainen. 2007. *Impacts of climate change on river runoff, glaciers and hydropower in the Nordic area. Joint final report from the CE Hydrological Models and Snow and Ice Groups*. Reykjavík, The CE Project, CE Rep. No. 6.
- Árni Snorrason, Bjarni D. Sigurðsson, Einar Sveinbjörnsson, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Snorri Baldursson, Sólveig Þorvaldsdóttir og Trausti Jónsson. 2008. *Hnattrænar loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi – Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar*. Umhverfissráðuneytið.
- Helgi Björnsson og Finnur Pálsson. 2008. Icelandic glaciers. *Jökull*, **58**, 365–386.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller, Jr., *ritstj.* Cambridge, UK, og New York, NY, USA, Cambridge University Press, 996 bls.
- Tómas Jóhannesson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Helgi Björnsson, Philippe Crochet, Elías B. Elfásson, Sverrir Guðmundsson, Jóna Finndís Jónsdóttir, Haraldur Ólafsson, Finnur Pálsson, Ólafur Rögnvaldsson, Oddur Sigurðsson, Árni Snorrason, Óli Grétar Blöndal Sveinsson og Þorsteinn Þorsteinsson. 2007. *Effect of climate change on hydrology and hydro-resources in Iceland*. Skýrsla OS-2007/011, Orkustofnun, Reykjavík.
- Meier, F. M., M. B. Dyurgerov, U. K. Rick, S. O’Neel, W. T. Pfeffer, R. S. Anderson, S. P. Anderson og A. F. Glazovsky. 2007. Glaciers Dominate Eustatic Sea-Level Rise in the 21<sup>st</sup> Century. *Science*, **317**, 1064–1067, doi: 10.1126/science.1143906.