

Potað í Kötlu: Bræðsluborun í sigketil innan Kötluöskjunnar

Þorsteinn Þorsteinsson, Tómas Jóhannesson, Bergur Einarsson og Vilhjálmur Kjartansson
Veðurstofu Íslands, Bústaðavegi 9, Reykjavík

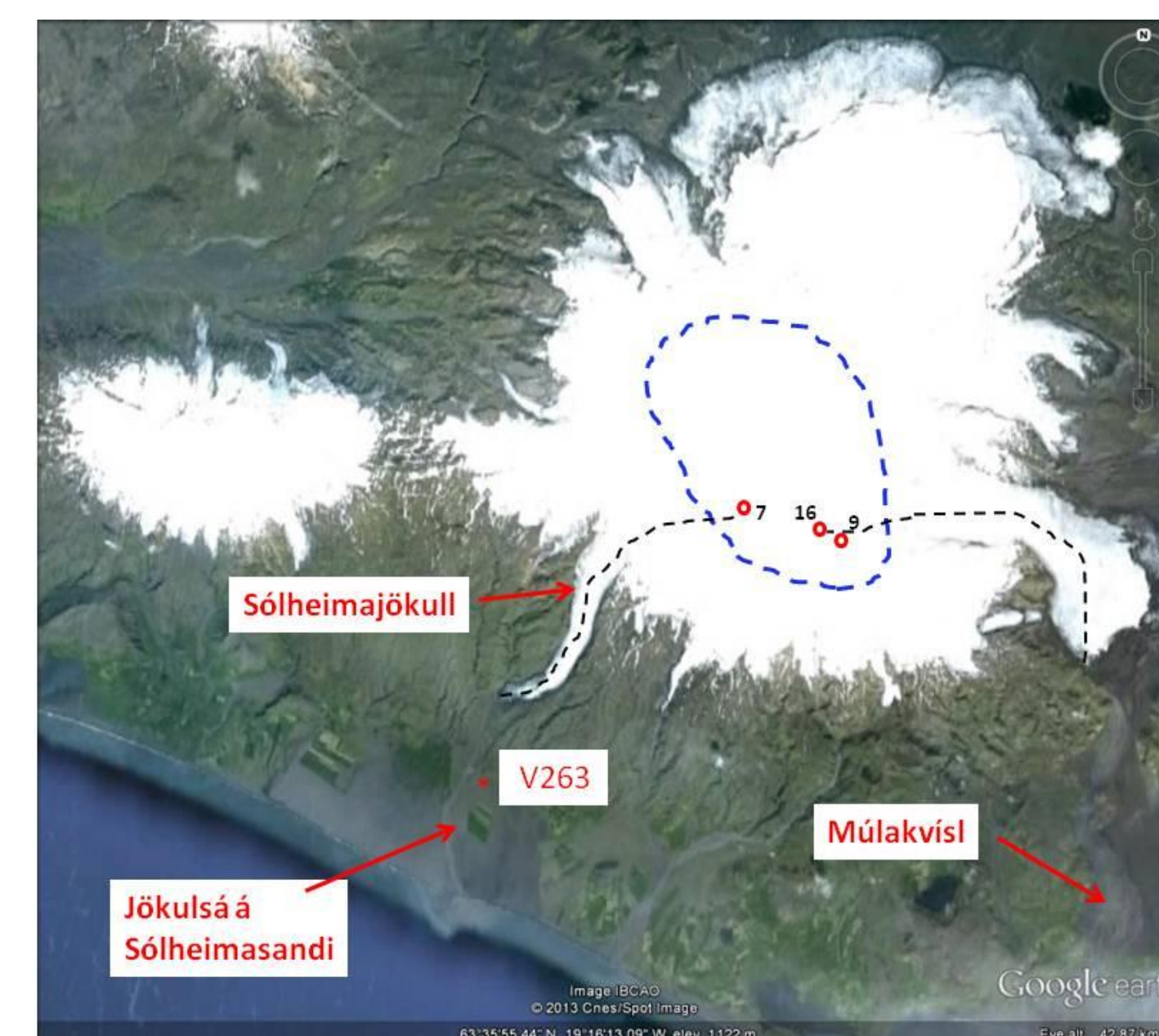


Inngangur

Brúna á Múlakvísl tók af í skyndilegu hlaupi aðfaranótt 9. júlí 2011. Þessi atburður beindi á ný sjónum manna að þeirri hættu sem stafað getur af vatnssöfnun undir sigkötlum þeim, sem reglulega verður vart við innan Kötluöskjunnar. Hlaupin eru vitanlega smáræði eitt miðað við hin stóru Kötluhlaup, en hin minni hlaup geta þó skapað verulega hættu og þau virðast síður gera boð á undan sér með skjálftavirkni, enda er ekki víst að þau tengist kvikuhreyfingum í jarðskorpunni. Því hefur verið hugað að möguleikum á að koma upp vöktunarstöðvum í þeim sigkötlum, sem eru líklegastir upptakastaðir hlaupa í Múlakvísl og Jökulsá á Sólheimasandi.

Vegagerðin veitti á árinu 2013 styrk til könnunarverkefnis með eftirfarandi markmið:

1. Athugun á möguleikum þess að koma bræðslubor og tilheyrandi þungaflutningi inn á sigketil þann í Mýrdalsjökli, sem hlaupið 2011 kom úr. Hrun varð í katlinum við hlaupið (Mynd 5) en vonast var til að yfirborðið hefði jafnast út vorið 2013 af völdum snjókomu og ísskriðs.
2. Prófun bræðslubors í katlinum. Ísþykktin er rúmir 300 metrar og ekki sjálfgefið að bora hindrunarlaust gegnum ís, sem bramlast hefur jafn mikið og sjá má á Mynd 5. Auk þess mátti búast við að gjóskulagið úr Kötlu 1918 yrði til mikils trafala, ef borinn lenti á því.
3. Mælingar á borholuvidd, vatnsþrýstingi og hita, auk sýnatöku ef vatnssöfnun væri í gangi við botn ketilsins vorið 2013.
4. Prófanir á þráðlausum hita- og þrýstingsnema sem komið væri fyrir á jökulbotni og sendi gögn til yfirborðs. Sjá Mynd 11. Þar sem ferðatími hlaupvatns frá katli 16 niður að brúnni á Múlakvísl er talinn vera innan við 2 klst. væri mjög æskilegt að hafa í katlinum vöktunarstöð sem sendi viðvörðun um leið og hlaup hæfist.



Mynd 1. Gervihnattarmynd af Mýrdalsjökli og nágrenni. Lega þriggja þekktara katla er sýnd og notast við númerakerfi Jarðvísindastofnunar. Sýnd er áætluð rennislísið hlaupsins í Múlakvísl í júlí 2011 og einnig upptök hlaupsins, sem kom í Jökulsá á Sólheimasandi 18. júlí 1999. Útlínur Kötluöskjunnar eru dregnar inn á myndina.



Mynd 2. Flugsýn úr austri yfir Mýrdals- og Eyjafjallajökla. Katlarnir í suðausturhorni Kötluöskjunnar sjást greinilega. Myndin er tekin árið 2003. Ljósmynd: Oddur Sigurðsson.



Mynd 3. Flugsýn yfir katla nr. 16 og 9 tveim dögum eftir Múlakvíslarhlaupið 2011. Jökullinn er dökkur af gjósku úr Grímsvatnagösinu seint í maí sama ár. Ljósmynd: Oddur Sigurðsson.



Mynd 4. Flugsýn yfir brúarstæðið á Múlakvísl, daginn eftir hlaupið 2011. Ljósmynd: Gunnar Sigurðsson.



Mynd 5. Flugsýn yfir hrunketilinn sem myndaðist þegar hljóp undan katli 16 í Múlakvísl. Ljósmynd: Reynir Ragnarsson.

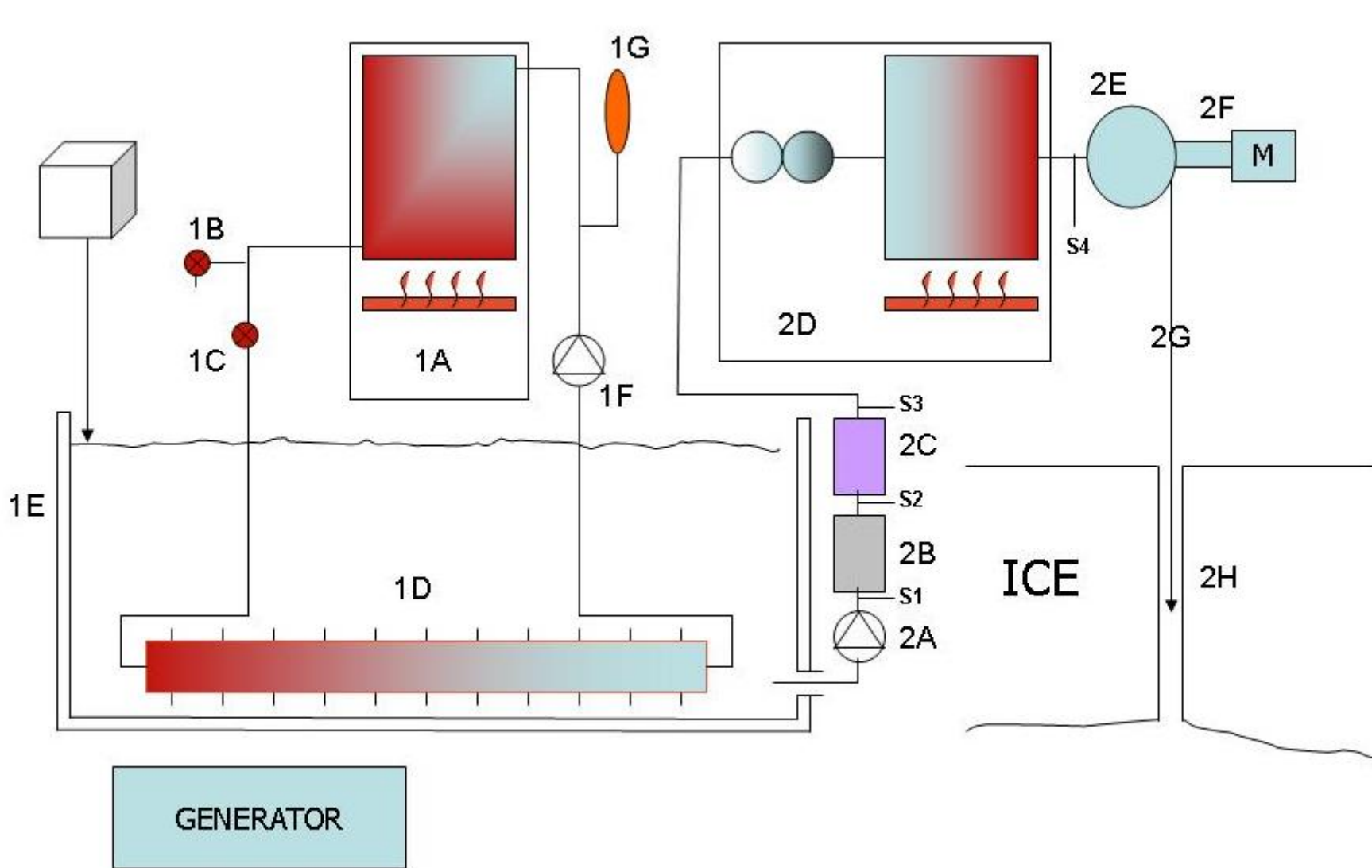
Þess skal getið að ekki varð þess vart að Kötlu brygði við, þegar borspjótið náði í gegnum jökulinn. Er því talið óhætt að reyna borun á ný þegar færi gefst.

Gangur borverkefnis

Övenjur mikil snjálög voru á Mýrdalsjökli vorið 2013 en með aðstoð snjóbíls tókst að koma bræðslubornum inn í Múlakvíslarketilinn (ketil nr. 16 í númerakerfi Jarðvísindastofnunar). Svæðið umhverfis ketilinn og innan hans var hættulaust yfirferðar og hvernig varð vart við sveigðum umhverfis ketilinn né strompinn, sem myndaðist við hrunið 2011. Borun hófst um miðjan dag 15. maí og lauk fyrir miðnætti.

Svo sem Mynd 5 gefur til kynna mátti búast við að ísinn undir katlinum væri nokkuð brotinn og bramlaður og því hættu á að borspjótið lenti í vatnsfylltum sprungum og gímöldum. Borun gekk þó mjög greiðlega og náði botni á um 320 m dýpi á aðeins 7 klst. Ekki varð vart við Kötluhlagið 1918, sem sennilega hefur færst alla leið niður á jökulbotn á ketilsvæðinu vegna hinnar öflugu bráðunnar að neðan.

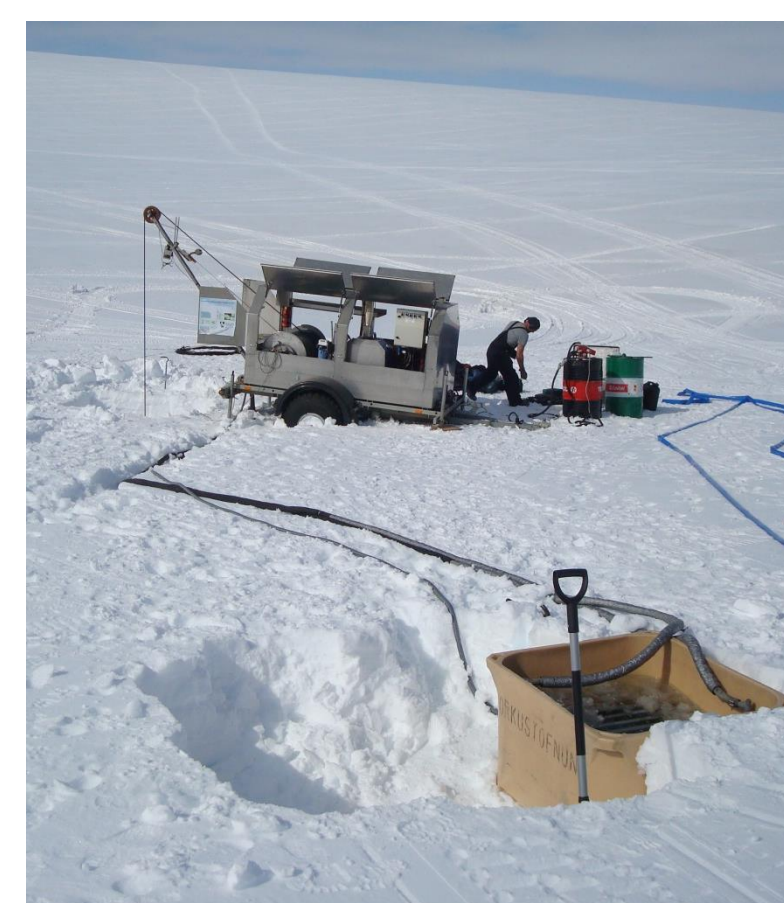
Meðan á borun stendur er stöðugt sprautað vatni í borholuna auk þess sem leysingarvatn sigur inn í hana í 10-20 m hjarnlagi ofan hins þetta jökulíss. Var því vatnsborð í borholunni á um 11 m dýpi meðan á borun stóð. Örugg vísbending um að botni væri náð fékkst þegar vatnsborð í holunni féll skyndilega niður á 70 m dýpi. Bendir það til lítils vatnsþrýstings við botn og raunar til að ekki hafi verið vatnsgeymir undir katlinum þegar borað var, því lónvatn í þrýstingnum við ísinn hefði þrýst vatni upp í um 35 m dýpi í holunni.



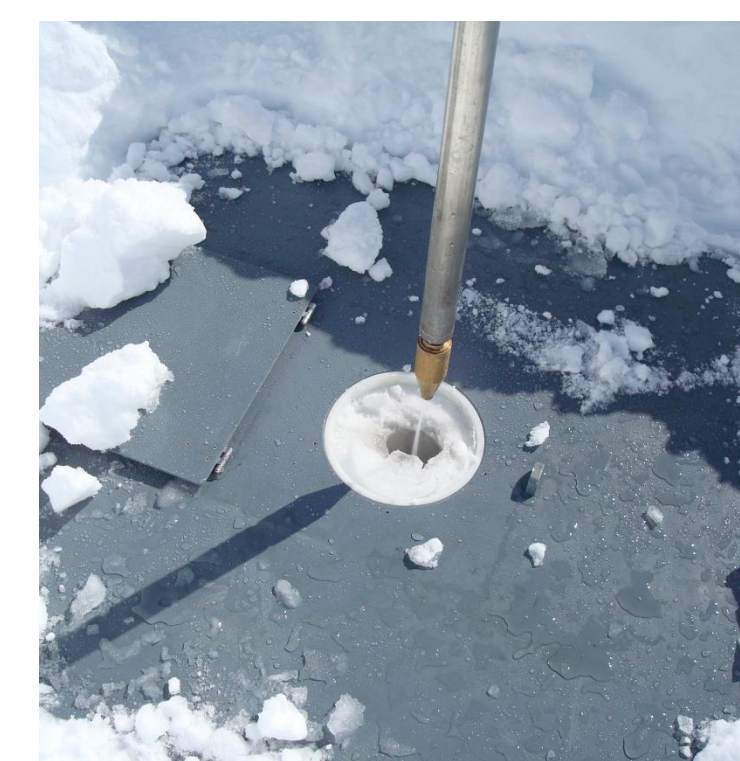
Bræðsluborinn

Frostlagarblanda er hituð í olíu- og knúnum kyndara og dæla hring-sólár blöndunni um slöngur milli kyndarans og varmaskiptis í bræðslukari. Í karinu eru 1.2 m³ af snjó bræddir á klst við full afköst. Bræðsluvatnið er svo leitt inn í borkerfið þar sem það er hitað að suðumarki. Ef ætlunin er að safna sýnum til örverugreininga í lónvatni undir jökli er borvatnið leitt gegnum siur og UV-geislalampa og þar með gerilsneytt.

Háþrýstidæla við 100-150 bör dælir borvatninu um 4-600 m langa slöngu og loks út um 4 m langt málmspjót, 4 cm breitt, sem bræðir sig niður í jökulísin.



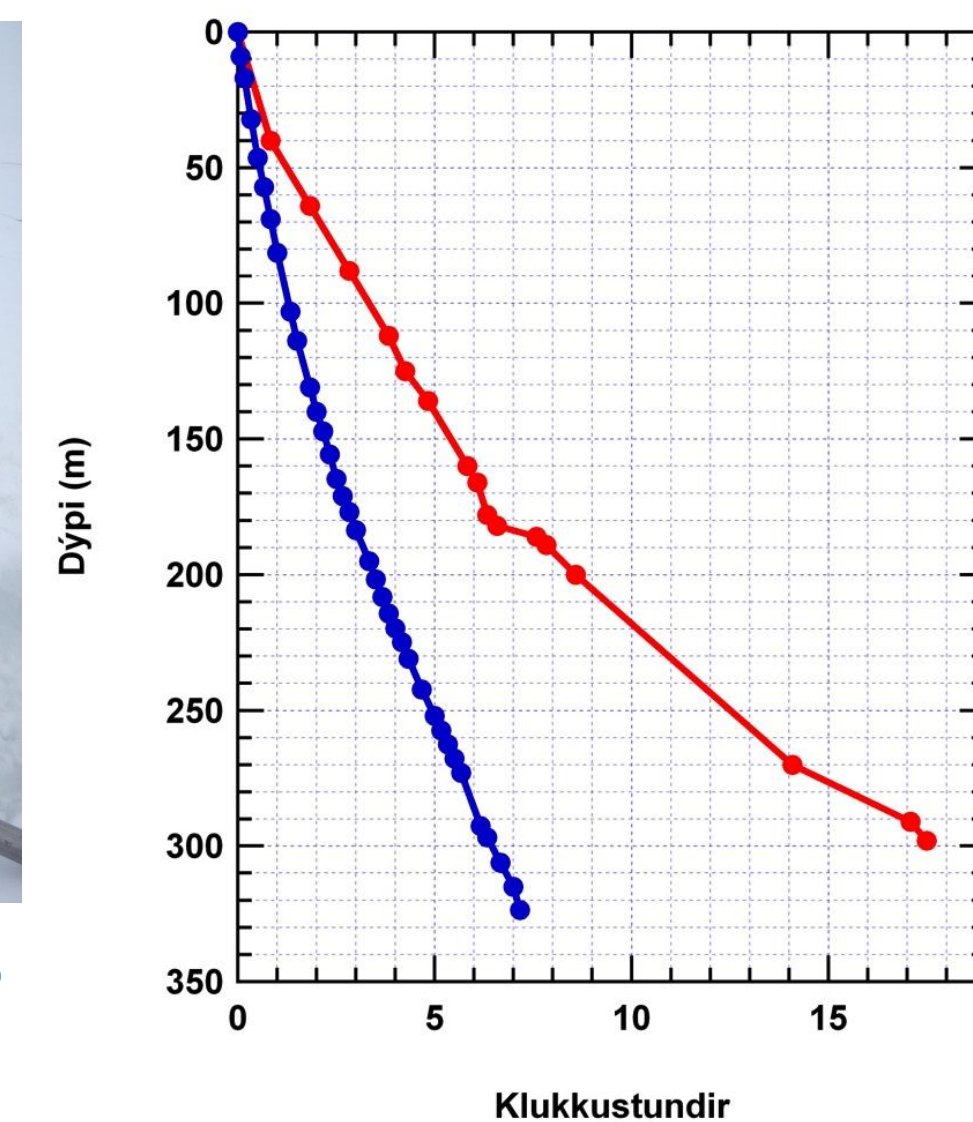
Mynd 6. Bræðsluborun í gangi.



Mynd 7. Borspjótið.



Mynd 8. Hólkur með hitamælum tilbúinn til notkunar í holunni.



Mynd 9. Gangur borunar í Mýrdalsjökulskatlinum (blár ferill) borinn saman við borhraðann í Vestari Skaftárkatli 2006 (rauður ferill).

Mynd 10. Borspjótið (rautt) hefur hér farið í gegnum vatnsfyllt holrými og hníkast frá lóð-réttri stefnu.

Ekki er tryggt að önnur tæki hitti á neðri holuna þegar þeim er slakað niðurávið.

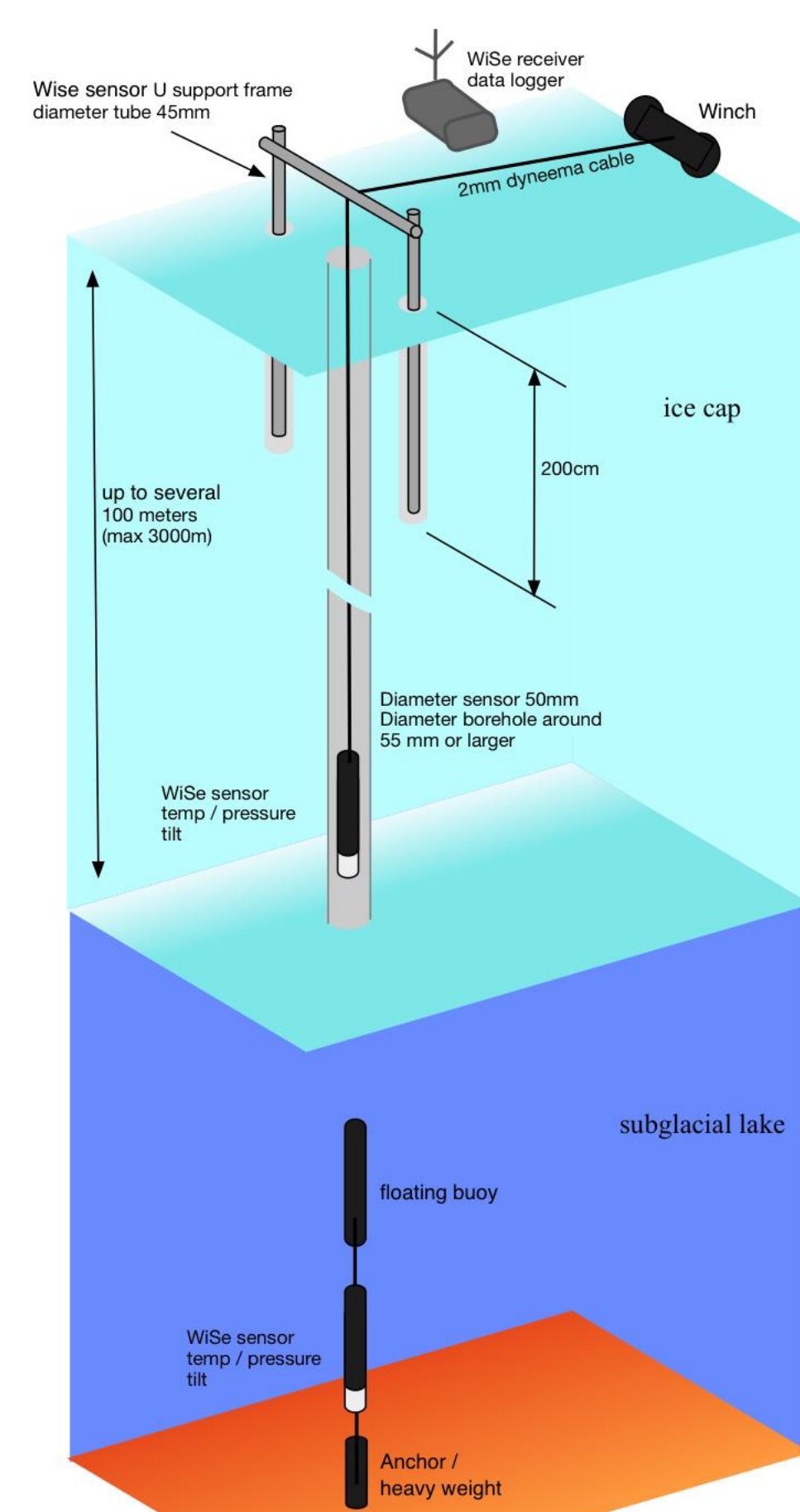
Næstu skref

Eins og að ofan greinir væri mjög æskilegt að hafa vöktunarbúnað í kötlunum á Mýrdalsjökli, sem varað gæti við snöggri lækun vatnsborðs um leið og jökulhlaup hefist. Þar með gæfist auknið ráðrúm til að rýma þjóðveginn og vara við yfirvofandi hættu.

Búnaður, sem þróaður hefur verið við Utrechtháskóla í Hollandi er sérstaklega áhugaverður í þessu samhengi. Um er að ræða hita- og þrýstiskynjara sem hefur þráðlaus samskipti við móttökubúnað á yfirborði (Wireless Sensor, WiSe, - sjá Mynd 11).

Hætt var um sinn við að reyna að koma þessum tækjabúnaði fyrir í Mýrdalsjökulskatlinum af ástæðum, sem raktar voru að ofan. Er því verið að huga að möguleikum á að bora í Eystri Skaftárketilinn í Vatnajökli og koma þar fyrir tæki af þessari gerð. Um þessar mundir (nóvember 2013) eru nær 3.5 ár liðin frá síðasta hlaupi úr eystri katlinum og er það eitt lengsta hlaupahlé þess ketils. Má því búast við að hlaupið verði stórt, auk þess sem aðstæður verða ákjósanlegar til borunar fram að hlaupinu. Nokkrar ástæður þess að Eystri Skaftárketill er kjörinn til prófana á WiSe búnaðinum eru raktar að neðan:

1. WiSe skynjarinn er nýlega þróað mælitæki sem gefur mikla möguleika á að fylgjast með jökulhlaupum og eldvirkni undir jökli hér á landi í framtíð, ef vel tekst til.
2. Annar búnaður sem nú er tiltækur á og við vestanverðan Vatnajökul (frá 2013) gefur sérlega áhugavert tækifæri til þess að prófa WiSe skynjarann, því þrýstings- og hitamælingar í lóninu er unnt að setja í samhengi við margar aðrar mælingar á hinu komandi jökulhlaupi.
3. Möguleikar eru á því að hafa samskipti við WiSe skynjarann um gervihnött án þess að til þess þurfi rafmagnsframleiðslu með sólarrafhlöðu eða vindmyllu.
4. WiSe skynjarinn getur verið tiltækur í lónum undir jökli þar sem honum hefur verið komið fyrir án þess að reka þurfi yfirborðseininguna samfellt um langt árabíl. Ef upp kemur þörf á að fylgjast með lóni þar sem skynjara af þessari gerð hefur verið komið fyrir er unnt að flytja yfirborðseininguna á sinn stað og byrjar hún þá strax að senda mælingar á þrýstingi og hita um gervihnött til byggða.



Mynd 11. Wireless Sensor búnaðurinn

Skynjara og sendibúnaði á jökulbotni er komið fyrir í sálfningi, sem er 50 mm að þvermáli og 300 mm að lengd og þolir þrýsting undir meira en 1000 m þykku jökli. Búnaðinn á yfirborði má snjó á kaf yfir veturinn og getur hann sent merki sitt til ARGOS gervihnattarins upp í gegnum nokkurra metra þykkan snjó.

Móttökubúnaðurinn á yfirborði, sem tekið er með 30 MHz rafsegulbylgjum en sending til gervihnattarins nýtir 400 MHz tíðni. Búnaðinn á yfirborði má snjó á kaf yfir veturinn og getur hann sent merki sitt til ARGOS gervihnattarins upp í gegnum nokkurra metra þykkan snjó.

Samskiptin milli jökulbotns og yfirborðs eru með 30 MHz rafsegulbylgjum en sending til gervihnattarins nýtir 400 MHz tíðni. Búnaðinn á yfirborði má snjó á kaf yfir veturinn og getur hann sent merki sitt til ARGOS gervihnattarins upp í gegnum nokkurra metra þykkan snjó.

Þakkið

Styrkur úr Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar gerði kleift að ráðast í prófunarleiðangurinn á Mýrdalsjökli 15.-17. maí 2013.

Vegagerðin lagði einnig á sínum tíma fram styrki til smíði bræðsluborsins og til borana og tengdra verkefna í Skaftárkötlum 2006-2009.

Aðrir styrkveitendur og velunnarar þessara verkefna:

RANNÍS
Landsvirkjun
Kvískerfjasjóður
Jökularannsóknafélag Íslands
NASA Astrobiology Institute
Hawaii-háskóli
FutureVolc

Verkefnið var samtengt rannsóknum á Mýrdalsjökulskötlinum á vegum Eyjólf Magnússonar (Norræna eldfjallasetrinn) og Magnúsar Tuma Guðmundssonar (Jarðvísindastofnun Háskólans). Einnig var samfellt við árlegan afkomumælingaleiðangur á vegum Jökularannsóknafélagsins. Sérstakar þakki eru færðar Magnúsi Þór Karlssyni.