



**Haustráðstefna
Jarðfræðafélags Íslands**

Náttúruvá í ljósi loftslagsbreytinga

Ágrip erinda

Haldin í Víðgemli,
Ráðstefnusal ÍSOR, Grensásvegi 9
15. nóvember 2019



**Haustráðstefna
Jarðfræðafélags Íslands**

Náttúruvá í ljósi loftslagsbreytinga

Ágrip erinda

Haldin í Víðgemli,
Ráðstefnusal ÍSOR, Grensásvegi 9
15. nóvember 2019

Umsjón:

Þorsteinn Sæmundsson, Ásta Rut Hjartardóttir, Lúðvík E. Gústafsson, Halldór Geirsson, Ingvar Atli Sigurðsson, Michelle Maree Parks og Bjarni Gautason

Dagskrá Haustráðstefnu JFÍ, 15. nóvember 2019

08:20 – 08:50 Skráning

Fundarstjóri **Ásta Rut Hjartardóttir**

08:50 – 09:00 Setning

Þorsteinn Sæmundsson

09:00 – 09:20 Almennavarnir: skipulag og verkefni í breytilegum aðstæðum

Ágúst Gunnar Gylfason

09:20 – 09:40 Gefa fyrri útdauðahrinur í jarðsögu síðustu 600 milljóna ára vísbendingar um hvað sé framundan með tilliti til loftslagsbreytinga?

Lúðvík E. Gústafsson

09:40 – 10:00 Breytilegur landrishaði á Íslandi síðustu áratugi / Temporal variations in uplift rates over the past decades

Halldór Geirsson

10:00 – 10:20 Countrywide Observations of Glacial Isostatic Adjustment and other processes in Iceland Inferred by Sentinel-1 Radar Interferometry, 2015–2018

Vincent Drouin

10:20 – 10:40 Effects of climate change on magma generation, magma movements and volcanic activity

Freysteinn Sigmundsson

10:40 – 11:00 Kaffi

11:00 – 11:20 Hörfun og þynning jökla á Íslandi frá lokum litlu ísaldar – “sunnanverður Vatnajökull”

Hrafnhildur Hannessdóttir

11:20 – 11:40 Jaðarlón við sunnanverðan Vatnajökul

Snævarr Guðmundsson

11:40 – 12:00 Hvaða afleiðingar hefur hröð hörfun skriðjökla á stöðugleika fjallshlíða?

Þorsteinn Sæmundsson

12:00 – 13:00 Matur

Fundarstjóri **Ingvar Atli Sigurðsson**

13:00 – 13:20 Loftslagsbreytingar og Náttúruvá

Halldór Björnsson

13:20 – 13:40 Skipulag byggðar með tilliti til náttúruvá

Ásdís Hlökk Theodórsdóttir

13:40 – 14:00 Viðbúnaður vegna vatnsflóða

Bjarni Kjartansson

14:00 – 14:20 Ummerki jökulhlaupa á sandinum í Öxarfirði

Snorri Páll Snorrason

14:20 – 14:40 Áhrif loftslagsbreytinga á váttryggingar

Hulda Ragnheiður Árnadóttir

Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
15. nóvember 2019

14:40 – 15:20 Kaffi

15:20 – 15:40 Vöktun jökla með ArcticDEM landlíkönum
Tómas Jóhannesson

15:40 – 16:00 *Remote sensing and Natural hazards*
Gro B.M. Pedersen

16:00 – 16:20 Breytilegt umhverfi - súrnun sjávar
Sólveig R. Ólafsdóttir

16:20 – 16:40 Þáttur massabreytinga jökla og jökulbreiða í sjávarstöðubreytingum við Ísland árið 2100
Sigríður Magnúsdóttir

17:00 – Móttaka

Efnisyfirlit

Dagskrá Haustráðstefnu JFÍ, 15. nóvember 2019	i
Efnisyfirlit	iii
Ágrip	1
Almannavarnir: skipulag og verkefni í breytilegum aðstæðum.....	3
Ágúst Gunnar Gylfason	
Countrywide Observations of Glacial Isostatic Adjustment and other processes in Iceland Inferred by Sentinel-1 Radar Interferometry, 2015–2018	4
Vincent Drouin & Freysteinn Sigmundsson	
Effects of climate change on magma generation, magma movements and volcanic activity	5
Freysteinn Sigmundsson, Michelle Parks, Peter Schmidt, Fabien Albino, Þóra Árnadóttir, Halldór Geirsson, Vincent Drouin	
Loftslagsbreytingar og Náttúruvá.....	6
Halldór Björnsson	
Breytilegur landrishaði á Íslandi síðustu áratugi Variable uplift rates in Iceland over the past decades	7
Halldór Geirsson, Finnur Pálsson, Benedikt G. Ófeigsson, Erik Sturkell, Guðmundur Valsson, Freysteinn Sigmundsson, Þóra Árnadóttir, Hildur María Friðriksdóttir, Sigrún Hreinsdóttir, Páll Einarsson, Vincent Drouin, Þorsteinn Þorsteinsson, Eyjólfur Magnússon, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Helgi Björnsson, Sóley Reynisdóttir, Peter LaFemina, Björn Lund & Peter Schmidt	
Hörfun og þynning jökla á Íslandi frá lokum litlu ísaldar – “sunnanverður Vatnajökull” 8	
Hrafnhildur Hannesdóttir, Eyjólfur Magnússon, Finnur Pálsson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Helgi Björnsson, Joaquin J. M. Belart, Oddur Sigurðsson, Ragnar H. Þrastarson, Skúli Víkingsson, Snævarr Guðmundsson & Tómas Jóhannesson	
Áhrif loftslagsbreytinga á váttryggingar.....	9
Hulda Ragnheiður Árnadóttir, framkvæmdastjóri	
Gefa fyrri útdauðahrinur í jarðsögu síðustu 600 milljóna ára vísbendingar um hvað sé framundan með tilliti til loftslagsbreytinga?	10
Lúðvík E. Gústafsson	
Remote sensing and Natural Hazards.....	12
G.B.M. Pedersen	
Þáttur massabreytinga jökla og jökulbreiða í sjávarstöðubreytingum við Ísland árið 2100	13
Sigríður Magnúsdóttir, Guðfinna Aðalgeirsdóttir & Louise Sandberg Sørensen	
Jökulsá á Fjöllum - Jökulhlaup og ummerki í Öxarfirði	14
Snorri P. Snorrason	
Jaðarlón við sunnanverðan Vatnajökul.....	18
Snævarr Guðmundsson, Helgi Björnsson, Finnur Pálsson, Þorsteinn Sæmundsson & Tómas Jóhannesson	
Breytilegt umhverfi - súrnun sjávar	19
Sólveig R. Ólafsdóttir & Héðinn Valdimarsson	
Vöktun jökla með ArcticDEM landlíkönun	20
Tómas Jóhannesson & Joaquín M. C. Belart	

Hvaða afleiðingar hefur hröð hörfun skriðjökla á stöðugleika fjallshlíða? - Slope
stability above the fast retreating outlet glaciers in Iceland..... 21

Þorsteinn Sæmundsson, Jón Kristinn Helgason, Daniel Ben-Yehoshua, Bergur H. Bergsson, Benedikt Ófeigsson, Eyjólfur Magnússon, Ásta Rut Hjartardóttir, Joaquín Muñoz Cobo Belart, Harpa Grímsdóttir, Gro Birkefeldt Møller Pedersen, Finnur Pálsson, Páll Einarsson, Snævarr Guðmundsson & Halldór Geirsson

Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
15. nóvember 2019

Ágrip

Almannavarnir: skipulag og verkefni í breytilegum aðstæðum

Ágúst Gunnar Gylfason

Ríkislögreglustjóri, almannavarnadeild

Almannavarnir eiga uppruna sinn í aðdraganda síðari heimsstyrjaldarinnar, markmiðið var að koma upp kerfi til að vernda almenning fyrir stríðsátökum. Á árunum eftir síðari heimsstyrjöldina, á tímum kalda stríðsins, snerist verkefni almannavarna um að vernda almenning og kenna honum viðbrögð vegna geislavirks úrfellis í kjarnorkustríði. Þegar komið var fram undir 1970 fóru almannavarnir að beina athygli sinni að stórkostlegum áföllum af öðru tagi. Fyrst beindist athyglin að stórslysum hvers konar en síðan að viðbrögðum við náttúruhamförum eins og eldgosum og jarðskjálftum. Almannavarnir á Íslandi voru með þeim fyrstu til að beina athyglinni að náttúruhamförum og var það fest í lög 1967. Áherslan var á undirbúning og á björgun mannlífa og verðmæta.

Nú á tímum snúast verkefni almannavarna um samhæfingu aðgerða vegna stórslysa og náttúruhamfara. Áherslan er enn á undirbúning og björgun mannlífa og verðmæta en að auki á að huga að vernd umhverfisins. Þá er búið að leggja aðstoð við uppbyggingu í kjölfar áfalla á herðar almannavarna.

Á síðustu árum hafa almannavarnir í nágrennalöndunum aftur tekið upp viðbúnað vegna stríðsátaka. Bæði er það vegna aukinnar spennu í samskiptum þjóða og vegna aukinnar ógnar sem stafar af hryðjuverkum.

Í alþjóðlegu samstarfi á sviði almannavarna hafa loftslagsbreytingar og afleiddar ógnir verið mikið til umræðu á undanförunum árum. Þar hefur verið rætt um breytt veðurmynstur svo sem breytingar á úrkomu með aukinni hættu á flóðum og þurrkum víða um heim. Það hefur verið rætt um aukna tíðni ofsavæðra, auknar líkur á gróður- og skógareldum og hækkaða sjávarstöðu sem ógnar verulegum hluta borga og bæja á hnettinum. Hér á norðurslóðum er rætt um hrörnandi sífrera sem annarsvegar leiðir til losunar gróðurhúsalofttegunda úr votlendi og hins vegar til aukinnar tíðni skriðufalla úr fjöllum. Hér á Íslandi hefur þeirri kenningu verið varpað fram að breytingar á flotjafnvægi jarðskorpunnar vegna rýrnunar jökla eigi eftir að auka streymi kviku til yfirborðs þannig að eldgosum eigi eftir að fjölga eða eðli eldgosa eigi eftir að breytast.

Undanfarin ár hafa alþjóðleg samtök á sviði almannavarna beint sjónum sínum að því að auka viðnámsþol samfélagsins. Enn sem komið er verður að líta svo á að sú vinna snúist fyrst og fremst um fræðslu og framtak einstaklinga til að auka eigið áfallaþol. Stjórn málin og kerfin eru lengur að bregðast við og má sem dæmi nefna að í sveitarfélögum er víða enn verið að ræða um landfyllingar út í sjó og byggð á þeim þó vitað sé að sjávarstaða fari hækkandi.

Þó að ógnir sem almannavarnir fást við séu breytilegar þá er kerfið sveigjanlegt og það hefur sýnt sig að skipulagt kerfi til viðbragða skiptir oft meira máli en að eiga njörvaða viðbragðsáætlun við atburði af tilteknu tagi.

Countrywide Observations of Glacial Isostatic Adjustment and other processes in Iceland Inferred by Sentinel-1 Radar Interferometry, 2015–2018

Vincent Drouin¹ & Freysteinn Sigmundsson²

¹ÍSOR, Iceland GeoSurvey

²Nordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, University of Iceland

Vertical and east-west ground velocities for 2015–2018 are retrieved over 81% of Iceland from Sentinel-1 radar interferometry, using satellite images from six different tracks. Only summertime images are considered, to avoid snow cover. Average line-of-sight velocity fields for 2015–2018 for each track are estimated using a simple approach: single master interferometry time series together with a linear component estimation for each pixel. The line-of-sight velocity fields are combined and their signal is decomposed to extract approximate east (near-East) and approximate vertical (near-Up) velocities, in about 33 millions ground pixels of 50×50 m size that remained coherent over the study period. Only pixels passing a coherence and outlier criteria are considered, resulting in 81% coverage of Iceland. The 19% of missing coverage is mostly glaciers and farmland. We find a general agreement between the near-East velocity field and a revised plate spreading model, and the near-Up velocity field and a glacial isostatic adjustment model. The value of InSAR for studying glacial isostatic adjustment in response to climate warming lies in the high spatial resolution observations of the induced ground deformation. Models and their residuals suggest a difference in rheology between the rift zones in Iceland. Improved models could use rheology allowing for lateral variations, relating to hot spot – oceanic ridge interaction in Iceland. Numerous smaller scale deformation signals are clear in the velocity fields: post-rifting viscous relaxation following the 2014 Bárðarbunga rifting events, volcano uplift and subsidence, slope instabilities, and signals related to geothermal processes and fluid extraction.

References

Vincent Drouin and Freysteinn Sigmundsson (2019). Countrywide observations of plate spreading and glacial isostatic adjustment in Iceland inferred by Sentinel-1 radar interferometry, 2015–2018. *Geophysical Research Letters*, 46, 8046–8055. <https://doi.org/10.1029/2019GL082629>

Effects of climate change on magma generation, magma movements and volcanic activity

Freysteinn Sigmundsson¹, Michelle Parks², Peter Schmidt³, Fabien Albino⁴, Þóra Árnadóttir¹, Halldór Geirsson¹, Vincent Drouin⁵

¹Nordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, University of Iceland

²Icelandic Meteorological Office

³University of Uppsala, Uppsala, Sweden

⁴University of Bristol, Bristol, UK

⁵ISOR, Iceland GeoSurvey

Pressure influences magma generation, magma movements and volcanic and seismic activity. How large and significant are the effects of changing pressure conditions inside the Earth under Iceland in response to present day ice retreat? Models can be presented for some of these effects but a proof of the impact of ice retreat since 1890 on magmatic and tectonic processes is more difficult. The simplest modelling aspect is the evaluation of the role of surface effects on magma generation in the mantle, as that processes directly relates to pressure release. When no changes occur on the surface of the Earth, the decompression melting under Iceland is caused by mantle upwelling. If these rates are 1-10 cm/yr, they correspond to pressure change of about 10^2 - 10^3 Pa/yr. Glacial thinning of 0.5 m/year corresponds to pressure change of about 5×10^3 Pa/yr directly under the ice. At a center of a load, this effect decays with depth in the mantle at a rate of $(1-z/(R^2 + z^2)^{0.5})$ where R is the effective radius of the surface load (dimension on the surface) and z is depth. For Vatnajökull, R is about 50 km, and the mantle melting regime under Iceland begins at a depth of about 80 km. The modelling suggests a significant effect on magma production in the mantle due to present day ice retreat. Detailed models have been carried out and the size of the estimated effect varies, but is in the range of 10-135% of additional magma generation (Pagli and Sigmundsson, 2008; Schmidt et al., 2013). The question remains if and how this additional magma finds its way to the surface; a process that may take decades or centuries. At least one episode of sudden magma movement, the Upptyppingar intrusion in 2007-2008 (Hooper et al., 2011), has been suggested to be the result of significant perturbations of the stress field, due to thinning of Vatnajökull. The unloading also influences stress conditions in shallow magma bodies, modifying their failure conditions in a manner that depends critically on ice retreat, the shape and depth of magma chambers as well as the compressibility of the magma (Sigmundsson et al., 2010). An annual cycle of land elevation in Iceland, due to seasonal variations in ice mass, indicates an annual modulation of failure conditions in subglacial magma bodies.

References

- Hooper, A., Ofeigsson, B., Freysteinn Sigmundsson, Lund, B., Einarsson, P., Geirsson, H and E. Sturkell (2011), Increased capture of magma in the crust promoted by ice-cap retreat in Iceland, *Nature Geoscience*, 5, 783-786, doi: 10.1038/NGEO1269.
- Pagli, C., and F. Sigmundsson (2008), Will present day glacier retreat increase volcanic activity? Stress induced by recent glacier retreat and its effect on magmatism at the Vatnajökull ice cap, *Iceland, Geophys. Res. Lett.*, 35, L09304, doi:10.1029/2008GL033510, 2008.
- Schmidt, P., B. Lund, C. Hieronymus, J. MacLennan, T. Árnadóttir, and C. Pagli (2013), Effects of present-day deglaciation in Iceland on mantle melt production rates, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 118, 3366–3379, doi:10.1002/jgrb.50273.
- Sigmundsson, F., V. Pinel, B. Lund, F. Albino, C. Pagli, H. Geirsson, and E. Sturkell (2010), Climate effects on volcanism: Influence on magmatic systems of loading and unloading from ice mass variations with examples from Iceland, Special issue on climate forcing of geological and geomorphological hazards *Phil. Trans. Roy. Soc. A*, 368, 1-16, 2010.

Loftslagsbreytingar og Náttúruvá

Halldór Björnsson

Veðurstofa Íslands, Bústaðavegur 9, 105 Reykjavík

Í erindinu verður farið yfir niðurstöður Vísindanefndar um loftslagsbreytingar sem skilaði af sér skýrslu á vormánuðum 2018. Fjallað verður sérstaklega um áhrif loftslagsbreytinga á náttúruvá, en þær geta aukið áhættu fyrir sumar tegundir náttúruvár. Meðal áhættuþátta sem huga þarf að eru tíðni og umfang jökulhlaupa og flóða frá jaðarlónum, ofanflóð – sérstaklega vegna bráðnunar sífrera í fjallendi – eldgosahætta vegna aukinnar kviku-framleiðslu undir landinu, gróðureldar og sjávarflóð. Loftslagsbreytingar munu hafa í för með sér breytingar á aftakaveðrum. Líklegt er að úrkomuákefð aukist á öldinni og því munu rigninga- og leysingaflóð taka breytingum. Erfitt er að segja fyrir um hvernig tíðni hvassviðra á Íslandi muni breytast á öldinni, en árlegur fjöldi hvassviðrisdaga á landinu sýnir verulegar sveiflur milli áratuga. Hækkandi sjávarborð eykur óhjákvæmilega hættuna á sjávarflóðum, en nefna má að langtímamælingum á sjávarstöðu við Ísland er ábótavant. Hugsa þarf að viðbrögðum við aukinni náttúruvá, en reynslan sýnir að hægt er að ná miklum árangri við að draga úr áhættum með skipulegri áhættustýringu, þ.e. með formlegu áhættumati, viðbragðsáætlunum og aðgerðum til þess að draga úr tjóni. Sem dæmi má nefna viðbrögð við aukinni flóðahættu á lágsvæðum við ströndina. Skipulag byggðar á slíkum svæðum þarf að taka tillit til sjávarstöðuhækkunar og aukinnar flóðahættu. Hugsa þarf að lágmarksgólfhæð í skipulagi og frárænni auk þess forðast skildi á áhættusvæðum að setja í kjallara spennistöðvar, viðkvæm kerfi eða geymslur sem tryggja eiga örugga varðveislu verðmæta.

Breytilegur landrishaði á Íslandi síðustu áratugi Variable uplift rates in Iceland over the past decades

Halldór Geirsson¹, Finnur Pálsson¹, Benedikt G. Ófeigsson², Erik Sturkell³, Guðmundur Valsson⁴, Freysteinn Sigmundsson¹, Þóra Árnadóttir¹, Hildur María Friðriksdóttir², Sigrún Hreinsdóttir⁵, Páll Einarsson¹, Vincent Drouin^{1,4}, Þorsteinn Þorsteinsson², Eyjólfur Magnússon¹, Guðfinna Aðalgeirsdóttir¹, Helgi Björnsson¹, Sóley Reynisdóttir¹, Peter LaFemina⁶, Björn Lund⁷ & Peter Schmidt⁷

¹Jarðvísindastofnun, Háskóli Íslands; ²Veðurstofa Íslands; ³Háskólinn í Gautaborg, Svíþjóð; ⁴Landmælingar Íslands; ⁵GNS Science, Nýja Sjáland; ⁶Penn State, USA; ⁷Háskólinn í Uppsöllum, Svíþjóð

Með hlýnandi loftslagi rýrna jöklar og land rís vegna seigfjaðrandi svörunar jarðskorpu og möttuls við minna fargi. Þetta ferli er vel þekkt, bæði úr jarðsögunni og með beinum mælingum á núverandi landrishi. Landrishið er mest næst og undir jöklunum og nemur nú (2014-2019) allt að um 3 cm/ári. Á suðausturlandi, þar sem rishraði er nú um 2 cm/ári við ströndina, vinnur landrishi á móti hækkun sjávar. Fjær jöklunum, t.a.m. við strendur norðurlands, sígur land um örfáa millimetra á ári og magnar þar áhrif hækkunar sjávar. Önnur náttúruvá í hinni föstu jarðskorpu sem tengja má svörun við rýrnun jökla er nýmyndun kviku og áhrif spennubreytinga á kvikuferli og jarðskjálfta.

Hér verður gerð grein fyrir breytilegum landrishaða á Íslandi á síðustu áratugum út frá GPS/GNSS landmælingum, InSAR bylgjuvíxlumælingum og hæðarmælingum með áherslu á jarðskorpuhreyfingar á landsvísi. Í stórum dráttum er þróunin sú að landrishi var tiltölulega í lágmarki milli 1990 og 1997, hægt fram til 2004 (mestur mældur rishraði tæplega 2 cm/ári), en frá 2004 herti nokkuð á risinu þannig að á milli 2004 og 2010 var meðalrishaði að jafnaði um 1.7 sinnum hraðari en á tímabilinu 1993-2004. Aska frá Eyjafjallajökulsgosinu 2010 lagðist yfir jökla landsins og olli aukinni rýrnun þeirra sem kemur skýrt fram í auknum rishraða veturinn 2010-2011 og rishraði hélst í hæsta lagi fram til 2014. Árið 2014 dróg töluvert úr hraða landriss á landinu. Rýrnun jökla og fargbreytingar valda einnig láréttum jarðskorpuhreyfingum sem nema nokkrum millimetrum á ári og sjást tilsvarendi breytingar með tíma í láréttum færsluhröðum.

Í meginatriðum haldast breytingar í landrishi í hönd við breytingar í veðurfari og þar með afkomu jökla. Fyrri hluti tíundi áratugar var kaldur og jöklar stóðu í stað eða bættu heldur við sig, en þegar kom fram yfir árið 1995 hlýnaði og jöklar rýrnuðu verulega hvert ár. Frá 2011 hefur rýrnun jökla verið minni, 2015 bættu þeir á sig og síðustu tvö ár var afkoman nærri núlli. Hraði landriss ræðst einnig af seigfjaðrandi viðbragði jarðar og þarf því að nota fargsögu jökla síðustu 100 árin hið minnsta til að skýra núverandi jarðskorpuhreyfingar. Með því að herma með reiknilíkönum jarðskorpuhreyfingar út frá bættri mynd af landrishi og afkomusögu jökla má skorða frekar eðliseiginleika jarðskorpuunnar, s.s. seigju, fjaðurstuðla og lagskiptingu undir Íslandi.

Hörfun og þynning jökla á Íslandi frá lokum litlu ísaldar – “sunnanverður Vatnajökull”

Hrafnhildur Hannesdóttir¹, Eyjólfur Magnússon², Finnur Pálsson²,
Guðfinna Aðalgeirsdóttir², Helgi Björnsson², Joaquin J. M. Belart³, Oddur
Sigurðsson¹, Ragnar H. Þrastarson¹, Skúli Víkingsson⁴, Snævarr
Guðmundsson⁵ & Tómas Jóhannesson¹,

¹ Veðurstofa Íslands Bústaðarvegur 9, Reykjavík.

² Jarðvísindastofnun, Háskóla Íslands, Askja, Reykjavík.

³ Landmælingar Íslands, Stílliholt 16-18, Akranes.

⁴ Íslenskar Orkurannsóknir, Grensásvegi 9, Reykjavík

⁵ Náttúrustofa Suðausturlands, Litlubrú 2, Höfn, Hornafjörður.

Flestir jöklar á Íslandi náði hámarksútbreiðslu á sögulegum tíma í lok 19. aldar. Heildarflatarmál jökla árið 2017 var um 10.300 km² og hefur minnkað um 2100 km² frá lokum 19. aldar, en á síðastliðnum 20 árum er tap þeirra um 750 km² (sem samsvarar tæplega einum Hofsjökli). Unnið er að því á Veðurstofu Íslands að safna saman öllum útlínum jökla á Íslandi frá lokum 19. aldar til dagsins í dag í samstarfi við Jarðvísindastofnun Háskólans, Náttúrustofu Suðausturlands og fleiri aðila. Gagnasafnið verður sent til Alþjóðlegs gagnabanka (GLIMS) í lok árs og mun verða opið og aðgengilegt öllum.

Miklar breytingar hafa orðið á jöklum í Austur-Skaftafellssýslu frá því að þeir náðu flestir fram á fremstu jökulgarða í kringum 1890. Suðausturskriðjöklarnir, frá Skaftafelli austur fyrir Höfn, hafa hörfað um 1–8 km frá lokum 19. aldar til ársins 2017. Í kringum 1890 tóku flestir þessara jökla að hopa, og var hörfunin hröð á 3. og 4. áratug 20. aldar. Á tímabilinu 1970-1990 stóðu margir jöklanna í stað eða gengu fram í kaldara loftslagi. Frá árinu 1995 hafa flestir jöklanna hörfað og rýrnunin er með því mesta sem mælst hefur í heiminum á fyrsta áratug 21. aldar. Frá lokum 19. aldar fram til ársins 2017 minnkaði flatarmál þeirra um 340 km² (sem samsvarar flatarmáli Stór-Reykjavíkursvæðisins) og rúmmálið um 140 km³ eða um 20%. Rýrnunin samsvarar 14 milljörðum vörubílshlassa af ís og vatnsmagnið myndi hækka sjávarborð heimshafanna um 0,3 mm. Skriðjöklarnir eru allt frá 10 km² upp í 200 km² að flatarmáli. Meðalþykkt þeirra er 100–350 m og þeir skríða úr 1400–2100 m hæð niður að sjávarmáli margir hverjir, og botn þeirra stærstu ná nokkur hundruð m undir sjávarmál. Rúmmálstap einstakra jökla var á ofangreindu tímabili um 15–50% frá 1890, en rýrnunin er háð stærð safnsvæðis þeirra miðað við leysingarsvæðið, halla undirlagsins og því hvort lón hafi myndast framan við þá. Á síðastliðnum 130-140 árum hefur yfirborð jöklanna lækkað um 150-300 m fremst á sporðunum.

Áhrif loftslagsbreytinga á váttryggingar

Hulda Ragnheiður Árnadóttir, framkvæmdastjóri

Náttúruhamfaratryggingar Íslands

Með aukinni umræðu um áhrif loftslagsbreytinga hefur mikið verið rætt um mögulegar breytingar á náttúrufyrirbærum og afleiðingar þess. Erfitt er að spá nákvæmlega fyrir um aukinn kostnað af völdum tjóna sem tengjast náttúruhamförum, en mikilvægt er að umræðan fari fram til að varpa ljósi á líklegar afleiðingar hnattrænnar hlýnunar.

Náttúruhamfaratrygging Íslands (NTÍ, áður Viðlagatrygging Íslands) váttryggir gegn beinu tjóni af völdum tilgreindra náttúruhamfara skv. lögum um NTÍ, en það eru jarðskjálftar, eldgos, snjóflóð, vatnsflóð og skriðuföll. Váttrygging gegn náttúruhamförum er skyldutrygging sem nær til allra húseigna á Íslandi sem nema samtals um á milli 9 og 10.000 milljörðum króna, brunatryggðs innbús og lausafjár sem nemur á milli 3 og 4 þúsund milljörðum króna og innviða ríkis og sveitarfélaga sem nema ríflega 1000 milljörðum.

Á síðustu árum hafa farið fram nokkuð ítarlegar greiningar hjá NTÍ á eðli þeirra tjóna sem átt hafa sér stað á síðustu áratugum. Í heildina hafa orðið 248 skráðir atburðir frá árinu 1987 sem leitt hafa til útborgunar tjónabóta hjá NTÍ (áður Viðlagatryggingu Íslands). Þar af eru flestir vegna vatnsflóða eða 128 atburðir, 73 atburðir vegna snjóflóða, 33 vegna skriðufalla, 12 vegna jarðskjálfta og tveir vegna eldgosa. Ef aðeins er litið til fjölda atburða, óháð kostnaði af völdum þeirra gefur lausleg greining til kynna að um 94% þeirra atburða sem átt hafa sér stað frá árinu 1987 séu af völdum vatns- og sjávarflóða, snjóflóða og skriðufalla sem talist geta loftslagstengdir atburðir. Ef hins vegar er litið til kostnaðar vegna þeirra atburða sem um ræðir er 75% kostnaðar til kominn vegna jarðskjálfta og eldgosa en 25% vegna loftslagstengdra atburða.

Á síðustu 30 árum hefur árlegt meðaltjón hjá NTÍ numið um 1,1 milljarði á núvirði og því má gera ráð fyrir að árlegt meðaltjón af völdum loftslagstengdum atburðum sé nálægt 275 milljónum króna.

Meta þarf hversu stór hluti þeirrar auknu áhættu sem loftslagsbreytingarnar hafa í för með sér er váttryggjanlegur hjá almennum váttryggingarfélögum, hvaða hluti áhættunnar er váttryggður hjá NTÍ og hvað fellur utan váttrygginga. Mikilvægt er að huga að aðgerðum sem grípa má til svo draga megi úr afleiðingum loftslagsbreytinga á váttryggðum verðmætum og taka afstöðu til þess hvaðan frumkvæði að forvarnaraðgerðum ætti að koma.

Gefa fyrri útdauðahrinur í jarðsögu síðustu 600 milljóna ára vísbendingar um hvað sé framundan með tilliti til loftslags- breytinga?

Lúðvík E. Gústafsson

Otrateigur 18, 105 Reykjavík

Í gegnum jarðsöguna hafa loftslagsbreytingar valdið lífríkinu stórkostlegum skaða, sérstaklega eftir að sprenging varð í fjölfrumulífi fyrir um 550 til 600 milljónum ára. Áður hafði aukning súrefnis í hafi og svo í gufuhvolfi valdið því að margir einfrumungar dóu út eða neyddust til að halda sig framvegis í súrefnislitlum eða -lausum afkimum yfirborðs jarðar. Náttúruvá er því þekkt fyrirbæri úr sögu lífsins á Jörðinni en lífinu hefur samt tekist að rétta úr kútnum hverju sinni eftir hamfarirnar.

Nú liggja fyrir nokkuð nákvæmar niðurstöður rannsókna á tveimur af stærstu útdauðahrinum í jarðsögunni, við mörkin milli fornlífsaldar og Miðlífsaldar (Perm/Triás) fyrir um 252 milljóna ár annars vegar og Miðlífsaldar og Nýlífsaldar (Krit/Paleogen) fyrir um 66 milljónum ára hins vegar.

Meginorsökin á dauða næstum því allra tegunda fjölfrumunga í fyrri tilfelli er í dag rakin til mikilla jarðelda, basaltkvikugosa í Síberíu. Auk hrauna sem streymdu á yfirborð jarðar losnaði gríðarlegt magn af koldíoxíði (CO_2) í gufuhvolfið, með tilheyrandi hækkun hitastigs ($5\text{--}10^\circ\text{C}$) í gufuhvolfi og stuttu seinna í hafi. Til viðbótar er talið hitinn frá kvikuinnskotum (sillum) hafi losað jarðgas úr setlögum sem þau troðust inn í. Til viðbótar kom til súrnunar og súrefnisleysis í sjónum sem margar lífverur þoldu ekki. Í þessari útdauðahrinu hurfu t.d. með öllu trílóbítarnir sem höfðu verið mikil útbreidd tegund alveg frá upphafi Kambríum. Hugsanlega hefur fall loftsteins eða halastjörnu á sama tíma magnað áhrifin en leitað er að stað þar sem slíkur loftsteinn eða halastjarna kann að hafa lent.

Svo gerðist það fyrir um 66 milljónum ára að svipuð basaltgos og forðum í Síberíu voru í gangi á Indlandssvæðinu. Á sama tíma rakst einn stærsti loftsteinn síðustu 1000 milljóna ára á jörðina, 10 til 15 km í þvermáli, á svæði á Yukatanskaga í Mexíkó (Chicxulub). Báðir atburðir, eldgosin og loftsteinninn, eru taldir hafa valdið áður óþekktri náttúruvá með útdauða margra tegunda lífvera. Her má nefna svo til allar tegundir risaeðlna og ammónítar. Aftur er koldíoxíð eitt af höfuðefnum sem kemur útdauðahrinu af stað með mikilli hækkun hita í gufuhvolfinu og höfunum þar sem pH stig lækkaði mikið og súrefnisleysi gerði vart við sig, til viðbótar við allt umrótið sem fall loftsteinsins skapaði.

Svo virðist sem snöggar breytingar á umhverfinu í báðum þessum útdauðahrinum, vegna skyndiaukningar efna (gróðurhúsalofttegundir/sýrumyndandi efni), leiða til þess að margar tegundir lífvera geta ekki brugðist við með aðlögun og/eða flutningu og deyja út (tipping point). Hér koma til greina fall loftsteins og skyndilosun jarðgass úr setlögum sem gerast á jarðsögulegu augnabliki.

Á síðustu tvö hundruð árum hefur koldíoxíð í andrúmslofti aukist meira en á síðustu 800.000 árum. Nú er meginorsökin rakin til losunar efnisins úr bruna jarðefnaeldsneytis, kola, olíu og jarðgass, síðan iðnbyltingin hófst. Þar að auki hefur það gerst með ógnarhraða miðað við gang jarðsögunnar. Það stefnir að óbreyttu í ástand sem þekkist úr jarðsögunni og er ekki hægt að lýsa nema sem náttúruvá, eða eins og vísindablaðamaðurinn Peter Brannen hefur orðað það: „But our current experiment – quickly injecting huge amounts of carbon dioxide into the

atmosphere – has in fact been run many times before in the geological past and it never ends well.“

Heimildir:

- Brannen, P. 2017: The Ends of the Earth: Volcanic Apocalypses, Lethal Oceans, and Our Quest to Understand Earth's Past Mass Extinctions. Harper Collins, 336 bls.
- Seth D. Burgess et al. 2014: High-precision timeline for Earth's most severe extinction. PNAS, March 4, 2014 | vol. 111 | no. 9 |
- Yadong Sun et al. 2012: Lethally Hot Temperatures During the Early Triassic Greenhouse. Science 338, 366. DOI: 10.1126/science.1224126.
- Joachimski, Michael M., et al. 2015: Climate warming in the latest Permian and the Permian–Triassic mass extinction. Geology. DOI: 10.1130/G32707.1
- Henrik Svensen et al. 2009: Siberian gas venting and the end-Permian environmental crisis. Earth. Planet. Sci. Lett., 277, 490.
- Richards, Mark A., et al. 2015: Triggering of the largest Deccan eruptions by the Chicxulub impact. Geological Society of America Bulletin. doi:10.1130/B31167.1.
- Schulte, Peter, et al. 2010: The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary. Science 327, doi:10.1126/science.1177265.
- Michael J. Henehan et al. 2019: Rapid ocean acidification and protracted Earth system recovery followed the end-Cretaceous Chicxulub impact. PNAS, <https://doi.org/10.1073/pnas.1905989116>.

Remote sensing and Natural Hazards

G.B.M. Pedersen

School of Engineering and Natural Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

Mitigation of natural hazards and disaster risk reduction is highly dependent on comprehensive, suitable, timely, and accurate information. This information is spatial in nature (location, extent, association of infrastructure), often covering a large spatial extent and the most efficient way to obtain this is by using remote sensing. Remote sensing is a term covering the instrumentation, techniques, and methods to observe the Earth's surface at a distance to acquire information concerning the nature or state of the observed features.

This lecture will provide an overview of the usage of remote sensing during a natural hazards crisis as well as the disaster management cycle, with an insight to specific data sources and platforms useful during monitoring for individual hazards.

Different natural hazards have different characteristics requiring different monitoring strategies. Optical sensors are generally very important for all types and all phases of hazard management support, however good imagery is dependent on cloud cover causing problems in cloudy regions of the world. On the other hand microwave sensors are of great value for the fast response mapping and analysis tasks since they are almost unaffected by atmospheric disturbances. Thermal sensors provide excellent possibilities for automated extraction of anomalous high temperature or hot spots for example caused by wild fires or volcanic eruptions.

With NASA and ESA providing open access data, and in particular with the contribution from ESA Sentinel missions, the demand for near real time information, higher spatial resolution as well as fast assessment of the damages has been met changing the level of possible natural hazard monitoring. This poses both opportunities and challenges for operational monitoring programs, which currently is under rapid development.

In this lecture the monitoring of natural hazards will both be viewed in an Icelandic context as well as broader focus introducing some of the worldwide remote sensing-based forecasting and monitoring services for natural hazards available online today.

Þáttur massabreytinga jökla og jökulbreiða í sjávarstöðu- breytingum við Ísland árið 2100

Sigríður Magnúsdóttir¹, Guðfinna Aðalgeirsdóttir² & Louise Sandberg
Sørensen¹

¹ DTU Space

² Jarðvísindastofnun Háskólans,

Þeir þættir sem hafa hvað mest áhrif á sjávarstöðubreytingar eru massabreytingar jökla og jökulbreiða og rúmmálsbreytingar sjávar. Sjávarstöðubreytingar vegna massabreytinga jökla og jökulbreiða eru ekki einsleitar, þ.e. bráðnun þeirra skilar sér í ákveðnu mynstri eða fingrafari sjávarstöðubreytinga hvers jökuls fyrir sig. Ástæða þessa fingrafars er þyngdarsvið jökla og jökulbreiða og farg þeirra á jarðskorpunni. Hinn mikli massi jökulbreiðanna á Grænlandi og Suðurskautslandinu veldur því að þær toga að sér sjóinn þannig að sjávaryfirborð er hærra í nærsvæði jökulbreiðanna og lægra í fjærsvæði þeirra. Massi jökla og jökulbreiða veldur einnig aflögun jarðskorpunnar þannig að möttulefni flyst frá massamiðju jöklanna og út til jaðranna þar sem bunga myndast á jarðskorpunni. Við bráðnun jökla og jökulbreiða má því búast við lækkun sjávarstöðu í nærsvæðum þeirra vegna massaminnkunar sem veldur minni þyngdaráhrifum sem og tilfærslu möttulefnis, og jafnframt hækkun sjávaryfirborðs í fjærsvæðum þeirra.

Fingrafar sjávarstöðubreytinga við Ísland vegna jökla og jökulbreiða var kannað með forritinu SELEN – sea level equation solver. Notað var líkan fyrir jöklabreytingar á 21. öld fyrir jökulbreiðurnar á Grænlandi og Suðurskautslandinu og svæðisbundnið mat fyrir jökla utan þeirra. Fyrir niðurstöðurnar sem kynntar eru hér var notuð sviðsmynd mikillar bráðnunar þar sem framlag Grænlandsjökuls og Suðurskautslandsins til sjávarstöðuhækkunar á Jörðinni eru ~7 og ~30 cm. Líkanið er í lágri upplausn og óvissuþættir margir, t.d. hvað varðar stærð sjávarstöðubreytinganna, en ætla má að fingrafar jöklabreytinga sé þó nokkuð nær lagi. Á næsta stigi verkefnisins verður notað líkan fyrir jöklabreytingar á öldinni í hærri upplausn sem gefur betri nálgun á stærð og fingrafar sjávarstöðubreytinganna.

Stærsta framlag jöklaðra svæða til sjávarstöðubreytinga við Ísland árið 2100 er frá jökulbreiðunum á Grænlandi og Suðurskautslandinu, framlagið nemur nokkrum tugum cm en fingrafar þeirra er afturámóti mjög ólíkt. Framlag Suðurskautslandsins er um 40 cm af nokkuð jafndreifðri sjávarstöðuhækkun, en framlag Grænlandsjökuls er á hinn bóginn lækkun um 30-80 cm af mjög breytilegri sjávarstöðulækkun, mest við Vestfirði og minnst við Suðausturland. Framlag íslenskra jökla til sjávarstöðubreytinga við landið er einnig mjög breytilegt en bráðnun þeirra veldur lækkun sjávarborðs um 1-10 cm. Áhrifanna gætir mest við Suðausturland og minnst á Vestfjörðum. Framlag annarra jöklaðra svæða á er um -1 – 5 cm og nokkuð jafndreifð fyrir landið.

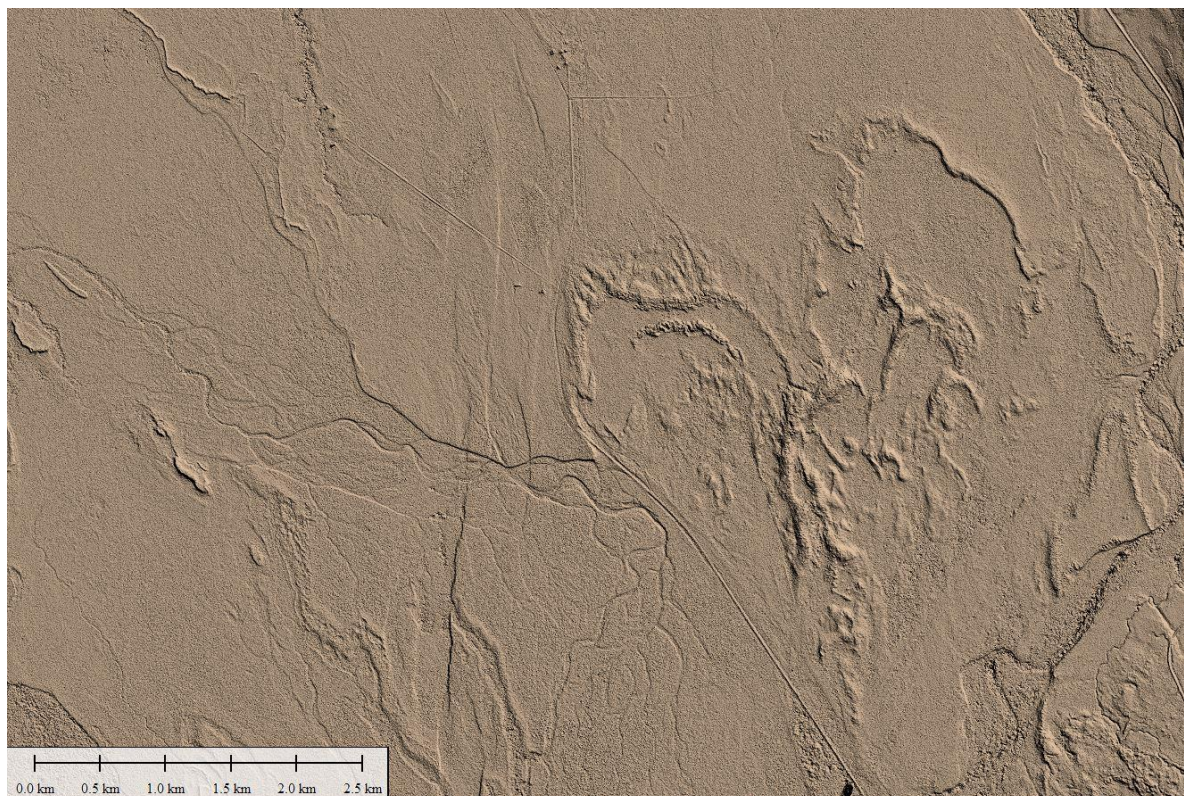
Jökulsá á Fjöllum - Jökulhlaup og ummerki í Öxarfirði

Snorri P Snorrason

Verkís h.f.

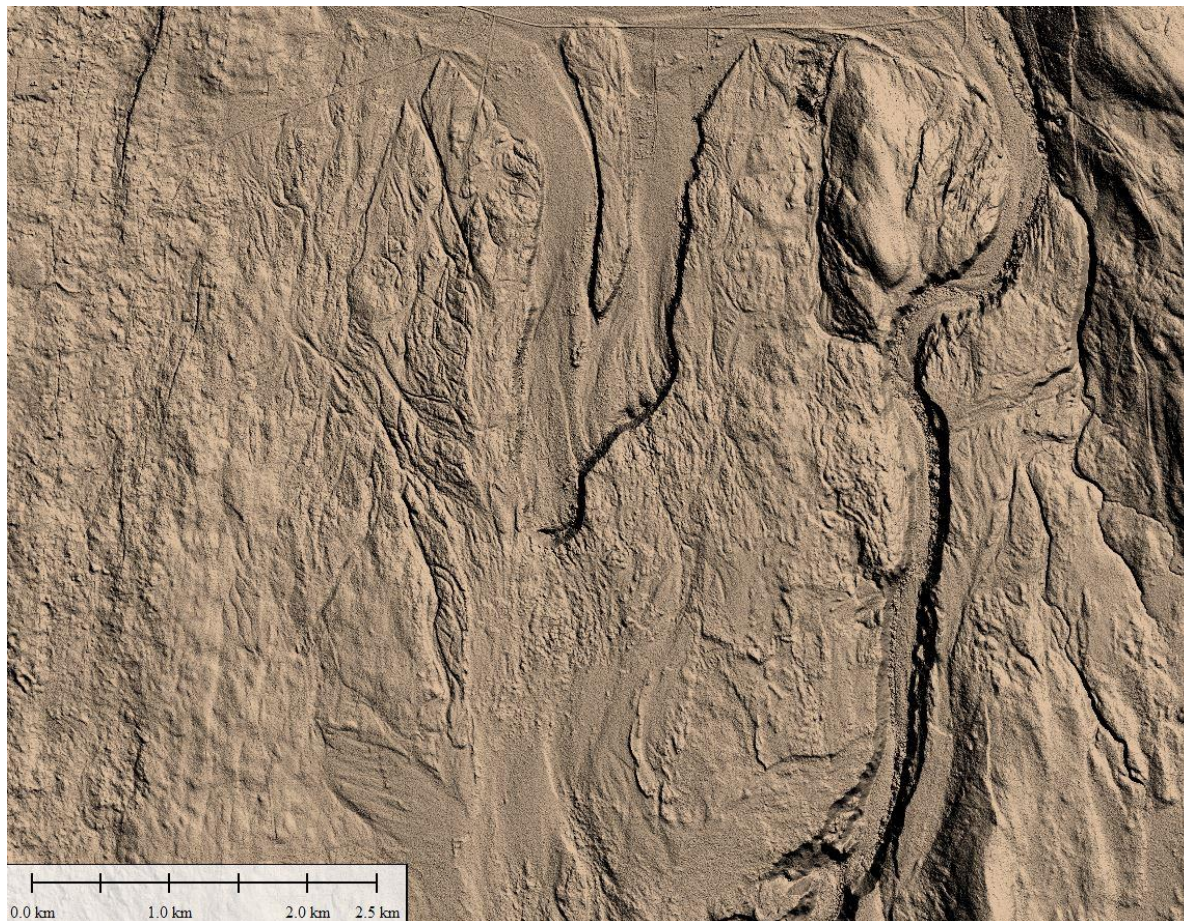
Þessi fyrirlestur byggir á hæðarlikani sem Bandaríkjamenn hafa gert af norðurslóðum og er Ísland þar að finna eins og kunnugt er. Veðurstofan og Landmælingar Íslands hafa tekið við gögnunum og eru að vinna við að gera þau birtingarhæf. Til hafa verið vinnuútgáfur af þessum gögnum og er myndeyning í þeim 2x2 m. Í líkaninu birtast mörg athyglisverð fyrirbæri og ummerki hlaupa eru þar á meðal.

Í Öxarfirði austanverðum, þar sem heitir Austursandur, er safn lágra sandalda sem mynda kunnuglegt sveiglaga mynstur. Sandurinn í botni Öxarfjarðar er augljóslega myndaður af Jökulsá á Fjöllum í ýmsum ham og forverum hennar í ísaldarlok. Jökulhlaup hafa verið afkastamest við þá iðju og stórkarlaleg gljúfur Jökulsár og Ásbyrgi bera því glöggvitni. Augljóst er hvar rofið er mest við Jökulsá frá jökli við jaðar Dyngjujökuls og að norðurenda gljúfra við Ásbyrgi en hvert og hvernig allt það efni barst út á sandinn í Öxarfirðinum hefur lítið verið rætt. Sigurjón Páll Ísaksson hefur tekið saman grein í Náttúrufræðingnum um hlaup í Jökulsá á Fjöllum frá 1477 til 1730, að hluta byggða á ritum Sigurðar Þórarinssonar. 1902-1903 urðu hlaup í ánni en einnig í Skjálfandafljóti. Í grein Sigurjóns kemur fram að Skógar og Ærlækjarsel, bæir á Austursandi, voru á fyrri hluta 18 aldar í vari fyrir Jökulsárhlaupum af lágum sandöldum sunnan við bæina. Á Austursandinum eru tvö stór kerfi af sveigum sem eru ríflega kílómeters breiðir og allt að fjögurra km langir. Hér eru komnar sandöldurnar sem veittu bæjunum skjól.



Mynd 1: Hlaupgarðar á Austur Sandi. Garðarnir rísa um 2-10 m yfir umhverfið en líklega er foksandur og melgresi 1-2 m þar af.

Sandöldurnar sem mynda sveigana rísa um 2-10 m yfir umhverfið. Þær eru aðallega úr melgresishólum að sjá úr fjarlægð en melgresið er bundið við sveigana og nær ekki til flatlendisins utan eða innan við viðkomandi sveig. Flatlendið er vaxið grasi og lágvöxnum víði og þar er ekki sand að sjá og gróðurþekjan órofin. Aldur þessara myndana er óljós og ekki fannst jarðvegur ofan á þeim þó ekki sé útilokað að hann sé þar að finna. Líklegast er að sveigarnir eða hluti þeirra séu tengdir stórhlaupum í Jökulsá á Fjöllum og greftri gljúfranna að einhverju leyti. Eystri sveigurin er beint neðan við mynni Ásbyrgis í tæpra 13 km fjarlægð. Sá vestari er um 12,5 km neðan við gljúfurkjaft Jökulsár.



Mynd 2: Ásbyrgi og farvegir eins og þeir koma fram í arcdem líkaninu (2x2 m)

Um aldur hlaupanna.

Jarðfræði svæðisins hefur verið kortlögð að talsverðu leyti og er sýnd að nokkru á Jarðfræðikorti Ísor í mkv 1:100.000. Einnig er stuðst við fleiri heimildir eftir Kristján Sæmundsson 1973 og 1991.

Hún er sem hér segir

- 1 Á Yngra Dryas verður eldgos í Stóra Víti og dyngjuhraun rennur sem við það er kennt. Sjór hefur verið í svipaðri hæð og nú þegar gosið varð en þó er lögun dyngjunnar þannig að sjórinn hefur áhrif á hana. Dyngjan hefur þrengt að farvegum við austurkant hennar. Eftir gosið hafa jöklar náð að setja af sér efni utan í Grjóthálsi og neðar, ofaná dyngjunni, eru ummerki jökuljaðars.
- 2 Jöklar hörfa og hlaup verður í Jökulsá. Ásbyrgi grefst að hluta (breiðasti hlutinn) og hugsanlega hefur eystra baugasettið myndast þá. Hugsanlegt er að gljúfrin hafi grafist frá mynni Ásbyrgis og inn fyrir Forvöð um 20 km leið í hlaupinu. Það þarf

hinsvegar langvarandi hlaup til að svo geti orðið. Breidd gljúfranna þar er um 1 km (eins og reyndar einnig breiðasti hluti Ásbyrgis). Hér er bent á þann möguleika að þessi hluti gljúfranna sé eldri og hugsanlega að hluta grafinn af jökli, ásamt þeim vatnangangi sem fylgir hörfandi jökli.

- 3 Gos verður á gossprungunu sem kennd er við Sveina. Það gos hefur nýlega verið aldursgreint og reyndist það vera um 10.800 ára gamalt (Magnús Siggeirsson 2016). Hraun frá gosinu hefur runnið niður í gljúfrin og fram í hlaupfarveg sem liggur að Ásbyrgi (Kristján Sæmundsson 1973) og má þar sjá að elsta hlaup í Jökulsár-gljúfrum er eldra en 10.800 ár BP.
- 4 Hér er nokkra óvissu að finna. Jöklar á Íslandi dofna mjög frá því fyrir 7.500 árum og fram til fyrir 2.500 árum. Þrátt fyrir það hefur verið á það bent að 16 hlaup hafi orðið um gljúfrin frá 3.500 til 8.500 árum BP (Waite 2002) og að líkum hafi hlaupin verið í minni kantinum, að minnsta kosti sum þeirra.
- 5 Í innsta hluta Ásbyrgis vantar gjóskulagið H3 (Haukur Tómasson 1973, Kristján Sæmundsson 1973) og hafa menn gert því skóna að hlaupið sem lauk við gröft Ásbyrgis og skóp Eyjuna í Vesturdal sé yngra en það. Bremsufarið eftir það hlaup er hugsanlega að finna í vesturhluta sveiganna á sandinum. Vestari sveigarnir ná samt ekki lengra fram á sandinn en þeir eystri og þá vaknar spurning um hvort ströndin hafi ekki gengið neitt fram frá því að eldra hlaupið rann, eða hvort gljúfurkjaftur Jökulsár er einfaldlega í of lítilli hæð (29 my.s.) til að viðhalda straumhraðanum þegar út á sandinn var komið.
- 6 Sögulegur tími: Heimildir um hlaup fyrr á öldum eru eðli máls samkvæmt rýrar nema skaði hafi orðið á jörðunum sem gerði ábúendum kleift að fá landsskuldina lækkaða. Hér er vitnað til Sigurjóns Ísakssonar og greinar hans í Náttúrufræðingnum frá 1985. Hann nefnir mögulegt hlaup 1477 (Veidivatnagos?) en þar er um óljósa heimild að ræða. Þó vel megi ímynda sér að gossprungu Veidivatna hafi teygst úr sér inn Köldukvíslarjökul þá er ekki viðblasandi að það hafi valdið hlaupi nema Bárðarbunga hafi komið við sögu. En þegar komið er fram á sautjándu öld og fram til 1730 þá rekur hvert hlaupið annað. Eldsumbrotið er getið í sumum tilvikum en hlaupin eru mörg svo stór að varla kemur annað til mála en eldsumbrot til að skýra þau. Síðar er getið hlaups um 1902-1903 sem kom bæði í Jökulsá á Fjöllum og Skjálfandafljót. Sjá má ummerki þessara flóða á hæðarlíkaninu áður nefnda.
- 7 Hin tíðu hlaup á átjándu öld benda til þess að eldsumbrot séu megin orsakavaldur hlaupa í Jökulsá á Fjöllum að minnsta kosti á síðari öldum. Benda má á tvær megineldstöðvar Kverkfjöll og Bárðarbungu í þessu samhengi.
- 8 Sé litið til næstu hundrað ára eða svo þá virðast mesta hættan á „blautlegum kveðjum“ Jökulsár af stærri gerðinni vera af völdum eldgosa og má benda á aukna virkni í Bárðarbungu í því sambandi. Hlýnun veðurfars sem við upplifum nú mun eflaust auka vatnagang í ánni og líklega valda talsvert stærri og tíðari flóðum ekki síst frá skammlífum lónum við jökuljaðar í hörfandi jöklum.
- 9 Bráðnun jökla gæti hinsvegar ýtt undir eldsumbrotin með því að minnka fargið á eldstöðvunum með aukinni leysingu jökla. Vatnajökull er hinsvegar ennþá svo stór að fargið sem hann veldur mun tæpast minnka stórkostlega á næstu hundrað árum eða svo en það gæti breyst eftir það.

Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
15. nóvember 2019

Heimildir

- Haukur Tómasson 1973: Hamfarahlaup í Jökulsá á Fjöllum. Náttúrufræðingurinn, 43. Árg. 1.-2. hefti, september 1973
- Kristján Sæmundsson 1973: Straumrákaðar klappir í kringum Ásbyrgi. . Náttúrufræðingurinn, 43. Árg. 1.-2. hefti, september 1973.
- Kristján Sæmundsson 1991: Jarðfræði Kröflukerfisins *Náttúra Mývatns (Ritsj. Árni Einarsson og Arnþór Garðarsson)*. Hið íslenska náttúrufræðifélag 25-95
- Kristján Sæmundsson og fl 2012: Jarðfræðikort af Norðurgosbelti, Nyrðri hluti 1:100000
- Magnús Á Sigurgeirsson 2016: Eldar í Öskjukerfi fyrir um 11 þúsund árum. Náttúrufræðingurinn, 86 árg. 3.-4. Hefti 2016.
- Sigurjón Páll Ísaksson 1985: Stórhlaup í Jökulsá á Fjöllum á fyrri hluta 18. Aldar. Náttúrufræðingurinn 54 árg. 4.-5. Hefti 1985
- Waite R.B.,2002 Great Holocene floods along Jökulsá á Fjöllum north Iceland. Flood and megaflood Process and Ancient Examples. Blackwell science Oxford.

Jaðarlón við sunnanverðan Vatnajökul

Snævarr Guðmundsson¹, Helgi Björnsson², Finnur Pálsson², Þorsteinn Sæmundsson³ & Tómas Jóhannesson⁴

¹ Náttúrustofa Suðausturlands, Nýheimar, Litlubrú 2, IS-780 Höfn í Hornafirði. pósthafi: snaevarr@natts.is

² Jarðvísindastofnun, Háskóli Íslands, Askja, Sturlugata 7, IS-101 Reykjavík.

³ Líf- og umhverfisvísindadeild, Háskóli Íslands, Askja, Sturlugata 7, IS-101 Reykjavík.

⁴ Veðurstofa Íslands, Bústaðavegur 7–9, IS-108 Reykjavík.

Á 20. öld tóku lón að myndast framan við jökulsporða við sunnanverðan Vatnajökul. Þeir voru þá farnir að hafa eftir að hafa náð sögulegri hámarksútbreiðslu í lok litlu ísaldar, um 1890. Eftir því sem leið á öldina fjölgaði sporðlónum en mörg tóku að myndast á fjórða áratug 20. aldar. Flest þeirra stækkuðu hægt uns kom fram á miðjan tíunda áratuginn. Þá tóku þau að stækka ört ár frá ári og breytast nú hratt vegna hlýnandi loftslags. Á sama tíma hafa jökulstífluð lón í inndölum rýrnað vegna þess að jöklarnir hafa þynnst og jökulhlaup úr þeim orðið minni en áður var eða tekið fyrir þau með öllu. Við höfum rakið breytingar á jökullónum á Suðausturlandi, frá Skeiðarárjökli vestan Örefa, og austur að Hoffellsjökli í Hornafirði. Megináherslan eru sporðlón en einnig jökulstífluð lón í hliðardölum. Sporðlónin eru af tvennum toga. Annars vegar safnast vatn í dældir við sporða þegar jökull hopar af öldóttri jökulurð, sem stundum hylur dauðis. Þessi lón eru yfirleitt grunn og geta breyst að lögun frá ári til árs. Þau skiljast oft frá jökuljaðrinum þegar hann hopar og geta þá orðið að tjörnum án afrennslis. Hins vegar myndast lón þar sem jöklar hafa úr djúpum rennum sem ísaldarjöklar hafa grafið. Lón eru nú við alla stærri skriðjökla sem eiga upptök í Örefajökli og ná niður á láglendi. Nokkur lón eru á Breiðamerkursandi og framan við alla stóru skriðjökla á Mýrum og í Hornafirði. Þessir jöklar náðu allir fram á láglendi á 19. öld. Á fyrstu áratugum 21. aldar hafa lónin stækkað ört og er samanlagt flatarmál sporðlóna við sunnanverðan Vatnajökul nú orðið um 60 km². Stærst er Jökulsárlón á Breiðamerkursandi, ~27 km² árið 2018, sem fyrst sást votta fyrir um 1933. Nú streymir allt leysingarvatn frá Skeiðarárjökli til Gígjukvíslar um nokkur samtengd lón sem samanlagt eru ~7 km² að stærð. Breiðarlón (~6 km²) er stakt vestarlega á Breiðamerkursandi og rennur úr því í Fjallsárlón (~4 km²). Austur á Mýrum eru Heinabergslón (>3 km²) og lón framan við Fláajökul (~2 km²) og Hoffellsjökul (~5 km²). Önnur smærri lón í Örefum eru við sporða Morsárjökuls (~0.6 km²), Skaftafellsjökuls (~1.3 km²), Svínafellsjökuls (~0.4 km²), Virkisjökuls (~0.2 km²), Kvíárjökuls (~0.6 km²) og Hrutárjökuls (~0.1 km²), og á Mýrum er lón framan við Skálafellsjökul sem var orðið ~0.2 km² árið 2018. Út frá íssjarmælingum á sunnanverðum Vatnajökli, frá síðasta áratugi 20. aldar og á árunum 1998–2006, 2009 and 2012, hefur verið búið til landlíkan af botninum undir jökli. Í ljós komu miklar rennur undir stærstu skriðjöklu, sem þeir höfðu grafið í tiltölulega laust set þegar þeir gengu fram á litlu ísöld. Þegar botnlíkanið er borið saman við nýleg líkón af yfirborð lands framan sporðanna og staðsetning lóna dregin upp kemur í ljós að mörg þeirra hafa myndast þar sem landið lækkar niður fyrir sjávarmál undir jöklinum. Út frá lögun landsins undir jökulsporðum má ætla að við núverandi loftslag eða frekari hlýnun haldi þessi lón áfram að stækka á næstu áratugum.

Breytilegt umhverfi - súrnun sjávar

Sólveig R. Ólafsdóttir & Héðinn Valdimarsson

Hafrannsóknastofnun - rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna, Skúlagata 4, 101
Reykjavík, Iceland

Á hafsvæðum umhverfis Ísland mætast Mið-Atlantshafshryggurinn og Grænlands-Skotlands-hryggurinn skammt sunnan við heimsskautsbaug. Þar mætast hafstraumar af ólíkum uppruna. Tiltölulega hlýr og saltur Atlantssjór kemur upp að landinu sunnanverðu og streymir annars vegar austur fyrir land í Noregshaf og hins vegar vestur fyrir land á og inná Norðurmið. Með Austur-Grænlandsstraumi og Austur-Íslandsstraumi berst kaldur og seltulítill sjór úr Grænlandshafi á hafsvæðið norður og austur af landinu. Vöktun Hafrannsóknastofnunar á hita og seltu sjávar á Íslandsmiðum hefur staðið nærri sjö áratugi en hún hófst með mælingum norðan lands að vorlagi. Frá 1970 hafa verið gerðar árstímabundnar mælingar á föstum stöðum umhverfis landið. Samhliða þessari vöktun eru einnig vöktuð kolefniskemía sjávarins, súrefni og næringarefni á tveimur ólíkum hafsvæðum. Annars vegar vestan Faxaflóa, í Irmingerhafi, og hins vegar í miðju Íslandshafi. Í erindinu verður fjallað um helstu niðurstöður þessara verkefna.

Vöktun jökla með ArcticDEM landlíkönum

Tómas Jóhannesson¹ & Joaquín M. C. Belart²

¹ Veðurstofa Íslands, Bústaðavegi 7-9, 108 Reykjavík

² Landmælingar Íslands og Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugata 7, 101 Reykjavík

Jöklar á norðurslóðum hörfa nú flestir og þynnast og eru jöklabreytingar einhver skýrasta vísbending um loftslagsbreytingar á jörðinni af mannavöldum. Vöktun jöklabreytinga er mikilvægur þáttur í vöktun umhverfisbreytinga á Íslandi og tengist m.a. breytingum á náttúruvá við jökulsporða en þynning jökla getur valdið aukinni hættu á skriðuföllum úr nærliggjandi hlíðum. Skriður niður á jökla geta teygt sig niður í jökullón og valdið skyndilegum jökulhlaupum en sporðlón hafa myndast og stækkað við marga jökla samfara hörfun þeirra á síðustu áratugum. ArcticDEM landlíkön gefa kost á að fylgjast með breytingum á yfirborðshæð jökla landsins, bæði með samanburði við eldri landlíkön og með samanburði ArcticDEM landlíkana frá mismunandi tímum. ArcticDEM verkefnið, sem felur í sér endurtekna gerð landlíkana á grundvelli bandarískra gervihnattamynda, hófst í formennskutíð Bandaríkjanna í Norðurskautsráðinu 2015–2017 og hefur verið fram haldið eftir að því tímabili lauk. Verkefnið mun halda áfram að skila landlíkönum af Norðurskautssvæðinu næstu árin og gefa þau kost á að útbúa tímaraðir af yfirborðshæð jökla og greina hæðarbreytingar í mikilli upplausn. Veðurstofan, Landmælingar Íslands og Polar Geospatial Center í Bandaríkjunum vinna saman að ArcticDEM landlíkönum af Íslandi og greiningu jöklabreytinga á grundvelli þeirra. Í tengslum við formennsku Íslands í Norðurskautsráðinu 2019–2021 hefur íslenska ríkisstjórnin lagt til samstarf Norðurskautsþjóða við rannsóknir á jöklabreytingum með ArcticDEM landlíkönum. Að samstarfinu koma nokkrir háskólar og vísindastofnanir á Norðurskautssvæðinu, m.a. þær bandarísku stofnanir sem standa að ArcticDEM verkefninu.

Hvaða afleiðingar hefur hröð hörfun skriðjökla á stöðugleika fjallshlíða? - Slope stability above the fast retreating outlet glaciers in Iceland.

Þorsteinn Sæmundsson^{1,4}, Jón Kristinn Helgason², Daniel Ben-Yehoshua³, Bergur H. Bergsson², Benedikt Ófeigsson², Eyjólfur Magnússon⁴, Ásta Rut Hjartardóttir⁴, Joaquín Muñoz Cobo Belart^{4,5}, Harpa Grímsdóttir², Gro Birkefeldt Møller Pedersen⁴, Finnur Pálsson⁴, Páll Einarsson⁴, Snævarr Guðmundsson⁶ & Halldór Geirsson⁴

¹ Land- og ferðamálafræði, Líf- og umhverfisvísindadeild Háskóla Íslands, Sturlugata 7, Reykjavík, (steinis@hi.is)

² Veðurstofa Íslands Bústaðarvegur 9, Reykjavík.

³ Svarmi, Árleyni 22, Reykjavík.

⁴ Jarðvísindastofnun, Háskóla Íslands, Askja, Reykjavík.

⁵ Landmælingar Íslands, Stílliholt 16-18, Akranes.

⁶ Náttúrustofa Suðausturlands, Litlubrú 2, Höfn, Hornafjörður.

One of the most visible consequences of temperature rise in Iceland during the 20th and 21st centuries are fast retreat and thinning of outlet glaciers and thawing of mountain permafrost. The consequences of this retreat are often unstable mountain slopes surrounding the outlet glaciers, both in loose sediments and bedrock, and not least formation of proglacial lakes in front of the rapidly retreating ice margins.

Such conditions can become extremely hazardous for all infrastructure and not least for the rapidly increasing tourism in the vicinity of the lakes, but this natural hazard scenario has until recently received little attention in Iceland.

During the last five decades several mass movements of various size and origin have been observed to have fall on outlet glaciers in Iceland. These mass movements occurred into two periods. The former around 1970 and the second one starting around 2000 and is still ongoing. Both of these periods are characterized by warmer climate and accelerated glacial retreat. The largest mass movements in these periods were a rock slide onto the Steinsholtsjökull outlet glacier in January 1967, which caused a GLOF, rock slide on the Jökulsárgilsjökull outlet glacier in 1972 and a rock avalanche onto the Morsárjökull outlet glacier in 2007.

Newly discovered fractures above several outlet glaciers in Iceland, such as in the Svínafellsheiði mountain slope above the Svínafellsjökull outlet glacier; above the northeastern side of the Morsárjökull outlet glacier and the mountain slope north of the Tungnakvíslarjökull outlet glacier, clearly show that today the retreat and thinning of glaciers are affecting the slope stability.

These discoveries highlight the urgent need for studying the rapid environmental changes occurring today in proglacial landscapes in Iceland and the likelihood of the consequences of large slope failures and possible GLOFs.