

JARÐFRÆÐAFÉLAG ÍSLANDS

YFIRLIT OG ÁGRIP

VEGGSPJALDARÁÐSTEFNA

28. APRÍL 1992

Haldin í Norræna Húsinu, Reykjavík.

VORRÁÐSTEFNA JARÐFRÆÐAFÉLAGS ÍSLANDS 1992

Norræna húsinu 28. apríl kl. 13-17

Ágúst Guðmundsson, Leó Kristjánsson og Hreinn Haraldsson:
Jarðlagasnið inn eftir Mjóafirði og Seyðisfirði.

Árný Erla Sveinbjörnsdóttir:
AMS 14C aldursgreiningar. Samvinna við Árósháskóla.

Bryndís Róbertsdóttir:
Þrjú forsöguleg gjóskulög frá Heklu, HA, HB og HC.

Bryndís Róbertsdóttir:
Forsöguleg gjóskulög frá Kötlu, áður nefnd "K5000".

Edda Lilja Sveinsdóttir:
Smásjarrannsóknir á steinsteypu.

Elsa Vilmundardóttir, Ingibjörg Kaldal og Freysteinn Sigurðsson:
Jarðfræðikortagerð á Orkustofnun í mælikvörðunum 1:25.000 - 1:100.000 í samræmdum staðli.

Freyr Þórarinnsson og Ingi Ólafsson:
Rætur Íslands.

Geirfinnur Jónsson og Leó Kristjánsson:
Flugsegulmælingar Raunvísindastofnunar Háskólans 1990-1992.

Georg Douglas:
Mn- Fe- og Si-veðrunarhúðir á bergflötum og í sprungum.

Gestur Gíslason:
Leysni magnesíum-silífkata í heitu vatni.

Guðmundur Ómar Friðleifsson:
Jarðlög, jarðhiti og ummyndun í Ölfusi.

Guðmundur Ómar Friðleifsson:
Jarðlög, jarðhiti og ummyndun í Reykjavík.

Guðrún Larsen:
Gjóskulagið úr Heklugosinu 1158.

Guðrún Larsen og Elsa Vilmundardóttir:
Tvílit gjóskulög austan Heklu: H-x, H-y og H-z.

Guðrún Sverrisdóttir:
Lagskipting í kvikuhólfi Heklu.

Guðrún Sverrisdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson:
Magnesíum-silífköt, athugun á útfellingum í hitaveitum.

Haraldur Auðunsson:
Segulsviðið á Íslandi á þjóðveldisöld.

Haraldur Ásgeirsson:
Sammölun kísilryks við sement, 10 ára reynsla.

Haukur Jóhannesson, Kristján Sæmundsson, Sigmundur Einarsson og Árný Erla Sveinbjörnsdóttir:

Úr sögu hrauna ofan Hafnarfjarðar.

Hildur Jóna Gunnarsdóttir og Þorsteinn Jóhannsson:

Berggreiningarkerfi RB.

Hjalti Franzson:

Sprungukortlagning á Vesturlandi.

Jens Tómasson:

Elliðaáarsvæðið, eðli og viðbrögð svæðisins við vinnslu.

Jóhann Helgason:

Aldursgreining Þvergarðs á Seltjarnarnesi með aðstoð gjóskulaga.

Jóhann Helgason og Bob Duncan:

Skaftafell: jarðlagaskipan, bergsegulstefna og K-Ar aldursgreiningar.

Kristján Jónasson:

Myndun þróaðs bergs í Kröflu.

Magnús Sigurgeirsson:

Gjóskugos við Reykjanes á 13.öld.

Margrét Hallsdóttir:

Yfirlit um gróðurfarssögu Norðurlands.

Páll Einarsson:

Jarðskorpuhreyfingar á Íslandi ákvarðaðar með GPS-landmælingum 1986-1991.

Páll Theódórsson:

C-14 aldursgreining, ný tækniviðhorf - stofnun íslenskrar aldursgreiningastofu.

Sigfús J. Johnsen og Árný Erla Sveinbjörnsdóttir:

Djúpboranir í Grænlandsjökul.

Sigurður Reynir Gíslason, David R. Veblen, Kenneth J. T. Livi og Peter J. Heany:

Kalsedón: tegund kristalla, stærð þeirra og leysni.

Sigurður Steinþórsson og Örn Helgason:

Maghemít í íslensku basalti.

Trausti Hauksson:

VDATA, forrit fyrir notendur jarðhita.

Jarðlagasnið og bergsegulmælingar í Mjóafirði og Seyðisfirði

ÁGÚST GUÐMUNDSSON

Jarðtæknistofan h.f.

LEÓ KRISTJÁNSSON

Raunvísindastofnun Háskólans

HREINN HARALDSSON

Vegagerð Ríkisins

Vegagerð ríkisins lætur nú kanna jarðlög með tilliti til gerðar jarðganga til samgöngubóta milli byggða á Austurlandi. Er nýkomin út um þá könnun skýrsla Jarðtæknistofunnar h.f. og Vatnsorkudeildar Orkustofnunar (OS92006/VOD-01).

Í nánnum tengslum við þetta verkefni er unnið að kortlagningu hraunlaga og sýnasöfnun til bergsegulmælinga á samsettu sniði eftir Mjóafirði, frá Dalatanga og upp á Mjóafjarðarheiði. Tilgangur kortlagningarinnar er meðal annars sá að

- a) kanna jarðsögu svæðisins, sem lítt hefur verið rannsökuð áður
- b) rannsaka eðli segulsviðs jarðar fyrir 10-13 milljón árum.

Á árunum 1989-91 voru boruð sýni úr um 250 lögum m.a. við Dalatanga, í Tóarfjalli, við Hesteyri og Hvítár í Mjóafirði, svo og í Mjóafjarðará og í Strandartindi við Seyðisfjörð. Útivistu í þessu verkefni mun væntanlega ljúka sumarið 1992 með söfnun úr 60-80 lögum, einkum sunnan við Seyðisfjörð. Fyrirnefnd segulmælinga- snið spanna nokkurn veginn sama tímabil og sniðin G, H, A, B, C og D (frá Gerpi og inn eftir Norðfirði) úr grein Watkins og Walker (1977). Þau munu ná upp í E- snið Watkins og Walker : neðst í því hefst löng rétt segulmögnuð syrpa ("Anomaly 5") sem einnig kemur fyrir við Reyðarfjörð (Jóhann Helgason 1982). Ummyndun er ekki mikil, og bergið hefur reynst mjög heppilegt til segulmælinga. Tekin eru 4 sýni úr hverju lagi, og fást því traustari niðurstöður en hjá Watkins og samstarfsmönnum sem aðeins tóku tvö sýni úr hverju lagi.

Jarðlagahalli á svæðinu kringum Mjóafjörð er 5 - 8° til VSV eða SV við sjávarmál, og minnkar með hæð um 1 - 1.5° á hverja 200 m. Það er athyglisvert að mesta hallann er þar ekki að finna austast við ströndina, heldur inn til landsins. Við botn Seyðisfjarðar er aðeins 2 - 3° halli. Súrt og ísúrt berg er einkum á tveim stöðum : það eldra er við Dalatanga, og er tengt Barðneseldstöðinni sem er að mestu úti í sjó. Það yngra er innanvert í fjörðunum og tengist megineldstöðinni í Reyðarfirði. Því fylgja allþykk set. Af hraunasyrpum, sem að líkindum liggja inn á svæðið sunnan að, má nefna Hólma- olivínbasaltsyrpuna efst í fjöllum norðan Mjóafjarðar, og Vindhálsdílalbergs- syrpu neðar. Elsta berg á Dalatanga er að líkindum lítið eitt yngra en í Gerpi.

Vísindasjóður og Rannsóknasjóður H. Í. hafa styrkt þessar rannsóknir.

AMS ^{14}C aldursgreiningar. Samvinna við Árósháskóla.

Árný Erla Sveinbjörnsdóttir, Raunvísindastofnun Háskólans, Dunhaga 3, 107 Reykjavík.

Árið 1987 komst á samvinna milli Raunvísindastofnunar Háskólans og Árósháskóla um aldursgreiningar með geislakoli. Tandem-hraðli háskólans í Árósum hafði þá nýlega verið breytt þannig að hægt væri að mæla með honum styrk ^{14}C samsætunnar. Þessi nýja mæliaðferð nefnist hraðalmassagreining (acceleratormassspectrometry - AMS). Meginkostur þessarar nýju aðferðar til mælingar á geislakoli er sá að nú er hægt að aldursgreina mjög lítil sýni, eða um 1000 sinnum minni sýni en hægt er með hinni hefðbundnu aðferð. Eins má nefna að hver aldursgreining tekur mjög skamman tíma eða um eina klukkustund. Þróun hraðalsins í Árósum til að mæla ^{14}C hefur verið í gangi síðastliðinn 5 ár og á þeim tíma hefur fjöldi aldursgreininga verið gerður í samvinnu við jarðfræðinga, jarðeðlisfræðinga og fornleifafræðinga. Íslendingar hafa tekið virkan þátt í uppbyggingu aðstöðunnar og árið 1988, var byggð á Raunvísindastofnun, með hjálp frá Vísindasjóði, kolefnisfrí lofttæmilína til að útbúa sýni til mælinga á tandemhraðlinum í Árósum. Alls hafa verið útbúin 277 íslensk sýni (bæði óþekkt sýni og staðlar) til mælinga í Árósum. Uppbyggingu aðstöðunnar þar er nú lokið og starfsemin komin á fastan grunn með 17 M kr. styrk frá dönsku vísindasjóðunum í mars síðastliðnum. Með þessari styrkveitingu opnast nú möguleikar til að aldursgreina sýni fyrir stærri hóp vísindamanna, en þar sem hér er um mjög dýrar mælingar að ræða mun hver mæling kosta um 30.000 íslenskar krónur. Enn eru þó möguleikar fyrir okkur Íslendinga á samvinnu um aldursgreiningar við Árósmenn því Raunvísindastofnun Háskólans mun sjá um $\delta^{13}\text{C}$ mælingar allra sýna sem koma inn til aldursgreininga í Árósum og sem borgun fyrir það fáum við aldursgreind íslensk sýni.

Hægt er að flokka í þrennt þau samstarfsverkefni, sem hingað til hefur verið unnið að:

- 1) rannsóknir á íslensku veðurfari á síðjökultíma, með mælingum á Reykjavíkursvæðinu (m.a. Fossvogi), Markarfljótsaurum og í Borgarfirði
- 2) rannsóknir á jarðfræðilega mikilvægum atburðum, þar sem sýnin eru gjarnan svo lítil að þau verða ekki aldursgreind nema með AMS aðferðinni. Hér má nefna aldursgreiningar á hraunum frá Reykjanesskaga og umhverfis Heklu
- 3) rannsóknir á grunnvatni, þar sem þess er freistað að nota kolefnissamsætur til að kortleggja grunnvatnsstreymi, fblöndun CO_2 úr kviku og bergi og aldur grunnvatns

**GJÓSKULAGATÍMATAL
FYRIR SUÐURLANDSUNDIRLENDI**

**ÞRJÚ FORSÖGULEG GJÓSKULÖG FRÁ HEKLU,
HA, HB OG HC**

**Bryndís G. Róbertsdóttir
Félag íslenskra náttúrufræðinga**

Við gerð gjóskulagatímatala fyrir Suðurlandsundirlendi er byggt á leiðarlögum sem finna má á stórum hluta svæðisins. Flest leiðarlaganna eru ættuð frá Heklu. Þeirra þekktust eru H-3, H-4 og H-5, sem öll hafa mikla útbreiðslu á landsvísi (Guðrún Larsen & Sigurður Þórarinnsson 1978). Hér verða kynnt þrjú forsöguleg gjóskulög frá Heklu, sem nýtast sem leiðarlög á stærstum hluta Suðurlandsundirlendis. Þau hafa verið nefnd HA, HB og HC (Bryndís G. Róbertsdóttir & Haukur Jóhannesson 1986). Gjóskulögin eiga það sameiginlegt að vera tvílit, neðri hlutinn gulbrúnn, en sá efri dökkgrár.

Í sniðum eru lögin þrjú nokkru ofan við H-3. Sigurður Þórarinnsson (1964) lét aldursgreina viðarkol úr brúnu vikurlagi í Rangárbotnum, sem reyndust um 2800 ára gömul. Flest bendir til að vikurlag þetta sé HC. Aldursgreiningar hafa ekki verið gerðar á HA og HB, en aldur þeirra áætlaður út frá jarðvegsþykktum frá HC að Landnámslagi. Slík áætlun gefur aldurinn 2400-2600 ár fyrir HA og 2720-2760 ár fyrir HB.

Þykktarás HC liggur í norðnorðvestur frá Heklu yfir afrétti Árnassýslu. Þykktarás HB liggur í norðvestur yfir ofanverða Hreppa og Biskupstungur.

Bráðabirgðakort yfir útbreiðslu HA sýnir að þykktarásin liggur í vestur frá Heklu, beint út á Reykjanesskaga (1. mynd). HA er eitt mikilvægasta leiðarlagið á láglandi í Rangárvallasýslu og um neðanverða Árnassýslu, því HB og HC finnast þar aðeins í litlum mæli. Sama má segja um Reykjanesskagann, því HA er þar eitt af þremur ljósum leiðarlögum, um 1,0-2,0 cm þykkt og finnst einkum á honum sunnanverðum (Magnús Á. Sigurgeirsson 1992). HA sést vel í Mosfellssveit, Kjalarnesi, Kjós og um norðanverðan Hvalfjörð, en lengra eru mælingar ekki komnar. Litaskiptin í HA sjást einna best næst Heklu, en þegar kemur nokkuð frá fjallinu, er lagið blanda af ljósum og dökkum kornum. Segja má að sú blanda sér frekar einkennandi fyrir þetta lag, á meðan HB og HC eru áberandi tvískipt.

Greinilegt er, að H-3 hefur lengi verið ruglað saman við HA á Reykjanesskaga og Reykjavíkursvæðinu. Vesturjaðar H-3 hefur verið teygður vestur fyrir Reykjavík (Guðrún Larsen & Sigurður Þórarinnsson 1978), en hann nær ekki svo langt. H-3 finnst hvorki í Ölfusi né í Mosfellssveit, svo ólíklegt er að það finnst út á Reykjanesskaga sem ljóst gjóskulag. Það ber einnig að athuga að vesturjaðar H-3 er dökkgrár/svartur og erfitt hefur reynt að greina lagið frá Kötulagi sem er fast undir því í Rangárvallasýslu.

Á tímabilinu frá 2900-1800 hafa orðið allt að 10 gos í Heklu, sem hafa skilið eftir sig tvílit gjóskulög. Guðrún Larsen og Elsa G. Vilmundardóttir (1992) hafa fundið að minnsta kosti 6 slík lög á svæðinu norðaustan, austan og suðaustan Heklu. Auk HA, HB og HC á svæðinu vestan, norðvestan og norðan Heklu, hefur fundist vesturjaðar á tvílitu gjóskulagi. Það hefur verið nefnt HD, er rétt undir HC í sniðum og þykktarás þess liggur austan við norður. Ekki hefur enn verið reynt að raða þessum 10 gosum í tímaröð. Því er ekki vitað hvort einhver þeirra séu jafngömul, en þau eru öll frá sama 1100 ára tímabilinu, frá 2900-1800.

Gosin á þessu tímabili virðast vera nokkuð svipuð að stærð. Út frá bráðabirgðakorti af HB hefur verið reiknað rúmmál samanþjappaðrar gjósku og reyndist það vera 0,2 km³. Samsvarandi útreikningar fyrir Hx gefa 0,27 km³, fyrir H-y 0,36 km³ og 0,14 km³ fyrir H-z (Guðrún Larsen & Elsa G. Vilmundardóttir 1992).

Heimildir:

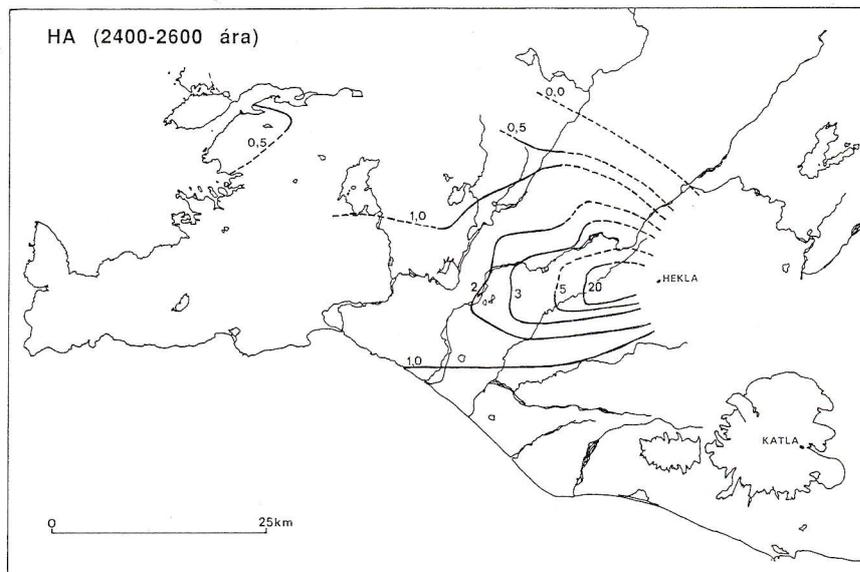
Bryndís G. Róbertsdóttir & Haukur Jóhannesson 1986: Prælagarður í Biskupstungum. Náttúrufræðingurinn, 56, 213-234.

Guðrún Larsen & Elsa G. Vilmundardóttir 1992: Hekla tephra layers from the period 2900-1800 BP: H-x, H-y and H-z. Í: Áslaug Geirsdóttir, Hreggviður Norðdahl & Guðrún Helgadóttir (ritstj.): Abstracts: 20th Nordic Geological Winter Meeting, 7-10 January, Reykjavík 1992, 106. The Icelandic Geoscience Society and the Faculty of Science, University of Iceland, Reykjavík.

Guðrún Larsen & Sig. Þórarinnsson 1978: H4 and Other Acid Hekla Tephra Layers. Jökull, 27, 28-46.

Magnús Á. Sigurgeirsson 1992: Gjóskumyndanir á Reykjanesi. M.S. ritgerð. Háskóli Íslands, 114 bls.

Sigurður Þórarinnsson 1964: Aldur öskulaga. Náttúrufræðingurinn, 34, 113-126.



1. mynd. Bráðabirgðakort af HA (2400-2600 ára).

**GJÓSKULAGATÍMATAL
FYRIR SUÐURLANDSUNDIRLENDI**

**FORSÖGULEG GJÓSKULÖG FRÁ KÖTLU,
ÁÐUR NEFND "KATLA 5000"**

**Bryndís G. Róbertsdóttir
Félag íslenskra náttúrufræðinga**

Á Suðurlandsundirlendi finnast tvö mjög áberandi Kötlulög frá forsögulegum tíma. Þau þekkjast frá öðrum Kötlulögum á svæðinu á þykktinni einni saman. Lögin hafa verið efnagreind í sniðum á Reykjanesskaga og í Sogamýri í Reykjavík og gefa Kötlusamsetningu (Magnús Á. Sigurgeirsson 1992).

Á 1. og 2. mynd má sjá bráðabirgðakort af útbreiðslu laganna. Á þeim sést að aðeins er búið að kortleggja hluta laganna, enda ná þau langt út fyrir rannsóknarsvæðið.

Bæði lögin eru vel varðveitt í mýrum á Suðurlandi. Þau eru víðast hvar misþykk, þykkna og þynnast til skiptis. Því hefur orðið að gera fjölda mælinga á hverju lagi, til að fá raunhæfa meðalþykkt á hverjum stað. Þó að lögin virðist misþykk í mýrum, verða þykktir enn óreglulegri á þurrlendissvæðum er nær dregur Kötlunni, því þar hafa þau fokið mikið til, enda mjög þykk í upphafi.

Í sniðum finnast þessi þykku Kötlulög sitt hvoru megin við H-3. Efra Kötlulagið er á milli HC (2800 ára) og H-3 (2900 ára) og reiknaður aldur út frá jarðvegsþykktum er á bilinu 2840-2860 ár. Neðra Kötlulagið er nokkru undir H-3, og miðað við jarðvegsþykktir milli H-3 og H-4, er aldur þess á bilinu 3200-3400 ár.

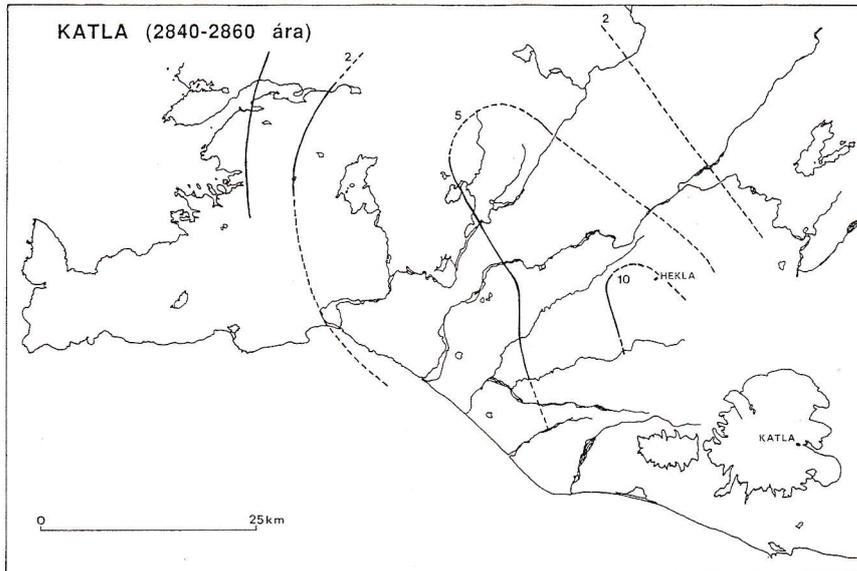
Þorleifur Einarsson (1956) getur þessara laga í frjógreindu sniði úr Sogamýri í Reykjavík. Þar koma fyrir tvö svört gjóskulög og falla þykktir þeirra í Sogamýrinni mjög vel að útbreiðslukortum mínum. Neðra lagið þar nefnir hann K og telur það að öllum líkindum komið frá Kötlunni og fallið fyrir 4-5000 árum. Lag þetta virðist síðan hafa gengið undir nafninu "K 5000" og hefur víða verið getið í greinum síðan. Nokkur hættu er á, að sums staðar hafi því einnig verið ruglað saman við efra Kötlulagið, þar sem frekar stutt er á milli þeirra í sniðum.

Þar sem neðra Kötlulagið er nokkru undir H-3, er ljóst að aldur upp á 5000 ár stenst ekki. Miðað við aldurinn 3200-3400 ár sem fékkst með útreikningum á jarðvegsþykktum milli H-3 og H-4, verður leiðréttingin 1600-1800 ár. Frekari leiðréttingar bíða C-14 aldursgreininga.

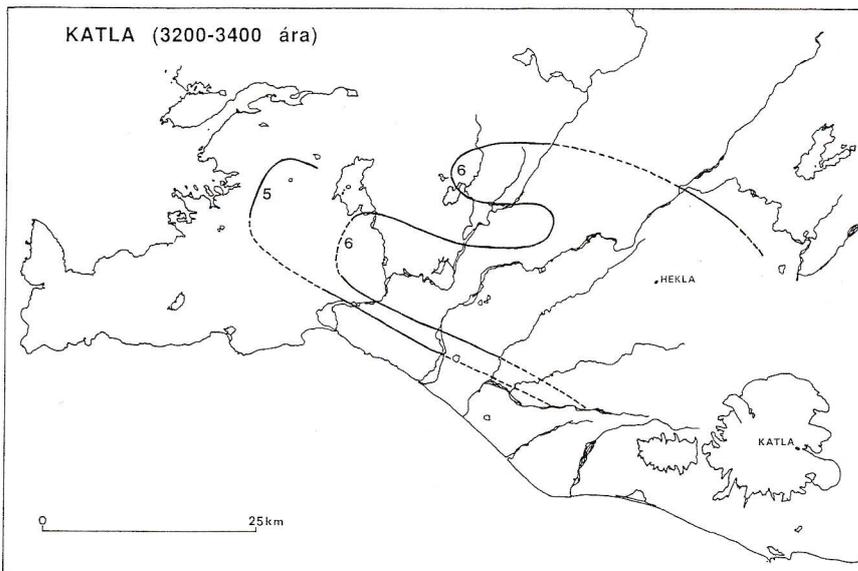
Til að gefa einhverja hugmynd um stærð Kötlulaganna var rúmmál samþjappaðrar gjósku innan 2 cm jafnþykktarlínu mælt fyrir efra Kötlulagið. Reyndist það vera 0,67 km³. Út frá útbreiðslukortum er ljóst að neðra lagið er mikið stærra, en fleiri mælingar þarf til að fá einhverja hugmynd um stærð þess.

Heimildir:

Magnús Á. Sigurgeirsson 1992: Gjóskumyndanir á Reykjanesi. M.S. ritgerð. Háskóli Íslands, 114 bls.
Þorleifur Einarsson 1956: Frjógreining fjörmós úr Seltjörn. Náttúrufræðingurinn, 26, 194-198.



1. mynd. Bráðabirgðakort af K (2840-2860 ára).



2. mynd. Bráðabirgðakort af K (3200-3400 ára).

VORRÁÐSTEFNA JARÐFRÆÐAFÉLGS ÍSLANDS 1992

SMÁSJÁRRANNSÓKNIR Á STEINSTEYPU

Edda Lilja Sveinsdóttir, mannvirkjarðfræðingur
Rannsóknastofnun byggingariðnaðarinnar

Til skamms tíma litu menn aðeins á "makróskópíska" eiginleika steinsteypu, svo sem styrk, en létu sig litlu varða að greina og skilja smásæja eiginleika hennar s.s. efnasamsetningu og innri byggingu. Eitt besta dæmið um þetta er alkálivirknin, sem á sér rætur í efnasamsetningu steypunnar í heild. Því hafa menn farið að gefa þessum smásæju eiginleikum meiri gaum sem grunnþáttum í allri hegðan steypunnar. Eitt hjálpartækjanna til þess er að nota smásjargreiningu við rannsóknir og gæðaeftirlit steinsteypu.

Sú aðferð smásjargreiningar, sem verið er að aðlaga íslenskri steypu hér á Rb, var fyrst tekin upp í Danmörku árið 1987 og nefnist TI-B5. Steypukjarni er hlutaður niður eftir ákveðnum reglum og er skoðaður bæði í smásjá og með berum augum. Til smásjárskoðunar er sýnið steipt í flúrljómandi lífm. Náttúra þessarar litunar er sú, að öll holrými í sýninu fyllast af litaða líminu og flúrljómunin verður því sterkari sem meira holrými er í steypunni. Óþétt sementsefja, loftbólur og sprungur koma fram sem ljósir fletir í þunn-sneiðinni.

Nokkur atriði sem er unnt að meta í steypunni :

Hlutfall vatns og sements (v/s-talan) er metin með því að skoða sneiðina í flúrljómun og sýnið borið saman við sýni með þekkta v/s-tölu. Þetta er hægt að gera með nákvæmni upp á 0,5, þannig að greint er á milli v/s-tölu 0,55 og 0,60 o.s.frv.

Blöndunarhlutföll eru metin með því að telja og greina um 3000 punkta í þunn-sneiðinni og síðan er reiknað út hlutfall fylliefnis, sements, vatns og lofts í steypunni. Þá er v/s-talan metin áður.

Einsleitni steypunnar er könnuð, þ.e. hvort steypan sé vel eða illa blönduð. Þetta er bæði skoðað með tilliti til v/s-tölu, sements og fylliefna, en allt þetta skal vera vel blandað til að steypan teljist góð.

Sprungur eru hér flokkaðar í örsprungur (<10 μ), fínar sprungur (10-100 μ) og grófar sprungur (>100 μ). Flúrljómun hefur reynst mjög vel við sprungugreiningu. Unnt er að meta hvers eðlis þær eru, því hægt er að mæla stærð þeirra og stefnu og athuga afstöðu þeirra til fylliefnakorna, loftbóla og sementsefju. Með þjálfun er hægt að meta orsakir sprungna, þ.e. vegna frosts eða þurrks.

Yfirborðsáhrif sjást oft í sýnum sem tekin eru úr yfirborði steypu (útvegg). Þar er helst að nefna kolsýringsáhrif, hve djúpt þau ná og þá hvort járnþending sé í ryðhættu. Einnig er athugað hvort kolsýringsáhrifin séu bundin við sprungur sem opnast út í yfirborðið og geta því auðveldað leiðina.

Loftbólur eru skoðaðar og kannað hvort þær séu jafnt dreifðar um sementsefjuna, eða hvort þær myndi loftbóluklasa, sem er óæskilegt. Þá er gætt að því hvort loftið sé að einhverju leyti ekki af völdum loftblendiefna, heldur s.k. innilokað (innlyksa) loft, sem er einnig óæskilegt í steypunni.

Alkálivirkni er könnuð og sést þá sem alkálí-kísil hlaup í holum og sprungum. Aðrar útfellingar af völdum óæskilegra efnahvarfa má einnig finna, s.s. ettringít í holum.

Dreifing kísilryks í sementinu er skoðuð sérstaklega, því ójöfn dreifing þess og þá er sérstaklega átt við kögglun, getur valdið alkálivirkni í stað þess að koma í veg fyrir hana.

JARÐFRÆÐIKORTAGERÐ Á ORKUSTOFNUN Í SAMRÆMDUM STAÐLI
mkv. 1:25.000 - 1:50.000 - 1:100.000

Freysteinn Sigurðsson - Ingibjörg Kaldal - Elsa G. Vilmundardóttir
 Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Frá 1982 hefur jarðfræðikortagerð í mælikvörðum 1:25.000-1:100.000 verið stunduð á Orkustofnun og hefur Orkustofnun verið brautryðjandi hér á landi á því sviði að gefa út kort í þessum mælikvörðum í samræmdum staðli. Staðallinn er unninn í samstarfi við jarðfræðinga hjá Háskóla Íslands og Náttúrufræðistofnun.

Aðalástæðan fyrir því að Orkustofnun sinnir þessu verkefni er sú, að hér á landi er ekki starfrækt jarðfræðastofnun líkt og gerist í flestum löndum vestur Evrópu og víðar og hefur Orkustofnun verið falin kortagerð af aðilum er þurfa á slíkum kortum að halda vegna ýmis konar landnýtingaráforma.

Gerð eru þrenns konar kort: Berggrunnskort, jarðgrunnskort og vatnafarskort. Frá 1988 hafa kortin verið unnin í hinn nýju kortblaðaskiptingu Landmælinga Íslands, en áður var kortblaðaskipting Orkustofnunar lögð til grundvallar. Árið 1990 gerðust Landmælingar Íslands aðilar að útgáfunni og sjá um sölu og dreifingu kortanna.

Á vegum Orkustofnunar hefur verið unnið að jarðfræðikortagerð í samræmdum staðli víða um land, vegna nýtingar vatnsafls og jarðhita.

Árið 1990 hófst vinna við undirbúning jarðfræðikorta í mælikv. 1:25.000 fyrir Reykjavíkurborg og nágrennabyggðarlögin. Verkið er unnið á Orkustofnun með þátttöku jarðfræðinga við Háskóla Íslands og Náttúrufræðistofnun.

Nú hillir undir tækniþynging í sjálfri kortagerðinni þar sem Orkustofnun hefur Arc Info kerfið að láni um stundarsakir og jarðfræðingar eru að kanna nýtingarmögleika þess í sambandi við jarðfræðikortagerðina.

Stöðluð jarðfræðikort í mkv. 1:50.000 hafa hingað til aðeins verið gefin út af vatnasviði Þjórsár ofan Búrfells. Annars staðar hafa verið gefin út bráðabirgðakort. Á Þjórsársvæðinu er fyrirhuguð útgáfa á samtals 7 kortaseríum (21 kortblaði). Kortagerðin er samstarfsverkefni Orkustofnunar og Landsvirkjunar, sem greiðir helming kostnaðar. Nú þegar hafa verið prentuð 11 kortblöð, auk tveggja skýringarita.

Eftirtalin kort og skýringarit eru komin út:

Elsa G. Vilmundardóttir, Ágúst Guðmundsson og Snorri Páll Snorrason 1983. Berggrunnskort Búrfell-Langalda 3540 B, Orkustofnun, Vatnsorkudeild og Landsvirkjun.

Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir 1986. Jarðgrunnskort Búrfell-Langalda 3540 J. Orkustofnun, Vatnsorkudeild og Landsvirkjun.

Árni Hjartarson 1986. Vatnafarskort Búrfell-Langalda 3540 V. Orkustofnun, Vatnsorkudeild og Landsvirkjun.

Árni Hjartarson, Elsa G. Vilmundardóttir og Ingibjörg Kaldal 1988. Búrfell-Langalda Jarðfræðikort, 18 bls. Fylgirit með jarðfræðikortum. Umsjón með útgáfu: Ingibjörg Kaldal. Orkustofnun, Vatnsorkudeild og Landsvirkjun.

Elsa G. Vilmundardóttir, Snorri Páll Snorrason, Guðrún Larsen og Ágúst Guðmundsson 1988. Berggrunnskort Sigalda-Veiðivötn 3340 B. Orkustofnun, Vatnsorkudeild og Landsvirkjun.

Ingibjörg Kaldal, Elsa G. Vilmundardóttir og Guðrún Larsen 1988. Jarðgrunnskort Sigalda-Veiðivötn 3340 J. Orkustofnun, Vatnsorkudeild og Landsvirkjun.

Árni Hjartarson 1988. Vatnafarskort Sigalda-Veiðivötn 3340 V. Orkustofnun, Vatnsorkudeild og Landsvirkjun.

Elsa G. Vilmundardóttir, Freysteinn Sigurðsson og Ingibjörg Kaldal 1990. Sigalda-Veiðivötn, Jarðfræðikort, 18 bls. Fylgirit með jarðfræðikortum. Umsjón með útgáfu: Ingibjörg Kaldal. Orkustofnun, Vatnsorkudeild og Landsvirkjun.

Elsa G. Vilmundardóttir, Ágúst Guðmundsson, Snorri Páll Snorrason og Guðrún Larsen 1990. Berggrunnskort, Botnafjöll 1913 IV, 1:50.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun.

Ingibjörg Kaldal, Elsa G. Vilmundardóttir og Guðrún Larsen 1990. Jarðgrunnskort Botnafjöll 1913 IV, 1:50.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Landsvirkjun.

Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1990. Vatnafarskort, Botnafjöll 1913 IV, 1:50.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun.

Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1991. Jarðgrunnskort, Kóngsás 1813 I, 1:50.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun og Landsvirkjun.

Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1991. Vatnafarskort, Kóngsás 1813 I, 1:50.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Landsvirkjun.

Rætur Íslands

Freyr Þórarinnsson, Tölvuháskóli Verslunarskóla Íslands
Ingi Ólafsson, Verslunarskóli Íslands

Rannsóknir á landhæð og hæðarleiðréttum þyngdarmælingum á Íslandi sýna oft fasta brotvídd (fractal dimension) frá upb. einum kílómetra út í 20-30 km, en eftir það er landhæð mælistaðanna nokkurn veginn normaldreifð. Þetta má túlka svo, að jarðskorpan beri landslag með þvermál allt að 20-30 km, en eftir það taki flotkraftar við þunganum (Freyr Þórarinnsson og Stefán G. Magnússon, 1990). Á þessum grundvelli er landslag borið af skorpu skilið frá fljótandi landslagi með því að sía það burt með hátíðnisíu með marktíðni sem svarar til 40 kílómetra.

Ef landið væri í fullkomnu flotjafnvægi, hver einasti hóll og laut, yrðu hæðarleiðrétt þyngdargildi (free air anomaly) hin sömu alls staðar. Landslag borið uppi af stífri jarðskorpu veldur hins vegar yfirgnæfandi „truflunum“ í þyngdar kortinu. Þær má fjarlægja með hátíðnisíu sem hefur marktíðni við 40 km. Þá verður eftir kort sem sýnir í aðalatriðum jafngildisflötinn sem kenndur er við sjávarmál. Þar gengur mikið frávik, allt að 50 milligal, frá Mýrdalsjökli norðaustur yfir Vatnajökul og þaðan norður á Melrakkasléttu. Minni frávik teygja sig norður og vestur frá Bárðarbungu. Útilokað virðist að skýra þessi frávik með umframmassa í möttli, sem möttulefnið umhverfis bæri uppi. Þess í stað eru frávikin talin endurspegla hreyfíkrafta möttulstróks, þar sem heitt og bráðið efni rís af miklu dýpi upp undir jarðskorpuna (Freyr Þórarinnsson, 1992).

Með því að velja meðaleðlisþyngd fyrir það landslag sem möttulstrókurinn ber uppi og meðalþyngdarsvið við sjávarmál má umreikna þyngdarfráviknið í hæðarfrávik. Til þess að ná fram mynd af þeirri jarðskorpu sem er í kyrrstæðu flotjafnvægi er lyftingin vegna hreyfíkrafta möttulstróksins síðan dregin frá hátíðnisíuðu landslagi. Útkoman verður landslag í flotjafnvægi.

Tafir í komutíma jarðskjálftabylgna frá fjarlægum skjálftum gera kleift að reikna út breytileika í hraða jarðskjálftabylgna undir Íslandi allt niður á 400 km dýpi. Kristján Tryggvason og félagar (1983) hafa reiknað taftíma í fjórum lögum undir Íslandi með þessum hætti. Efsta lagið nær niður á 75 km dýpi og svarar nokkurn veginn til stinnhvolfsins. Hin þrjú eru 100 km þykk hvert um sig og ná samtals niður á 375 km dýpi.

Í efsta laginu er lághraðasvæði sem teygir sig frá Tjörnes-brotabeltinu í norðri suður fyrir Kröflu-eldstöðina, beygir þar til suðvesturs og nær yfir bæði Hofsjökul og Langjökul. Segja má að þar sé gat í stinnhvolfið, líkt og þekkest á úthafshryggjum þar sem gliðnun skorpu á sér stað.

Næstefsta lag reiknilíkansins spannar dýptarbilið 75-175 km. Á þessu dýpi er lághraðasvæði sem fellur saman við meginfráviknið í hæðarleiðrétta þyngdarkortinu. Fráviknið í þyngdarkortinu stafar af lyftingu jarðskorpunnar upp fyrir kyrrstæðan flotjafnvægisflöt og orsök upplyftingarinnar er að finna í hreyfíkrafti möttulstróks undir landinu. Samsvörunin við lághraðasvæðið á 75-175 km dýpi bendir til að þar eigi þessir lóðréttu efnisflutningar sér einkum stað. Í næsta lagi fyrir neðan, á dýpinu 175-275 km, er ekki lághraðasvæði á þessum stað. Það bendir til þess að möttulstróksvirknin, uppstig bráðins efnis með krafti sem nægir til að lyfta skorpunni fyrir ofan sig um nokkur hundruð metra, eigi sér stað á takmörkuðu dýptarbili.

Neðsta lag reiknilíkansins spannar dýptarbilið 275-375 km. Í þessu lagi er umfangsmikið lághraðasvæði sem fellur saman við það landslag, sem er í kyrrstæðu flotjafnvægi. Eftir þyngdarkortinu að dæma er þetta lághraðasvæði í jafnvægi við umhverfi sitt. Lyfting Íslandsbungunnar stafar þá ekki af hreyfikerftum í tengslum við massastreymi neðan 400 km dýpis, heldur er um að ræða léttara og heitara möttulefni sem rís í flotjafnvægi upp yfir efnið umhverfis. Þetta er heiti reiturinn undir Íslandi, sem á sér rætur djúpt í möttlinum. Það er svo ekki fyrr en kemur upp á 150-200 km dýpi að þrýstingur hefur lækkað nóg til að þetta óvenju heita möttulefni taki að bráðna í nægilega miklum mæli til að mynda möttulstrók.

Heimildir:

Kristján Tryggvason, Eyvind Huseby og Ragnar Stefánsson, 1983: Seismic image of the hypothesized Icelandic hot spot. *Tectonophysics*, 100, 97-118.

Freyr Þórarinnsson, 1992: The free-air anomaly in Iceland. *Í: Abstracts: 20th Nordic geologic winter meeting, 7 - 10 January, Reykjavík 1992* (ritstj. Áslaug Geirsdóttir o.fl.) 186. Jarðfræðafélagið og Háskóli Íslands.

Freyr Þórarinnsson og Stefán G. Magnússon, 1990: Bouguer density determination by fractal analysis. *Geophysics*, 55, 932-935.

Flugsegulmælingar Raunvísindastofnunar Háskólans 1990-92

GEIRFINNUR JÓNSSON OG LEÓ KRISTJÁNSSON

Raunvísindastofnun Háskólans

Sumarið 1990 hófust flugsegulmælingar yfir Íslandi og landgrunninu, sem þá höfðu legið niðri frá 1986, meðan verið var að vinna úr eldri mælingum (Leó Kristjánsson o.fl. 1989, Geirfinnur Jónsson o.fl. 1991). Notuð hefur verið flugvélin TF-BMX, sem er tveggja hreyfla Cessna Skymaster II. Segulmælingar eru gerðar á 4 - 6 sek. fresti með Geometrics G-856AX róteindamæli, í flughæð 600 - 1000 m.

1990 var mælt sunnan við land, og reynt að fylgja eftir til vesturs því áberandi segulfrávikum sem túlkað hefur verið sem endimörk eða kantur "harða" landgrunnins undan austanverðu Suðurlandi (Leó Kristjánsson 1976). Vandamál komu upp í mælingunum, bæði vegna truflana í aflestri segulmælis og óstöðugleika í Loran- staðsetningarmerki, en búið er að leysa þau eftir fongum þannig að niðurstöðum ber vel saman við fyrri mæligögn af svæðinu. Einnig var flogin lína yfir Mýrdalsjökul, þar sem stór segullægð kemur fyrir.

1991 voru gerðar ráðstafanir til að draga verulega úr truflunum í segulmælingunum, og eins var tekin upp GPS-staðsetningartækni, sem stórbætti nákvæmni í fluglínunum (Geirfinnur Jónsson og Leó Kristjánsson, Nfr. 1991). Þá voru flognar 12 línur út af Suðausturlandi til að fylgja fyrrnefndu kantfrávikum eftir til austurs. Einnig voru flognar nokkrar stuttar línur kringum Snæfellsnes til að fylla upp í eyður úr fyrri rannsóknum, og langar línur út af Faxaflóa í framhaldi af mælingum R.H. 1985 - 86. Úrvinnsla hefur tafist nokkuð vegna þess að leiðréttu þurfti hluta mælinga fyrir áhrifum segulstorms, sem óvænt skall á.

Byrjað er að gera líkanreikninga til samanburðar við mælingarnar sunnan við land. Þeir staðfesta fyrri ályktanir um að landgrunnið þar sé úr efni sem hafi mun sterkari segulmögnum en venjuleg tertier-hraunlög. Ekki hefur reynt unnt að bera niðurstöður saman við gögn úr jarðsveiflumælingum r/s Haakon Mosby frá 1988, þar eð þau gögn eru ófullkomin en vonir stóðu til um.

Sumarið 1992 verður væntanlega flogið til segulmælinga á A-V línum austan við land, frá Papey og norður eftir í átt til Gerpis. Einnig verður mælt á Breiðafirði, þar sem eru nokkur stór staðbundin segulfrávik, að líkindum tengd megineldstöðvum.

Rannsóknirnar eru styrktar af Vísindasjóði og Rannsóknasjóði Háskóla Íslands.

Mn-, Fe- og Si-veðrunarhúðir á bergflötum og í sprungum

Georg R. Douglas

Menntaskólinn við Hamrahlíð

Inngangur

Yfirborð flestra basalt bergtegunda hefur orðið fyrir verðun af einhverju tagi síðan þau mynduðust. Að þessu leyti eru íslenskar bergtegundir ekki frábrugðnar bergtegundum annarsstaðar í heiminum og veðrunarfyrirbæri á íslensku basalti eru t.d. mjög sambærileg þeim sem sjást í Tertier basalti á Norður-Írlandi.

Hafa verður í huga að núverandi yfirborð basalts á Íslandi er bæði hraun yfirborð og sprungufletir sem hafa verið afhjúpaðir vegna rofs. Þess vegna virka veðrunarferlar ekki aðeins á basaltið sjálft heldur líka á ummyndunarefnin, sem voru í þessum sprungum.

Veðrunarfyrirbæri eru mjög fjölbreytt. Hér verður bara þunnum húðum, sem hafa myndast vegna veðrunar og innihalda mikið magn af Mn en mismunandi magn af Fe og Si. Slíkar húðir hafa yfirleitt verið kallaðar "bergglakk" (rock varnish) (Dorn og Oberlander, 1981) og eru allt annað fyrirbæri en "veðrunarskorpur" (weathering rinds) (Colman, 1982).

Fundarstaðir og dreifing

Endabótt þær séu þunnar er yfirleitt hægt að þekkja húðirnar á litnum sem getur verið dökk-brúnn, svartur eða stál-grár og gljáandi. Svart bergglakk á móbergi má mistaka fyrir basalt gler. Húðirnar eru mjög algengar en dreifing þeirra frekar slitrótt og þær ná hvergi djúpt inn í bergið. Húðir hafa fundist á bergtegundum frá rekásnum austur að Gerpi. Aldur bergflatanna sjálfra er hinsvegar afleiðing rofs og er líklega innan við 10.000 ár. Dæmi um fundarstaði Mn-húða eru opin sprungukerfi í póleiíti, á hvalböckum, þar sem þau eru hulin jökulurð og öðru seti, á móberg bergbroti í skriðum og á yfirborði Pleistosen hrauns þar sem fokjarðvegur hefur safnast fyrir.

Niðurstöður

Aðferðir

Rannsóknnum á bergglakki fylgja ýmis vandamál vegna þess hve húðirnar eru þunnar (2 μ). Eftir að hafa valið smá-sýni með viðsjá (20 x stækkun) reyndist SEM vera besta leiðin til að skoða yfirborð húðanna og byggingu þeirra í þverskurði.

Efnagreining var gerð með EDS beint á húðina og örgreinir var notaður á þússaðar sneiðar, þegar hægt var. Steintegundir voru athugaðar með XRD á leir kornastærð en oftast var það ekki hægt eða gaf til kynna byggingalaus efni. Aðferðin sem gaf bestu raun var að festa smá magn af húð *in situ* á "gel fibre" sem síðan var greind í Debye-Scherrer myndavél. Þetta tryggði að eingöngu hrein húð var greind og gaf skýrar Röntgen línur (Douglas, 1987).

Bygging

Mjög skörp skil eru á milli húðarinnar og bergsins, sem er oft mjög ferskt. Lagskipting er nokkuð algeng og eyður (göt). Yfirborð berglakks fylgir oft bergyfyrborðinu fyrir neðan og þykktin er frekar jöfn. Hinsvegar má stundum sjá með meiri stækkun "botyroidal" byggingu. Mn-húðir eru öðruvísi en hreinar Fe-húðir. Þær sýna minni kristallabyggingu og liggja yfirleitt ofan á Fe húðinni, sem oft má greina fyrir neðan í SEM.

Samsetning

Samsetning berglakks er breytileg eftir umhverfinu sem það eru í. Húðir, sem hafa myndast undir jarðvegsyfyrborði hafa frekar stöðugt Mn : Fe hlutfall sem er 4 : 1 og innihalda lítið af Si og Al. Mn getur orðið allt að 40% í þessum húðum. Húðir sem finnast í sprungum eru með breytilegt Mn : Fe hlutfall. Mesti styrkleikinn af Mn er venjulega á yfirborði sprunguflatann þar sem virðist vera sem næst hreint Mn-oxíð en magnið minnkar hlutfallslega nær berginu og Al og Si fer vaxandi í samræmi við samsetningu ummyndunarleirsins. Húðirnar á yngri bergtegundum innihalda yfirleitt <10% Mn.

Önnur efni sem hafa greinst í minna magni eru Ca, K, Cl og Ti og í sumum Mn-auðugum sýnum er lítið magn af Ni og Co.

Aðrar húðir sem hafa greinst í tengslum við Mn-húðir eru Fe-húðir og Si-húðir en þær síðastnefndu eru aldrei mjög útbreiddar.

Steindafræði

"Gel fibre" aðferðin gaf Röntgen línur sem koma ekki fram í XRD greiningu á leirkornastærð úr bergtegundinni sjálfri (þ.e.a.s. aðallega ummyndunarleir, mest smeklít eða klórít steindir).

Röntgen myndirnar af húðum, sem eru í snertingu við jarðveginn, gefa til kynna Mn-steintegundir, sennilega todorokít blandað við smeklít. Í sprungum, þar sem Mn er í miklu magni, var ummyndunarleirinn í mun minna magni, auk þess sem nýjar 9Å-10Å steindir og 7Å steintegund voru til staðar. Þessar steindir eru taldar vera illit og/eða kaolinit og 7Å Mn-steintegund, sem hefur myndast vegna veðrunar.

Umræður

Þeim spurningunum sem þarf að svara eru t.d.: Hvaðan kemur Mn? Hvernig fellur það út? Hversu stöðugar eru húðirnar? og Hversu gamlar eru þær?

Margar kenningar hafa verið settar fram um myndun Mn húða, sérstaklega í eyðimörkum. Menn eru yfirleitt sammála um að húðirnar myndist utanfrá og að Mn- og Fe-oxíð og leir steindir séu aðalbygginarefnið (Potter og Rossman, 1977). Vindborið fín-set hefur oft verið nefnt sem aðal-hráefnið en það eru margar mismunandi tilgátur um hvernig Mn leysist upp og hvernig það fellur út í svo miklu magni. Það er ekki ólíklegt að sumar húðir séu a.m.k. að hluta til af lífrænum uppruna t.d. vegna Mn-oxunar gerla (Dorn og Oberlander, 1981) eða vegna samspils vatns, sets og örvera (Bauman, 1976).

Uppruni Mn á Íslandi er líklega úr fín-seti sem er oft í snertingu við bergyfyrborðið. Jafnvel ný hraun hafa oft örþunna húð af vindbornu seti eins og SEM greining sýnir. Slík set hafa oft hátt leirinnihald (t.d. jökulurð) eða hátt basalt gler innihald (t.d. vindset). Slík efni eru auðleyst í súru yfirborðsvatni sem er algengt í vissum

umhverfum á Íslandi. Mn (II) er mjög færanlegt undir þessum kringumstæðum og fellur út við hærri pH en Fe(II). Þetta skýrir að hluta til hið breytilega Mn : Fe hlutfall sem finnst í mismunandi umhverfum. Það má vel vera að setið leysist sumstaðar upp en annarsstaðar virki frekar til að stjórna sýrustigi lausnarinnar og veldur útfellingu. Í leir-fylltum sprungum fellur Mn út að vissu dýpi og þá tekur leirinn við, sem bendir til þess að yfir nokkra sentimetra breytist aðstæður frá humic og lichen sýrum á yfirborðinu yfir í alkalí aðstæður í sprungunum.

Si-húðirnar, sem hafa takmarkaða dreifingu, myndast hugsanlega úr afgangslausnum sem innihalda H_4SiO_4 sem fjölliðast til að mynda gel og húðir. Það er hugsanlegt að Si húðir myndist líka vegna endur-upplausnar Mn- og Fe-húðanna. Það er auðvelt að finna dæmi af Si-auðugum húðum þar sem oxalic sýra frá lichens hafa leyst Mn og Fe upp.

Það er ekki ólíklegt að Mn-húðir bæði myndist og eyðist fljótt á Íslandi, jafnvel á nokkrum árum.

Heimildir

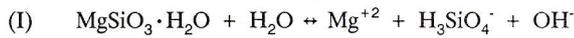
1. Bauman, A.J. 1976. Desert varnish and marine ferromanganese oxide nodules: congeneric phenomena. *Nature* 259, 387 - 388.
2. Colman, S.M. 1982. Chemical weathering of basalts and andesites: evidence from weathering rinds. U.S. Geol. Surv., Prof. Paper 1246.
3. Dorn, R.I. og Oberlander, T.M. 1981. Rock varnish origin, characteristics and usage. *Z. Geomorph. NF* 25, 420 - 436.
4. Douglas, G.R. 1987. Manganese-rich rock coatings from Iceland. *Earth Surf. Proc. Landforms*. 12, 301 - 310.
5. Potter, R.M. og Rossman, G.R. 1977. Desert varnish: the importance of clay minerals. *Science* 196, 1446 - 1448.

Leysni magnesíum-silíkata í heitu vatni

Gestur Gíslason, Hitaveitu Reykjavíkur, Grensásvegi 1, 108 Reykjavík

Hitaveita Reykjavíkur stóð fyrir ýtarlegri rannsókn á útfellingum magnesíum-silíkata fyrir hluta árs 1991. Tilraunaniðurstöðum er lýst í nýlegri skýrslu (Trausti Hauksson og fl., 1992)

Mynd 1 sýnir breytilegt magn útfellinga og styrklækkun með blöndunarhlutfalli. Efnahvarfið sem ræður útfellingunni og leysnifasti þess (K_{sp}) er:



$$(II) \quad K_{sp} = (\text{Mg}^{+2}) \cdot (\text{H}_3\text{SiO}_4^-) \cdot (\text{OH}^-)$$

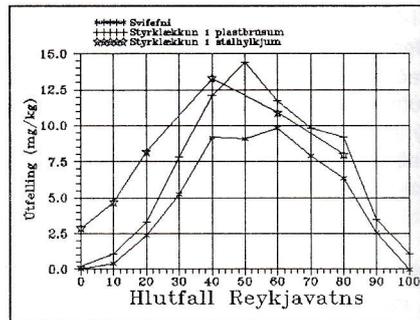
Tilraunir voru gerðar við 80°C, 83°C og 93°C, og reyndist vera sáralftill munur á fastanum við þessi hitastig ($\log(K_{sp}) = -13,15$). Nú er hægt að sjá fyrir hvort hætt sé við útfellingu magnesíum-silíkata, ef fyrir liggur efnagreining á vatni, með því að reikna jónamargfeldi (Q):

$$(III) \quad Q = (\text{Mg}^{+2}) \cdot (\text{H}_3\text{SiO}_4^-) \cdot (\text{OH}^-)$$

Hraða efnahvarfsins má lýsa með líkingunni:

$$(IV) \quad dw/dt = 0,08 \cdot (Q/K_{sp} - 1) \quad (dw/dt = \text{mg/kg/klst})$$

Frá þeim tíma þegar framleiðsla hófst á Nesjavöllum í lok ágúst 1990 og fram til 6. júní 1991 var upphitaða vatnið blandað jarðhitavatni í mismiklum mæli. Skráð var á klukkutíma fresti heildarmagn blöndunnar, blöndunarhlutfall og hitastig hennar. Efnasamsetning upphitaða vatnsins frá Nesjavallavirkjun og jarðhitavatns úr Mosfellsbæ



Mynd 1. Magn útfellinga og styrklækkun

er þekkt, og því er unnt að reikna efnasamsetningu blöndunnar á hverjum tíma.

Tafla I Reiknað heildarmagn útfellinga á tímabilinu ágúst 1990 - júní 1991

Tímabil eftir blöndun	tonn
0 - 1 klst	17
1 - 2 klst	14
2 - 4 klst	21

Með líkingu IV er unnt að reikna magn útfellinga. Tafla I sýnir reiknað heildarmagn útfellinga fyrstu 4 klst eftir blöndun. Lauslegir reikningar bendir til að frá blöndunarstað sé hitaveituvatnið sé 1-4 klst að ná til notenda. Áætlað magn þeirra útfellinga sem myndast hafa í kerfinu er því einhversstaðar á bilinu 17-50 tonn.

Þyngd útfellinga á flatarmálseiningu hefur verið mæld á nokkrum stöðum í meginlögnum á fyrstu 4 km frá blöndunarstað (Gestur Gíslason, 1991), en samkvæmt meðalstraumhraða í pípunum tekur það vatnið um 1 klst að renna þann veg. Samkvæmt þessum mælingum var heildarmagn útfellinga í þessum hluta dreifikerfisins um 10 tonn. Sumarið 1991 voru útfellingar hreinsaðar úr þessum hluta dreifikerfisins. Metið var magn þess efnis sem þannig náðist úr pípunum (Gestur Gíslason, 1992), og taldist það vera um 13 tonn.

Þær niðurstöður sem nú liggja fyrir gefa grófa hugmynd um magn útfellinganna. Í töflu II eru bornar saman tölur um magn útfellinga sem greint var frá hér að ofan. Tölurnar eru af sömu stærðargráðu. Reiknað magn út frá jónamargfeldi er eðlilega hæst, þar sem hluti af því magnesíum-silíkáti sem myndast berst með vatninu í gegnum kerfið sem svifefni, en sest ekki á pípuveggi sem skel.

Tafla II. Áætlað magn útfellinga í 4 km pípu

Aðferð	Magn (tonn)
Jónamargfeldi	17
Vigtun	10
Hreinsun	13

Tilvitnanir

Gestur Gíslason, 1991, *Hreinsun á Reykjaæð I & II og Höfðabakkæðum 27. júlí til 22. ágúst 1991. Mat á magni útfellinga*. Hitaveita Reykjavíkur, Ágúst 1991

Trausti Hauksson, Sverrir Þórhallsson, Einar Gunnlaugsson og Gestur Gíslason, 1992: *Útfellingar Magnesíum-silíkata*. Hitaveita Reykjavíkur, mars 1992.

JARÐLÖG, JARÐHITI OG UMMYNDUN Í ÖLFUSI

Guðmundur Ómar Friðleifsson
Orkustofnun, Jarðhitadeild.

Sýnd eru tvö einfölduð jarðhitasnið sem að mestu eru byggð á borholu-
gögnum og svo jarðfræðikortlagningu. Annað sniðið liggur milli Hvera-
gerðis og Þorákshafnar og er nálægt því að vera í strikstefnu, en hitt er
nokkurn veginn í hallastefnu milli Selfoss og Hveragerðis. Staðsetning
nokkurra borholna er sýnd á sniðunum. Lóðrétti kvarði er ýktur 5 falt
miðað við lárétta kvarðann í sniðunum. Gjöful lághitasvæði eru við Þor-
leifskot rétt austan við Selfoss, á Bakkasvæðinu milli Þorlákshafnar og
Hveragerðis, og svo undir Hveragerði.

Berggrunnur er að mestu úr basísku gosbergi frá síðari hluta ísaldar, en
setlög frá síðjökultíma og nútímahraun þekja mestan hluta láglandis.
Opnur í gamla berggrunninn finnast þó meðfram Ölfusá norðanverðri og
svo í fjallendinu ofan við. Nærri Hveragerði finnast t.d. segulskipti milli
Bruhnes og Matuyama en jarðlög frá Olduvai segulskipti nærri Selfossi.
Á grundvelli þeirra og jarðlagahalla er aldur jarðlaga metinn svo sem
fram kemur á sniðunum. Þannig má sjá að Hreppamyndunin, sem flest-
um er kunn, hverfur mismislag undir jarðlagamyndun sem er 0.7-1.0 m ára.
Eins má sjá að halli jarðlaga innan Hreppamyndunarinnar minnkar frá
austri til vesturs, en það er byggt á tengingum jarðlaga í borholum í
Hveragerði, Öxnalæk og Núpum. Þær tengingar benda til 2-4° halla inn-
an Hreppamyndunarinnar í vestanverðu Ölfusi.

Þrjú ummyndunarbelti eru sýnd á sniðunum, laumontít-belti, klórít(-
wairakít)-belti og epidót-belti. Út frá rannsóknum á háhitasvæðum má
ætla að berghiti hafi verið hærra en 120°C innan laumontít beltisins, náð
200°C þar sem wairakít finnst fyrst og nálgast 250°C við efri mörk epidót-
beltisins. Wairakít og epidót ásamt klóríti eru dæmigerðar háhitasteindir
og dreifing þeirra í Ölfusi bendir til að mun hærra hiti hafi ríkt í Ölfusi fyrr
á tímum en nú er, auk þess sem merki um forna háhitavirkni eru skýr
undir Selfossi, Bakka og svo í Hveragerði, en þar norður af er ennþá virkt
háhitastæði í rótum Hveragerðis-eldstöðvarinnar.

Núverandi berghiti er sýndur með rauðum jafnhitalínum. Samanburður á
ummyndunarbeltunum og jafnhitalínunum sýnir að alls staðar ríkir ójafn-
vægi milli háhitasteindanna og núverandi hita, en 120°C jafnhitalínan og
efri mörk laumontít-beltisins falla nær saman suður af Hveragerði. Er

Það í ágætu samræmi við nálægð háhitasvæðisins. Á Bakkasvæðinu eru tæpir tvö hundruð metrar milli efri marka laumontít-beltisins og dýpis á 120°C jafnhitalínuna, sem bendir til meiri kólnunar þar en undir Hveragerði. Undir Selfossi er hins vegar u.þ.b. 1 km á milli sömu markalína. Ekki er hægt að fullyrða að svo kröftugt varmanám úr rótum forna háhitakerfisins undir Selfossi hafi átt sér stað, þó freistandi sé, því svo gæti verið að virkar skjálftasprungur á sama stað nægi einar sér til að skýra jafnhitalínurnar undir Selfossi, og allsendis er óvíst hvort gamla háhitakerfið eigi þar nokkurn hlut að máli sem hitagjafi. Útlínur og tengsl gamla háhitakerfisins við eldstöð eða uppruna er enn á huldu og því þarf að afla frekari gagna um ummyndun og hitaástand berggrunnnsins austur og norður af Selfossi, sem trúlega fást í fyllingu tímans.

Jarðlagagerð bendir ekki til að gömlu háhitasvæðin undir Bakka og Selfossi séu mynduð í sjálfstæðum megineldstöðvum því súrt berg hefur t.d. ekki greinst né heldur umtalsvert magn innskota. Einna helst kemur til greina að Bakkasvæðið reki uppruna til megineldstöðvarinnar norður af Hveragerði, svipað og t.d. jarðhitauppstreymið í Hverahlíð í Skálafelli tengist háhitasvæðinu í Hengli fyrir norðan. Eins gæti gamla háhitakerfið undir Selfossi tengst kulnandi megieldestöð í Grímsnesi, þó úr strikstefnu sé, eða óþekktri megineldstöð þar austur af. Loks hefur þeirri hugmynd skotið upp að bæði þessi svæði kunni að vera ótengd eiginlegum megineldstöðvum heldur reki uppruna til eldstöðvakerfa svipuðum þeim sem nú eru virk á Reykjanesskaga, svipað og háhitakerfin í Reykjanesi, Svartsengi, Krísvík og víðar á skaganum. Úr því fæst þó ekki skorið að sinni, en því má hins vegar velja fyrir sér hvaða jarðfræðileg gögn gæfu ótvíræð svör þar um. Svárið fæst væntanlega með áframhaldandi jarðfræðikortlagningu og borunum í berggrunninn í fyllingu tímans.

JARÐLÖG, JARÐHITI OG UMMYNDUN Í REYKJAVÍK

Guðmundur Ómar Friðleifsson
Orkustofnun, Jarðhitadeild.

Sýnd eru tvö einfölduð jarðhitasnið undir Reykjavík byggð á borholugögnum. Annað sniðið er langsnið frá jarðhitasvæðinu á Seltjarnarnesi í vestri, um Laugarnessvæðið og austur fyrir Elliðaársvæðið. Hitt sniðið er þversnið af Laugarnessvæðinu frá SV til NA. Lega sniðanna er sýnd á nokkrum kortum sem jafnframt sýna dýpi á laumontít og epidót, og ætlaða legu NV-SA misgengis sem markar jaðarinn á sigspildu. Sigspildan kann að vera allt að 4 km breið og er mesta sig milli 100 og 200 m. Vera má að sigspildan sé ein helsta orsök þess að gjöfult jarðhitakerfi er á Laugarnessvæðinu. Ein hugmynd er sú að norðvestlæga misgengið og ætluð sigspilda sé á einhvern hátt tengt ungum móbergshryggjum með sömu stefnu upp undir Vífilfell. Brotahreifingarnar gætu þannig verið um 1.5 milljón árum yngri en jarðlagastaflinn í Laugarnesi.

Berggrunnur Reykjavíkur kemur skýrt fram á langsniðinu. Seint á ísöld rufust mörg hundruð metrar af bergi ofan af Reykjavíkursvæðinu sem síðan huldist setlögum og grágrýti fyrir a.m.k. 200-300 þúsund árum. Elsta bergið á 2 km dýpi undir Seltjarnarnesi er talið vera um 3 milljón ára gamalt en það yngsta rétt um 2 milljón ára gamalt undir Árbæjarhverfinu. Sigspildan var mynduð áður en setlög og grágrýti huldu gamla berggrunninn.

Gamli berggrunnurinn undir Reykjavík er að mestu leyti gerður úr basalt-hraunlögum sem hallar 5-10° til austurs, en hallann er erfitt að meta með vissu út frá borholugögnum vegna hugsanlegra misgengja, einkum þar sem langt er milli borsvæða. Þegar inn fyrir Laugarnessvæðið er komið ber mun meira á basísku móbergi í sniðinu, sem þykkar inn til Elliðaársvæðisins. Nýleg endurskoðun á borholugögnum bendir til að all stór grágrýtisdýngja sé undir Laugardalnum milli þykkra móbergsmýndana, -væntanlega þá mynduð í byrjun hlýskeyðs eins og dyngjurnar frá nútíma. Ísúrt og súrt berg hefur jafnframt greinst undir Reykjavík, á 1-2 km dýpi. Jarðlagasyrþurnar má tengja við sambærilegar gosmyndanir í Esju sem urðu til í stórrí megineldstöð sem kennd er Kjalarnes, en miðja þeirrar eldstöðvar er úti á Sundunum.

Efri mörk laumontít-beltis og epidót-beltis eru sýnd á sniðunum. Berghiti er talinn hafa náð 120°C við efri mörk laumontít-beltisins, en nálgast

250°C við efri mörk epidót-beltisins. Epidót-beltið ber vitni gamalli háhitavirkni undir Reykjavík. Dýpi á epidót-beltið er hins vegar talsvert. Grynnt er á það undir Laugarnessvæðinu, um 600 m staðbundið, en annars staðar 1.0 - 1.5 km. Sé auk þess tekið tillit til nokkur hundruð metra rofs ofan af gamla berggrunninum dýpkar enn á beltíð miðað við yfirborð á þeim tíma sem háhitavirkni ríkti í megineldstöðinni. Í mörgum virkum háhitasvæðum er algengt dýpi á efri mörk epidót-beltisins milli 400-600 m. Háhitamyndunin undir Reykjavík virðist því fremur hafa orðið til á jaðri háhitasvæðis.

Núverandi berghiti er sýndur með jafnhitalínum. Samanburður á þeim og efri mörkum ummyndunarbeltanna sýnir að hvergi ríkir jafnvægi. 120°C jafnhitalínan kemst þó glettilega nærri efri mörkum laumontít-beltisins á Laugarnessvæðinu þar sem berghiti er umtalsvert hærra en á hinum lág-hitasvæðunum. Þar finnst laumontít í yngstu sprungunum neðan u.þ.b. 1 km dýpis um miðbik svæðisins, t.d. í holu RV-38, en lág-hita-zeólítinn skólesít ofan þess. Til jaðranna á svæðinu, svo sem í holu RV-40 við gömlu Þvottalaugarnar, yfirprenta lág-hitazeólítar laumontít allt niður á 1700 m dýpi, en berghiti í holunni nær hvergi 120°C.

Talsvert skortir á gögn til að rekja nákvæma sögu brota- og jarðhitakerfa undir Reykjavík. Úr því mætti bæta með nákvæmum athugunum og endurskoðun á borholugögnum, sem eru upplögð rannsóknarverkefni, t.d. fyrir jarðfræðinema við Háskóla Íslands.

Gjóskulagið úr Heklugosinu 1158

Guðrún Larsen, Raunvísindastofnun, Dunhaga 3, 107 Reykjavík

Í jarðvegssniðum N og NA Heklu eru tvö ljós gjóskulög ofarlega í jarðvegi. Neðra lagið hefur verið talið úr fyrsta Heklugosi sem sögur fara af, árið 1104 (Sigurður Þórarinnsson 1967). Efra lagið var talið ættað af Torfajökulssvæðinu og var samkvæmt því nefnt hr ~1170. Útbreiðslukort var gert af þykkasta hluta þess (Kristján Sæmundsson 1972) en ekkert þykktarkort. Þykktarkortið af H 1104, sem birtist 1967, hefur verið notað óbreytt síðan. Lögum gjóskugeirans er nokkuð sérkennileg, einkum bugurinn til austurs.

Við rannsókn á gjóskulögum á Jökuldal (Guðrún Larsen 1982) var kannað með efnagreiningum hvort austurbugurinn á H 1104 gæti verið "hr-lagið". Þá kom í ljós að: 1) "hr-lagið" og gjóskan í austurbugnum höfðu sömu efnasamsetningu; 2) þessi efnasamsetning var marktækt frábrugðin H 1104; 3) þessi efnasamsetning útilokaði að hr-lagið væri ættað af Torfajökulssvæðinu og benti eindregið til upptaka í Heklu. Því var talið líklegast að efra ljósa lagið væri úr næsta þekkta Heklugosi eftir 1104, frá árinu 1158. Í framhaldi af því var efra ljósa lagið kortlagt í aðalatriðum.

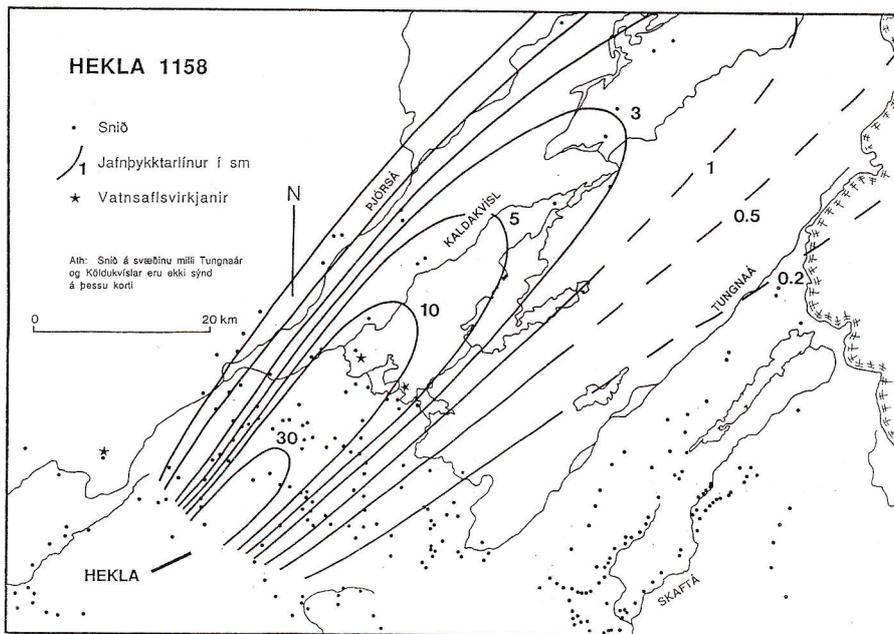
Efra ljósa lagið er að mestu úr gráhvítri til grábleikri gjósku og SiO₂ innihald er nokkuð hátt, um 67-68%. Í nágrenni Heklu (<40 km) er gjóskan grábleik og fremur gróf nema efst í laginu, þar er hún dekkri og fínna en sjaldan varðveitt. Hún þekkist auðveldlega frá neðra laginu, sem er næstum hvítt. Fjær Heklu er gjóskan gráhvít og líkist neðra laginu því meira sem lengra dregur frá fjallinu. Jaðrar þeirra skarast á allstóru svæði. Í nágrenni Heklu þekkjast lögín sundur á útlitseinkennum, en fjær finnast tvö ljós gjóskulög með stuttu millibili í jarðvegssniðum og er það neðra talið H 1104 og það efra H 1158. Vesturjaðar H 1158 er samkvæmt því lagður um vestanverðan Hofsjökul og um Bárðardal í Húsavíkurböfða. Í nokkrum sniðum á Norðurlandi finnast þrjú ljós lög og er það efsta þá talið Ö 1362. Neðsta lagið deyr út til austurs nálægt Jökulsá á Fjöllum en rekja má tvö efri lögín, Ö 1362 og H 1158, austur um land uns það neðra deyr út á Skriðdal en hitt þykkar til suðurs allt í Öräfi.

Gjóskugeirinn er mjór og stefnir til NA. Gjóskan þynnist skarpt til beggja hliða út frá þykktarársnum og þykktardreifing bendir eindregið til upptaka í Heklu. Útbreiðsla gjóskunnar á landi, eftir því sem nú er best vitað, er sýnd á myndum 1 og 2. Gjóskufallsvæðið innan 0.2 sm jafnþykktarlínu er um 18.000 km² og reiknað rúmmál samþjappaðrar gjósku er um 0.2 km³. Það jafngildir um 0.33 km³ af nýfallinni gjósku, reiknað á sama hátt og fyrir önnur söguleg gjóskulög. Áður var talið að gjóska í Heklugosinu 1158 hefði aðallega borist til suðurs (Sigurður Þórarinnsson, 1967) og má vel

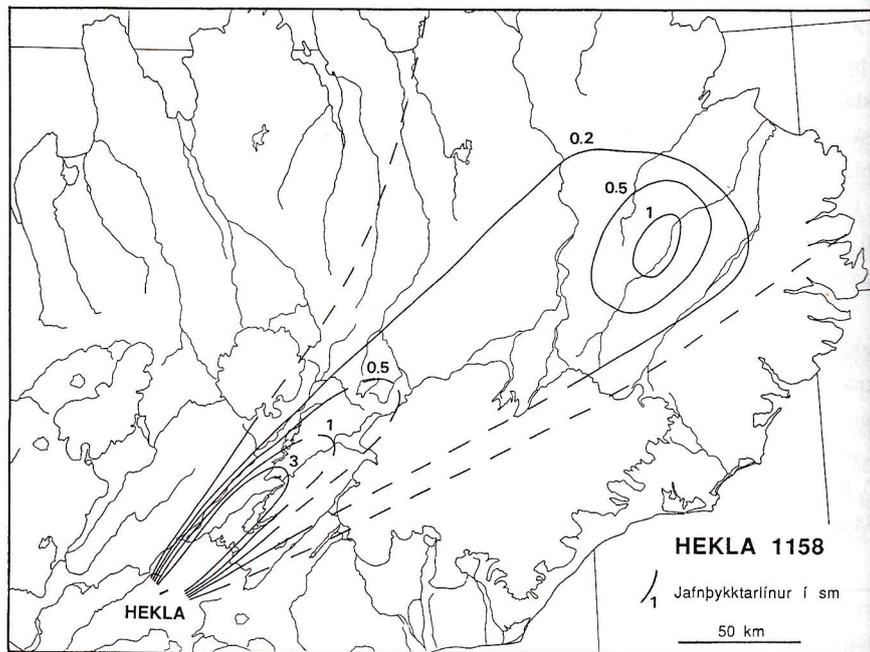
vera að þar finnst gjóska mynduð síðar í gosinu.

Á Jökuldal og Héraði þykkna H 1158 aftur á allstóru svæði og myndar "þykkjarblett", en þynnist svo mjög snögglega handan hans. Þetta fyrirbæri er þekkt í allmörgum Heklulögum, s.s. H 1970, H 1980, auk H 1158. Þau eiga það sameiginlegt að meginhluti gjóskugeirans er á landi, ólíkt t.d. gjóskugeiranum úr Heklugosinu 1947. Mælingar ná því til hlutfallslega stórs hluta hans. Vera má að þetta sé algengt og jafnvel regla fremur en hitt í Heklulögum, en lendi utan þeirra svæða sem mælingar ná til í stærri lögnum. Það gæti þýtt að lega þykkjarpollsins væri fall af þykkt gjóskunnar. Fyrirbærið er einnig þekkt úr gjóskulaginu frá St Helens 1980 (Brazier o.fl. 1983).

Austurjaðar H 1104 flyst um allt að 70 km til vesturs við að missa austurbuginn og gjóskufallsvæðið á landi minnkar nokkuð, en gjóskumagnið minnkar ekki að sama skapi vegna þess að þykkari hlutar laganna tveggja voru alltaf vel aðgreindir. Það heldur því sínum hlut sem stærsta Heklulag á sögulegum tíma. Hinsvegar er það búið að missa sæti sitt sem næststærsta gjóskulag á sögulegum tíma því gjóskulögin úr Vatnaöldugosi um 900, Eldgjárgosi um 934 og Veiðivatnagosi um 1480 eru öll stærri en það (Guðrún Larsen 1984 og óbirt gögn).



Mynd 1. Bráðabirgðakort af þykkasta hluta H 1158.



Mynd 2. Útbreiðsla gjóskulagins H 1158 eftir því sem nú er best vitað.

Heimildir

- Brazier, S., Sparks, R.S.J., Carey, S.N., Sigurdsson, H. and Westgate, J.A., Bimodal grainsize distribution and secondary thickening in air-fall ash layers. *Nature* 301, 115-119, 1983.
- Guðrún Larsen, Gjóskutímatal Jökuldals og nágrennis. Í: Helga Þórarinsdóttir o.fl. (ritstj.) *Eldur er í Norðri*, 51-65, Sögufélag, Reykjavík, 1982.
- Guðrún Larsen, Recent volcanic history of the Veidivötn fissure swarm, southern Iceland. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 22, 33-58, 1984.
- Kristján Sæmundsson, Jarðfræðiglefsur um Torfajökulssvæðið, *Náttúrufræðingurinn* 42, 81-99, 1972.
- Sigurður Þórarinsson, The eruption of Hekla 1947-1948, I, The eruptions of Hekla in historical times - A tephrochronological study, 1-183, Vísindafélag Íslendinga, Reykjavík, 1967.

Tvílit Gjóskulög austan Heklu: H-x, H-y og H-z.

Guðrún Larsen, Raunvísindastofnun, Dunhaga 3, 107 Reykjavík.
Elsa G. Vilmundardóttir, Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík.

Forsöguleg gjóskulög frá Heklu, yngri en ljósa gjóskulagið H-3 (um 2900 ára) virðast einkum af tvennu tagi: 1) tvílit lög, neðri hlutinn grágulur eða grábrúnn vikur en efri hlutinn svartur vikur, stundum gjallkenndur; 2) lög úr svörtum eða grásvörtum vikri, samskonar og í efri hluta tvílitu laganna. Efnagreiningar á vikri úr neðri og efri hluta tveggja slíkra laga benda til að SiO₂ innihald grábrúna/grágula vikursins sé 60-63% og þess svarta 57-58% (Sigurður Þórarinnsson 1954, Guðrún Sverrisdóttir m. uppl.).

Fjöldi Heklugosa á þessu tímabili er ekki þekktur en austan Heklu eru a.m.k. 6 tvílit lög frá fyrri hluta tímabilsins, milli 2900 og 1800 ára gömul. Tvö þau elstu bárust til suðausturs, næstu þrjú til austnorðausturs en útbreiðsla yngsta lagsins er aðeins þekkt að hluta. Að auki eru a.m.k. þrjú tvílit lög vestan Heklu frá sama tíma (Bryndís Róbertsdóttir m. uppl.). Því gætu 9-10 tvílit gjóskulög hafa myndast á þessum 1100 árum.

Tvílitu gjóskulögin H-x, H-y og H-z féllu á tímabilinu 2700-1800 fyrir okkar tíma. Þau liggja milli tveggja auðþekktra leiðarlaga, efra nálalags (kolefnisaldur 2660±60 ár, Dugmore 1989) og Grákollulags (reiknaður aldur um 1800 ár, Guðrún Larsen 1984). Útbreiðsla þeirra hefur verið kortlögð að nokkru leyti. Gjóskugeirarnir eru mjóir og þykktarásinn greinilegur, einkum í neðsta laginu, H-z. Mestu mældu þykkir í 15-20 km fjarlægð frá Heklutindi eru 60, 45 og 100 sm, og er neðsta lagið þykkast í þessari fjarlægð. Skilin milli grágula/brúna og svarta vikursins eru fremur skörp nema þar sem lögin eru orðin þunn. Eitt af einkennum þeirra er hve lítið er af fínu efni í gjóskunni nema efst í svarta hluta hvers lags. Þrátt fyrir svipað yfirbragð hefur hvert lag sitt sérkenni, t.d. er neðri hluti H-y grágulur, ljósari en hinna tveggja og í svarta hlutanum er lag af rauðoxuðum bombum. Helsta einkenni H-z er hve svartu hlutinn er miklu þykkari en sá grábrúni og innan um svarta vikurinn eru stök rauðoxuð bombubrot.

Stærð gjóskufallssvæða er ekki þekkt að fullu en er best þekkt fyrir minnsta lagið, H-z, um 2300 km² innan 0.2 sm jafnþykktarlínu. Rúmmál gjóskunnar er um 140 millj. m³ eins og hún kemur fyrir í jarðvegi. Það samsvarar um 230 millj. m³ af nýfallinni gjósku ef reiknað er með að gjóskan sé nú um 60% af upphaflegu rúmmáli, líkt og gert var við gjóskulög frá sögulegum tíma (Sigurður Þórarinnsson 1968). Þetta er svipað gjóskumagn og féll í fyrsta þætti Heklugossins 1845. Bráðabirgðatölur fyrir H-y og H-x eru 360 og 270 millj. m³, sem samsvara 600 og 450 millj m³ af nýfallinni gjósku og eru það lágmarkstölur. Svarti hluti allra þriggja gjóskulaganna er útbreiddari og meiri að rúmmáli

LAGSKIPTING Í KVIKUHÓLFI HEKLU

Guðrún Sverrisdóttir
Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Í kvikuhólfi Heklu, sem er líklega á meira en 7 km dýpi, fer fram blöndun tveggja kvikugerða af ólíkum uppruna. Annars vegar er dasítkvika sem er sennilega orðin til við hlutbráðnun á ummyndaðri basaltskorpu á svipuðu dýpi og kvikuhólfið. Hins vegar er basaltískt andesít sem streymir inn í hólfið neðan frá. Þessi ályktun er fyrst og fremst dregin af steindasamsetningu, svo og breytileika í aðalefnum og snefilefnum. Nýleg rannsókn, sem leiðir í ljós marktækan mun á Th-ísótópahlutfalli dasítkvikunnar og basaltísku andesítkvikunnar, styður þessa kenningu og staðfestir raunar að tvær óskyldar kvikur koma upp samtímis í Heklugosum (Sigmarsson et al., 1991).

Þegar tiltölulega stutt er á milli gosa í Heklu eru gjóskulögin tvílit, dasít neðst og basaltískt andesít efst. Þegar mjög skammur tími er milli gosa eru gosefnin nær eingöngu basaltískt andesít, þó með slettum af síru efni. Þegar goshlé er langt spannar samsetningin bilið milli 72 og 55 % SiO₂ og einu gjóskulagi má skipta í allt að 13 lög eftir litarbreytingu. Lagskiptingin kemur bæði fram í breytileik aðalefna og snefilefna.

Gjóskulagið H-4 sem er um 4500 ára, sýnir vel þróun kvikunnar í löngu goshléi. Einfalt blöndunarmódel nægir þó ekki til að skýra breytileikann, þar sem kristöllun efst í hólfinu hefur áhrif á samsetninguna, og blöndun gerist í þrepum vegna eðlisþyngdarmunar síru kvikunnar og þeirrar basískari. Þó kristöllun í Heklukviku sé mjög lítil gefur samsetning dýlanna glögga mynd af blöndunarferlinu. Í efstu lögum hólsins er kristöllun mest vegna kælingar frá þaki hólsins. Lítil breytileiki aðalefna sýnir að þar hefur jafnvægiskristöllun átt sér stað fyrir gosið H-4, dýlarnir hafa einsleita samsetningu og sú zónering sem sést er rétt. Engin merki eru um blöndun í efstu lögum. Dýpra í hólfinu er kristöllun mjög lítil vegna stöðugs hitaflæðis að neðan. Samsetning hinna strjálu dýla er misleitari en ofar, meiri zónering sést í feldspati og öfug zónering er ráðandi.

Súr og ísúr kvika er svo seig að ólíklegt er að dýlar hafi náð að sökkva frá efstu lögum niður í basískari kvikuna að neinu marki, auk þess sem ekki sjást neinir draugakristallar í neðri lögum sem merki um uppleysingu. Þó benda frávik í nokkrum snefilefnum, svo sem Zr, Hf, La, Sm og Th, til að þungir kristallar eins og zirkon og allanít hafi kristallast úr dasítinu, sokkið og síðan bráðnað í heitari kviku í miðlögum hólsins. Hátt innihald F og Cl í efri lögum kvikunnar getur minnkað

seigjuna nokkuð og auðveldað a.m.k. smáum þungum kristöllum að sökkva.

Öll tvílit gjóskulög og hraun Heklu sem rannsökuð hafa verið sýna mun á hlutföllum snefilefna, sem ekki verða skýrð með hlutkristöllum. Þar má nefna sem dæmi La/Sm hlutfallið og Th/U hlutfallið. Þetta staðfestir að báðar kvikugerðirnar eru til staðar í flestum gosum.

Gossaga Heklu hefur verið rakin tæplega 7000 ár aftur í tímann, en margt bendir til að heildarframleiðsla gosefna hafi verið mun meiri síðustu 1000 árin en hún var fyrstu árpúsundin. Goshegðun hefur líka breyst, fyrri hluta gossögunnar leið langur tími milli gosa og stór hluti gosefna var dasít og rhyolít. Mikill meirihluti gosefna a.m.k. á sögulegum tíma er basaltískt andesít, og hraunrennsli er trúlega miklu meira en á fyrri tíð. Guðrún Larsen og Elsa Vilmundardóttir (1992), telja breytingu í goshegðun verða fyrir um 3000 árum, að þá hafi gostíðni og hraunframleiðsla aukist, og minni gos tekið við af stóru síru gosunum.

Þessa breytingu á goshegðun má skýra með þeim uppruna kvikunnar sem rætt er um hér að framan. Í fyrstu hefur basísk kvika undir rótum ungrar megineldstöðvar verkað sem hitagjafi til að hlutbræða skorpuna, súra bráðin verið í meirihluta, en basískari kvikan aðeins náð að blandast henni í litlum mæli vegna þess hve mikill munur var á eðlisþyngd og efnasamsetningu kvikanna tveggja. Með tímanum minnkaði sá hluti skorpunnar sem hægt er að hlutbræða við óbreytt hitastig. Samsetning basaltíska andesítsins sem kemur upp í lok hvers goss hefur verið mjög lík alla gossögu fjallsins, svo hitaflæði virðist ekki hafa aukist undir kvikuþrónni á þeim tíma. Eftir því sem minna varð um súra hlutbráð átti basaltíska andesítið greiðari leið upp í hólfíð, og upp úr því. Einsleit samsetning gosefna úr þremur síðustu Heklugosum bendir til að nú sé lágbræðsluþáttur skorpunnar nær uppurinn. Ekki er þó þar með sagt að goshegðun geti ekki breyst aftur til fyrra horfs. Til þess þyrfti líklega aukið hitaflæði upp í skorpuna, eða einhverja tilfærslu hitaanómaliunnar undir Heklu.

Heimildir:

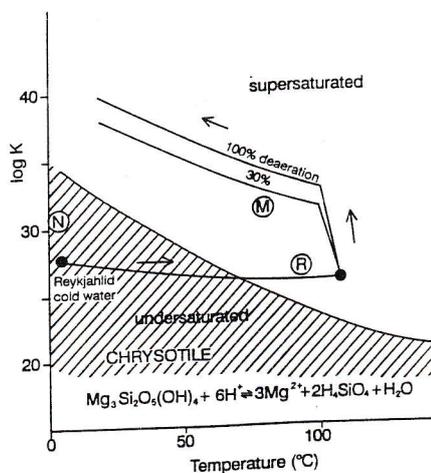
- Sigmarsson, O., Hémond, C., Condomines, M., Fourcade, S., and Oskarsson, N., 1991, Origin of silicic magma in Iceland revealed by Th isotopes: *Geology*, v. 19, p. 621-624.
- Larsen, G., and Vilmundardóttir, E., 1992, Hekla tephra layers from the period 2900-1800 BP: H-x, H-y, and H-z, p. 106 in 20. Nordiska Geologiska Vintermötet, abstracts. The Icelandic Geoscience Society and the Faculty of Science, University of Iceland. Reykjavík, January 1992

MAGNESÍUM-SILÍKÖT, ATHUGUN Á ÚTFELLINGUM Í HITAVEITUM

Guðrún Sverrisdóttir, Hrefna Kristmannsdóttir, og Magnús Ólafsson
Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Útfelling magnesíum-silífkata hefur átt sér stað og verið vandamál hjá nokkrum íslenskum hitaveitum um árabil. Hætt er við Mg-silíkat útfellingum við tvennar aðstæður. Í fyrsta lagi þegar kalt ferskvatn er hitað upp, og í öðru lagi þegar jarðhitavatni og köldu ferskvatni er blandað saman. Magnesíumstyrkur í köldu vatni á Íslandi er 1-10 mg/l, en í jarðhitavatni yfirleitt minni en 0,001 mg/l. Leysni Mg-silífkata er í öfugu hlutfalli við hitastig eins og sést á mynd 1, en þar er leysni krýsotíls tekin sem dæmi. Þar sést líka að afloftun vatnsins, sem einnig hækkar sýrustigið, minnkar enn leysnina og eykur útfellingahættu. Mg/Si hlutfall vatnsins sem silífkötin falla út úr er mjög breytilegt. Í köldu vatni sem hitaveita Suðurnesja hitar upp, er Mg/Si hlutfallið 1,35 en í jarðhitavatni sem hefur "mengast" köldu vatni hjá hitaveitu Laugaráss í Biskupstungum er Mg/Si hlutfallið aðeins 0,005. Í báðum tilfellum féllu út Mg-silífköt.

Mynd 1.



N: Nesjavellir, cold water
R: Reykjavík, geothermal water
M: Mixed water, Nesjavellir + Reykjavík 1:1

Mg-silfökötin eru illa kristölluð, en röntgenbrotgreining gefur þó til kynna byggingu sem líkist þekktum lagsilfökötum. Toppur röntgenlínuritsins eru breiðir, sem er einkennandi fyrir mjög fínkristallað efni, en þeir lýsa ákveðnum kristalflötum. Útfellingar úr vatni með hátt Mg/Si hlutfall gefa toppa sem eru einkennandi fyrir serpentínsteindina krýsotíl, en einnig virðist talk vera til staðar. Útfelling úr vatni með mjög lágt Mg/Si hlutfall eins og Laugarásvatnið, gefur eingöngu toppa einkennandi fyrir talk. Steindasamsetning útfellinga úr blönduðu vatni virðist flóknari en úr óblönduðu. Úr blöndu jarðhitavats og ferskvats hjá hitaveitu Reykjavíkur má sjá útfellingar sem auk krýsotíls og talks, gefa röntgentoppa einkennandi fyrir saponít og sepiólít. Sýni frá hitaveitu Reykjahlíðar, sem greinst hafði sem krýsotíl ásamt talki, var hitað yfir 600°C og keyrt í XRD, þá reyndist steindin hafa breyst í forsterít. Bræðslumark sama sýnis er mjög hátt, sem einnig styður að hér sé um serpentínsteind að ræða. Bygging sýnisins var skoðuð í rafeindasmásjá. Við fremur litla stækkun er útfellingin byggð upp af þéttum plötum sem eru tengdar með holum súlum, eða aflöngum samtengdum blöðrum. Við meiri stækkun sást að plöturnar eru líka byggðar upp af súlum, hornrétt á yfirborð platnanna þar sem súlurnar enda í kúlum eða blöðrum. DTA línurit fyrir þetta sýni líkist staðallínuriti antigóríts.

SEGULSVIÐIÐ Á ÍSLANDI Á ÞJÓÐVELDISÖLD

Haraldur Auðunsson, Hvassaleiti 157, 103 Reykjavík.

Segulsvið jarðar er fjarri því að vera stöðugt, heldur flóktir stefna sviðsins til og frá og styrkur sviðsins er breytilegur. Athuganir á skammtíma flókti sviðsins nýtast til að átta okkur betur á uppruna og eðli sviðsins, sem og hvort, og þá hvernig, sviðið tengist öðrum umhverfisþáttum. Ennfremur, ef við þekkjum hegðun sviðsins síðast líðin nokkur þúsund ár má nota upplýsingarnar til óbeinna aldursákvarðana.

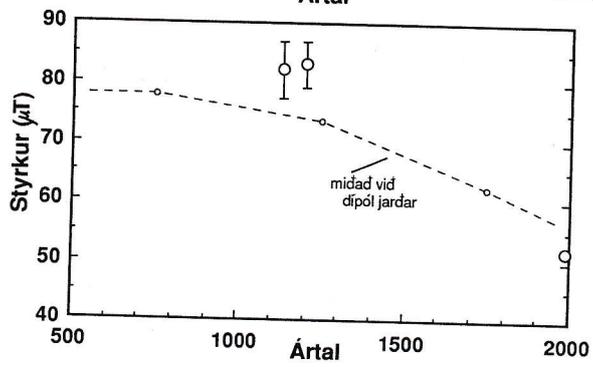
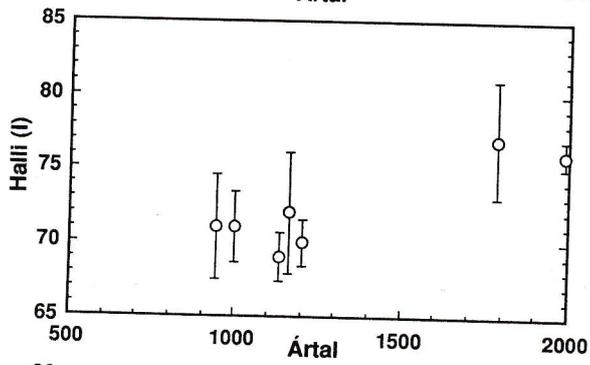
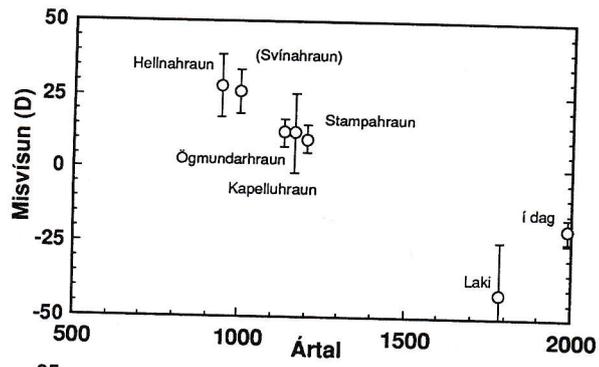
Síðastliðið sumar voru segulstefnur nokkurra hrauna frá sögulegum tíma athugaðar og þar af var styrkur sviðsins mældur fyrir tvö þeirra. Til að fá raunhæft mat á óvissu í segulstefnum var sýnum safnað á tveimur til fjórum fjarlægum stöðum úr hverju hrauni, þrjár til átta kjarnar á hverjum stað. Þessar mælingar sýna að það er gott samræmi í stefnum innan hvers hrauns, og er staðalfrávik stefnanna (θ_{63}) innan hvernar opnu yfirleitt 2 til 4 gráður. Staðalfrávik fyrir meðalstefnu hvers hrauns reynist yfirleitt um eða innan við þrjár gráður. Þessi upplausn í stefnum hraunanna gerir okkur kleift að ákvarða hvaða hraun gætu hafa verið "sam tíma" og hver ekki.

Sérstaklega var athuguð segulmögnun hrauna frá þjóðveldistímanum á Reykjanesskaga. Samræmi reynist ágætt í stefnum þessara hrauna, þrátt fyrir að þau væru frá ólíkum stöðum. Niðurstöður eru settar fram í meðfylgjandi línuritum (sýnd óvissa er α_{95}). Styrkur segulsviðsins var metinn með Thellier-aðferðinni og valin voru tvö sýni úr Ögmundarhrauni og tvö úr Stampahrauni. Sýnin reyndust vel og gáfu svipaða niðurstöðu, og reynist styrkur sviðsins $83 \pm 3 \mu T$ (míkróTesla). Styrkur sviðsins var því um 60% hærri á þjóðveldisöld en hann er í dag hér á landi (um $52 \mu T$), og misvísun sviðsins var álíka langt til austurs og hún er til vesturs í dag.

Hvaleyrrarhraun (sunnan Hafnarfjarðar) reynist hafa óvanalega segulstefnu, misvísunin er um 71° til austurs, og hallinn er um 73° , en aldur hraunsins er óþekktur. Hraun, eða aðrar myndanir, frá sama tíma ættu því sökum frábrugðinnar segulstefnu að vera auðþekkjanleg.

Aldur hraunanna er m. a. fenginn úr greinum eftir Jón Jónsson, Hauk Jóhannesson og fél., og Magnús Sigurgeirsson, auk munnlegra upplýsinga frá sömu aðilum.

Þessi athugun er styrkt af Vísindasjóði.





Tíu ára reynsla af

SAMMÖLUN KÍSILRYKS VIÐ SEMENT

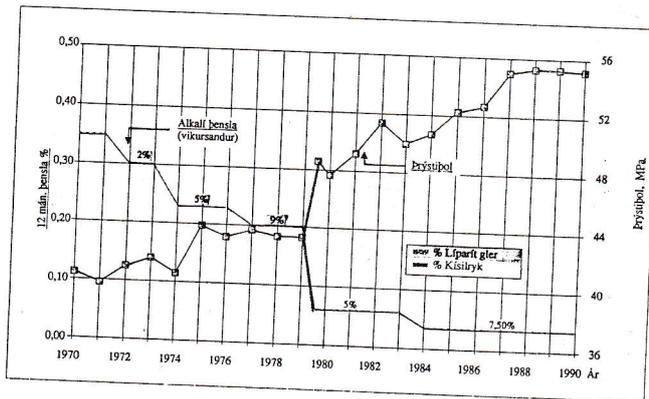
SAMSETNING SEMENTS

Ísland er eldvirkt ungt land jarðfræðilega séð. Af því leiðir að hér á landi finnast ekki kalksteinn eða kísilrík leirfni til semntgerðar. Hráefnin eru því skeljasandur, sem dælt er upp af sjávarbotni, líparít og innflutt gifs. Þess vegna er í semntgjallinu tiltölulega lítið af kísil en mikið af járn og mjög mikið af alkálíum (jafngildi 1,5% Na₂O).

Reiknaðir gjallmineralar eru: 59,5% C₃S, 22,2% C₂S, 5% C₃A og 13% C₄AF.
Milluviðbót er síðan 5% af gifsi og 7,5% af kísilryki.

ÞRÓUN ÍSLENSKA SEMENTSINS

Áhrif "possolana" á þrýstipól og alkálíþenslur



VIRKNI FYLLIEFNA

Fylliefni í steypu eru hér oft glerkennd og alkálívirkt, og með því að slagregn eru tíð og að steypa varð lútarkennd ollu alkálíþenslur hér miklu tjóni. Við þessum vágesti var fyrst brugðist með því að fín mala líparít með semntinu, en eftir 1979 með kísilryki. Árangurinn varð að alkálíþenslur hurfu, að trygging gegn alkálíva varð innbyggð í sementið, og að samtímis jukust önnur gæði þess stórlega (sbr. mynd).

RANNSÓKNIR

Áratuga rannsóknir liggja að baki þessum árangri, m.a. rannsóknir á áhrifum kísilryks, en sá kafli hófst 1972, sjö árum áður en járnblendiverksmiðja tók til starfa hér á landi.

H.A.

ÚR SÖGU HRAUNA OFAN HAFNARFJARÐAR

Haukur Jóhannesson
 Náttúrufræðistofnun Íslands, P.O. Box 5320, 125 Reykjavík
 Kristján Sæmundsson
 Orkustofnun, Grensásvegí 9, 108 Reykjavík
 Sigmundur Einarsson
 Birtingakvísl 19, 110 Reykjavík
 Árný Erla Sveinbjörnsdóttir
 Raunvísindastofnun Háskólans, Dunhaga 3, 107 Reykjavík

Á undanfórnum árum hefur verið farið ytarlega ofan í saumana á nútímahraunum ofan við Reykjavík og Hafnarfjörð. Við þá könnun hefur ýmislegt nýtt komið fram. Sýnt er frumkort af hraunum á hluta þessa svæðis sem nú er verið að vinna að á vegum sveitarfélaga á Innnesjum. Hér verður gerð grein fyrir því helsta sem fram hefur komið.

1. Á því svæði sem hér er sýnt hafa verið aðgreind um 25 hraun úr liðlega 20 gosum eða goshrinum. Hraunin spanna í aldri mest allan nútímamann.
2. Eldvirknin virðist vera í skeiðum, eitt skeið á um 1000 ára fresti. Hvert skeið spannar nokkur hundruð ár.
3. Elstu hraunin sem vitað er um aldur á eru Búrfellshraun sem er liðlega 7000 ára og Leitahraun (Elliðavogshraun) sem er um 4500 ára. Nokkur hraun önnur eru af svipuðum aldri eða eldri. Tvö forsöguleg skeið sprungugosa eru allvel þekkt. Eldra skeiðið varð fyrir 3000-4000 árum og hið síðar fyrir um 2000 árum (byggt á C-14 aldri).
4. Síðasta gosskeiðið varð skömmu eftir að land byggðist. Elstu hraunin í þeim hópi innan takmarka kortsins eru frá síðari hluta tíundu aldar og þau yngstu frá árinum 1151.
 Hraun frá seinni hluta tíundu aldar mynda Húsfellsbruna og Tvíbollahraun og ná allt ofan til Sædýrasafnsins sáluga. Hluti þeirra hefur verið aldursgreindur með geilsakolsaðferðinni. Hún gefur aldur um og eftir miðja tíundu öld. Á þessum tíma runnu hraun sem eru innbyrðis nokkuð ólík. Þau greinast í tvo meginhópa. Annars vegar hraun frá gíg suðvestan Stóra-Kóngsfells og hins vegar hraun úr Tvíbollum. Þessum hópum má svo aftur

skipta í mismunandi hraun, sem líklega hafa runnið með stuttu millibili í sömu goshrinu.

Úr Tvíbollum hefur komið mikið hraun sem runnið hefur niður Grindaskörð og að Helgafelli og svo niður með því að suðvestan og um Kaldárbotna, vestur fyrir Stórhöfða og með hlíðinni allt niður undir Sædýrasafnið. Þessu hrauni má skipta í tvo hraunfláka. Fyrst rann úfið apalhraun sem hefur runnið langleiðina niður að Helgafelli. Síðar í sömu hrinu rann allmikið helluhraun sem kaffærði apalhraunið að miklu leyti. Helluhraunið hefur náð að renna langleiðina til sjávar. Það hefur verið nefnt Yngra-Hellnahraun.

Húsfellsbruni er hraunflákinn sem nær vestan frá Húsfelli og Kristjánsdalahorni að Sandfelli. Honum má skipta í þrjú aðskilin hraun sem eru bergfræðilega auðgreind. Elsta hraunið er stærst og allmikið dílótt en þau yngri eru minna dílótt og minni að flatarmáli og rúmmáli. Telja verður að þau hafi öll myndast í sömu goshrinunni þótt einhver tími hafa liðið milli einstakra gosa. Miðhraunið nær að Tvíbollahrauninu yngra og hefur runnið út á það ofan við Húsfell. Af jaðvegssniðum er ljóst að hraunið hefur runnið eftir landnám og allnokkru fyrir 1226 er miðaldalagið féll. Jarðvegssnið við Tvíbollahraunin segja svipaða sögu. Líklegt er að Húsfellsbruninn sé af svipuðum aldri og Tvíbollahraunin. Svínahraunsbruni (Kristnitökuhraun) virðist vera frá svipuðum tíma.

5. Krisuvíkureldar voru á árunum 1151 og 1188. Þá runnu Ögmundarhraun, Máfahlíðarhraun, Kapelluhraun og Gvendarselshraun. Á kortinu eru Gvendarselshraun og meginhluti Kapelluhrauns sem bæði runnu árið 1151.

BERGGREINING

Hildur Jóna Gunnarsdóttir og Þorsteinn Jóhannsson, jarðfræðingar
Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins

Á Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins hefur berggreining lengi verið hluti úttektar á námum. Í fyrstu var um að ræða lauslegt yfirlit yfir samsetningu bergsins, en sú prófunaraðferð sem notuð er í dag hefur að mestu verið óbreytt síðan 1983.

Sýnin sem koma í berggreiningu eru langoftast úr lausu efni, þ.e. muldu bergi eða seti. Algengast er að greina kornastærð sem hægt er að greina með berum augum eða með aðstoð víðsjár. Fínna kornastærðir eru greindar í þunnsneið.

Pau atriði sem algengast er að meta í berggreiningu eru kornalögun og berggerð.

Lögun korna (þ.e. kýlni, ávali og áferð) sem notuð eru í fylliefni, er mikilvægur eiginleiki. T.d. valda kúbísk korn meiri þjálni steypu og hrjúf korn gefa sterkari binding við efjuna.

Hlutfall berggerða í sýni eru reiknuð með því að flokka 200 - 400 korn. Flokkað er eftir bergtegund, ummyndun og þéttleika.

Þær upplýsingar sem fyrir liggja um sýni eftir berggreiningu hafa verið skráðar í tölvu frá 1982, þannig að hægt er að "fletta upp í" námum og sjá hvernig þær flokkast m.t.t. fyrrgreindra atriða.

Sýnið er gæðaflokkað þar sem hverri berggerð er gefin einkunn og er 1 best og 3 lélegust. Á eftirfarandi lista eru gæðaflokkaðar algengustu berggerðirnar ásamt nokkrum mikilvægum berggerðum fyrir gæði sýnisins, þó að þær séu hlutfallslega í litlum mæli.

Berggerð	Vegna stein- steypu	Vegna bundlins slitlag
Basalt - ferskt - þétt	1.	1.
Basalt - ferskt - blöðrótt	1.	2.
Basalt - ummyndað - þétt	2.	2.
Basalt - mjög ummyndað - þétt	3.	3.
Basaltgler - ferskt - þétt	2.	3.
Basaltgler - ummyndað - þétt	2.	3.
Andesit - ferskt - þétt	2.	1.
Líparit - þétt	2.	2.
Skeiljabrot	2.	2.
Holufyllingar	3.	3.
Móberg	3.	3.
Setberg	3.	3.

Notenda er bent á að gæðaflokkunin er aðeins leiðbeinandi. Hver notendahópur svo sem framleiðendur, kaupendur, hönnuðir og stjórnvöld, setur fram sínar kröfur um ákveðin einkenni eða eiginleika sem efnið á að hafa.

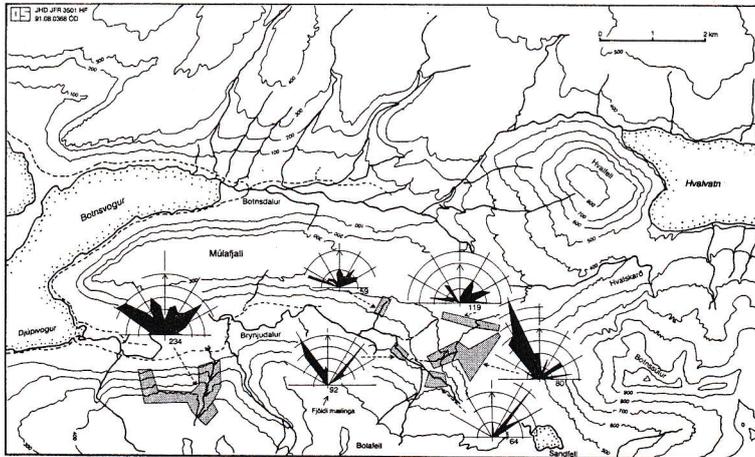
SPRUNGUSTEFNUR Í BERGI Á VESTURLANDI
Mælingar á sprungustefnum í Botnsdal, Brynjudal og Lundarreykjadal

Hjalti Franzson
 Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

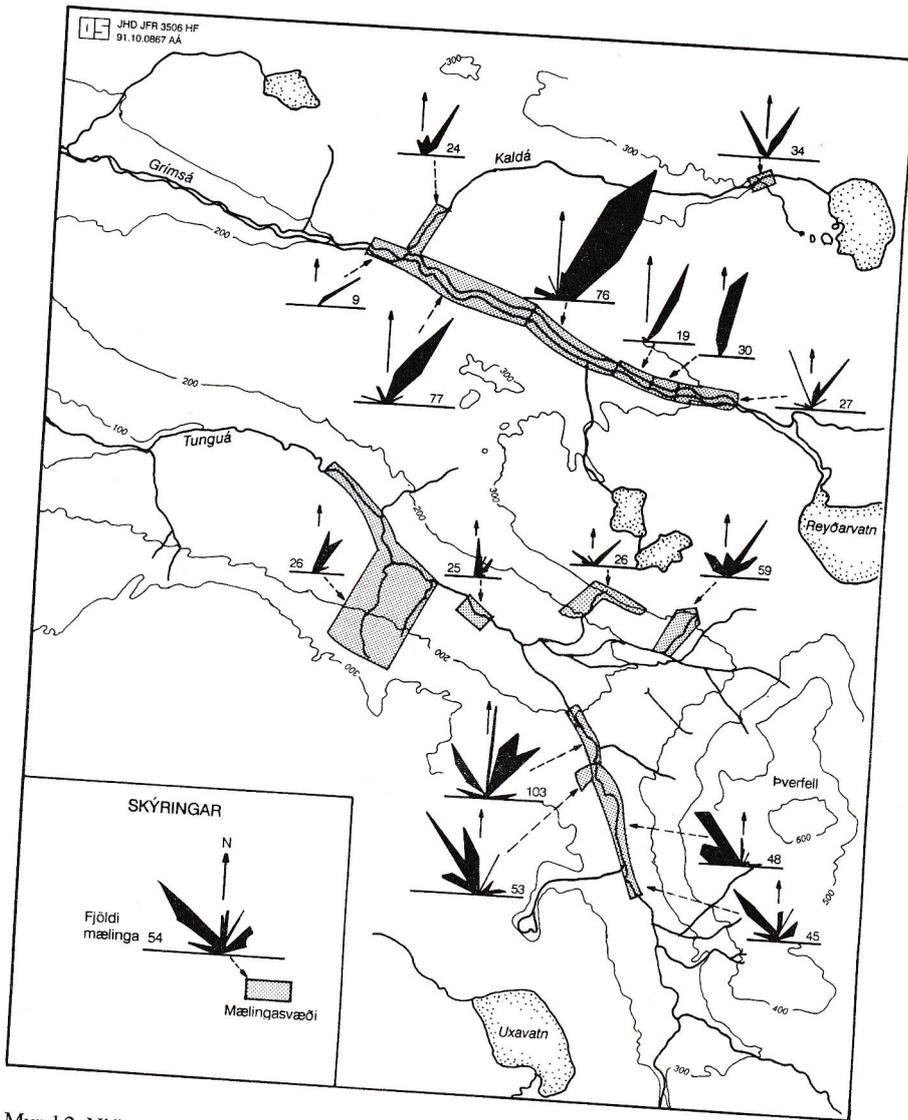
Rannsóknarniðurstöður eru hluti af könnun Orkustofnunar á náttúrulegum forsendum til fiskeldis í Botnsdal, Brynjudal og Lundarreykjadal og var gerð 1989-1990.

Sprungustefnur voru fyrst kannaðar á loftmyndum. Gáfu þær til kynna tvær ríkjandi stefnur; norðaustlægar og norðvestlægar. Í framhaldi voru stefnur sprungna mældar með áttavita á ákveðnum og eru niðurstöður þeirra mælinga sýndar á myndum 1 og 2.

Alls voru mældar stefnur um 1450 sprungna, og staðfesta þær loftmyndakönnunina í öllum meginatriðum. Einkenni þessara sprungustefna eru m.a: **1.** Berggangar, misgengi og fjöldi sprungna fylgja *norðaustlægru* stefnu. **2.** *Norðvestlægar* stefnur eru á bilinu frá VNV-ASA til NNV-SSA. Þær eru sprungur án lóðréttar færslu og yngri en þær norðaustlægu á hverju svæði. **3.** Norðvestlægar sprungur eru algengari við jaðra gosbeltisins en í eldri berggrunni (tertiér). **4.** Jarðhiti tengist oftast NA-SV stefnum (misgengjum og berggöngum), en kaldari lindir ($< 15^{\circ}\text{C}$) gjarnan norðvestlægum sprungum. Uppstreymi jarðhita finnst stundum á skurðpunkti þessarar stefna. **5.** Munur í grunnvatnshita bendir til að lekt norðvestlægra sprungna nái mun grynna en lekt þeirra norðaustlægu.



Mynd 1. Niðurstöður sprungumælinga í Brynjudal.



Mynd 2. Niðurstöður sprungumælinga í Lundarreykjadal.

ELLIÐAÁRSVÆÐIÐ, EDLI OG VIÐBRÖGÐ SVÆÐISINS VIÐ VINNSLU

Jens Tómasson

Orkustofnun, Jarðhitadeild, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Ellíðaársvæðið er eitt af þeim lághitasvæðum, sem nýtt eru fyrir Hitaveitu Reykjavíkur. Á svæðinu eru tvö grunnvatnskerfi, kalt grunnvatnskerfi og jarðhitakerfi. Þykkt kalda grunnvatnskerfisins er frá núll upp í nokkra tugi metra yfir jarðhitakerfinu, en það þykkar síðan til austurs og nær 1000 m þykkt nokkra km frá svæðinu. Við vinnsluna rennur kalda grunnvatnskerfið inn í jarðhitakerfið. Á leið sinni gegnum heita bergið hitnar kalda grunnvatnið af berginu jafnframt því sem það kælir það. Vatnið sem dælt er upp úr svæðinu hefur kólnað um 6-21°C á árunum 1969-1987.

Hiti bergsins er nokkru hærri í efri hluta kerfisins en hann ætti að vera samkvæmt hitastigli, sem stafar af varmastraumi frá iðrum jarðar, en í neðri hlutanum er hitinn miklu lægri en ætti að vera eftir sama hitastigli. Heildarvarminn í berginu frá yfirborði og niður á 2000 m er miklu lægri en hann ætti að vera samkvæmt ofananeftum hitastigli. Náttúruleg hringrás vatnsins hefur því numið varma úr berginu á svæðinu. Það er því tvennskonar varmanám í gangi á svæðinu, það er náttúrulegt varmanám og varmanám sem afleiðing af vinnslu á svæðinu. Síðara varmanámið er mörgum stærðargráðum hraðara en það fyrra.

Aldursgreining Þvergarðs á Seltjarnarnesi með aðstoð gjóskulaga.

Jóhann Helgason

Á Seltjarnarnesi er garður einn, hlaðinn úr grjóti, sem endur fyrir löngu náði þvert yfir nesið á móts við Valhúsa-hæð og nefndur hefur verið Þvergarður. Að hluta er nú gróið yfir garðinn en annars staðar gefur stórgrýtisdreif til kynna legu hans. Áður fyrr gegndi garðurinn hlutverki landamerkjja en með sívaxandi byggð hefur hann vikið fyrir mannvirkjum. Síðustu leifar garðsins eru á vestanverðri Valhúsa-hæð þar sem lengd hans er nú líklega aðeins um 150-200 metrar. Í þversniði er garðurinn að minnsta kosti 70 sm hár og um 1 m á breidd en steinar hafa fallið úr honum á ýmsum tímum. Upphaflega hefur garðurinn því vafalaust verið hærri. Holtagrjót myndar efstu hleðsluröðina en neðar er smærra grjót, ávalir steinar og lágbarðir hnullungum. Garðurinn hefur verið byggður ofaná 18 sm jarðvegi sem hvílir á grágrýtisklöpp. Nýlegur grunnur að húsi vestan í Valhúsa-hæð sker í sundir Þvergarðinn og þar er gott þversnið af garðinum og moldarjarðvegi beggja vegna. Jarðvegurinn varðveitir tvö öskulög sem gefa góða mynd af afstæðum aldri garðsins. Ofan við efra öskulagið er 25 sm þykkt moldarlag að yfirborði. Efra öskulagið er svart og vestan megin garðsins er lagið 12 sm þykkt en innan við 1 sm að austanverðu. Efnagreining (Karl Grönvold, pers. uppl.) gefur til kynna Kötluösku. Kötluagið yfirleitt auðþekkt á höfuðborgarsvæðinu og er talið hafa fallið í gosi árið 1485 eða 1500. Kötluaskan er um 25 til 50 sm fyrir ofan neðra borð garðsins og er hæðin mismunandi eftir sniðum. Vestanmegin garðsins eru 52 sm af moldarjarðvegi frá undirlagi garðsins (neðstu steinum) að Kötluagini. Neðra öskulagið er svart til grátt að lit og um 1-2 sm á þykk og er fast við neðra borð garðsins. A.m.k. þrjár hnullungar eru undir neðra öskulagini og virðast þeir hafa fallið frá garðinum áður en öskulagið féll. Líkur má leiða því að nokkur tími hafi liðið frá gerð garðsins þar til neðra lagið féll. Ekki er lokið efnagreiningu þess en hún mun væntanlega segja til um aldur garðsins.

Skaftafell: jarðlagaskipan, bergsegulstefna og K-Ar aldursgreiningar

Jóhann Helgason og Bob Duncan

Jarðlagaskipan þjóðgarðsins í Skaftafelli gefur til kynna mjög fjölbreytta jarðsögu þar sem á hafa skiptst tíð hlýskeyð og jökulskeyð. Rannsóknarsvæðið er 0.3 til 4.65 M. ára sem við sýnum fram á með kortlagningu jarðlaga, ákvörðun á bergsegulstefnu, beinum K-Ar aldursgreiningum og tengingu við alþjóðlegt bergsegultímatál. Mislægt ofaná rannsóknarsvæðinu er megineldstöð Óræfajökuls. Með mælingum á stefnu striks og halla jarðlaga virðist upphleðsla gosefna frá Óræfajökli hafa leitt til myndunar andhverfu með ás við eða í Skaftafellsheiði. Þar hafa elstu jarðlög svæðisins verið aldursgreind: 4.66 M ára. Á svæðinu hefur greinilega átt sér stað veðurfarsleg þróun frá ríkjandi hlýskeyði til ríkjandi jökulskeyða. Elsta jökulbergið hefur fundist í Jökulfelli og Hafrafelli og er aldur þess 3.95 og 3.94 +/- 0.06 M. ár. Næst þar á eftir, fyrir 3.2 M. ára, varð jökulskeyð með myndun elsta bólstrabergs sem fundist hefur á Skaftafellssvæðinu. Samt varð þá hlutfall myndunar móbergssets til muna hærra en bólstrabergs. Við göngum út frá þeirri forsendu að hentugra sé að nota jökulgosberg, þ.e. kubbaberg, bólstraberg og breksíu, til að afmarka í tíma og rúmi innkomu jökulskeyða. Á fyrri hluta Gauss (2.42-2.87 M. ár) urðu a.m.k. 2 jökulskeyð með myndun bólstrabergs. Þá varð til bólstrabergs- og móbergshryggur á öfugu segulskeyði fyrir 2.35 M. ára (Matuyama). Jökulberg (tillite) er vandskilgreint en bólstrabergshryggir gefa allt eins vel til kynna innkomu jökulskeyða. Ókostur við forna bólstrabergshryggi er hins vegar að enn hafa fáir þeirra verið aldursgreindir og því liggur ekki fyrir hvort þeir hafi myndast samtímis í ýmsum hlutum landsins. Samanburður við elstu "þekktu" jökulminjar utan Suðausturlands, t.d. á Fljótsdal (Áslaug Geirsdóttir, 1992) bendir til þess að jökulskjöldur hafi legið yfir meginhluta landsins fyrir um 3.95 M. ára.

MYNDUN PRÓADS BERGS Í KRÖFLU

KRISTJÁN JÓNASSON
Norrænu Eldfjastöðinni

Súrt berg í Kröflu myndaðist í tveim meginfösum. Í þeim fyrri, á síðasta hlýskeyði, myndaðist hraungúll úr líparíti í Hágöngum. Ofan á hann leggst mikið gjóskubergslag [Calderone *et al.*, 1990] er kallast Halarauður, sem telja má vera úr sama gosi eða eldum. Í þessum eldum er talið að öskjusig hafi orðið [Sæmundsson, 1991]. Gjóskubergið er samsett, blanda af basísku og síru gosbergi. Samtals má áætla að í hraungúlnum og gjóskuberginu séu um 1 km³ af síru bergi.

Í seinni fasanum, á síðasta jökulskeyði, mynduðust þrjú líparítfjöll, Jörundur, Hlíðarfjall og Gæsafjallarani. Þau eru öll mynduð við gos undir jökli og eru mjög svipuð að gerð og samsetningu. Þau mynda hryggi samsíða öskjurímanum, 1 - 2 km utan hans. Í þessum fjöllum eru samtals um 0,7 km³ af síru bergi.

Eftir þessa tvo meginfasa hefur einungis komið upp lítið eitt af síru bergi í nokkrum gosum. Á síðari hluta síðasta jökulskeyðs myndaðist Hrafninnuhryggur, lítill hryggur (<0,05 km³) úr dílalaus líparíti og hrafninnu. Hann er innan öskjunnar, á sprungu sem er samsíða sprungusveim Kröflukerfisins. Samtímis mynduðust tveir minni hryggir rétt vestan hans úr kvars-þóleíti og basalt-andesíti.

Í ísaldarlok varð blandgos rétt innan við vesturríma öskjunnar og myndaðist þá þyrping blandhrauna úr plagíóklas-dílóttu basalti, basalt-andesíti, andesíti og dasíti.

Á nútíma hefur tvisvar komið upp ljós vikur, við Hveragil fyrir um 9000 árum og í Víti árið 1724, við upphaf Mývatnselds.

Snemma á nútíma mynduðust allnokkur hraun úr basalti, basalt-andesíti, íslandíti og dasíti í Heiðarsporði, suður af Kröflu. Þau eru þó líklega hluti af öðru eldstöðvakerfi [Sæmundsson, 1991].

Það er eftirtektarvert að þróaða bergið í Kröflu hefur einkum komið upp við öskjurimana, en ekki í miðju kerfisins eða í sprungusveimnum sjálfum.

Súra bergið í Kröflu er dílalaust eða lítið dílótt. Dílarnir eru plagíóklas, grænt ferróagít, járnríkt ólivín (fayalít) og magnetít. Apatít og sirkón finnast einnig. Í vikrinum úr Víti finnast pigeonít-dílar auk ofangreindra steinda. Hrafninnuhryggur er gjörsamlega dílalaus og dílar eru afar sjaldgæfir í síru berginu úr fyrri fasanum. Beltun í dílunum getur verið bæði rétt (normal) og öfug (reverse) og þótt flestir dílar hafi verið í jafnvægi við kvikuna, finnast einnig dílar sem greinilega hafa ekki verið í jafnvægi. Framandsteinar úr granófýri og felsíti finnast stundum í síru berginu. Textúr þeirra bendir til að margir þeirra hafi verið hálfbráðnir.

Gosbergi í Kröflu má skipta í tvo aðskilda hópa. Annars vegar er röð af basísku bergi (ólivín-þóleít - kvars-þóleít - basaltískt-andesít), og hins vegar er súrt berg. Allt gosberg sem greinist með efnasamsetningu þar á milli, sýnir greinileg merki um blöndun á basískri og súrri kviku.

Súra bergið í Kröflu er járnríkt, eins og flest annað súrt berg á Íslandi. Bræðslutilraunir [t.d. Thy *et al.*, 1990] hafa sýnt að slíkt berg getur myndast við hlutbráðnun ef vatnsþrýstingur er minni en 1 kbar. Hærri vatnsþrýstingur veldur myndun járnslauðara og kalsíumríkara bergs.

Í granítkerfinu (normatívt Qz-Ab-An-Or) fylgir súra bergið í Kröflu "kótektískum" fleti, kvars - plagíóklas fletinum. Efni sem kerfið tekur ekki til, aðallega járn, eru í litlu magni og sýna enga samsvörun með granítkerfinu. Það má telja súra bergið í Kröflu lágmarksbráðir, annað hvort afgangsbíró eftir kristöllum á basísku bergi, eða upphafsbráð (anatectic melt) myndaða á frekar litlu dýpi (þ.e. við lágan vatnsþrýsting). Súra bergið úr fyrri fasanum virðist fylgja fleti sem er örllítið fjær kvarshorninu en sá sem hinar myndanirnar fylgja. Þetta gæti bent til þess að rhyólítið úr fyrri fasanum hafi myndast á allt að tvöfalt meira dýpi en það sem síðar kom.

Snefilefni í súra berginu fylgja ekki öðrum breytistærðum; hver eining hefur samt séreinkenni. Þetta bendir til aðskildra myndunarstaða, þótt bergið hafi myndast á sama hátt.

Súra bergið í Kröflu hefur sennilega myndast við uppræðslu á granófýri við lágan vatnsþrýsting. Elsta bergið var myndað á meira dýpi en síðari myndanir. Upprunalega hlýtur það þó að vera myndað úr basísku bergi, annað hvort við hlutkristöllum á basaltkviku eða við hlutbráðnun á grannbergi. Erfitt er þó að mynda súra bráð við hefðbundna hlutkristöllum, þar sem kristallar fjarlægjast vegna þyngdarmunar. Hin mikla seigja súrrar bráðar kemur í veg fyrir að slíkt geti gerst [McKenzie, 1985]. Líklegra er að það myndist á eftirfarandi hátt:

Ef sprungur myndast í eða við basískt berg með 5 - 10 % bráð (annað hvort næstum því storknuð basaltkvika eða hlutbráðið grannberg) getur myndast mjög mikill þrýstingsmunur og bráðin sogast út í sprunguna. Við þetta myndast granófýræð (segregation vein). Það súra efni sem þannig myndast gæti komið upp í gosi um sama leyti og það myndast, en líklegra er að endurtekin eldvirkni í megineldstöðinni valdi því að súra bergið bráðni og strokni á víxl. Við það gæti súra bergið safnast saman í stærri einingar og á kólnunartímum milli virknisskeiða yrði það fyrir háhitaummyndun, en margt bendir til þess að súrt berg á Íslandi sé upprunið úr háhitaumynduðu bergi.

TILVITNANIR

- Calderone, G.M., K. Grönvold, and N. Óskarsson, The welded air-fall tuff layer at Krafla, northern Iceland: a composite eruption triggered by injection of basaltic magma, *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 44, 303-14, 1990.
- McKenzie, D., The extraction of magma from the crust and mantle, *Earth Planet. Sci. Lett.* 74, 81-91, 1985.
- Sæmundsson, K., Jarðfræði Kröflukerfisins, in *Náttúra Mývatns*, edited by A. Garðarsson, and Á. Einarsson, Hið íslenska náttúrufræðifélag, Reykjavík, 1991.
- Thy, P., Beard, J.S., and G.E. Lofgren, Experimental constraints on the origin of Icelandic rhyolites, *J. Geol.* 98, 417-21, 1990.

GJÓSKUGOS VIÐ REYKJANES Á 13. ÖLD

Magnús Á Sigurgeirsson, Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík.

Gjóskulagarannsóknir á Reykjanesskaga hafa leitt í ljós að greina megi a.m.k. tíu gjóskulög í jarðvegi sem tengjast eldvirkni í sjó undan Reykjanesi. Gjóskulögnum er hægt að skipta niður á þrjú aðgreind gosskeið (I-IV). Elsta gosskeiðið er 3500-4000 ára gamalt, annað gosskeið er 1500-2000 ára gamalt, þriðja gosskeið er um 1000 ára gamalt og það fjórða er frá 12.-13. öld. Eldri Stampar voru virkir á öðru gosskeiði en Yngri Stampar á fjórða gosskeiði. Flest gjóskulög hafa greinst frá fjórða gosskeiði; sex talsins, R5-R10. Fjallað verður um þessi gjóskulög hér, einkum þó þau sem þykkust eru á landi, R-7 og R-9.

Í fornum heimildum, annálum og biskupasögum, kemur fram að á 13. öld hafi eldgos verið tíð í sjó undan Reykjanesi. Talin eru upp a.m.k. sex gos frá þeim tíma, á árunum 1210/11, 1223, 1226, 1231, 1238 og 1240 e.Kr. Ekki er sagt berum orðum að gosið hafi fyrir þennan tíma en þó er gefið skyn að svo hafi verið. Í Íslandslýsingu í Bók undranna, ritaðri af Herberti kapellán um árið 1180, er lýsing á neðansjávargosi sem gæti átt við gos í sjó undan Reykjanesi á síðari hluta 12. aldar.

Aldursgreiningar á gjóskulögum fjórða gosskeiðs benda til að þau séu mynduð á 12. og 13. öld. Aldur laganna er fenginn með hjálp C-14 aldursgreininga og út frá afstöðu þeirra til landnámslagsins (LNL). Gengið er út frá því að LNL sé frá því um 900 e.Kr. Þar sem LNL er í sniðum ásamt Reykjanesslögnum er mögulegt að reikna út líklegan aldur þeirra. Þessi aðferð er ekki nákvæm, þar sem jarðvegsgerð og þykkunarhraði er mismunandi frá einum stað til annars, en gefur þó nokkra hugmynd um raunverulegan aldur og aldursmun. Útreikningarnir benda til að gjóskulögin R-5 og R-6 séu frá síðari hluta 12. aldar og R-7 frá því um 1200 e.Kr. Ekki er óhugsandi samkvæmt þessu að R-7 sé myndað í fyrsta gosinu við Reykjanes sem íslenskir annálar nefna, þ.e. árið 1210/11 e.Kr. Á sama hátt fæst að gjóskulagið R-8 geti verið frá árinu 1223 og R-9 frá gosinu árið 1226.

Gjóskulagið R-7 er þykkast Reykjanesskaga við SV-strönd Reykjaness og liggur þar næst undir Yngra Stampahrauninu. Undir hrauninu er gjóskulagið jafnan óraskað en annars staðar er það tilfokið eða raskað á einhvern hátt. Efsti hluti gjóskulagsins er úr hörðu túffi og hefur greinilega bakast af hita hraunsins þegar það rann yfir. Við SV-ströndina er hægt að fylgja gjóskulaginu R-7 undir Yngra Stampahrauninu allt frá Valahnúk, þar sem það er um 1,5 m þykkt, norður í Vatnsfell og Kerlingarbás þar sem þykkt gjóskunnar skiptir tugum metra. Upptakagígur gjóskulagsins er varðveittur þar að hluta. Kortlagning og mælingar á gígbotunum benda til að Yngra Stampahraunið hafi runnið upp að hlífum gígsins og að hraunjaðarinn marki útlínur hans. Yngra Stampahraunið og gjóskulagið R-7 eru að öllum líkindum samtímamyndanir. Athuganir á

útbreiðslu gjóskulagsins sýna að það hefur að mestu leyti borist til suðlægra átta, eða til hafs. Lagið þynnist mjög hratt inn til landsins sem bendir til að þar sé aðeins um "bakhluta" gjóskugeirans að ræða.

Gjóskulagið R-9 liggur ofaná Yngra Stampahrauni á Reykjanesi og á milli þess og hraunsins er sums staðar jarðvegsvottur þar sem gjóskulagið R-8 er varðveitt. Mælingar á gjóskulaginu í jarðvegi sýna að útbreiðsla þess nær til alls Reykjaneskaga og nærliggjandi svæða (sjá meðfylgjandi kort). Lag þetta er útbreiddast allra Reykjaneslaga og samsvarar gjóskulaginu sem nefnt hefur verið miðaldalagið (ML). Útreikningar á aldri lagsins með tilliti til þykkunarhraða jarðvegs benda til að það sé frá þriðja áratug 13. aldar. Líklegt verður að telja að gjóskulagið R-9 samsvari því eldgosu sem ritaðar heimildir eru hvað fjölorðastar um og setja við árið 1226. Þar kemur fram að gosinu hafi fylgt sandfok sem valdið hafi nokkrum búsifjum. Gjóskulagið þekur a.m.k. 3500 km² innan 0,5 sm þykktarlínunnar og rúmmál þess er um 0,1 km³ innan sama svæðis. Uppþök lagsins eru í sjó 2-3 km undan Reykjanesi.

Gjóskulagið R-10 er af svipuðum aldri og R-9 og hefur einnig borist austur eftir Reykjaneskaga. Lagið hefur aðeins fundist aðgreint frá R-9 á einum stað, í mannvistarlögum á Bessastöðum, og falla þau því saman víðast hvar. Gjóskulagið R-10 gæti verið frá því gosi sem heimildir segja að næst komi á eftir gosinu árið 1226, þ.e. árið 1231.

Ástæðan fyrir því að gjóskulög frá tveimur síðustu gosunum sem heimildir nefna, þ.e. árin 1238 og 1240, hafa ekki fundist gæti verið sú að þau hafi ekki borist til lands eða þá að þau hafi ekki varðveist vegna versnandi varðveisluskilyrða eftir því sem leið á IV. gosskeið. Af jarðvegssniðum á Reykjanesi má merkja að sandfok hefur verið mikið næst eftir að gjóskulögin R-7 og R-9 féllu og að jarðvegur hefur ekki tekið að myndast á ný fyrr en löngu síðar.

Yfirlit um gróðurfarsögu Norðurlands

Margrét Hallsdóttir
Raunvísindastofnun Háskólans, jarðfræðistofa,
Aðalbygging Háskólans,
101 REYKJAVÍK

Niðurstöður frjógreininga á vatnaseti tveggja stöðuvatna og eins uppgróins vatns á Norðurlandi liggja nú fyrir að hluta og verða kynntar. Það sem áður var vitað um gróðurfarsögu norðan heiða byggir að mestu á frjórannsóknnum mýrasniða [Sigurður Þórarinnsson 1955, Straka 1956, Þorleifur Einarsson 1961, Bartley 1973]. Raunar hefur verið birt snið úr vatnaseti Hafraðjarnar í Ásum, Húnavatnssýslu [Vasari 1972]. Frá Hafraðjörn eru til sex ¹⁴C aldursgreiningar auk þess sem fræggreining var gerð á setinu [Vasari & Vasari 1990], en hún gefur enn fyllri mynd af staðbundnum gróðri heldur en frjógreiningin.

Fyrst skal nefna Torfadalsvatn á Skaga [Björck o.fl. 1992]. Lokið er frjógreiningu neðstu 2 m af 12 m löngum setkjarna. Aldursgreiningar með geislakoli benda til að í þessum 2 m sé um að ræða setmyndun frá lokum síðasta jökulskeiðs og upphafi nútíma og spannar hún um það bil 2200 ára sögu (8200 - 10 400 ár fyrir okkar daga¹⁾). Árlegt frjófall er mjög lítið í byrjun en eykst er á liður. Grös (Gramineae), steinbrjótar (*Saxifraga*) og hjartagrasætt (Caryophyllaceae) einkenna fyrsta stigið. Næsta stig einkennist af Ólafssúru (*Oxyria digyna*) og naflagrasi (*Koenigia islandica*). Fyrir um 9200 árum eru víðifrjó (*Salix*) orðin ríkjandi í setinu en bæði lyng (Ericales) og starir (*Carex*) eru þá einnig komin fram. Einir (*Juniperus*) og birki (*Betula pubescens*) eru að sækja á fyrir um 8500 árum.

Krosshólsmýri á Flateyjardal er uppgróið vatn, sem myndaðist í jökulbæli daljökla, er gengu fram á Preboreal (tímabilið fyrir 9000 - 10 000 árum) [Hreggviður Norðdahl 1991]. Vatnasetshlutinn var frjógreindur og aldursgreindur [Margrét Hallsdóttir 1991]. Hann spannar um 2800 ár sögu (fyrir 6900 - 9700 árum). Í byrjun skildu gróðurlendi Flateyjardals eftir sig frjóbelti, sem einkennist af víði, lyngi og jurtafrjó; aðallega krossblóma- og sóleyjaætt (Cruciferae og *Ranunculus*). Mólendi virðist því vera nokkrum öldum fyrir á ferðinni á Flateyjardal en á Skaga (ef treysta má aldursgreiningum), sem vekur upp hugleiðingar um áhrif miðsvæðisins á Flateyjarskaga á gróðurfarsþróunina fyrst eftir að land varð örís. Birki- og einifrjóa gætir í vaxandi mæli á næsta stigi og líklega hefur mátt finna einstaka birkilundi á Flateyjardal fyrir 8 - 9000 árum. Þá kemur afturkippur í framrás kjarrlendisins, líklega af völdum veðurfarsbreytinga, þ.e. aukinnar úrkomu og/eða kólnunar. Fyrir rúmum 7000 árum er birkikjarr eða -skógur á ný í framsókn og birkið orðið helsti frjóframleiðandinn í dalnum.

Í Vatnskotsvatni í Hegranesi er gróðurfars saga síðustu 9000 ára varðveitt. Þar má sjá hliðstæða þróun og á Flateyjardal, aðeins síðbúnari þó. Birki- og einifrjóa fer ekki að gæta að ráði fyrir en fyrir um 8500 árum. Árlegt frjófall í Vatnskotsvatni virðist hafa verið mest um miðbik Atlantísku "krónósónunnar" (fyrir 6 - 7000 árum) og líklega hefur land verið best gróið þá. Jafnvel hefur upptakasvæði frjókorna verið stærra en nú, t.d. vegna lægri sjávarstöðu. Þá er líklegt að Héraðsvötn hafi verið bergvatnsá á þessum tíma með birki- og víðikjarr fram á bakka. Þegar hundráðshlutanur er skoðað virðist birkiskógurinn taka að gísna fyrir 4 - 5000 árum, ef dæma má af auknum hluta jurta- og lyngfrjóa. Hlutdeild birkifrjóa eykst á ný fyrir um 2700 árum sem bendir til þess að birkið sæki aftur á, en svo fellur það skyndilega þegar áhrifa ræktunar fer að gæta, við upphaf byggðar í Skagafirði. Hliðstæð lægð og sést í Krosshólsmýrarsniðinu kemur fram í birkilínuriti Vatnskotsvatns fyrir um 7700 árum. Eins og áður segir verður hún helst rakin til tiltölulega skammvinnra veðurfarsbreytinga.

Vísindasjóður og Rannsóknarsjóður H.Í. hafa styrkt nokkra þætti rannsóknarverkefnisins - Gróðurfars saga Norðurlands á nútíma -.

¹⁾ Í þessum útdrætti er ætíð átt við óleiðrétt geislakolsár.

Jarðskorpuhreyfingar á Íslandi ákvarðaðar með GPS-landmælingum 1986-1991

PÁLL EINARSSON

Raunvísindastofnun Háskólans

Í GPS-landmælingum eru merki frá siglingatunglum GPS-kerfisins (Global Positioning System) notuð til að ákvarða afstöðu landmælingapunkta með meiri nákvæmni en unnt er að ná með góðu móti með hefðbundnum aðferðum. Ná má fáeinna sentimetra óvissu á fjarlægðum sem nema tugum eða hundruðum kílómetra. Aðferðin hentar því vel til ýmiss konar mælinga á jarðfræðilegum ferlum, s. s. landreki, spennusöfnun í jarðskorpunni, aflögun umhverfis eldstöðvar, landrasi vegna fargbreytinga o. fl.

Talsverðar GPS-landmælingar hafa farið fram hér á landi allt frá árinu 1986. Mælingarnar hafa verið gerðar í samvinnu bandarískra, þýskra, breskra og íslenskra vísindamanna. Alls hafa verið mældir um 150 punktar. Þeir mynda net sem spannar mestan hluta landsins. Þéttast er það á umbrotasvæðunum enda er megintilgangur þeirra að ákvarða jarðskorpuhreyfingar. Mælingar hafa verið endurteknaðar á flestum punktanna og hafa eftirfarandi niðurstöður komið í ljós:

1. Suðurland. Árið 1986 var mælt net punkta sem spannaði skjálftabeltið á Suðurlands- undirlendi og gosbeltin tvö. Auk þess var mæld keðja af ferhyrningum norður um Vesturland og austur um Norðurland. Alls voru mældir inn 51 punktar. Netið á Suðurlandi var endurmælt 1989 og þá var einnig bætt við 27 nýjum punktum. Marktækar breytingar mældust, þó stutt væri milli mælinga og ekki hafi orðið verulegir atburðir á þessu svæði á tímabilinu. Breytingarnar eru í almennu samræmi við rek landsins til austurs og vesturs út frá flekaskilunum (Hackman, 1991).
2. Norðurland. Gos- og gliðunarbeltið á Norðurlandi var mælt sumarið 1987. Þá var einnig mælt á nokkrum punktum á Austur- og Suðausturlandi og tengt við mælinetið frá 1986. Alls voru mældir 63 punktar. Aftur var mælt á meginþorra þeirra 1990, og var þá bætt við 8 punktum. Mælingarnar sýna verulegar hreyfingar út frá eldstöðvakerfi Kröflu, mestar á punktum sem eru í um 25 km fjarlægð frá kerfinu (Jahn o. fl., 1992). Hreyfingarnar eru líklega afleiðingar gliðunarinnar sem varð á Kröflusprungusveimnum 1975-1984. Þær má túlka sem svörun fjaðrandi stinnhvolfs sem hvílir á seigu linhvolfi, 5-18 km þykku (Foulger o. fl., 1992).
3. Hekla. GPS-punktar umhverfis Heklu voru endurmældir eftir gosið 1991. Punktar næst fjallinu höfðu hreyfst í áttina til þess. Einfaldasta reiknilíkan sem skýrir hreyfingarnar gerir ráð fyrir að kvikuhólf undir fjallinu hafi hjaðnað við gosið (Freysteinn Sigmundsson o. fl., 1992). Dýpi niður á hólfið er á bilinu 2-11 km. Óheppileg dreifing mælipunktanna leyfir ekki nákvæmari túlkun.
4. Hornaförður. Samanburður á mælingum sem gerðar voru 1987 og 1990 á punktum á Akureyri, Hofteigi í Jökuldal og Höfn í Hornafirði sýnir marktækar hæðarbreytingar sem

nema 8-11 cm. Líklegast er að breytingarnar stafi af því að punkturinn á Höfn hafi lyfst um 8 cm á þremur árum (Jahn o. fl., 1992). Þetta er nokkru hraðara landris en spáð hefur verið vegna rýrnunar Vatnajökuls (Freysteinn Sigmundsson, 1991), og ber að taka með varúð þar til það hefur verið staðfest með frekari mælingum.

Tilvitnanir:

- Foulger, G. R., C.-H. Jahn, G. Seeber, Páll Einarsson, B. R. Julian, K. Heki, Post rifting stress relaxation at the accretionary plate boundary in Iceland, measured using the Global Positioning System (GPS), sent til birtingar í Nature, 1992.
- Hackman, M. C., A study of crustal deformation in Iceland using boundary element modeling and the Global Positioning System. Ph. D. dissertation, University of Colorado, Boulder, Colorado, 296 pp., 1991.
- Jahn, C.-H., G. Seeber, G. R. Foulger, Páll Einarsson, GPS epoch measurements across the mid-Atlantic plate boundary in Northern Iceland 1987-1990, sent til birtingar til American Geophysical Union, 1992.
- Sigmundsson, Freysteinn, Post-glacial rebound and asthenosphere viscosity in Iceland, Geophys. Res. Lett., 18, 1131-1134, 1991.
- Sigmundsson, Freysteinn, Páll Einarsson, R. Bilham, Magma chamber deflation recorded by the Global Positioning System: The Hekla 1991 eruption, sent til birtingar í Nature, 1992.

C-14 aldursgreining

ný tækniviðhorf - stofnun íslenskrar aldursgreiningastofu

Páll Theodorsson, Raunvísindastofnun Háskólans

Unnið er tillögu um stofnun íslenskrar aldursgreiningastofu með geislakoli (C-14) sem byggist bæði á miklum endurbótum, sem náðst hafa í mælitækninni á Raunvísindastofnun Háskólans, og á nýlegum endurbótum erlendis í gerð mælisýna. Þessi stofa mun geta fært íslenskum vísindamönnum nákvæmari og ódýrari aldursgreiningar en völ hefur verið á fram til þessa. Nákvæmar aldursgreiningar eru mikilvægar fyrir fornleifafraði og oft nauðsynlegar í jarðfræði, haffræði og grunnvatnsfræði. Mikilvægt er að greiður aðgangur sé að slíkum mælingum, að mögulegt sé að mæla mörg sýni og að unnt sé að fá niðurstöðu áður en feltvinnu líkur.

Þrjár mæliaðferðir eru nú notaðar, tvær byggjast á mælingu geislavirkinnar ("hefðbundnar"), þ.e. mæling CO_2 í hlutfallsteljara og mæling benzens í vökvasindurteljara, en sú þriðja mælir beint $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ hlutfallið með svokallaðri AMS tækni (Atomic Mass Spectrometric), og er þá sýnið venjulega í formi graffits. Sigfús J. Johnsen og Árný E. Sveinbjörnsdóttir hafa komið upp aðstöðu við Raunvísindastofnun til AMS sýnagerðar og hafa sýnin verið mæld í Árósum. Eftirfarandi tafla gefur helstu einkenni aðferðanna.

Aðferð	Sýni	Særð sýnis g	Verð tækja Millj. kr.	Afköst Sýni/ár	Verð Kr/sýni
Hlutfallst.	CO_2	0,2-2	4	900	20.000
Vökvas.	Benzen	0,2-2	4	900	20.000
AMS	Grafit	0,001	150	5000	40.000

Um þessar mundir skila flestar stofur nákvæmni sem er $\pm 60-80$ ár. og hefur hún lítið batnað á síðustu þremur áratugum, ef undan eru skildar örfáar aldursgreiningastofur sem hafa sérhæft sig í nákvæmum kvörðunarmælingum árhringja trjáa. Nú eru hinsvegar tæknilegir möguleikar til að auka nákvæmnina við almennar aldursgreiningar, meðal annars vegna þess árangurs sem náðst hefur á Raunvísindastofnun í hönnun einfaldrar og afkastamikilla mælitækja til aldursgreininga, sem nú eru framleidd til útflutnings af Fjölnemum h/f. Stefnt er að því að ná um 30 ára óvissu. Miðað við þessa nákvæmni yrði verðmunur milli hefðbundinna aðferða og AMS við aldursgreiningu mun meiri en gefið í töflunni. Oft koma þó sýni sem einungis er unnt að mæla með AMS tækni.

Tillaga um íslenska aldursgreiningastofu verður lögð fram síðar á þessu ári, en uppsetning stofunnar mun taka um 6 mánuði. Þessi stofa mun geta:

1. Skilað meiri ákvæmni, ± 30 ár.
2. Skilað fleiri aldursgreiningum en áður hefur verið unnt að fá.
3. Skilað niðurstöðu innan 2ja til 3ja vikna.
4. Tryggt það nána samstarf sem æskilegt er milli vísindamanna sem taka sýnin og þeirra sem mæla þau.

Djúpboranir í Grænlandsjökul.

Sigfús J. Jhonsen og Árný Erla Sveinbjörnsdóttir, Raunvísindastofnun Háskólans,
Dunhaga 3 107 Reykjavík.

Á Grænlandi hafa verið boraðir nokkrir kjarnar til að lesa úr þær upplýsingar sem í ísnum eru fólgnar varðandi hina ýmsu umhverfisþætti, svo sem veðurfar, eldgos og styrk ýmissa efna í andrúmsloftinu, til að mynda koltvísýrings. Rannsóknir hafa sýnt að samsætur ískjarnasýna úr Grænlandsjökli endurspeglar veðurfar síðastliðinna 120.000 ára.

Á Raunvísindastofnun Háskólans hafa samsætumælingar á Grænlandskum ískjörnum verið gerðar í stórum stíl. Sem dæmi má nefna að kjarni sem boraður var út sumarið 1988 með samnorrænu átaki á Renlandi við Scoresbysund, var að mestu mældur hér heima. Nú er ljóst að Renlandskjarninn, sem er 325 m langur, spannar veðurfarssögu síðastliðinna 120.000 ára og niðurstöður úr honum eru í góðu samræmi við fyrri niðurstöður á djúpkjörnum Grænlands (Dye-3 og Camp Century).

Fyrir þremur sumrum hófst borun 3 km kjarna úr hájökli Grænlands. Þetta verkefni (GRIP) er samevrópskt og taka vísindasjóðir þátttökulandanna þátt í kostnaði. Ísland er fullgildur aðili að verkefninu, en vonast er til að úr GRIP kjarnanum megi lesa veðurfarssögu a.m.k. 300.000 ára eða tveggja til þriggja jökul-og hlýskeiða. Dýpi holunnar er nú orðinn 2320 m og aldur kjarnans er um 40 þúsund ár. Allan kjarnann er hægt að aldursgreina með talningu árlega, en fyrri kjarna hefur einungis verið hægt að aldursgreina á þennan hátt u.þ.b. 10 þúsund ár aftur í tímann. Mun þetta gerbreyta tiltrú efasemdarmanna á notagildi samsætna í jökulís til könnunar á fornveðurfari, en þar hafa aldursgreiningar verið erfiðasta hjallinn að yfirstíga. Áætlað er að borun GRIP kjarnans ljúki sumarið 1992.

KALSEDÓN: TEGUND KRISTALLA, STÆRÐ PEIRRA OG LEYSNI

SIGURÐUR REYNIR GÍSLASON

Raunvísindastofnun Háskóla Íslands, Dunhaga 3, IS-107 Reykjavík

DAVID R. VELEN og KENNETH J. T. LIVI

Department of Earth & Planetary Sciences, The Johns Hopkins University, Baltimore MD 21218, U.S.A.

PETER J. HEANEY

Department of Geological and Geophysical Sciences, Princeton University, Princeton, N.J. 08540, U.S.A.

INNGANGUR

Kalsedón efnahitamælirinn hefur verið notaður með góðum árangri til þess að segja fyrir um hitastig jarðhitavatts djúpt í jarðhitakerfum undanfarin 25 ár (*Fournier og Row, 1966; Fournier, 1973; Arnórsson, 1975*).

Leysni kalsedóns var upphafleg ákvörðuð í tilraunum sem Fournier og Rowe (*1966*) og Fournier (*1973*) gerðu með kalsedón frá Death Valley í Kaliforníu og með holufyllingu í basalti frá Montana í Bandaríkjunum. Leysni þessara tveggja kalsedón steinda reyndist vera svipuð en hún var töluvert meiri en leysni kvars. Engin rannsókn var gerð á kristaltegund kalsedóns en á þeim tíma var margt sem benti til þess að kalsedón væri einfaldlega fínkornótt kvars (*Folk og Weaver, 1952; Pelto, 1956; White og Corwin, 1961*). Árið 1977 birti Fournier svokallaðan kalsedón efnahitamæli sem var aðhvarfsferill að tilraunaniðurstöðum hans og Rowe. Sama ár gerðu Walther og Helgeson (*1977*) efnavarmafræðilega úttekt á kísilsteindum og kísli í vatnslausn. Ferla þeirra fyrir orku Gibbs var m. a. hægt að nota til að reikna leysni kalsedóns sem fall af hita og þrýstingi. Niðurstöðum þeirra bar ekki allskosta saman við t.d. aðhvarfsferil Fourniers (*1977*) fyrir leysni kalsedóns eftir suðuferli vatns. Árið 1983 birti Stefán Arnórson o. fl. nýjan aðhvarfsferil að styrk kísils í íslensku jarðhitavatni. Þeir töldu að leysni kalsedóns stjórnaði styrk kísils í vatni allt upp í um 180 °C en við herra hitastig væri það kvars sem stjórnaði styrk kísils í íslensku jarðhitavatni. Stefán hafði reyndar komist að svipaðri niðurstöðu 1975 og sama má segja um Fournier (*1977*).

Árið 1984 fundu Flörke og samstarfsmenn kísilsteindina móganít (moganite). En moganít er vötnuð kísilsteind sem myndast í náttúrunni við lágan hita og þrýsting. Nokkrum árum seinna, eða 1989, rannsökuðu Heaney o. fl. tæplega 200 örkristallaðar kísilsteindir ("chalcedony, agat, jasper, flint og chert"), í vörslu Smithsonian safnsins í Washington í Bandaríkjunum, hvað varðar kristaltegundir. Kristaltegundin mógonít fannst í öllum þessum sýnum, og hluti móganíts var allt að 35% í sýnunum. Engar upplýsingar eru til um leysni móganíts.

LEYSNI OG YFIRBORÐSORKA STEINDA

Leysni steinda ræðst af heildarorku þeirra (orku Gibbs). Því meiri sem orkan er, því meiri er leysnin. Ef tvær steindir sömu efnasamsetningar, en misorkuríkar, eru settar í vatnslausn, þá getur orkuhærri steindin stjórnað styrk uppleystra efna í lausninni, þ.e. svo lengi sem hún er til staðar. En með tímanum er hætt við að hún eyðist því hún leysist upp en efni fellur út á steindina sem hefur minni leysni. Þetta ferli er kallað "Ostwald ripening".

Heildarorka kristalla er summa kristöllumarorku, orku sem tengist göllum í kristalgrind, vötnun hennar og orku yfirborðs kristalla (*Stümm og Morgan, 1981*). Venjulega er yfirborðsorka kristalla mjög lífill hluti af heildarorkunni. Svo er þó ekki ef yfirborðsflatarmál kristalla er mjög mikið miðað við heildarrúmmál eða massa kristalla. Þá getur yfirborðsorkan

aukið heildarorkuna verulega og þar af leiðandi leysni kristalla eins og sýnt er með eftirfarandi jöfnu Enüstün og Turkevich (1960),

$$\log K_s = \log K_0 + \frac{\frac{2}{3} \gamma S}{2.303 R T}$$

þar sem K_0 er leysnifastinn fyrir hlutfallslega stóra kristalla, K_s er leysnifastinn fyrir litla kristalla sem hafa yfirborðsorkuna, γ (joule/cm²), og yfirborðsflatarmál S (cm²/mól). Oft er talað um að yfirborðsorkan fari að hafa eitthvað að segja fyrir leysni steinda þegar yfirborðsflatarmál þeirra er orðið um eða yfir einn fermeter á hvert gramm.

Mismunurinn á leysni kvars og kalsedóns getur þá stafað af því að kalsedón er fínkornótt kvars eða hluti kalsedóns sé móganít sem hefur þá meiri leysni en kvars. Ef mismunurinn stafar af því hve kalsedón er fínkornótt þá má nota tilraunaniðurstöður Fourniers og Rowe (1966), Fourniers (1973) og/ eða reiknaða (Walther og Helgeson, 1977), og/ eða áætlaða leysni kalsedóns og kvars (Arnórsson o. fl., 1983), ásamt upplýsingum um yfirborðsorku kvars (Parks, 1984), til þess að reikna meðal yfirborðsflatarmál eða meðal raddius kristalla ef kristallarnir eru kúlulaga (sjá jöfnu og 1. Mynd). Ef reiknaðri stærð kristalla ber saman við mældu stærð kristalla í kalsedóninu sem Fournier og Rowe (1966, og 1973) notuðu í tilraunum sínum, bendir það til þess að kristalstærðin sé mikilvægust. Ef mælt þvermál kristalla er stærra en reiknað og móganít finnst í einhverju mæli í steindinni er líklegt að leysnimismunur kvars og kalsedóns stafi af móganíti.

Rannsóknin beinist því að því að skilgreina kristaltegund (α -kvars, móganít) og kristalstærðir kalsedónsins sem Fournier og Rowe notuðu í tilraunum sínum 1966 og 1973). Kristalstærðir eru mældar með "gegnumsjáandi rafeindasmásjá" (TEM) og "skimandi rafeindasmásjá" (SEM) en kristaltegundir og kristalgallar með "gegnumsjáandi rafeindasmásjá" (TEM) og röntgengreiningu þar sem röntgenrófið er greint með svokallaðri "Rietveld refinement".

FYRSTU NIÐURSTÖÐUR

Fyrsta hluta rannsóknanna er lokið, þ.e. mælingar með TEM, örgreini og SEM. Nú er verið að vinna úr þessum mælingum og jafnframt er verið að framkvæma röntgengreiningarnar með "Rietveld refinement".

Kalsedón kornin sem Fournier og Rowe (1966) og Fournier (1973) notuðu í tilraunum sínum eru um einn millimetri í þvermál og í hverju korni er fjöldi kristalla. Mörg kornanna eru beltud og þegar kornin eru ætuð í flúrsýru leysast böndin mishratt upp. Breidd bandanna sem leysast hratt upp er um 100 míkrometrar. Sum kornanna eru með fjölda belta og lega kristalla í sumum þeirra er "fjaðurstafsleg" (fibrous). Yfirborð korna, hvort heldur ætuð eða ómeðhöndluð, er úfið og hvarfpyttir eru algengir. Þvermál hvarfpyttanna er frá hluta úr míkrometra allt upp í nokkra míkrometra.

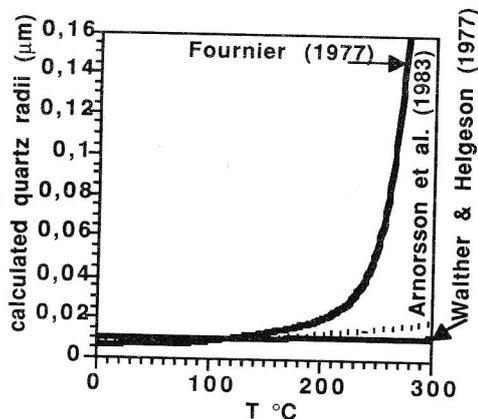
Hvað varðar efnasamsetningu eru kalsedónkornin nálægt því að vera hreinn kísill. Pungaprósenta kísils miðað við oxíð er frá 100,07% til 102,45% SiO₂. Ál og járn og stundum natríum, kalí, flúor og kalsíum eru snefilefni í steindinni. Heildarmagn snefilefna er frá 0,02 til 0,14%. Kortlagning (BSE) á dreifingu efna í kornunum benda til beltunar hvað varðar efnasamsetningu. Beltin koma fram sem dökkar rákir (belti) á ljósgráum grunni. Sum dökku bandanna eru um 1 míkrometri á breidd en önnur eru allt að tugum míkrometra að breidd. Dökku böndin eru með háa heildarþungaprósentu efna, þ.e. 102% en þau gráu um 100%. Þetta gæti bent til þess að meira væri af reikulum efnunum (H₂O, H₃O⁺) í þeim dökku. Ennfremur er minna af snefilefnum í dökku böndunum (0,02%) heldur en í þeim gráu (0,1%).

TEM greiningar benda til að stærð kristalla liggja á bilinu 0,01 til 1 míkrometer. Kristallarnir eru að mestu leiti kvars en þó benda rákir í "TEM röntgen rófinu" til þess að sumir kristallarnir séu af tegundinni móganít (Flörke et al., 1984; Heaney o. fl., 1989;). Magn hvers kristalsfasa ætti að fást þegar búið er að vinna röntgengreininguna með "Rietveld refinement" aðferðinni.

Þakkarorð. Þessar rannsóknir eru styrktar af Vísindasjóði og Rannsóknarsjóði Háskóla Íslands. Karl Grönvold las og betrubætti þessi skrif.

HEIMILDIR

- Arnórsson, S., Application of the silica geothermometer in low-temperature hydrothermal areas in Iceland. *American Journal of Science* 275, 763-784, 1975.
- Arnórsson S., E. Gunnlaugsson, and H. Svavarsson, The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. *Geochim. Cosmochim. Acta* 47, 567-577, 1983.
- Entüstin, B.V., and J. Turkevich, Solubility of fine particles of strontium sulphate. *Journal of the American Chemical Society*, 82, 4502 - 4509, 1960.
- Flörke, O. W., U. Flörke, and U. Fiese, Moganite, a new microcrystalline silica mineral. *Neues Jahrb. Mineral Abh.* 149, 325-336, 1984.
- Folk, R. L., and C. E. Weaver, A study of the texture and composition of chert. *American Journal of Science* 250, 498-510, 1952.
- Fournier, R. O., Silica in thermal waters: Laboratory and field investigations, in *International Symposium on Hydrochemistry and Biochemistry*, Tokyo, 1970, Proceedings, The Clarke Company, Washington D. C., v. 1, p. 122-139, 1973.
- Fournier, R. O., Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics* 5, 41-51, 1977.
- Fournier, R. O., and J. J. Rowe, Estimation of underground temperatures from the silica content of water from hot springs and wet-steam wells. *American Journal of Science* 264, 685-697, 1966.
- Heaney, P. J., J. E. Post, and D. R. Veblen, A study of Moganite in microcrystalline silica varieties using x-ray powder diffraction and transmission electron microscopy. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 71, p. 653, 1989.
- Parks, G. A., Surface and interfacial free energy of quartz. *Journal of Geophysical Research* 89, 3997-4008, 1984.
- Pelto, C. R., A study of chalcedony. *American Journal of Science* 254, 32-50, 1956.
- Stümm, W., and J. J. Morgan, *Aquatic Chemistry*. Wiley-Interscience, 780 p. 1981.
- White, J. F and J. F. Crownin, Synthesis and origin of chalcedony. *American Mineralogist* 46, 112-119, 1961.



1. Mynd. Reiknuð stærð kvarskristalla þar sem gert er ráð fyrir því að kristallarnir séu kúlulaga. Ferillinn sem merktur er Fournier (1977) er reiknaður miðað við leysni kvars og kalsedón eins og Fournier (1977) gefur upp, ferillinn merktur Arnórsson et al. (1983) er miðaður við leysni kalsedóns eins og Arnórsson o. fl. (1983) gefa upp og ferillinn merktur Walther & Helgeson (1977) er miðaður við leysni kvars og kalsedóns eins og Walther og Helgeson (1977) skilgreina hana.

MAGHEMÍT Í ÍSLENZKU BASALTI

SIGURÐUR STEINÞÓRSSON og ÖRN HELGASON

Raunvísindastofnun Háskólans

Curie-hiti (θ_c) ferskra hrauna er iðulega kringum 150°C sem svarar til þess að samsetning títánómagnetítsins í berginu sé um $\text{Usp}_{60}\text{Mt}_{40}$. Í tertíeru basalti er Curie-hitinn hins vegar iðulega nær 580°C , til marks um að í berginu sé sem næst hreint magnetít ($\text{Usp}_{04}\text{Mt}_{96}$).

Við Mössbauer-könnun 8 sýna úr safni Leós Kristjánssonar, sem öll höfðu $\theta_c = 580^\circ\text{C}$ og jafnhverfan afseglunarferil, kom í ljós að í sex þeirra var umtalsvert maghemít ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) auk magnetítsins. Maghemít er hálfstöðug steind, sem mátt hefði vænta að breyttist í magnetít eða hematít ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) við upphitun í 600°C , sem þá kæmi fram í ójafnhverfum afseglunarferli.

Maghemít, en þó einkum títánómaghemít, hefur komið nokkuð í sviðsljósið hin síðari ár. Alkunn er, að segulstyrkur yfir hafsbótunum dofnað með aldri skorpunnar, þ.e. með fjarlægð frá rekhrýgg, og fyrir rúmum 20 árum var stungið upp á því að dofning þessi stafaði í bland af oxun títánómagnetíts í títánómaghemít [Irving, 1970]; varð sú hugmynd til að auka áhuga fræðimanna á oxun og ummyndun títánómagnetíts og myndun títánómaghemíts [Smith, 1987]. Í íslensku sýnunum hefur þó myndast maghemít, -- ekki títánómaghemít -- sem kallar á sérstaka skýringu.

Helstu mæliniðurstöður eru þessar:

- Mælingar með Mössbauer-spektróskópi og Röntgen-brotgreiningu sýna hreint magnetít (og maghemít) í sýnunum, í samræmi við háan Curie-hita.
- Efnagreining með örgreini sýnir þrátt fyrir þetta 16 - 28% TiO_2 í Fe-Ti-oxíðunum.
- Í smásjá virðast Fe-Ti-oxíðin vera lítt eða ekkert oxuð. (Oxunarstig I til III)
- Skv. tilraunum þólar maghemít skamma hitun í 600°C í lofti; við lengri hitun í lofti breytist það í hematít, en við hitun í afoxandi umhverfi í magnetít.

Þessar niðurstöður túlkum við með eftirfarandi fjöggra-þrepa líkani: 1) Í fersku hraunlagi kristallast títánómagnetít við kólnun. 2) Þegar hraunið grefst undir yngri lögum og hitnar upp á ný, eða í námunda við ganga, afblandast títánómagnetítið á "solvus" í fíngerða samgróninga af hreinu magnetíti og ilmeníti -- fíngerðari en greindir verði með smásjá eða örgreini. 3) Í oxandi grunnvatni oxast magnetítið í maghemít. 4) Við frekari upphitun, eða með tímanum, breytist hálfstöðugt maghemít í hematít.

Niðurstaðan er sú, að maghemít sé mun algengara í íslensku bergi en talið hafði verið, og eigi á stundum umtalsverðan hlut í segulmagni bergsins.

HEIMILDIR

Irving, E. The mid-Atlantic ridge at 45°N , XVI. Oxidation and magnetic properties of basalt. Review and discussion. *Can. J. Earth Sci.*, 7, 1528-1538, 1970.

Smith, B.M. Consequences of the maghemitization on the magnetic properties of submarine basalts: Synthesis of previous works and results concerning basement rocks from mainly D.S.D.P. Legs 51 and 52. *Phys. Earth Planet. Int.*, 46, 206-226, 1987.

VDATA, forrit fyrir notendur jarðhita.⁶⁰

Trausti Hauksson, Kemía sf.

VDATA forritinu er ætlað að auðvelda varðveislu, túlkun og framsetningu mæligagna sem safnað er á jarðhitasvæðum samhliða nýtingu þeirra. Með því verða upplýsingar um hitastig og þrýsting í jarðhitageyminum, afköst einstakra hola, og efnasamsetningu borholuvökva aðgengilegar og auðvelt að taka saman yfirlit yfir vinnslu jarðhitasvæða sem og að skoða breytingar sem verða kunna.

Forritið meðhöndlar eftirfarandi mælingar.

Hitamælingar í borholum.

Þrýstimælingar í borholum.

Afkastamælingar.

Efnagreiningar vatns og gufu.

Orkuframleiðslu og gufunýtni hverfla ásamt gæðum gufu og kælivatns.

Einnig aðrar mælingar sem skilgreindar eru af notanda t.d.

vatnsborð, sýrustig og súrefni í hitaveituvatni o.fl..

Forritið er ætlað til notkunar af tæknimönnum og sérfræðingum jarðhitavirkjana og öðrum sem fást við jarðhitavinnslu eða rannsóknir. Forritið er til í íslenski og enski útgáfu fyrir PC tölvur.

Í forritinu er gagnagrunnur, -reiknir og -greinir. Í gagnagrunninum eru mæligögnin flokkuð samkvæmt ákveðnu kerfi og raðað á margvíslega vegu.

Gagnagreininirinn reiknar meðaltal, staðalfrávik, nálgun bestu línu og einnig margliðu nálgun allt að 9 gráðum [Conte and de Boor, 1972].

Gagnareiknirinn reiknar afleiddar stærðir og setur fram í töflum og myndum. Innbyggð í gagnareikninn er alþjóðlega viðurkennd gufufatla [Schmidt and Grigull, 1979], sem notast til þess að reikna vermi, óreiðu, eðlisrúmmál, seigju og suðumark gufu og vatns.

Hita og þrýstimælingar eru teiknaðar á móti dýpi (Mynd 1) og einnig á móti hæð yfir sjávarmáli. Einnig er hægt að teikna þrýsting og hita á ákveðnu dýpi á móti tíma og jafnþrýstiferla (Mynd 2). Hæð holutopps og staðsetning holu er lesin úr holuskrá sem geymir upplýsingar um hönnun borholanna. Suðumarksferil í borholum, (hitastig í vatnssúlu sem er alls staðar við suðumark) er hægt að kalla fram til samanburðar við mældan hita. Mögulegt er að reikna þrýsting í holu út frá mældu hitastigi og vatnsborði.

Afköst borhola eru mæld með krítískum stút [James, 1962], krítískri blendu [Chisholm, 1983], ASME-blendu og V-yfirfalli [Howard, 1971]. Forritið reiknar vermi rennis og gufustreymi við skiljuþrýsting. Jafnframt reiknast heildarafköst holunnar, bæði varmaafli og rafafli það sem fæst úr holunni og svæðinu í heild miðað við nýtni hverfils.

Efnagreiningar vatns, þéttivatns og gass eru lesnar í gagnaskrá og jónavægi og massavægi reiknast jafnóðum en það er gagnlegt við mat á gæðum efnagreiningarinnar.

Efnagreiningarnar eru síðan yfirfærðar í reikniskrár án þess að frumgögnum sé breytt og styrkur efna í gufu og vatni reiknaður við söfnunarþrýsting. Gufuhluti í skilju er

reiknaður út frá mældu vermi rennis, eða kísilhita (Fournier and Potter, 1982).

Skiljubrýstingi er síðan hægt að breyta að vild og skoða efnastyrk í gufu og vatni við breytilegan suðuhita t.d. á móti tíma (Mynd 3) eða þrýstingi í sjóðandi holu.

Efnavarmafræðileg tafla [Stefán Arnórsson o.fl., 1983] er innbyggð í forritið og er hægt að breyta henni eftir því sem rannsóknum á efnavarmafræði vatns við háan hita fleygir fram.

Forritið reiknar jónastyrk vatnsins, virkni jóna, klofnun kolsýru, kísilsýru og annarra veikra sýra, ásamt complexmyndun efna í vatninu.

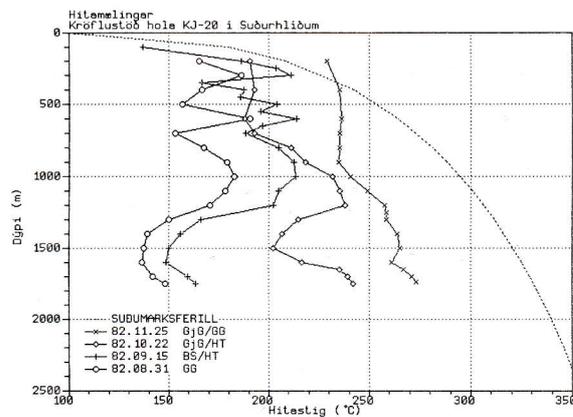
Jafnvæghiti steinda í berggrunninum t.d. kvarzhiti, ópalhiti, kalsedonhiti, koldfoxíðhiti og Na/K-hiti er reiknaður í forritinu og einnig jónamargfeldi myndunarhvarfa steinda í vatninu og leysnifasti þeirra við breytileg hitastig. Ef jónamargfeldi er jafnt og leysnifasti steindarinnar þá gefur það til kynna jafnvægisástand. Með forritinu má t.d. skoða áhrif suðu og afgösunar á jónamargfeldi og meta hættu á útfellingu af þeim sökum (Mynd 4). Einnig gerir forritið mögulegt að skoða áhrif blöndunar vatns með ólíkri efnasamsetningu, sem og íblöndun efna svo sem sýru, á yfirmettun.

Uppsetning á innslætti, töflum, myndum, útprentun o.fl. er breytanleg og getur notandi auðveldlega lagað forritið að sýnum sérþörfum.

Eftirfarandi myndir sýna nokkur dæmi um framsetningu forritsins á mæligögnum.

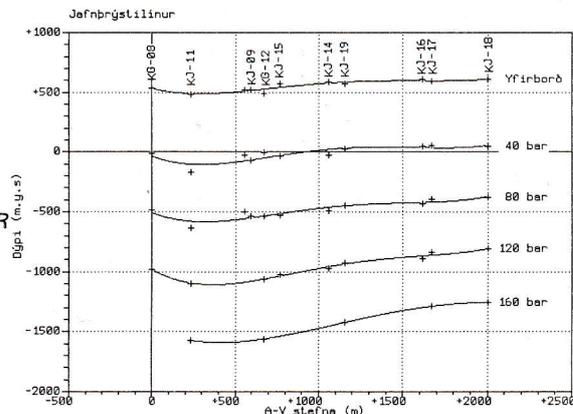
MYND 1 HITAMÆLINGAR Í BORHOLUM

Upphitun háhitaholu. Á myndinni er sýndur suðumarksferrill til samanburðar.

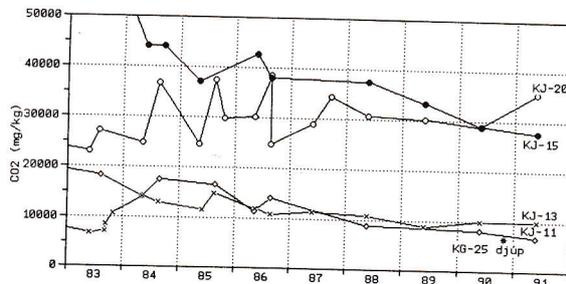


MYND 2 ÞRÝSTIMÆLINGAR Í BORHOLUM

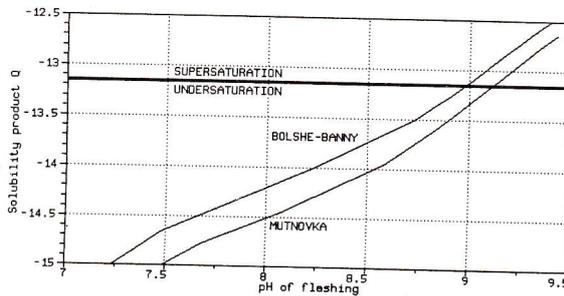
Jafnþrýstiferlar í borholum í Kröflu. Ferlarnir eru dregnir með 4 gráðu margliðu nálgun.



MYND 3 GAS Í GUFU
Myndin sýnir breytingar í gasstyrk gufu við skiljuþrýsting 7 barg.



MYND 4 AFGÖSUN VATNS
Myndin sýnir áhrif afloftunar á magnesíum-silíkat mettnun.



TILVITNANIR

- Chisholm, D. 1983: *Two-phase flow in pipelines and heat exchangers*. George Godwin, London and New York in association with The Institution of Chemical Engineers.
- Conte, S.D. and de Boor, Carl, 1972: *Elementary Numerical Analysis, an algorithmic approach*. Mc-Graw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Ernst Schmid, Ulrich Grigull ed. 1979: *Properties of Water and steam in SI-Units*. Springer-Verlag.
- Fournier, R.O. and Potter, R.W. 1982: A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. *Geothermal Resources Council Bulletin*, Nov. 1982: 3-9.
- Howard S. Bean 1971: *Fluid meters their theory and application*. The American Society of Mechanical Engineers (ASME), NY, USA.
- James, R. Steam-water critical flow through pipes, *Proc. Instn Mech Engrs* 1962 176 (No. 26), 741.
- Stefán Arnórsson, Sven Sigurðsson og Hörður Svavarsson. 1982: The chemistry of geothermal waters in Iceland. I. Calculation of aqueous speciation from 0° to 370°C. *Geochimica et Cosmochimica ACTA*, Vol 46, No 9, September 1982.