

ÍSOR
ICELAND GEOSURVEY

ÁRSSKÝRSLA
ANNUAL REPORT
2013



Efnisyfirlit

Contents

Nærmynd ÍSOR	3
Profile	
Ávarp stjórnarformanns	4
Chairman of the Board	
Vegferð ÍSOR	6
The journey of Iceland GeoSurvey	
Rekstur ÍSOR	9
Financial Statements	
Háhiti	10
Geothermal Energy	
Lághiti og náttúrufar	16
Natural Resources	
Kennsla og þróun	20
Geothermal Training	
Verkefni erlendis	22
Projects Worldwide	
Útgefið efni	24
Publications	
Mannauður	26
Human Resources	
Markvert á árinu	27
Highlights of the Year	

Forsíða: Jarðhitalækur við Hverir við Námaskarð.
Ljósmynd Ingibjörg Kaldal.

Cover: From Hverir at Námaskarð in the Northeast of Iceland.
Photo Ingibjörg Kaldal.

Jarðvísindarannsóknir, kennsla og þjónusta í sjö áratugi

Seven decades of scientific and technical services

Jarðfræðikortlagning - Jarðeðlisfræðilegar mælingar - Jarðefnafræði
Ráðgjöf við boranir - Borholumælingar
Mat á jarðhitaforða - Stýring jarðhitavinnslu
Umhverfisrannsóknir - Grunnvatnsrannsóknir
Mannvirkjarðfræði - Hafsbotnsrannsóknir
Kennsla og þjálfun

Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR, eru sjálfstæð ríkisstofnun sem heyrir undir umhverfis- og auðlindaráðuneytið. Starfsemin byggist á þekkingu sem fengin er með rannsóknum, öflun gagna og þróun tækni og aðferða. ÍSOR starfar á samkeppnisforsendum með hagkvæmar lausnir og virðingu fyrir umhverfi og samfélagi að leiðarljósi.

Geothermal Exploration
Drilling Consultancy - Well Testing and Evaluation - Geothermal Logging
Resource Assessment - Resource Management
Environmental Impact Assessment - Groundwater
Engineering - Offshore
Geothermal Training

Iceland GeoSurvey, ÍSOR, is an independent state-owned institute, providing data compilation and development of technologies and techniques based on expertise and research. ÍSOR operates on a competitive basis with cost-effective solutions in harmony with the environment and community.

Markaðsstarf erlendis hefur skilað okkur miklu

Sigrún Traustadóttir
stjórnarformaður



Afmælisráðstefna, þar sem þátttakendur veltu fyrir sér framtíð orkumála á Íslandi og í alþjóðasamfélaginu, var haldin í tilefni þess að 10 ár eru liðin frá því að ÍSOR varð sjálfstæð stofnun. Bar ráðstefnan yfirskriftina „Orkuframleiðsla á Íslandi – draumsýn eða alvara“. Rífað var upp mikilvægt framlag frumkvöðla í orkurannsóknunum á Íslandi, hvernig þekkingin hefur byggst upp og hver hefur verið ávinningur þjóðarinnar af nýtingu orkulindanna. Ennfremur var farið yfir hlutverk jarðvarmaorku í orkubúskap heimsins og velt fyrir sér hagkerfi hreinnar orku. Ráðstefnan var fjölmenn og skerpti hugmyndir manna um rannsóknir og þekkingarmiðun á þessu mikilvæga sviði.

Afmælisárið var líka um margt hagfelld ÍSOR rekstrarlega. Velta ÍSOR var 1.094 millj. kr. á árinu. Tekjurnar jukust um 5% milli ára. Rekstrarniðurstaða ársins var í samræmi við áætlanir sem höfðu það að markmiði að þjónustutekjur ÍSOR stæðu undir venjubundum rekstrarkostnaði. Að teknu tilliti til fjármagnsliða varð þó 5,5 millj. kr. tap á stafseminni sem skýrist af hækkun íslensku krónunnar á árinu. Jafnvægi hefur þannig náðst aftur í rekstri ÍSOR þar sem tekjur standa undir rekstrargjöldum eins og þær hafa gert allar götur frá stofnun að undanskildum árunum 2009–2012 þegar afleiðingar hruns efnahagslífsins urðu þess valdandi að tekjur nægðu ekki fyrir afskriftum.

Ánægjulegt er að sjá hvernig öflugt markaðsstarf erlendis hefur á undanförunum árum skilað góðum árangri. Tekjur vegna verkefna erlendis námu um 300 millj. kr. á árinu 2013, eða um 28% af heildartekjum ársins. Á undanförunum fjórum árum hefur um einn þriðji hluti tekna ÍSOR verið af erlendum verkefnum. Verkefnastaða innanlands er hinsvegar afar óljós og hefur svo verið um nokkra hríð. Áhugi virðist þó vera hjá orkufyrirtækjum og opinberum aðilum að auka rannsóknir hér á landi á sviði orku- og umhverfismála og er ÍSOR vel í stakk búið til að takast á við slík verkefni.

Á árinu var undirritaður rammasamningur við umhverfis- og auðlindaráðuneytið um ráðgjöf og þjónustu vegna Íslenskra orkurannsókna. Í samningnum er stjórnvöldum tryggður aðgangur að sérfræðipækkingu ÍSOR við stefnumótun, ráðgjöf og stjórnvaldsákvarðanir ráðuneytisins. Slík þjónusta og ráðgjöf yrði innt af hendi á viðskiptalegum grunni eins og gagnvart öðrum viðskiptavinum ÍSOR.

Stefnumótunarvinnu ÍSOR frá 2011 var haldið áfram með þátttöku starfsmanna. Í byrjun árs var sérstaklega góður vinnufundur haldinn í Kriunesi með stjórnendum og starfsmönnum. Á fundinum og í framhaldi af honum komu fram ýmsar tillögur varðandi frekari uppbyggingu og skipulag ÍSOR og vinna við aðgerðaáætlun var hafin.

Í framhaldi af stefnumótunarvinnunni var á árinu unnið að gerð nýs skipurits fyrir ÍSOR sem tók gildi 1. janúar 2014. Hið nýja skipurit felur m.a. í sér fækkun deilda ÍSOR úr sjö í fjórar. Tilgangur skipulagsbreytinganna er að aðlaga rekstur ÍSOR að breyttum markaðsforsendum í kjölfar kreppunnar. Það sem einkennir rekstrarumhverfi ÍSOR eru miklar sveiflur í mannaflapörf, einkum í tengslum við þjónustu við háhitaboranir innanlands. Til að tryggja eðlilega rekstrarafkomu var talin þörf á að byggja meiri sveigjanleika inn í starfseminu til að takast á við sveiflur í eftirspurn, jafnframt því að aðlaga rekstur ÍSOR að skilgreindari lágmarkspjónustubörf viðskiptavina. ÍSOR stendur ennfremur frammi fyrir töluverðri þörf á að endurnýja mannafla vegna aldurssamsetningar starfsmanna. Skipulagsbreytingunum er ætlað að stuðla að þeirri nauðsynlegu rekstraraðlögun sem þarf að eiga sér stað á næstu árum.

Margt bendir til þess að orkuvinnsla verði áfram lykillinn að velferð Íslands næstu áratugi. Hafa ber í huga að í orkumálum þarf að hugsa til langs tíma. Því er afar mikilvægt að standa vörð um og viðhalda þeirri þekkingu sem er til staðar á orkuauðlindunum og byggja upp enn frekari þekkingu á sviði orku- og umhverfismála. ÍSOR gegnir þar lykilhlutverki.

Ég þakka starfsmönnum og stjórnendum fyrir vel unnin störf og afar gott samstarf á árinu.

Success in gaining new projects abroad

Sigrún Traustadóttir
Chairman of the Board

Iceland GeoSurvey's 10 year anniversary was celebrated in 2013 with an anniversary conference where participants considered the future of energy in Iceland and in the international community. The conference was titled "Energy Production in Iceland- Illusion or Reality?" Topics included the accomplishments of pioneers in the field of energy research in Iceland, how knowledge was developed and the economic benefit of energy resource utilization. The role of geothermal energy in global energy production was reviewed, as were the economics of clean energy. The conference was well attended, and sharpened attendees views on research and knowledge transfer in this important field.

The anniversary year also brought some operational successes. Iceland GeoSurvey's turnover was 1,094 million krona in 2013. Revenues increased by 5% since the year prior. Operational results were in accordance with plans to gain sufficient revenues to cover standard operational costs. Financial factors did, however, result in a 5.5 million krona operational loss, explained largely by the appreciation of the Icelandic krona. A balance has therefore once again been reached in the operation of Iceland GeoSurvey, whereby revenues cover operational costs as has been the

case since operations began, with the exception of 2009–2012, when the repercussions of the financial collapse were that revenues did not cover depreciation.

It is pleasing to see how active marketing abroad has delivered benefits in recent years. Revenues from projects abroad totalled 300 million krona in 2013, or about 28% of total revenues. In the last four years, one third of revenues has been from foreign projects. The status of domestic projects is, however, unclear and has been for some time. There seems to be interest among energy companies and public entities to increase research here in Iceland in the fields of energy and environment and Iceland GeoSurvey is well equipped to manage such projects.

A framework agreement was signed in 2013 with the Ministry of Environment and Resources on consultation and services by Iceland GeoSurvey. The agreement ensures the government's access to Iceland GeoSurvey's specialised knowledge for use in policy design, consultation and official decisions by the Ministry. Such services and consultation would be provided on a commercial basis as is done for Iceland GeoSurvey's other customers.

Iceland GeoSurvey's strategy work that started in 2011 was continued with the participation of employees. A highly successful work meeting of directors and employees was held at Kriunes at the start of the year. Both at the meeting and following the meeting, several proposals were made regarding the ongoing development and structuring of Iceland GeoSurvey and work on a plan commenced.

Following the work on strategy, a new organisational chart for Iceland GeoSurvey was implemented and took effect on January 1, 2014. The new plan entails the reduction of departments from seven to four. The purpose of the organisational changes was to adapt Iceland GeoSurvey's operations to the new market conditions that were created by the financial collapse. Iceland GeoSurvey's operational environment is largely characterised by great fluctuations in staffing needs, mostly connected to services relating to domestic high temperature drilling. To ensure a satisfactory operational outcome, there was a need to incorporate increased flexibility into operations in order to better adapt to changes in demand, as well as adapting Iceland GeoSurvey's operations to a more defined baseline service requirement for customers. Iceland GeoSurvey is also facing a significant need to replenish its staff due to the age distribution of employees. The restructuring is meant to support the necessary operational changes that will be needed in coming years.

There are numerous indicators that energy production will remain as one of the keys to Iceland's success in coming years. Energy planning must be long-term. It is therefore essential to protect and maintain the knowledge in place regarding energy resources, as well as continue to develop additional knowledge in the fields of energy and environment. Iceland GeoSurvey plays a key role in this regard.

I would like to thank employees and directors for their hard work and cooperation throughout the year.



Vegferð ÍSOR

Ólafur G. Flóvenz
forstjóri



ÍSOR, Íslenskar orkurannsóknir, er hagnýt rannsóknarstofnun á sviði orkumála og náttúrufarsrannsókna í eigu íslenska ríkisins. Starfssvið ÍSOR er afar víðfeðmt að lögum en hefðin og þörfin í þjóðfélaginu hefur fyrst og fremst markað ÍSOR stöðu sem jarðvísindastofnun með sérstakri áherslu á jarðhita-, grunnvatns- og landgrunnsrannsóknir. Jafnframt hefur kennsla og þjálfun og sterk tenging við háskóla-samfélagið skipað veglegan sess í starfi ÍSOR. Meginþemað í starfsemi ÍSOR felst þannig í rannsóknarþjónustu, ráðgjöf, kennslu og þjálfun sem allt er byggt á rannsóknum, bæði grunnrannsóknum og hagnýtum rannsóknum.

ÍSOR starfar samkvæmt sérstökum lögum þar sem tilgreint er að stofnunin skuli starfa á viðskiptalegum grundvelli á samkeppnismarkaði. Þetta felur í sér að ÍSOR fær engar fjárveitingar úr ríkissjóði heldur þarf að afla sér tekna með sölu á rannsóknum og þjónustu. Að þessu leyti á ÍSOR sér ekki hliðstæðu meðal rannsóknarstofnana íslenska ríkisins og varla þótt leitað sé í öðrum löndum. ÍSOR starfar því fremur eins og fyrirtæki en stofnun, en þarf þó að uppfylla margs konar opinberar kvaðir og lagalegar skyldur sem venjuleg fyrirtæki eru lítt eða ekki bundin af. Þá leiðir þetta fyrirkomulag til þess að ÍSOR má ekki taka að sér neins konar stjórnvaldshlutverk, opinberar umsagnir eða leyfisveitingar enda skapar það hættu á hagsmunaárekstrum. Það getur aldrei samrýmt að opinber stofnun gegni stjórnvaldshlutverki en sé jafnframt háð tekjum af verksölu til þeirra aðila sem eiga hagsmuni undir umsögnum eða leyfisveitingum sömu stofnunar.

ÍSOR hefur nú liðlega áratugar reynslu af þessu fyrirkomulagi sem hefur að mörgu leyti reynst vel. Það hvetur starfsmenn og stjórnendur til að standa sig vel, vanda vinnu sína og veita góða þjónustu. Ókostir eru einkum þeir að vera eina stofnunin með þessu fyrirkomulagi meðal rannsóknarstofnana landsins. Það skekkir samkeppnisstöðu og leiðir til þess að verkefni sem ríkið felur stofnunum sínum á starfssviði ÍSOR hafa tilhneigingu til að lenda hjá öðrum stofnunum sem jafnvel eru síður til þess fallnar að leysa umbeðin verkefni og kosta ríkið meira þegar öllu er á botninn hvolft. Reynslan af starfi ÍSOR á að geta orðið gott innlegg í þá endurskipulagningu á stofnanakerfi ríkisins sem boðuð hefur verið.

Eftir bankahrunið haustið 2008 varð mikill samdráttur í verkefnum á Íslandi sem tengjast orkumálum. Þetta leiddi til þess að fyrirtæki á þessu sviði hófu átak til að afla verkefna í útlöndum með ágætum árangri, einkum á sviði jarðhita. Þarna má annars vegar nefna ráðagjafar- og rannsóknaraðila eins og ÍSOR og íslensku verkfræðistofurnar og hins vegar verktaka- og verkefnapróunarfyrirtæki. ÍSOR og verkfræðistofurnar hafa fyrst og fremst verið á erlendum ráðgjafamarkaði; sinnt mælingum og jarðhitarannsóknum, hönnunarverkefnum og hagkvæmnisathugunum, sem og kennslu. Stundum er þetta gert í gegnum erlend dótturfyrirtæki. Talsverð samvinna hefur verið á milli aðila í einstökum verkefnum, þar sem hagkvæmt hefur þótt að vinna saman, en í öðrum tilvikum eru íslensku aðilarnir í samkeppni um verkefni og þá stundum í slagtopi við erlend fyrirtæki eða stofnanir.

Verktaka- og verkefnapróunarfyrirtækin hafa einnig náð góðum árangri og unnið að verkefnum í öllum heimsálfum. Þessi fyrirtæki nýta sér gjarnan þjónustu íslensku verkfræðistofanna og ÍSOR og með þeim hætti hefur tekist að gera veruleg verðmæti úr þeirri þekkingu sem orðið hefur við áratuga markvissa uppbyggingu jarðhitaiðnaðar á Íslandi. Þótt vel hafi tekist til fram að þessu má ekki gleyma því að grunnurinn að árangri er íslenski heimamarkaðurinn. Þar fá rannsóknar- og þjónustuaðilar og verktakar þá reynslu og þekkingu sem er grundvöllur útflutningsins.

Þótt talsverðum árangri hafi verið náð má ekki gleyma því að grundvöllurinn er traust kunnátta og þekking sem fyrst og fremst fæst með rannsóknum og reynslu við að glíma við flókin viðfangsefni. Á þessu sviði er kjarnastarfsemi ÍSOR, að stunda rannsóknir á jarðrænum auðlindum og nýtingu þeirra og miðla til annarra í gegnum kennslu, þjónustu og ráðgjöf.

Heimurinn stendur frammi fyrir ógn af völdum loftslagsbreytinga sem að öllum líkindum má rekja til vaxandi magns af koltvísýringi í andrúmsloftinu af völdum bruna á jarðefnaeldsneyti til orkuframleiðslu. Sú tækni sem menn hafa nú náð taki á við að vinna gas úr leirilögum, og er mjög útbreidd í heiminum, mun væntanlega leiða til þess að bruni jarðefnaeldsneytis eykst enn frekar. Enginn einn orkugjafi er í sjónmáli sem gæti leyst jarðefnaeldsneyti af hólmi í náninni framtíð á sama verði og er samkeppnisfært í framleiðslukostnaði. Ýmsir kostir eru í boði varðandi orkuframleiðslu úr endur-

nýjanlegum orkulindum en engin ein þeirra mun geta komið í stað jarðefnaeldsneytis heldur felst lausnin í samspili ýmissa endurnýjanlegra orkugjafa þar sem hlutur hvers og eins fer eftir aðstæðum á viðkomandi stað.

Skortur á ódýrri orku er ein af þeim hindrunum sem fátækari ríki heims þurfa að yfirstíga á vegferð sinni til velsældar. Í vissum heimshlutum eru þó ákjósanleg skilyrði til að framleiða raforku úr jarðhita og svo vill til að það er einkum í hinum fátækari löndum heimsins, svo sem í Austur-Afríku, Mið-Ameríku og eyríkjum

SA-Asíu. Ríki á þessum slóðum hafa almennt ekki aðra innlenda orkugjafa í umtalsverðum mæli og verða því að treysta á dýrt, innflutt jarðefnaeldsneyti til að fá raforku.

Um langt skeið hafa Íslendingar miðlað öðrum af þekkingu sinni og reynslu af orkuframleiðslu úr jarðhita, aðallega í gegnum Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna og Þróunarsamvinnustofnun Íslands. ÍSOR er og hefur verið burðarásinn í kennslu og þjálfun við Jarðhitaskólann og verið helsti ráðgjafi Þróunarsamvinnustofnunar í þróunaraðstoð á sviði jarðhita.

Jafnframt hafa erlendir aðilar í vaxandi mæli sóst eftir svipaðri þjónustu frá ÍSOR. Árangur þessa starfs hefur reynst með ágætum, í senn stuðlað að framþróun jarðhitavinnslu í heiminum og skapað íslenskum fyrirtækjum gott orðspor.

Til að halda því góða orðspori sem fer af ÍSOR í jarðhitaheiminum er mikilvægt að vera trúr þeim grunngildum sem jafnan hafa fylgt starfi ÍSOR um fagmennsku og góð vinnubrögð, öflugar grunnrannsóknir, heiðarleika í ráðgjöf og forðast hagsmunarárekstra og láta langtímahagsmuni ávallt varða veginn.

The Journey of Iceland GeoSurvey

Ólafur G. Flóvenz
Chief Executive Officer

Iceland GeoSurvey is an applied research institution in the fields of energy and geoscience owned by the Icelandic State. Iceland GeoSurvey's field of operations is quite expansive according to law, but tradition and demand has first and foremost resulted in Iceland GeoSurvey's status as a geoscience institution, focusing on geothermal, groundwater and continental shelf research. Instruction and training activities have also become an important part of Iceland GeoSurvey's activities, as have its strong ties to the academic community. The prevailing theme in Iceland GeoSurvey's activities is comprised of research services, consultation, instruction and training, all research-based on research, whether basic or applied research.

Iceland GeoSurvey operates in accordance with an act of law which stipulates that the institution operate on a commercial basis in a competitive market. This means that Iceland GeoSurvey receives

no budget allocations from the treasury and must earn revenues through the sale of research and services. In this respect, Iceland GeoSurvey is unlike other research institutions owned by the State of Iceland and most other research institutions in the world. Iceland GeoSurvey operates therefore more like a company than an institution, although it is required to fulfil a variety of public obligations and legal requirements that private companies rarely have to meet. The arrangement prohibits Iceland GeoSurvey from acting in any official capacity, public commentary or licensing, as that may lead to a conflict of interests. A public institution can never act in an official capacity alongside collecting revenues from the parties that have interests to protect relating to the commentary or licenses issued by the same institution.

Iceland GeoSurvey has now been operating under this arrangement, which has been beneficial in many ways, for just

over a decade. It encourages employees and directors to perform well, conduct their work with care and provide a high standard of service. The disadvantage is being the only institution among Icelandic research institutions operating under this arrangement. This skews competition and results in projects that fall within Iceland GeoSurvey's scope of operations, to be assigned to other institutions that may be less qualified to carry out the respective projects, ultimately resulting in higher costs for the State. The experienced gained through the operation of Iceland GeoSurvey could therefore provide valuable knowledge to the proposed restructuring of the State's system of research institutions.

The banking collapse in the fall of 2008 resulted in a large reduction in energy-related projects in Iceland. This forced companies to start searching for projects abroad, especially in the field of geothermal. They include consulting



and research firms such as Iceland GeoSurvey and the Icelandic engineering firms, as well as contractors and project development firms. Iceland GeoSurvey and the engineering firms have mostly been operating in the foreign consulting markets; doing geothermal exploration and reconnaissance studies, project design and feasibility studies, as well as capacity building and training. Sometimes this is done through foreign subsidiaries. There has been a high level of cooperation between parties on some projects, where it has been determined to be effective to cooperate, but in other instances the Icelandic parties are competing for projects, sometimes cooperating with foreign companies and institutions.

The contractors and project developers have also been successful, working on projects on every continent. These companies often use the services of the engineering firms and Iceland GeoSurvey, thereby allowing for significant value creation based on the knowledge gained though decades of decisive development of the geothermal sector in Iceland. Although there have been accomplishments in this area, the basis for success remains the Icelandic home market. The home market provides research and services entities with experience and knowledge that create the basis for export.

Although significant achievements have been made, one cannot forget that the

basis is sound experience and knowledge that is gained first and foremost through research and experience in managing complex issues. This is the fundamental operational area of Iceland GeoSurvey, researching geophysical resources and their utilization, and then transferring that research through instruction, services and consultation.

The world is threatened by climate change that is most likely due to the growing concentration of carbon dioxide in the atmosphere caused by the combustion of fossil fuels for energy production. The technology now developed to collect shale gas, which is widespread, will probably lead to increased combustion of fossil fuels. No single, viable, cost-competitive, energy source exists yet that could replace fossil fuels. There are several options available regarding energy production through renewable energy sources, but none can replace fossil fuels on its own. The solution is a combination of various renewable energy sources, the mix of which is determined by the conditions in each respective area.

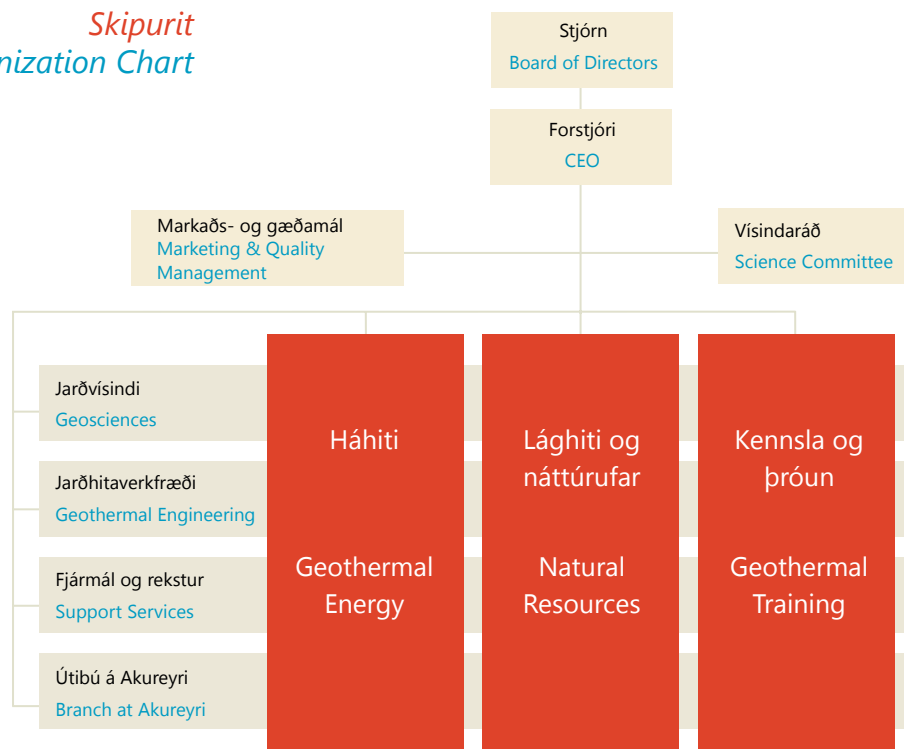
A lack of low-cost energy is one of the barriers the world's less developed countries must overcome on their journey to prosperity. In some areas of the world, however, the conditions are in place for the production of electricity through geothermal energy. Many of these countries are among the world's poorest, in areas such as East Africa, Central America and

the islands in Southeast Asia. Countries in these areas generally do not have access to a significant amount of indigenous energy resources and therefore rely on expensive, imported fossil fuels for their electricity.

Icelanders have spread their knowledge of geothermal energy production for many years, mostly through the United Nations University Geothermal Training Programme and the Icelandic International Development Agency. Iceland GeoSurvey is and has long been the backbone in the instruction and training provided by the Geothermal Training Programme and has been the primary consultant to the Icelandic International Development Agency in providing development assistance in the field of geothermal. In addition, foreign parties have increasingly sought after comparable services from Iceland GeoSurvey. Progress has been good, and it has supported development of geothermal resources globally and helped to boost the reputations of Icelandic companies.

In order to maintain the good reputation Iceland GeoSurvey has gained in the geothermal sector, it is important to remain faithful to the basic values that have guided Iceland GeoSurvey's operations: professionalism, effective work procedures, robust basic research, honesty in consultation, avoidance of interests conflicts and allowing long-term goals to guide decisions.

Skipurit Organization Chart



Rekstraryfirlit fyrir árið

Financial Statements for the Year

		2013	2012
Rekstrarreikningur (þús. kr.)	Income statement (ISK thousands)		
Rekstrartekjur	Operating revenues	<u>1.094.146</u>	<u>1.043.450</u>
Rekstrargjöld	Operating expenses	1.051.518	1.016.001
Afskriftir	Depreciation	41.721	43.072
		<u>1.093.239</u>	<u>1.059.073</u>
Rekstrarhagnaður (tap) fyrir fjármagnsliði	Operating profit (loss) before financial expenses	907	(15.623)
Fjármagnstekjur (gjöld)	Net financial income	(6.490)	6.262
Hagnaður (tap) ársins	Net profit (loss)	<u>(5.583)</u>	<u>(9.361)</u>
Efnahagsreikningur (þús. kr.)	Balance sheet (ISK thousands)		
Fastafjármunir	Fixed assets	117.888	103.668
Veltufjármunir	Current assets	438.213	404.776
Eignir alls	Total assets	<u>556.101</u>	<u>508.444</u>
Eigið fé	Total equity	306.282	311.865
Skammtímaskuldir	Liabilities	249.819	196.579
Eigið fé og skuldir alls	Total liabilities and equity	<u>556.101</u>	<u>508.444</u>
Sjóðstreymi (þús. kr.)	Cash flow (ISK thousands)		
Veltufé frá rekstri	Working capital from operating activities	41.337	33.711
Breytingar á rekstartengdum eignum og skuldum	Cash provided by operating activities	68.114	(35.697)
Fjárfestingahreyfingar	Cash flows from investing activities	(61.141)	(6.129)
Hækkun (lækkun) á handbæru fé	Free Cash flow	<u>48.310</u>	<u>(8.115)</u>
Kennitölur	Key figures		
EBITDA	EBITDA	42.628	27.449
EBITDA-hlutfall	EBITDA ratio	3,9%	2,6%
Eiginfjárhlutfall	Equity ratio	55,10%	61,3%
Arðsemi eigin fjár	Return on Equity	-1,8%	-2,9%



Háhiti Geothermal Energy

Þekking á viðbrögðum jarðhitasvæða við vinnslu er lykillinn að sjálfbærri nýtingu þeirra

Rannsóknir á háhitasvæðum eru snar þáttur í starfsemi ÍSOR. Frumkönnun háhitasvæðanna á Íslandi hefur að mestu staðið í stað á síðustu árum en ágætlega hefur gengið hjá ÍSOR að afla rannsóknarverkefna erlendis. Einu háhitaboranir á Íslandi á árinu 2013 voru hjá HS Orku á Reykjanesi. Jarðborinn Þór lauk þar við borun holu RN-31 í byrjun árs og boraði síðan holu RN-32 í gufupúðann á Reykjanesi og holu RN-33 við Sýrfell, rúman kílómetra frá vinnslusvæðinu. Tilgangur þeirrar borunar var að kanna útbreiðslu svæðisins til norðurs með niðurdælingu eða vinnslu í huga. ÍSOR var ráðgjafi HS Orku við staðsetningu holnanna og annaðist rannsóknir á meðan á borun stóð og prófanir á holunum eftir borun.

Þáttur eftirlitsrannsókna og umhverfisvöktunar á háhitasvæðunum fyrir orkufyrirtækin hefur hinsvegar aukist síðustu ár. Grunnþátturinn í eftirlitinu er að skrá massann sem upp er tekinn úr svæðunum og sömuleiðis er skráð hversu miklum massa er skilað til baka með niðurdælingu eða niðurrennsli í svæðið. Fylgst hefur verið með hita- og þrýstingsbreytingum í öllum vinnslusvæðunum vegna vinnslunnar og efnainnihald og gasstyrkur í gufu er mældur árlega eða jafnvel oft á ári. Fjallað er um eftirlitið í árlegum skýrslum og með þessu móti verður til nýtingarsaga hvers vinnslusvæðis, en þekking á viðbrögðum svæðanna við vinnslu er mjög mikilvæg til að skilja svæðin og spá fyrir um framtíðarbreytingar og því lykillinn að sjálfbærri nýtingu svæðanna.

Umhverfisvöktun hefur einnig verið veigamikill þáttur í rekstri háhitasvæðanna. Fylgst er með landbreytingum með GPS-mælingum og massabreytingum í jarðhitakerfum með þyngdarmælingum. Landbreytingar sem verða eru bæði af

náttúrulegum ástæðum og vegna þrýstiniðurdráttar í jarðhitakerfinu vegna vinnslu en þyngdarbreytingar endurspeglar endurnýjun jarðhitavökvans í kerfinu í stað vinnslunnar. Þá er fylgst með breytingum á hverum og gufuaugum og gasstreymi um jarðveg mælt. Umhverfisvöktunin nær einnig yfir næsta nágrenni háhitasvæðanna og nærliggjandi grunnvatnskerfa.

Niðurrennsli á skiljuvatni í háhitasvæðin er nú stundað á flestum vinnslusvæðum orkufyrirtækjanna. Fylgst er með niðurrennslinu og hiti og rennsli mælt reglulega. Þar fyrir utan eru tengsl niðurrennslistvæðisins við vinnslusvæðið könnuð með ferilefnum sem dælt er niður með skiljuvatninu og endurheimtur mældar í vinnsluholum. Ferilefnaprófanir eru nú í gangi hjá HS Orku, Landsvirkjun og Orkuveitu Reykjavíkur. Aðrar rannsóknir sem tengjast niðurdælingu í jarðhitakerfi eru skjálftarannsóknir, sem hafa aukist mjög á síðustu árum.

Knowledge of how geothermal reservoirs respond to utilization is the key to sustainability

Exploration of high-temperature geothermal areas is a large part of Iceland GeoSurvey's operations. Preliminary exploration of high-temperature fields in Iceland has largely reached a standstill. Despite this Iceland GeoSurvey has been successful in acquiring projects abroad. The only high-temperature drilling in Iceland in 2013 was conducted by HS Orka in the Reykjanes area. The drilling rig Þór completed the drilling of well RN-31 at the beginning of the year, then drilled well RN-32 into the steam zone at Reykjanes and well RN-33 near Sýrfell, just over a kilometre from the production area. The purpose of the drilling was to explore the extent of the area to the north, with either reinjection or production in mind. Iceland GeoSurvey was HS Orka's consultant on siting the wells, handled exploration during the drilling and testing of the wells after they were drilled.

The role of reservoir monitoring and environmental monitoring of high-temperature areas for the energy companies has increased in recent years. The fundamental element of reservoir monitoring is registering the mass that is extracted from the reservoir as well as the mass that is returned through reinjection. Changes in temperature and pressure have been monitored in all production areas, and the chemical content in the geothermal fluids is measured annually or several times a year. Monitoring data and results are published in reports each year, allowing the utilization history of each production area to be documented. Knowledge on

how geothermal reservoirs respond is very important for predicting future changes. Reservoir monitoring is therefore the key to sustainable utilization of the resources.

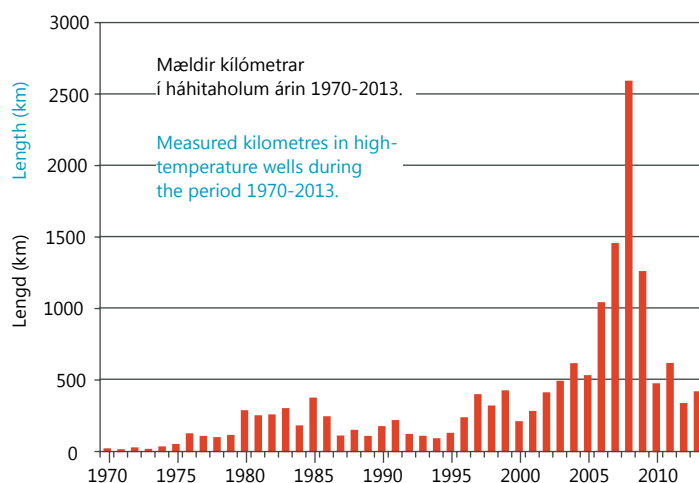
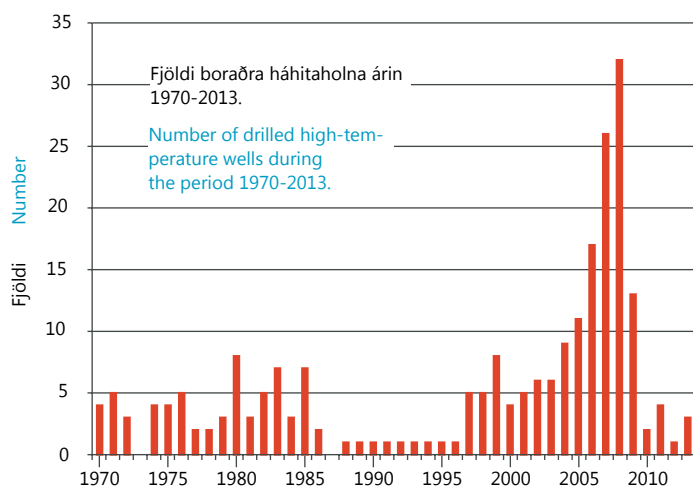
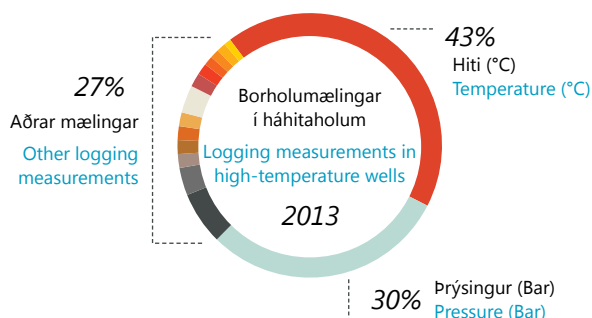
Environmental monitoring has also been an important element in operating the high temperature fields. Surface displacements are monitored through GPS measurements and changes in the fluid mass stored in the geothermal systems are monitored with repeated gravity measurements. Surface displacements can occur naturally or because of pressure draw down in the geothermal system caused by production. Gravity changes reflect the recharge of fluids into the system as replacement for the produced fluid. Changes of surface manifestation, hot springs and fumaroles, are also monitored, and gas flux through soil is measured. Environmental monitoring also entails the monitoring of neighbouring areas to the high-temperature fields and the surrounding groundwater systems.

Reinjection of separated water into the high-temperature reservoirs is now conducted in most of the high production fields in Iceland. Injection rates and temperature are measured on a regular basis. In addition, the hydrological connection between the injection and the production zone is determined through tracers that are injected with the separated water and recollected in the

production wells. Such tracer tests are now conducted in Iceland. Seismic monitoring is an additional research on reinjection into geothermal reservoirs which has become increasingly common in recent years.



1. Hita- og þrýstingsmæling borholu.
Logging measurement in a high-temperature well.



Nýjar aðferðir þróaðar til að rannsaka og meta jarðhitakerfi og staðsetja borholur með markvissari hætti

ÍSOR er þátttakandi í evrópsku rannsóknarverkefni sem nefnist IMAGE (Integrated Methods for Advanced Geothermal Exploration). Verkefnið er til fjögurra ára. Þátttakendur eru ellefu rannsóknarstofnanir á sviði jarðhita í Evrópu auk átta fyrirtækja sem koma að rekstri jarðvarmavera eða annarri nýtingu jarðhitakerfa. Alls veitir Evrópusambandið rúmlega 10 milljónir evra til verkefnisins. Af því fara um 1,7 milljónir evra til íslenskra aðila auk þess sem drjúgur hluti af framlögum til erlendra þátttakenda fer til rannsókna á jarðhitakerfum á Íslandi. Markmið verkefnisins er að þróa nýjar aðferðir til að rannsaka og meta jarðhitakerfi og staðsetja borholur með markvissari hætti. Vonast er til að hægt verði að fá sem besta mynd af jarðhitakerfunum áður en boraðar eru rannsóknarholur. Það gæti þýtt að hægt yrði að draga úr kostnaði við boranir í jarðhitaverkefnum og að staðsetning vinnsluholna yrði árangursríkari, sem dregur úr umhverfisáhrifum.

Rannsóknaraðferðirnar verða prófaðar á vel þekktum jarðhitasvæðum, bæði í setlagatrogum meginlands Evrópu og í háhitakerfum tengdum eldvirkni þar sem vænta má vökva í yfirmarksástandi, eins og hér á Íslandi.

Hægt er að fylgjast með verkefninu á vefsíðunni: www.image-fp7.eu

Development of new research methods to explore and evaluate geothermal systems

Iceland GeoSurvey participates in European research project entitled IMAGE (Integrated Methods for Advanced Geothermal Exploration). The duration of the project is four years.

The IMAGE consortium comprises eleven leading European geothermal research institutes and eight geothermal industry partners, who will perform testing and validation of new methods at geothermal fields operated by the industry partners, both in high temperature magmatic environment, including super critical, and in deep sedimentary basins. The European

Union provides € 10 million to the project of which € 1.7 million are allocated to the Icelandic parties.

The objective is to develop new methods to scrutinize and appraise geothermal systems in such a way that exploration wells can be sited with greater accuracy than before, thereby maximizing the success rate and reducing the cost of drilling associated with geothermal projects. In addition, such production wells would reduce potential environmental impact.

New exploration methods will be tested in well-known geothermal systems, both in continental sedimentary basins in Europe and in high-temperature fields related to volcanism where one might expect super critical fluids, as in Iceland.

Further information on the IMAGE web page: www.image-fp7.eu

1. Skjálftamælistöðvar á Reykjanesi.
[Location of seismic stations at Reykjanes, Southwest Iceland.](#)
2. Starfsmenn að koma jarðskjálftamæli fyrir.
[Installation of one station at Reykjanes.](#)
3. Skjálftamælir í Kröflu.
[Seismic station in Krafla, Northeast Iceland.](#)



1



2

Hönnun, smíði og uppsetning á jarðskjálftamælistöðvum

Umhverfiseftirlit er stór þáttur í jarðhitavinnslu og í því felst m.a. vöktun á smáskjálftum sem geta fylgt borunum, vinnslu og niðurdælingu á vatni. ÍSOR hefur unnið að því að hanna, setja saman og koma upp sjálfvirkum jarðskjálftamælistöðvum fyrir orkufyrirtækin. Alls var 12 nýjum mælistöðvum komið fyrir í Kröflu og á Reykjanesi 2013. Þær eru tengdar þráðlausu neti og er úrvinnsla gagna í rauntíma í tölvukerfi ÍSOR og birt á vef. Þar sem ekki er aðgengi að rafmagni nálægt skjálftamælastöðvunum voru settar upp vindraftstöðvar og sólarrafhlöður.

Design, construction and installation of a seismic station

Environmental monitoring is a large element in geothermal utilization. It includes the monitoring of micro seismicity sometimes caused by drilling, production and reinjection of water. Iceland GeoSurvey has designed, assembled and installed automatic seismic measurement stations for the energy companies. A total of 12 new stations have been installed at Krafla and Reykjanes. There is a real time data acquisition and data processing in the Iceland GeoSurvey computer system and results are published online. As there is no access to grid power at several stations, small wind turbines and solar cells have been installed.



3

Til hvers er niðurdæling?

- Til að halda uppi þrýstingi í jarðhitakerfinu því þrýstiniðurráttur takmarkar vinnslugetu svæðanna
- Til að skila aftur niður í jarðhitakerfi þeim vökva sem tekinn er upp og koma í veg fyrir að jarðhitavökvinn blandist yfirborðsvatni og fari í grunnvatnið.
- Til að örva lekt í jarðhitakerfum, þ.e. að opna og jafnvel mynda sprungur í jarðlögum, til að koma á vökvarensli um heitt berg djúpt í jörðu.

Why re-inject?

- To maintain pressure in the geothermal reservoir which drops when geothermal fluid is extracted, limiting production capacity.
- To return the extracted fluid to the geothermal system to prevent geothermal fluid from mixing with surface waters and entering groundwater aquifers.
- To enhance permeability in geothermal reservoirs; that is to open or even create fractures in the formations to allow fluids to pass through hot rocks deep in the reservoir.

Örvunarskjálftar

Jarðskjálfti sem verður vegna athafna mannsins. Örvunarskjálftar geta orðið við vinnslu eða niðurdælingu á jarðhitavökva. Sama á einnig við um námu-, olíu- og gasvinnslu. Örvunarskjálftar geta myndast við fyllingu og rekstur uppistöðulóna o.fl.

Örvunarskjálfta má flokka í gíkkskjálfta og manngerða skjálfta.

Gíkkskjálftar

Jarðskjálfti sem verður á veikleika í jarðskorpunni (t.d. sprungu) þar sem spenna er nálægt brotstyrk bergsins og er ýtt yfir mörkin með spennubreytingum vegna utanaðkomandi áhrifa eins og t.d. athafna mannsins. Stærð þeirra ræðst af uppsafnaðri spennu í berginu en ekki þeirri truflun sem hin utanaðkomandi áhrif valda.

Manngerðir skjálftar

Skjálfti sem verður þegar aðgerðir miða beinlínis að því að brjóta berg. Það er unnt að gera með því að dæla vökva undir háum þrýstingi í borholur eða með sprengingum. Í þessum tilvikum er orkan sem berst sem jarðskjálftabylgjur frá brotstað í réttu hlutfalli við orkuna sem beitt er. Þessir skjálftar verða því sjaldnast mjög stórir.

Induced seismic event

Seismic event, e.g., an earthquake, that is induced by man-made activities such as fluid injection, reservoir impoundment, mining, and other activities. The term "induced" has been used to include "triggered seismic events" and so sometime the terms are used interchangeably.

US Dept. of Energy

Triggered seismic event

Seismic event that is the result of failure along a pre-existing zone of weakness, e.g., a fault that is already critically stressed and is pushed to failure by a stress perturbation from natural or man-made activities.

US Dept. of Energy

Man-made seismicity

Man-made seismicity occurs when measures are taken to break rock formations. This can be done either by pumping fluid under high-pressure into wells or by using explosives.



1

Vel heppnaðar MT-mælingar á ísilögðu Hágöngulóni

Á Hágöngulóni var í fyrsta sinn hér á landi gerð tilraun með MT-viðnámsmælingar í gegnum ís. Aðferðin sem var notuð er framúrstefnuleg og er ekki vitað til að hún hafi verið reynd áður. Mælingarnar voru gerðar fyrir Landsvirkjun í apríl 2013 og tókust ágætlega.

Í MT-mælingum eru náttúrulegar sveiflur í segulsviði jarðar mældar með segulspólum og tilsvareandi rafsvið með því að mæla sveiflur í spennunni milli tveggja rafskauta, hvort tveggja sem fall af tíma. Þessar sveiflur eru mældar í tvær stefnur, stefnu segulnorðurs og segulausturs. Mælingar gefa upplýsingar um viðnám í jörðinni. Ísinn á lóninu var rétt rúmlega metri á þykkt, ýmist snjólaus eða með þunnu snjólagi. Boraðar voru holur (15 cm í þvermál) í gegnum ísinn til þess að koma rafskautum fyrir á botni lónsins. Borun gekk vel og tók innan við mínútu að bora hverja holu. Sumstaðar lá ísinn á frosnum lónsbotninum og því illmögulegt að mæla því rafskautin náðu ekki góðu rafsambandi við frosinn botninn. Annars staðar var dýpi lónsins allt að 10 m þar sem MT-mælt var.

Í hverri mælistöð voru boraðar 5 holur, ein fyrir hverja höfuðsegulátt auk einnar fyrir jarðsamband. Rafskautum var rennt niður holuna og þau látn setjast ofan í setleðjuna á botni lónsins. Botn rafskautanna er gerður úr gegndrepa keramíki og var hann þakinn setleðju í lok mælingar sem var góðs viti. Spennumerkið milli gagnstæðra rafskauta var stöðugt og viðnámið lágt sem bendir til þess að gott samband hafi verið milli rafskauta og jarðar. Gerð var smátílaun með að láta rafskautin ekki sitja á botni lónsins, heldur hafa einungis jarðsamband við vatnið sjálft, enda er viðnám gruggugs vatns tiltölulega lágt. Sú tilraun gaf ekki jafngóða raun. Í flestum tilfellum reyndist nokkuð auðvelt að ná rafskautunum upp aftur.

Segulspólurnar voru lagðar láréttar á ísinn og snjó þjappað meðfram þeim til þess að þær hreyfðust sem minnst vegna vinda og yllu þannig truflunum á merkinu. Kaplarnir voru lagðir á ísinn og bræddu þeir sig niður þar sem þeir hitnuðu í sólinni og snjór safnaðist að þeim þegar hann fæk til og hélt þeim stöðugum. Auðvelt reyndist að losa þá þegar stöðin var tekin saman.

Sumstaðar á lóninu voru vakir af völdum jarðhitavirkni en nokkurn veginn var vitað hvar helstu hættusvæðin eru og fór brennisteinslyktin ekki á milli mála. Stóru vakirnar leyndu sér ekki en þær minni eru varasamari og sjást ekki fyrr en komið er að þeim.

Successful MT measurements on ice covered lake in Iceland

The first MT measurements on (and through) ice in Iceland were carried out on Háganga Reservoir in the central highlands. This may be the first time this pioneering methodology has been used. The experiment was a success. The project was conducted for Landsvirkjun National Power Company in April 2013.

MT is the measurement of natural time variations of the earth's magnetic field using magnetic sensors and the corresponding electric field using two sets of electrodes, both as a function of time. The variations are measured in two directions, magnetic north and magnetic east. These measurements reveal the subsurface resistivity structure. The ice layer on the reservoir was more than a meter thick, either without snow or covered by a thin layer of snow. Holes (15 cm in diameter) were drilled through the ice and the electrodes were placed on the bottom of the reservoir. Drilling was fast, each hole was drilled within one minute. In some areas, the ice reached the frozen reservoir floor, making it impossible to collect data,

2



as the electrode could not reach a signal on the highly resistive frozen floor. In other areas where MT was conducted the depth to the bottom was up to 10 m.

For each MT station 5 holes had to be drilled; one for each direction and one for a ground connection. The electrodes were then slid down the hole and allowed to sit on the sediments at the bottom of the reservoir. The bottom of the electrode is a water-soaked ceramic, and sank in clay-like sediments at the bottom of the lake, which was beneficial. The voltage between the two opposing electrodes was steady and the resistivity low, indicating that a solid signal had been gained between them and the earth. A small side experiment was conducted in the process, letting the electrodes be suspended in the water and, therefore only have ground connection with the water itself, as the resistivity of clay mixed water is also relatively low – this experiment was not quite as successful. In most instances, it proved rather easy to pull the electrode up to the surface again.

The magnetic coils were placed horizontally on the ice, and snow was packed around them to ensure minimal noise due to movements from the wind. The cables were laid on the ice where they eventually melted their way down as they were warmed by the sun and snow collected around them, keeping them steady. They were easily removed when the station was retrieved.

In some parts of the reservoir, there were holes in the ice as a result of geothermal activity, but the main danger areas were largely known and the smell of sulphur dioxide was prevalent. The larger holes were easily seen; but the smaller ones posed more of a danger and are only visible once they are approached.

Þróun á gagnasöfnunar- búnaði til að afkastamæla háhitaholur

Við nýtingu jarðhita er mikilvægt að fylgjast vel með afköstum borholna, bæði rennsli og varma. Afkastaeiginleikar hinna ýmsu borholna eru margháttaðir og geta verið mjög mismunandi frá holu til holu og taka jafnframt breytingum með tíma. Fá má vísbendingu um afköst borholu á meðan á borun hennar stendur, byggðá á skoltapi. Raunverulega afkastamælingu er hins vegar ekki hægt að gera fyrr en holan hefur náð að hitna. Dæmigerður tækjabúnaður til að afkastamæla háhitaholu er sýndur á myndinni hér fyrir neðan. Tímabil könnunar á afköstum nýrrar borholu getur verið allt frá þremur vikum til þriggja mánaða. Meðalafköst háhitaholna á Íslandi, sem og á heimsvísu, er um 7 MWe til raforkuvinnslu, tilsvareandi rennsli háþrýstigufu er um 15 kg/s, en einstaka holur geta afkastað allt frá 2-20 MWe. Meðalafköst lághitaborholna á Íslandi, sem nýttar eru af stærri hitaveitum, eru um 9 MWt, mælt sem nýttur varmi, með tilsvareandi vatnsrennsli um 40 L/s.

Eftir að nýting jarðhitaborholu hefst er stöðugt eftirlit haft með henni með ýmskonar mælingum. ÍSOR hefur um árabil þróað margskonar gagnasöfnunarbúnað sem sendir upplýsingarnar um farsímakerfið til úrvinnslu. Mæliniðurstöðurnar, ásamt þekkingu sem aflað hefur verið um viðkomandi svæði, eru notaðar við gerð forðarfræðilíkana til að fá m.a. mat á framtíðarafköstum borholunnar og jarðhitasvæðisins.

Gagnasöfnunarbúnaðurinn hefur einnig verið nýttur í erlendum verkum ÍSOR í Þýskalandi, Frakklandi, Tyrklandi, á Dóminíku og Filippseyjum.

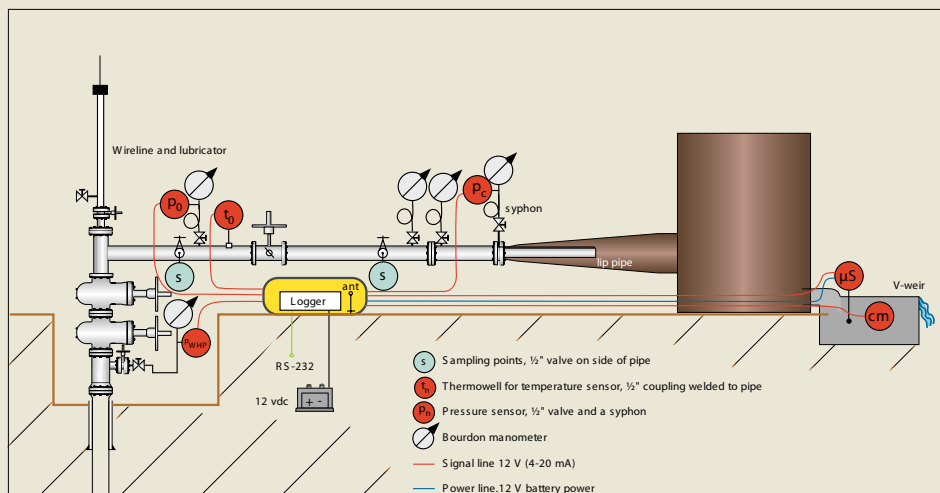
Development of data acquisition system for monitoring flow from geothermal wells

An important aspect of geothermal utilization is to monitor the output (flow and enthalpy) of wells. The output characteristics are quite different from well to well and change over time. The first prediction can be made during drilling, based on the fluid losses encountered during drilling, but the final figure is only obtained by flow-testing of wells once the rig is released. High temperature wells self-flow and a typical set-up for that is shown in the figure below, but low-temperature wells require pumping. The duration of flow-testing is anywhere from three weeks to three months. The average output per high-temperature well world wide as well as in Iceland is 7 MWe electrical, corresponding to a high-pressure steam flow of 15 kg/s, but individual wells can produce anywhere from 2-20 MWe. The average output for low-temperature wells in Iceland used by the district heating systems is 9 MWt, measured as usable thermal heat, which corresponds to a hot water flow of 40 L/s.

Once geothermal wells are put to use the monitoring continues for the life of the well and with such data and the knowledge acquired about the field, reservoir modelling is done to assess the effects of future production. Iceland GeoSurvey has been developing solutions for such monitoring and designed digital data recording systems that allow the data to be transmitted to Iceland GeoSurvey. These systems have also been deployed by Iceland GeoSurvey in overseas projects for well output measurements in Germany, France, Dominica, Turkey and Philippines.

1. Við Hágöngur.
Hágöngur.
2. Mælibúnaði komið fyrir á ísum.
Data acquisition on Hágöngur lake.
3. Skýringarmynd af tækjabúnaði til að afkastamæla háhitaholur.
Schematic picture of data acquisition system for monitoring flow from geothermal wells.

3





Lághiti og náttúrufar Natural Resources

ÍSOR hefur í gegnum tíðina sinnt margvíslegum rannsóknum á sviði lághita- og náttúrufars, og er það hluti af lögbundnu hlutverki ÍSOR. Þessi verkefni eru mjög mismunandi að umfangi og fela í sér ýmskonar kortlagningu, jarðhita- og grunnvatnsrannsóknir, þjónustu og ráðgjöf á sviði lághitanýtingar og rannsóknir tengdar hafsbótunum umhverfis Ísland. Þannig hefur um áratugaskeið safnast heilmikið af gögnum sem varðveitt eru hjá ÍSOR. Í þeim felast mikil tækifæri sem nýta má til að efla grunnrannsóknir á sviði jarðvísinda á Íslandi.

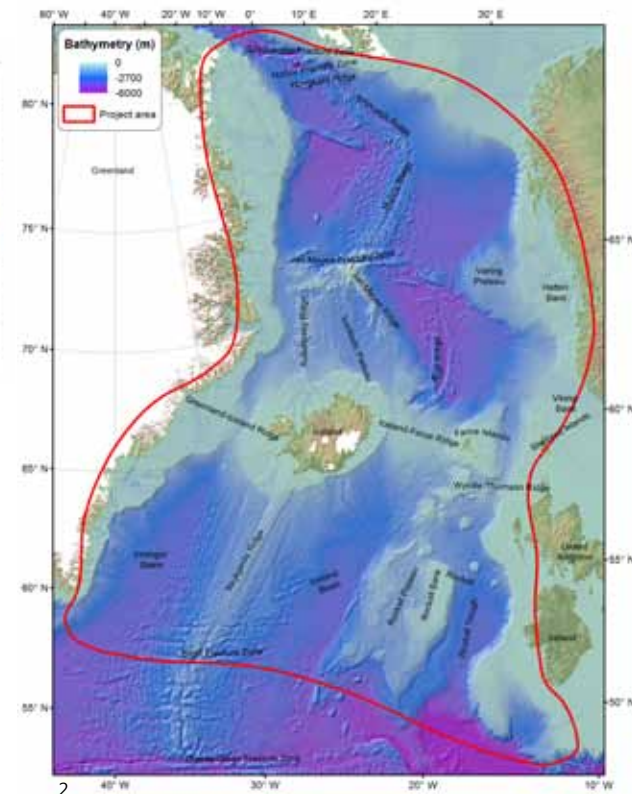
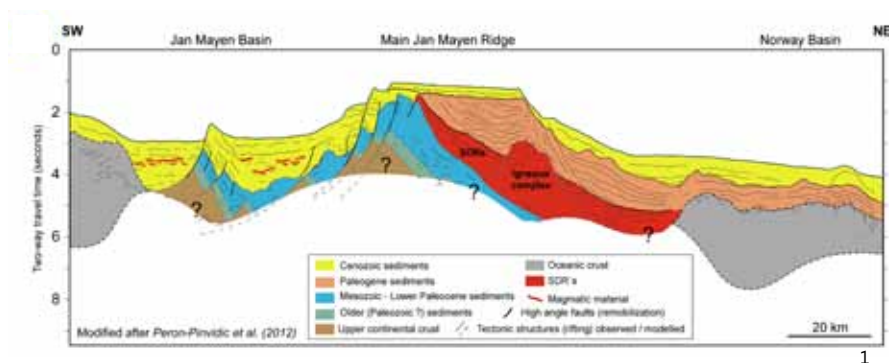
Mikil reynsla og þekking ÍSOR á grunnvatnsrannsóknum byggist að miklu leyti á vinnu sérfræðinga í gegnum tíðina við öflun neysluvatns fyrir meginþorra þéttbýlisstaða á Íslandi. Þess utan eru verkefni fyrir iðnað ýmskonar fyrirferðarmikil, m.a. fyrir fiskeldi, vegna virkjanaf framkvæmda og vatnsöflun vegna útflutnings drykkjarvatns. Talsvert var unnið í neysluvatnsmálum fyrir

Norðurorku á árinu 2013. Grísarár- og Hesjuvallarlindir voru skoðaðar og lagt á ráðin um mælingar á rennsli Grísararlinda. Vatnsbólið við Garðsvík var skoðað og í framhaldinu boruð grunn skáhola til að tryggja betur vinnslu grunnvatns til fram-tíðar og loks var skýrsla gefin út um vatns-tökusvæðið við Vaglí í Hörgársveit.

Verkefni á sviði olíumála og hafsbotsrannsókna hafa aukist á undanfórnum árum og má rekja það til áhuga á mögulegri olíuvinnslu og útboði rannsóknarleyfa á Drekasvæðinu. ÍSOR veitir Orkustofnun jarðvísindaráðgjöf vegna rannsóknarleyfa. Auk þess hafa tvö stór samstarfsverkefni jarðfræðistofnana í Evrópu um kortlagningu hafsvæðanna í kringum Ísland litið dagsins ljós. Öðru verkefninu, NAGTEC (Northeast Atlantic Geoscience Tectonostratigraphic Atlas), lýkur árið 2014 með útgáfu kortabókar og stafrænum gagnagrunni um jarðfræði NA-Atlantshafsins. Verkefnið hefur vakið athygli og væntingar,

ekki síst hinna fjölmörgu aðila sem horfa til auðlinda þessa hafsvæðis. Síðara verkefnið er í undirbúningi en þar verður horft til landgrunnssvæða og kortlagningu þeirra. Nánari upplýsingar um verkefnið fá finna á: <http://www.emodnet.eu/>.

Á nýliðnu ári var óvenju mikið um borverkefni hjá lághitaveitum landsins. Meðal þeirra verkefna sem ÍSOR kom að voru boranir á Reykjum við Reykjabraut, í landi Hoffells við Höfn í Hornafirði og Ósabotnum við Árborg auk verkefna fyrir minni veitur, s.s. í Eiðhúsum og Lynghaga á Snæfellsnesi, prófun holu MV-19 og undirbúningur borunar MV-24 á Möðruvöllum í Kjós. Rannsóknir á lághitasvæðum og boranir til nýtingar jarðhitans hafa verið meðal mikilvægustu verkefna ÍSOR í gegnum árin en ekki síður vinnslueftirlit hitaveitna í rekstri, sem sífellt verður umfangsmeiri þáttur þjónustunnar.



1. Þversnið af Jan Mayen hrygg.
Cross-section of the Jan Mayen Ridge.
2. Svæðið sem kortlagt er í
NAGTEC-verkefninu.
The NAGTEC project area.
3. Hraunreipi frá
Ketildyngju (Laxárhraun eldra)
rúmlega 4000 ára.
Ropy lava from Ketildyngja,
about 4000 years old.

Each research project allows for data collection that brings an opportunity to further strengthen our basic research

Iceland GeoSurvey is involved in a variety of research projects in the fields of low-temperature and natural sciences and engineering, which is Iceland GeoSurvey's legally stipulated role. These projects vary considerably in scope. They include mapping projects, geothermal and groundwater exploration, services and consultancy in the field of low-temperature utilization and surveys relating to the seabed surrounding Iceland. For decades, Iceland GeoSurvey has collected and stored a significant amount of data entailing a huge opportunity to strengthen basic research in the field of geological science in Iceland.

Iceland GeoSurvey's considerable experience and knowledge of groundwater exploration is largely based on experts collecting potable water for the majority of Icelandic towns through the years. In addition, industrial projects can be broad in scope, including those for fish farming, power plant development and water production for export. Iceland GeoSurvey completed a potable water

exploration project for Nordurorka in 2013. Two springs, at Grísará River and Hesjuvellir, were explored and consultation provided on flow measurements for the Grísará River springs. The water source at Gardsvík was assessed and it was subsequently determined to drill a shallow directional well in order to better ensure the production of groundwater in future. A report was also completed on the water production area near Vagfir in Hörgársveit.

Projects in the field of oil prospecting and offshore exploration have grown in number in recent years, which is a result of potential oil production and the issuance of exploration licences in the Dreki Area. Iceland GeoSurvey provides the National Energy Authority with geological consultation services in connection with the exploration licences.

Iceland GeoSurvey is now participating in two large cooperative projects with European geological institutions on the mapping of the seabed surrounding Iceland. One of these projects, the

NAGTEC, Northeast Atlantic Geoscience Tectonostratigraphic Atlas, will be completed in 2014 with the publication of an atlas and electronic database on the geology of the Northeast Atlantic. The outcome of the project is highly anticipated, especially by the numerous parties with interest in the resources of these areas. The latter project is under preparation and will focus on coastal areas and their mapping. More information on the web page: <http://www.emodnet.eu/>.

Last year quite a few new drilling projects came about by geothermal district heating companies in Iceland. Amongst projects which Iceland GeoSurvey worked at were drilling projects in Reykir at Reykjabraut, at Hoffell by Höfn in Hornafjörður and Ósabotnar by Árborg. There were also successful drilling projects for smaller utilities, i.e. in Eihús, Lynghagi in Snæfellsnes, testing of well MV-19 and drilling preparation for MV-24 at Mödruvellir in Kjós. Exploration of low-temperature areas and geothermal utilization have been among Iceland GeoSurvey's most important projects over the years. Production monitoring of district heating systems under operation has also been important and it is increasingly becoming a larger share of services provided.

Hraunaskrá ÍSOR **- 354 hraun skráð**

Hraunaskrá ÍSOR má líkja við þjóðskrá Íslands. Í henni eru öll nútímahraun sem koma fyrir á kortum ÍSOR og Orkustofnunar, hvert með sitt kenni (sbr. kennitölu). Í skránni eru ýmsar upplýsingar, svo sem heiti hraunsins, aldur þess og á hvaða korti það er að finna. Við gerð nýlegra jarðfræðikorta ÍSOR af Suðvesturlandi og Norðurgosbelti bættist fjöldi hrauna við hraunaskrána og aldursgreiningar á þeim með gjóskulögum.

Iceland GeoSurvey's lava field registry **- 354 lava fields registered**

Iceland GeoSurvey's lava field registry can be likened to Registers Iceland. It contains all modern lava fields that appear on the maps of Iceland GeoSurvey and the National Energy Authority, each with its own registry number. The register contains a variety of information, such as the name of the lava field, its age and what map it can be found on. In Iceland GeoSurvey's creation of recent maps of Southwest Iceland and the northern volcanic rift, a number of lava fields have been added whose age has been determined by tephrochronology.





1

Góður árangur af lághitaborunum

Borun á fyrstu djúpu vinnsluholunni til nýtingar jarðhita við Hoffell í Hornafirði lauk um miðjan febrúar 2013. Holan, HF-1, var boruð fyrir RARIK af Ræktunarsambandi Flóa og Skeiða í þeim tilgangi að kanna möguleika á hitaveitu fyrir Höfn og nágrenni. Höfn er eitt þeirra sveitarfélaga sem ekki nýtur hitaveitu með jarðhita. Fyrstu niðurstöður sýndu að holan er ágætlega heppnuð, 1608 m djúp og gaf í dælingu um 25 L/s af rúmlega 70°C heitu vatni. Í flestum tilfellum hér á landi hafa fyrstu vinnsluholur jarðhitasvæða verið staðsettar á grundvelli hitastiguls þar sem gjarnarn er borað beint ofan í hitastigulshámarkið. Við staðsetningu HF-1 var hins vegar aðalega stuðst við holusjarmælingar sem sýndu legu vatnsleiðandi sprungu í berggrunninum. Síðan hafa farið fram ýmsar rannsóknir og mælingar á holunni til að auka þekkingu á jarðhitakerfinu, m.a. dæluþrófun til að fá upplýsingar um langtíma viðbrögð svæðisins við vinnslu. Stefnt er að borun annarrar holu á árinu 2014 til að styrkja rekstrargrundvöll væntanlegrar hitaveitu á svæðinu.

Á haustdögum var ráðist í borun holu RR-22 á Reykjum við Reykjabraut í kjölfar ákvörðunar um stækkun veituvæðisins með tengingum Skagastrandar við dreifikerfi Hitaveitu Blönduóss. Jarðboranir boruðu holuna en ÍSOR var ráðgjafi RARIK, sá um að staðsetja holuna og annaðist eftirlit með borverkinu. Borað var niður á 1000 m dýpi og eftir stutt blásturspróf kom í ljós að hitinn í holunni var tæpar 74°C og gaf hún nálægt 40 L/s. Jarðhitasvæðið á Reykjum við Reykjabraut hefur verið nýtt frá sjöunda áratugnum. Byrjað var að viðnámsmæla árið 1967 og í kjölfarið voru fyrstu sex borholurnar staðsettar. ÍSOR hefur verið ráðgjafi og annast reglulegt vinnslueftirlit frá upphafi.

Í október 2013 lauk borun á vinnsluholu fyrir Selfossveitur í Ósabotnum við Ölfusá. Þetta er þriðja vinnsluholan á svæðinu en þar hafa Selfossveitur virkjað heitt vatn síðan árið 2000. Ósabotnar eru snertispöl ofan við eldra vatnsvinnslusvæði veitunnar, sem er í Þorleifskoti og Laugardælum, en þaðan hefur heita vatnið fengist frá 1948. Nýja holan í Ósabotnum varð 1500 m djúp, boruð af Ræktunarsambandi Flóa og Skeiða. ÍSOR var ráðgjafi Selfossveitna vegna verksins og sá um að staðsetja holuna,

1. Jarðborinn Nasi borar holu ÓS-3 á bökkum Öflusár
Ljósmynd Kjartan Þorvarðarson,
Ræktunarsambandi Flóa og Skeiða.
[Low-temperature drilling in Iceland.](#)
[Photo Kjartan Þorvarðarson.](#)
2. Stefna og halli HF-1 samkvæmt gíromælingu.
Við lok borunar runnu um 7 L/s af 65°C heitu
vatni frá holunni.
[Azimuth and inclination of Hf-1 according to
gyro-measurements. At the end of drilling the
flow from the well was 7 L/s, of 65°C water.](#)

ákveða gerð hennar, frágang fódðinga og annaðist eftirlit með borverkinu. Strax eftir stutta afkastamælingu holunnar í borlok var orðið ljóst að um afar vatnsgefandi holu var að ræða. Í ljós kom að hitinn á vatninu úr holunni er 83°C við um 100 L/s dælingu. Vatnsborðslækkun vegna dælingar var lítil, eða um 20 m. Um skammtímaprófun var að ræða en vinnslueftirlit mun sýna hver vatnsvinnslugeta jarðhitasvæðisins og áhrif á aðrar vinnsluholur á svæðinu er þegar til lengri tíma er litið.

Vinnslueftirlit hitaveitna

Sérfræðingar ÍSOR búa margir yfir áratugareynslu af rannsóknum og nýtingu á sviði lághita enda hafa þeir tekið þátt í þeirri uppbyggingu sem hefur orðið á undanfórnum áratugum við hitaveituvæðingu landsins. Í dag er yfir 90% heimila haldið heitum með jarðhita og flestir þéttbýliskjarnar landsins eru tengdir hitaveitu.

Við upphaf nýtingar á jarðhitakerfi eru gerðar prófanir og mat lagt á afköst þess en hvert kerfi hefur sína sérstöðu, ekki síst með tilliti til lektar/gæfni og efna-samsetningar jarðhitavökvans. Síðan tekur við vinnslueftirlit. Því er oft þannig háttað að hitaveitan safnar gögnum um dælingu úr vinnsluholunum, mælir vatnsborð og hitastig vatns sem dælt er eða rennur úr þeim. ÍSOR sér um hitamælingar í eftirlitsholum, töku vatnssýna úr vinnsluholum til heildarefnagreininga og samantekt gagna um vinnslu og breytingar í jarðhitakerfinu. Niðurstöður eru notaðar til að endurmeta reglulega jarðhitaforðann og uppfæra vinnsluspár. Á rekstrartíma hitaveitna geta komið upp vandamál sem krefjast skjótra viðbragða, t.d. vegna útfellinga í dreifikerfi og tæringu lagna eða fódðinga í holunum. Umfang vinnslueftirlits þarf að taka mið af reynslunni af hverju einstöku jarðhitakerfi auk þess að standa skil á þeim kröfum sem eftirlitsaðilinn, Orkustofnun, gerir í útgefnum nýtingarleyfum veitnanna.

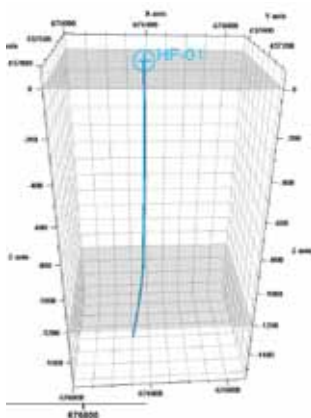
Successful drilling into low-temperature fields

Drilling of the first deep hot water production well at Hoffell in Hornafjörður was completed mid February 2013. The well, HF-1, was drilled for RARIK (Iceland State Electricity) with a drilling rig from the firm Ræktunarsamband Flóa og Skeida for the purpose of providing district heating to Höfn and neighbouring communities. Höfn is one of the few towns in Iceland that does not have geothermal district heating. Initial results indicated that the well was fairly successful, 1608 m deep and produced 25 L/s of 70°C water. Most often in Iceland, production wells have been drilled at the site of maximum temperature, based on temperature gradient measurements in shallow wells. This case was a deviation from the rule, and siting was based on measurements from the televiewer, with impressive results. Further research was carried out last year including well testing and for evaluation on the reservoir properties. There are plans to drill a second well in 2014 in order to strengthen the operational basis of a district heating system in the area.

In the fall of 2013 RARIK contracted Iceland Drilling to drill well RR-22 at Reykir at Reykjabraut. The intention was to provide more hot water and connect the township Skagaströnd to the existing Blönduós district heating system. Iceland GeoSurvey was RARIK's consultant on the project, handling well siting and monitoring. The well became 1000 m deep. Testing revealed that the temperature of the well was nearly 74°C and the flow was 40 L/s.

The geothermal area in Reykir at Reykjabraut has been utilized since the 1960s. Iceland GeoSurvey has been a consultant and monitored production from the start.

The drilling of a new production well was completed in October for Selfoss District Heating. This is the third production well in the area, which has been utilized since



2000. The new well is 1500 m deep, drilled by the firm Ræktunarsamband Flóa and Skeida. Iceland GeoSurvey was Selfoss District Heating's consultant in charge of supervising the drilling project. Shortly after drilling was completed, it was clear that the well was a good producer. The water from the well was 83°C at 100 L/s. The drop in water level was minimal, or about 20 m. The testing was short-run, and production monitoring will reveal the production level and long term effect on other production wells in the area.

Reservoir monitoring of district heating services

Iceland GeoSurvey's experts have decades of experience in exploration and utilization of low-temperature systems after taking part in the development of district heating systems in Iceland. More than 90% of Icelandic homes are heated with geothermal energy, and most towns now have geothermal district heating. At the start of the utilization of a geothermal field the resource is estimated based on well testing and assessments are made on the production capacity. However, each field is unique, especially regarding permeability and chemical composition of the fluid and this will affect the assessment. Then monitoring of the geothermal field starts. Reservoir monitoring is usually conducted in such a way that the district heating



2

utility collects data on the production from wells, water level in monitoring wells and temperature of the water. Iceland GeoSurvey manages logging of wells, sampling of fluid from wells and distribution system and compilation of data resulting in the evaluation of any chemical- and reservoir changes. The results are used to reassess the geothermal reservoir on a regular basis and update production management plans for the district heating. Problems during the operation of a distribution system often require quick responses, e.g. due to precipitations or corrosion in piping or casings. The scope of reservoir monitoring must be based on the production history of each geothermal field and meet the requirements which the National Energy Authority outlines in utilization licences issued for district heating utilities.

Landupplýsingar - evrópskt samstarfsverkefni

Á árinu 2013 lauk ThermoMap, þriggja ára evrópsku samstarfsverkefni sem ÍSOR tók þátt í ásamt 11 öðrum aðilum. Verkefnið fólst í öflun og samræmingu landupplýsinga um m.a. laus jarðlög, berg, landslag, loftslag og vatnafar svo unnt verði að meta möguleika á varmavinnslu af litlu dýpi með varmaskiptiaðferðum. Afrakstur verkefnisins er kortaþjónusta þar sem hægt er að greina mögulega nýtingu á hverjum stað og eru kortin aðgengileg á vefsvæði verkefnisins: <http://geoweb2.sbg.ac.at/thermomap/>

Geographical information - European Cooperation

This year marked the end of ThermoMap, a three-year European cooperative project in which Iceland GeoSurvey participated with 11 other parties. The project entailed the collection and coordination of geographical information on superficial deposits, bedrock, landscape, climate and water, so as to assess the potential for heat production at shallow depths using heat pumps. The outcome of the project is a map service that shows the utilization potential in each area. The service is available on the project's website: <http://geoweb2.sbg.ac.at/thermomap/>



Kennsla og þróun Geothermal Training

Stór hluti af starfsemi ÍSOR er miðlun jarðhitabekkingar víðs vegar um heim

Þjálfun og kennsla gegnir veigamiklu hlutverki í starfsemi ÍSOR. Þar má fyrst nefna stóran hluta kennslu nemenda við Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna, en námið þar stendur í sex mánuði. Starfsmenn ÍSOR hafa einnig sinnt kennslu við Háskóla Íslands, Háskólann í Reykjavík og Iceland School of Energy (áður REYST) og verið leiðbeinendur framhaldsnema þar. Þá hefur ÍSOR tekið þátt í kennslu á árlegum námskeiðum sem Jarðhitaskólinn hefur haldið tengd Þúsaldarmarkmiðum Sameinuðu þjóðanna. Á árinu 2013 voru slík námskeið haldin í Kenía og El Salvador.

Til viðbótar þessari reglubundnu þjálfun sá ÍSOR um stóran hluta kennslu á þremur námskeiðum í Afríku sem voru kostuð af Þróunarsamvinnustofnun Íslands. Um var að ræða tvö námskeið um helstu þætti jarðhitaverkna fyrir stjórnendur, haldin í Kenía fyrir aðila frá Malaví, Tansaníu, Sambíu, Búrúndí, DR Kongó og Rúanda. Auk starfsmanna ÍSOR kenndu sérfræðingar KenGen og GDC í Kenía á þessum tveimur námskeiðum. Þriðja námskeiðið var haldið í Rúanda og var helgað rannsóknaraðferðum við leit að djúpstæðum jarðhita. Öllum námskeiðunum var stýrt af Jarðhitaskólanum.

ÍSOR var virkur þátttakandi í allmörgum rannsóknarverkefnum, styrktum af innlendum jafnt sem erlendum aðilum. Má þar nefna umfangsmikil samvinnuverkefni styrkt af Evrópusambandinu, þ.á.m. GEISER-

verkefnið sem snerist um áhrif jarðskjálfta sem geta fylgt örvun jarðhitakerfa, og ThermoMap-verkefnið þar sem landupplýsingar voru notaðar til þess að meta möguleika á að nýta orku á litlu dýpi með varmaskiptiaðferðum. Báðum þessum verkefnum lauk á árinu. Eins ber að nefna IMAGE-verkefnið sem hófst á árinu 2013. Markmið þess er að þróa nýjar aðferðir til að rannsaka jarðhitakerfi og staðsetja djúpar borholur með markvissari hætti. Nánar er sagt frá því á síðu 12 í þessari skýrslu. Þá vinnur ÍSOR að nokkrum verkefnum sem jarðhitaklasinn GEORG styrkir í samvinnu við innlenda og erlenda aðila og má þar nefna verkefni tengt rótum háhitakerfa, Deep Roots of Geothermal Systems (DRG), sem hófst árið 2013. Með því á að reyna að öðlast betri skilning á dýpstu hlutum jarðhitakerfa.

A large part of Iceland GeoSurvey's operation is teaching about geothermal all over the world

Teaching and training is an important part of Iceland GeoSurvey's activities. A large share of the training at the United Nations University Geothermal Training Programme (UNU-GTP) is carried out by Iceland GeoSurvey. The primary UNU-GTP course is six months long. Iceland GeoSurvey employees have also taught at the University of Iceland, Reykjavík University and Iceland School of Energy (previously REYST) and been advisors to graduate students. Iceland GeoSurvey has also participated in annual workshops that the UNU-GTP holds in connection with the United Nations Millennium Development Goals. Such workshops were held in Kenya and El Salvador in 2013.

In addition to the annual workshops, Iceland GeoSurvey participated in the teaching at three short courses held in Africa that were funded by the Icelandic International Development Agency (ICEIDA). They included two courses covering the major aspects of geothermal projects for managers, held in Kenya for attendees from Malawi, Tanzania, Zambia, Burundi, DR Congo and Rwanda. Experts from KenGen and GDC in Kenya

joined Iceland GeoSurvey scientists in teaching these two courses. A third short course was held in Rwanda and focused on research methods for use in deep geothermal exploration. All of the courses were managed by the UNU-GTP.

Iceland GeoSurvey was an active participant in several research projects funded by both domestic and foreign parties. They include broad cooperative projects funded by the European Union; i.e. the GEISER project focussed on the effects of seismicity sometimes caused by stimulating geothermal systems, and the ThermoMap project, which used geographical information to assess potential energy use at shallow depths through heat pump technology. Both of these projects concluded in 2013. Also noteworthy is the IMAGE project that started in 2013. Its purpose is to develop new methods of investigating geothermal systems and more effectively place deep wells. Page 12 of this report presents a more detailed description of this project. Iceland GeoSurvey is also working on several projects funded by the geothermal cluster GEORG in cooperation with domestic and foreign parties, including the project Deep Roots of Geothermal Systems (DRG), which started in 2013. The project aims to bring forth a better understanding of the deepest part of volcanic geothermal systems.



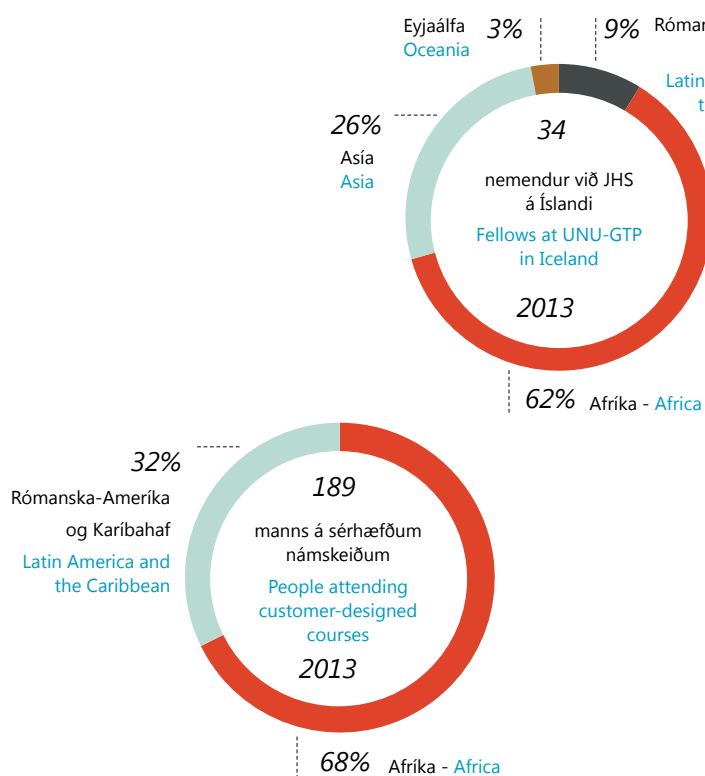
1



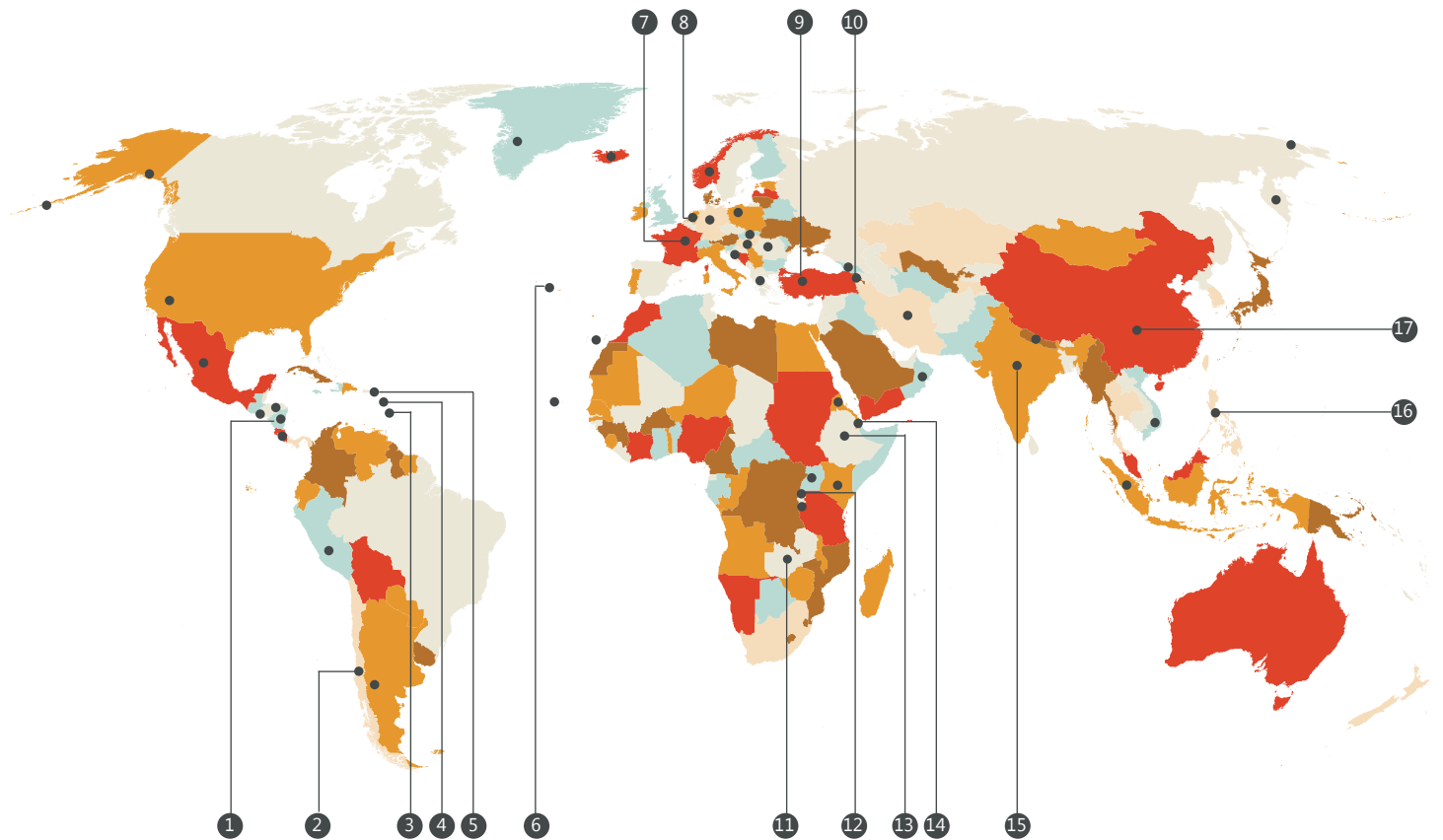
2



3



1. Þátttakendur og fyrirlesarar á jarðhitanámskeiði í Kenía.
[Participants and lectures in a geothermal course in Kenya.](#)
2. Þátttakendur og fyrirlesarar á jarðhitanámskeiði um rannsóknir og framkvæmd jarðhitaborana í Rúanda.
[Participants and lectures in a geothermal course in Rwanda.](#)
3. Þátttakendur og fyrirlesarar á jarðhitanámskeiði Jarðhitaskólans í Kenía í nóvember.
[Participants and lectures of the annual UNU-GTP geothermal course in Kenya in November.](#)
4. Skífurit yfir fjölda þátttakenda á námskeiðum Jarðhitaskólans á Íslandi og á sérhæfðum námskeiðum erlendis þar sem sérfræðingar ÍSOR voru meðal leiðbeinenda.
[A pie chart showing the number of students attending the UNU-GTP overseas where Iceland GeoSurvey specialists were among instructors.](#)



Verkefni erlendis Projects Worldwide

1 - Níkaragva

Lagt var mat á San Jacinto jarðhitasvæðið, bæði afkastagetu vinnsluholna þess sem og efnasamsetningu jarðhitavökva og gufu.

2 - Chile

Þjálfun jarðhitasérfræðinga og ráðgjöf vegna jarðhitaverkefna.

3 - Montserrat

Hita- og þrýstimæling við og eftir borun.

4 - Gvadelúpeyjar

Hita- og þrýstimælingar í vinnsluholum á Bouillante-svæðinu. Körfumælingar í holunum vegna útfellinga.

5 - Dóminíka

Ráðgjöf og þjónusta við boranir og umhverfisvöktun vegna rannsóknar-, vinnslu- og niðurdælingarholna. Þar með talið holuhönnun, mælingar í borholum og afköstum þeirra, sem og við sýnatöku jarðhitavökva og gufu við borun.

6 - Azoreyjar

Gerðar voru stuttar rennslisprófanir á fjórum holum, langtímaprófanir á tveimur og afköst holnanna metin. Almenn jarð-

hitaráðgjöf auk ráðgjafar í tengslum við yfirborðsrannsóknir, borframkvæmdir og tillögur um gerð orkuvers.

7 - Frakkland

Rennslismælingar á lághitaholum í Rínarsigdældinni.

8 - Holland

Borholumælingar, víddar- og steypumælingar í lághitaholum.

9 - Tyrkland

Ráðgjafarverkefni varðandi jarðhitanytingu og vinnslu, m.a. var fjármálafyrirtæki veitt ráðgjöf vegna fjármögnunar á grunnrannsóknum og rannsóknarborunum.

10 - Armenía

Ráðgjöf við jarðhitaverkefni sem fól í sér hönnun á rannsóknarborholum, boráætlun og aðstoð við að koma á skipulagi við stjórnun jarðhitaverkefna.

11 - Sambía

Mat á mögulegri nýtingu jarðhitasvæðis í NA-Zambíu.

12 - Rúanda

Þjálfun innlendra sérfræðinga sem sjá um þjónustu tengda borunum, m.a. við

svarfgreiningar, borholuverkfræði og umhverfisstjórnun.

13- Eþíópía

Ráðgjöf varðandi mat á umfangi jarðhitasvæða og undirbúningur yfirborðsrannsóknna. Útboðslýsingar vegna kaupa á jarðbor og tengdum tækjabúnaði.

14 - Djíbútí

Ráðgjöf við stjórnvöld varðandi kaup þeirra á jarðbor og tengdum tækjabúnaði.

15 - Indland

Þróunarsjóður aðstoðaður við að koma á tilraunaverkefnum varðandi nýtingu jarðhitaorku, stuðla að þeim og sjá um framkvæmd, aðallega tengt upphitun húsnæðis.

16 - Filippseyjar

Ráðgjöf um jarðhitanytingu Montilago-jarðhitasvæðisins, þ.e. yfirborðsrannsóknir, drög lögð að skipulagi varðandi stjórnun, ráðgjöf um boranir og áætlun um þær

17 - Kína

Ráðgjöf við að meta jarðhitaforða og skipulag verkefna innan svæða. Mat á jarðhitasvæðum sem mögulega nýtast til orkuframleiðslu.

1 - Nicaragua

Evaluation of the geothermal field San Jacinto, including the power capacity of its production wells and chemical characteristics.

2- Chile

Training of geothermal experts Review of geothermal projects and surface exploration work.

3 - Montserrat

Temperature and pressure measurements carried out during and after drilling.

4 - Guadeloupe

Temperature and pressure logging of the production wells in Bouillante as a part of the monitoring program for the Bouillante geothermal field.

5 - Dominica

General geothermal consultation regarding drilling campaign and rendering on site drilling services of three exploration wells, one production well and one re-injection well. This includes well design, mud-logging, and geophysical well-logging. Carrying out short term flow-testing and chemical sampling during the flow tests, evaluating power output of wells, and environmental monitoring during drilling.

6 - Azores

Carrying out short-term and long-term flow-testing in Terceira Island, estimating power output of the wells in long term production. In addition, general geothermal consultation regarding additional surface exploration, drilling strategy and power conversion techniques applicable for the Pico Alto field.

7 - France

Flow testing of a low temperature well in the Rhein graben.

8 - Holland

Geophysical well logging of low temperature wells.

9 - Turkey

Assisting financial corporations how to promote and speed up the geothermal development through financing of exploration and confirmation drilling, reviewing of field data, and carrying out field work and flow testing for several agents.

10 - Armenia

Evaluation and review of geothermal project in Armenia and providing well design of exploration wells, drilling programs and assisting in creating management structure for the development work.

11 - Zambia

Assessment of production potential of a geothermal site in NE-Zambia.

12 - Rwanda

Training of local experts carrying out additional services to drilling, including mud logging, drilling engineering and environmental monitoring.

13 - Ethiopia

Consultancy regarding assessment of geothermal areas, planning surface exploration. Preparations of bidding documents for drill rig and drilling equipment.

14 - Djibouti

Assisting local government in estimating cost for drill rig and drilling equipment.

15 - India

Assisting developing agency in recognising, promoting and carrying out pilot projects for direct uses of geothermal energy, mainly for house heating.

16 - Philippines

General geothermal consultation as well as carrying out field work. Resource estimation, management planning, drilling consultancy and drilling program.

17 - China

Consultation regarding reservoir monitoring and field management. Evaluation of potential geothermal areas for power production.



1



2



3

1. Bormenn að störfum í Rúanda.
[Drilling a well in Rwanda.](#)
2. Vatnssýnataka á Dóminíku.
[Water sampling in Dominica](#)
2. Hitamæling á Indlandi
[Temperature measurements in India.](#)

Skýrslur Reports

Anette K. Mortensen (2013). **Krafla. Tillaga um staðsetningu og hönnun holu K-41.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/011, LV-2013-031. Unnið fyrir Landsvirkjun. 28 s.

Anette K. Mortensen og Þráinn Friðriksson (2013). **Ethiopia visit April 15–22. Preparation of ICEIDA/ NDF Geothermal Exploration Project with Ethiopian Authorities.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/054. Unnið fyrir Þróunarsamvinnustofnun, ICEIDA. 40 s.

Anette K. Mortensen, Hörður H. Tryggvason, Þorsteinn Egilson, Bjarni Kristinsson, Sigurjón Vilhjálmsson og Hermann Jónsson (2013). **Peistareykir – Hóla ÞG-9. 3. áfangi: Borsaga. Borun vinnsluhluta fyrir 7" götuðum leiðara frá 828 m í 2194 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/005, LV-2013-052. Unnið fyrir Landsvirkjun. 97 s.

Anette K. Mortensen, Sigurður Sveinn Jónsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Halldór Örvar Stefánsson, Þorsteinn Egilson, Halldór Ingólfsson, Sigurjón Vilhjálmsson og Hermann Jónsson (2013). **Peistareykir – Hóla ÞG-9. Forborun og 1. áfangi: Borsaga. Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 103 m og öryggisfóðringu í 310 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/001. LV-2013-023. Unnið fyrir Landsvirkjun. 53 s.

Anette K. Mortensen, Sigurður Sveinn Jónsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Halldór Örvar Stefánsson, Þorsteinn Egilson, Halldór Ingólfsson, Sigurjón Vilhjálmsson og Hermann Jónsson (2013). **Peistareykir – Hóla ÞG-9. Forborun og 1. áfangi: Jarðlög og mælingar. Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 103 m og öryggisfóðringu í 310 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/002. LV-2013-024. Unnið fyrir Landsvirkjun. 25 s.

Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilson, Hörður H. Tryggvason, Bjarni Kristinsson og Sigurjón Vilhjálmsson (2013). **Peistareykir – Hóla ÞG-9. 3. áfangi: Jarðlög og mælingar. Borun vinnsluhluta fyrir 7" götuðum leiðara frá 828 m í 2194 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/006, LV-2013-053. Unnið fyrir Landsvirkjun. 78 s.

Arnar Már Vilhjálmsson (2013). **MT og TEM í Eyjafirði. Mælingar við Botn/Hrafnagil og Sigtún/Grýtu sumarið 2012 og veturinn 2013. Áfangaskýrsla.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/035. Unnið fyrir Norðurorku. 78 s.

Árni Hjartarson (2013). **Bláfjöll. Tillögur um grunnvatnsrannsókn.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/055. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 20 s.

Árni Hjartarson (2013). **Vatnsból Hellu á Rangárvöllum.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/048. Unnið fyrir Vatnsveitu Rangárbings ytra og Ása-hrepps. 13 s.

Árni Hjartarson og Bjarni Gautason (2013). **Laugaleyri í Hörgárdal. Jarðhiti og berglög.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/045. Unnið fyrir Norðurorku og Hörgársveit. 21 s.

Árni Ragnarsson og Steinunn Hauksdóttir (2013). **GGDP – Global Geothermal Development Plan. Inventory of Investment Ready Geothermal Sites.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/019. Unnið fyrir World Bank. 78 s. + viðauki.

Björn Már Sveinbjörnsson og Sverrir Þórhallsson (2013). **Decisions in Geothermal Drilling and an Analysis of Drilling Performance. Case History of Drilling in the Hengill Geothermal Area in Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/044. Unnið fyrir

Orkustofnun. 19 s.

Björn S. Harðarson, Halldór Ingólfsson, Halldór Ö. Stefánsson, Hörður Tryggvason og Þorsteinn Egilson. (2013). **Peistareykir – Hóla ÞG-9. 2. áfangi: Borsaga. Borun fyrir vinnslufóðringu frá 310 m í 828 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/003. LV-2013-065. Unnið fyrir Landsvirkjun. 38 s.

Björn S. Harðarson, Halldór Ingólfsson, Halldór Ö. Stefánsson, Hörður Tryggvason og Þorsteinn Egilson. (2013). **Peistareykir – Hóla ÞG-9. 2. áfangi: Jarðlög og mælingar. Borun fyrir vinnslufóðringu frá 310 m í 828 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/004. LV-2013-066. Unnið fyrir Landsvirkjun. 25 s.

Daði Þorbjörnsson, Halldór Ármannsson, Andri Arnaldsson, Hjalti Franzson og Ragna Karlsdóttir (2013). **Reykjanes – Reservoir Review. Summary and Conclusion – Report 1.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/022, Vatnaskil 13.06. Unnið fyrir HS Orku hf. 46 s.

Finnbogi Óskarsson (2013). **Hitaveita RARIK á Siglufríði. Niðurstöður efnagreininga á vatnssýnum frá desember 2012.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/018. Unnið fyrir RARIK. 17 s.

Finnbogi Óskarsson (2013). **Hitaveita Skagafjarðar. Efnaeftirlit með jarðhitasvæðum 2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/043. Unnið fyrir Skagafjarðarveitir. 31 s.

Finnbogi Óskarsson (2013). **Hóla ÞG-9 á Peistareykjum. Niðurstöður efnagreininga sumarið 2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/040, LV-2013-108. Unnið fyrir Landsvirkjun. 25 s.

Finnbogi Óskarsson og Vigdís Harðardóttir (2013). **Reykjanes Power Plant. Steam and Water Quality in 2012.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/013. Unnið fyrir HS Orku hf. 47 s.

Finnbogi Óskarsson og Vigdís Harðardóttir (2013). **Svartsengi Power Plant. Steam and Water Quality in 2012.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/014. Unnið fyrir HS Orku hf. 54 s.

Finnbogi Óskarsson og Þráinn Friðriksson (2013). **Reykjanes Production Field. Geochemical Monitoring in 2012.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/015. Unnið fyrir HS Orku hf. 57 s.

Finnbogi Óskarsson og Þráinn Friðriksson (2013). **Svartsengi Production Field. Geochemical Monitoring in 2012.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/016. Unnið fyrir HS Orku hf. 48 s.

Guðni Axelsson (2013). **Túlkun niðurstaðna ferilprófs á jarðhitasvæðinu á Seltjarnarnesi 2011–2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/065. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. 22 s.

Guðni Axelsson og Þorsteinn Egilson (2013). **Endurmat vinnslugetu jarðhitasvæðanna á Botni, Syðra-Laugalandi, Ytri-Tjörnum, Glerárdal, Laugalandi á Þelamörk og Hjalteyri í Eyjafirði.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/052. Unnið fyrir Norðurorku. 56 s.

Hörður Tryggvason (2013). **Hengill – Övirkjuð svæði. Mælingaefitirlit við Hverahlíð árið 2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/063. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 52 s.

Hörður Tryggvason (2013). **Mælingaefitirlit á Nesjavöllum árið 2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/062. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 52 s.

Ingvar Þór Magnússon (2013). **GNSS- og þyngdar-mælingar á Hengillssvæði 2012.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/036. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 47 s.

Ingvar Þór Magnússon (2013). **GNSS- og þyngdar-mælingar á utanverðum Reykjanesskaga 2010.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/066. Unnið fyrir HS Orku hf.

Kristján Sæmundsson (2013). **Hjallanes á Landi. Jarðhitarannsóknir.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/032. LV-2013-071. Unnið fyrir Landsvirkjun. 23 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson (2013). **Gjósulög í Ódáðahrauni. Þróun gjóskutímatals.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/034. 40 s.

Magnús Ólafsson, Þráinn Friðriksson, Þórólfur H. Hafstað, Sigríður Sif Gylfadóttir, Finnbogi Óskarsson og Halldór Ármannsson (2013). **Áhrif jarðhitanýtingar í Bjarnarflagi á volga grunnvatnsstrauminn til Mývatns.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/038, LV-2013-096. Unnið fyrir Landsvirkjun. 42 s.

Maryam Khodayar (2013). **Fracture Analysis from Aerial Imagery and Correlation with Triggered Earthquakes by Injections at Húsmúli. Hengill, South Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/008. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 26 s. + 3 kort.

Maryam Khodayar og Sveinbjörn Björnsson (2013). **Preliminary Fracture Analysis of Theistareykir Geothermal Field and Surroundings, Northern Rift Zone and Tjörnes Fracture Zone.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/029, LV-2013-136. Unnið fyrir Landsvirkjun. 57 s. + 2 kort.

Ólafur G. Flóvenz, Sigríður Kristjánsdóttir og Kristján Ágústsson (2013). **HYDRORIFT. Final Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/039. Unnið fyrir GEORG. 19 s.

Ólafur Rögnvaldsson (2013). **Disaster Risk Reduction Capacity Development in East Africa. Belgingur Mission to ICPAC.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/057. Unnið fyrir UNISAT. 15 s.

Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson (2013). **Hágöngur Geothermal Area, Iceland. 3D Inversion of MT Data.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/058, LV-2013-126. Unnið fyrir Landsvirkjun. 112 s.

Sigríður Sif Gylfadóttir (2013). **Modeling the Námafjall Geothermal System. Numerical Simulation of Response to Production and Reinjection.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/047, LV-2013-116. Unnið fyrir Landsvirkjun. 58 s.

Sigríður Sif Gylfadóttir og Vigdís Harðardóttir (2013). **Discharge Testing of Well RN-30.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/007. Unnið fyrir HS Orku hf. 29 s.

Sigríður Sif Gylfadóttir og Vigdís Harðardóttir (2013). **Production Testing of Well RN-31 in Reykjanes.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/050. Unnið fyrir HS Orku hf. 23 s.

Sigurður G. Kristinsson, Finnbogi Óskarsson, Magnús Ólafsson, Auður Agla Óladóttir, Hörður H. Tryggvason og Þráinn Friðriksson (2013). **Háhitavæðin í Námafjalli, Kröflu og á Peistareykjum. Vöktun á yfirborðsvirkni og grunnvatni 2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/060. LV-2013-132. Unnið fyrir Landsvirkjun. 160 s.

Sigurður G. Kristinsson, Helga Margrét Helgadóttir, Halldór Örvar Stefánsson, Hörður Tryggvason, Friðgeir Pétursson og Magnús Ólafsson (2013). **Borun holu HF-1 við Hoffell í Nesjum. Borsaga, jarðfræði og afkastamat.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/030. Unnið fyrir RARIK. 49 s.

Sigurður G. Kristinsson, Þráinn Friðriksson, Magnús Ólafsson, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir og Steinþór

- Níelsson (2013). **Háhitasvæðin á Þeistareykjum, í Kröflu og Námafjalli. Vöktun á yfirborðsvirkni og grunnvatni.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/037, LV-2013-091. Unnið fyrir Landsvirkjun. 152 s.
- Sigurður Sveinn Jónsson (2013). **Norðfjarðargöng. Leit að erioníti í flikrubergi úr kjarnaholum NF-2 og NF-7.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/049. Unnið fyrir Vegagerðina. 27 s.
- Sigurveig Árnadóttir, Friðgeir Pétursson og Halldór Örvar Stefánsson (2013). **Holusjarmælingar í holu HF-1 við Hoffell í Nesjum.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/025. Unnið fyrir RARIK. 28 s. + 4 viðaukar á CD.
- Sigurveig Árnadóttir, Þorsteinn Egilson, Anett Blischke, Halldór Örvar Stefánsson og Haraldur Jónasson (2013). **Holusjár- og borholumælingar við Hoffell og Miðfell í Nesjum og staðsetningu holu HF-1.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/017. Unnið fyrir RARIK. 81 s. + 7 viðaukar á CD.
- Snorri Björn Gunnarsson (2013). **Hitun húsa í Chumathang N-Indlands. Forhönnun.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/064. Unnið fyrir Norges Geotekniske Institutt (NGI).
- Stefán Auðunn Stefánsson (2013). **Skjálftamælanet í Kröflu 2013. Endurbætur á borholuskjálftamælum og uppsetningu yfirborðsskjálftamæla.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/056. LV-2013-122. Unnið fyrir Landsvirkjun. 38 s.
- Steinþór Níelsson, Halldór Ö. Stefánsson, Sveinborg H. Gunnarsdóttir, Bjarni Kristinsson, Gunnlaugur M. Einarsson, Halldór Ingólfsson, Haraldur Jónasson og Sigurjón Vilhjálmsson (2013). **Well Report - RN-31. Drilling Operations of Well RN-31 from Surface Down to 1223 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/027. Unnið fyrir HS Orku hf. 83 s. + CD.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir (2013). **Selfossveitur – Jarðhitaeftirlit. Eftirlit með hitabreytingum í jarðhitakerfinu við Þorleifskot árin 2006–2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/051. Unnið fyrir Selfossveitur bs. 69 s.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir og Benedikt Steingrímsson (2013). **Mælingaeftirlit á vinnslusvæðum Hellsheiðarvirkjunar árið 2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/061. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 57 s.
- Sveinborg H. Gunnarsdóttir, Halldór Ö. Stefánsson, Steinþór Níelsson og Magnús Á. Sigurgeirsson (2013). **Well Report – RN-32. Drilling Operations of Well RN-32 from Surface Down to 1202 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/041. Unnið fyrir HS Orku hf. 173 s.
- Sæunn Halldórsdóttir og Bjarni Gautason (2013). **Eskifjörður. Yfirlit um jarðhitakerfið og vinnslusögu hitaveitunnar frá 2005–2012 ásamt framtíðarspám.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/023. Unnið fyrir Vegagerðina – jarðgangadeild. 47 s.
- Sæunn Halldórsdóttir og Sigríður Sif Gylfadóttir (2013). **Svartsengi – Reykjanes. Hita- og þrýstingsmælingar 2012.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/021. Unnið fyrir HS Orku hf. 79 s.
- Vigdís Harðardóttir (2013). **Hitaveita Dalvíkur. Efnæftirlit með vinnslu árið 2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/046. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur. 18 s.
- Vigdís Harðardóttir (2013). **Hitaveita Egilsstaða og Fella. Efnæftirlit með vinnslu árin 2011–2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/053. Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella. 19 s.
- Vigdís Harðardóttir (2013). **Hitaveita RARIK á Blönduósi. Efnæftirlit með jarðhitavætni úr vinnsluholum og veitukerfi í desember 2012.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/026. Unnið fyrir RARIK. 13 s.
- Vigdís Harðardóttir (2013). **Sulfide Scaling. Literature Search.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/042. Unnið fyrir HS Orku hf. 42 s.
- Vigdís Harðardóttir og Magnús Ólafsson (2013). **Selfossveitur. Eftirlit með efnainnihaldi jarðhitavætns 2006–2011.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/024. Unnið fyrir Selfossveitur. 31 s.
- Vigdís Harðardóttir, Daði Þorbjörnsson, Thessa DeRoche og Taihisa Hill (2013). **Drilling of Three Exploration Wells in Dominica: Environmental Monitoring.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/028. Unnið fyrir Jarðboranir (Iceland Drilling). 35 s.
- Þorsteinn Egilson (2013). **Well Testing Report for Well GRT-1, Rittershoffen, France.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/020. Unnið fyrir ECOGI.
- Þorsteinn Egilson og Sigríður Sif Gylfadóttir (2013). **Þeistareykir. Afkastamat 2010–2012.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/033, LV-2013-072. Unnið fyrir Landsvirkjun. 49 s. + viðauki.
- Þorsteinn Egilson, Hörður Tryggvason og Bjarni Kristinsson (2013). **Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/059. LV-2013-129. Unnið fyrir Landsvirkjun. 37 s.
- Þorsteinn Egilson, Sigríður Sif Gylfadóttir og Edmary Virginia Boy (2013). **Well GRT-1 - Rittershoffen, Upper Rhine Graben, France. Production Testing in January 2013.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/010. Unnið fyrir CFG Services. 41 s.
- Þórólfur H. Hafstað og Finnþógi Óskarsson (2013). **Hitaveita Egilsstaða og Fella. Um vatnsvernd við Urriðavætn og efnainnihald hitaveituvætns.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/012. Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella. 24 s.
- Þráinn Friðriksson og Finnþógi Óskarsson (2013). **Interpretation of Geochemical Production Monitoring Data from the San Jacinto Geothermal System, Nicaragua.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/031. Unnið fyrir Polaris Energy S.A., Nicaragua. 67 s.
- Þráinn Friðriksson og Magnús Sigurgeirsson (2013). **Reconnaissance Study on Geothermal Areas in Burundi. Assessment of Facilities and Human Resources for Geothermal Exploration.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/009. Unnið fyrir Þróunarsamvinnustofnun, ICEIDA. 23 s.
- Ögmundur Erlendsson og Anett Blischke (2013). **Hafréttarmál. Hljóðendurvarps- og bylgjubrotsmælingar. Skýrsla um stöðu mála á úrvinnslu og túlkun gagna.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/067. Unnið fyrir Orkustofnun. 60 s. + tvö kort.

Ritryndar greinar Reviewed Articles

- Alfredsson, H. A., Oelkers, E. H., Harðarson, B. S., Franzson, H., Gunnlaugsson, E. og Gíslason, S. R. (2013). The geology and water chemistry of the Hellsheiði, SW-Iceland carbon storage site. **International Journal of Greenhouse Gas Control** 12, 399-418
- Axelsson, G. (2013). Tracer tests in geothermal resource management. **EPJ Web of Conferences**, vol. 50, online.
- Axelsson, G., Arnaldsson, A., Ármannsson, H., Árnason, K., Einarsson, G., Franzson, H., Friðriksson, Þ., Guðmundsson, G., Gylfadóttir, S. S., Halldórsdóttir, S., Hersir, G. P., Mortensen, A. K., Thordarson, S., Jóhannesson, S., Bore, C., Karingithi, C., Koech, V., Mbithi, U., Muchemi, G., Mwarania, F., Opondo, K., og Ouma, P. (2013). Updated conceptual model and capacity estimates for the greater Olakria geothermal system, Kenya. **Proceedings, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, February 11-13, 2013** SGP-TR-198
- Axelsson, G., Egilson, Th. og Gylfadóttir, S. S. (2013). Modelling of temperature conditions near the bottom of well IDDP-1 in Krafla, Northeast Iceland. **Geothermics**, vol. 49, online.

- Ármannsson, H., Friðriksson, Th., Guðfinnsson, G. H., Ólafsson, M., Óskarsson, F. og Þorbjörnsson, D. (2013). IDDP-The chemistry of the IDDP-01 well fluids in relation to the geochemistry of the Krafla geothermal system. **Geothermics**, vol. 49, online.
- Ármannsson, H., Friðriksson, Th., Benjamínsson, J. og Hauksson, T. (2013). History of gas in geothermal fluids, Krafla, northeast Iceland. **Procedia Earth and Planetary Science** 7, 23 – 26.
- Franzson, H., Friðleifsson, G. Ó. og Jónasson, H. (2013). Gold exploration in Iceland. **12th SGA Biennial Meeting**, 4 s.
- Fridleifsson, G. Ó., Ármannsson, H., Guðmundsson, Á., Árnason, K., Mortensen, A. K., Pálsson, B. og Einarsson, G. M. (2013). Site selection for the well IDDP-1 at Krafla. **Geothermics**, vol. 49, online.
- Fridleifsson, G. Ó., Sigurdsson, Ó., Þorbjörnsson, D., Karlsdóttir, R., Gíslason, Th., Albertsson, A. og Elders, W. A. (2013). Preparation for drilling well IDDP-2 at Reykjanes. **Geothermics**, vol. 49, online.
- Harðardóttir V., Hedenquist, J. W. og Hannington, M. D. (2013). Comparison of metals in seawater-dominated fluids of Reykjanes, Iceland, and seafloor black smoker systems. Mineral deposit research for a high-tech world. **12th SGA Biennial Meeting Proceedings**, v. 3, 1263-1266.
- Harðardóttir V., Hannington, M. D. og Hedenquist, J. W. (2013). Metal concentrations and metal deposition in deep geothermal wells at Reykjanes high-temperature area Iceland. **Procedia Earth and Planetary Science** 7, 338-341
- Harðardóttir V., Hedenquist, J. W. og Hannington, M. D. (2013). Ore-forming processes in Reykjanes geothermal pipelines, Iceland. Mineral deposit research for a high-tech world. **12th SGA Biennial Meeting Proceedings**, v. 3, 1259-1262.
- Hersir, G. P., Árnason, K. og Vilhjálmsson, A. (2013). 3D inversion of magnetotelluric (MT) resistivity data from Krýsuvík high temperature area in SW Iceland. **Proceedings Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, February 11-13, 2013** SGP-TR-198
- Hersir, G. P. og Flóvenz, Ó. G. (2013). Resistivity surveying and electromagnetic methods. **IGA Academy Report** 0110-2013, 10 s.
- Khodayar, M. og Björnsson, S. (2013). Fault ruptures and geothermal effects of the second earthquake, 29 May 2008, South Iceland Seismic Zone. **Geothermics**, vol. 50, online.
- Mortensen, A. K., Egilson, Þ., Gautason, B., Árnadóttir, S. og Guðmundsson, Á. (2013). Stratigraphy, alteration mineralogy, permeability and temperature conditions of well IDDP-1, Krafla, NE-Iceland. **Geothermics**, vol. 49, online.
- Ólafsson, M. og Ármannsson, H. (2013). The Námafjall high temperature system NE-Iceland. Chemical characteristics of the fluid for a power plant. **Procedia Earth and Planetary Science** 7, 640-643.
- Óskarsson, F., Ármannsson, H., Ólafsson, M., Sveinbjörnsdóttir, Á. E. og Markússon, S. (2013). The Theistareykir geothermal field, NE Iceland: Fluid chemistry and production properties. **Procedia Earth and Planetary Science** 7, 644-647.
- Pálsson, B., Hölmgeirsson, S., Guðmundsson, Á., Bóasson, H. Á., Ingason, K., Sverrisson, H. og Thorhallsson, S. (2013). Drilling of the well IDDP-1. **Geothermics**, vol. 49, online.
- Rice, M. S., Cloutis, E. A., Bell III, J. F., Bish, D. L., Horgan, B. H., Mertzman, S. A., Craig, M. A., Renaut, R. W., Gautason, B. og Mountain, B. (2013). Reflectance spectra diversity of silica-rich materials: Sensitivity to environment and implications for detections on Mars. **Icarus** 223 (1), 499-533.

Schiffmann, P., Zierenberg, R. A., Mortensen, A. K., Fridleifsson, G. Ö. og Elders, W. A. (2013). High temperature metamorphism in the conductive boundary layer adjacent to a rhyolite intrusion in the Krafla geothermal system Iceland. *Geothermics*, vol. 49, online.

Sveinbjörnsdóttir, Á. E., Ármannsson, H., Ólafsson, M., Óskarsson, F., Markússon, S. og Magnúsdóttir, S. (2013). The Theistareykir geothermal field, NE Iceland. Isotopic characteristics and origin of circulating fluids. *Procedia Earth and Planetary Science* 7, 822-825.

Thorhallsson, S., Pálsson, B., Hólmgeirsson, S.,

Ingason, K., Matthíasson, M., Bóasson, H. Á. og Sverrisson, H. (2013). Well design for the Iceland Deep Drilling Project (IDDP). *Geothermics*, vol. 49, online.

Árni Hjartarson (2013). Hofsjökull. Í: Júlíus Sólness (ritstj.) *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og jarðskjálftar*. Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan, 188-209.

Guðrún Larsen, Guðrún Sverrisdóttir, Haukur Jóhannesson, Árni Hjartarson og Páll Einarsson (2013). Hekla. Í: Júlíus Sólness (ritstj.) *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og jarðskjálftar*. Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan, 312-317.

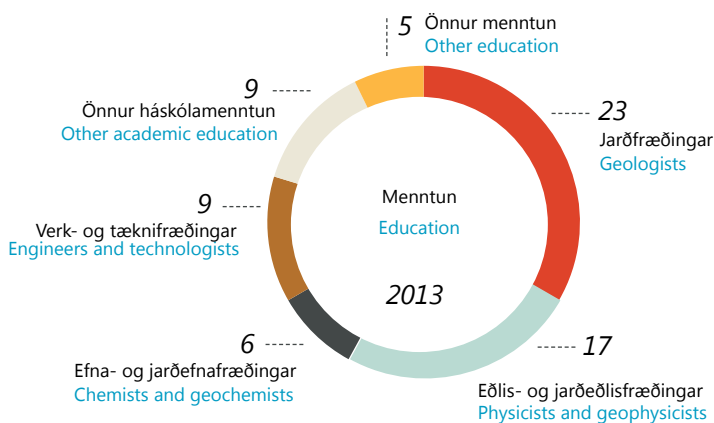
Kristján Sæmundsson og Magnús Á. Sigurgeirsson (2013). Reykjanesskagi. Í: Júlíus Sólness, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstj.) *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og jarðskjálftar*. Viðlagatrygging Íslands og Háskólaútgáfan, 379-401.

Greinar og fyrirlestrar eftir ýmsa höfundu í útgefnu efni frá Jarðhitaskólanum eru aðgengileg á heimasíðu skólans og á www.gegnir.is

Articles and lectures from a number of contributors published by the UN Geothermal Training Programme can be found at the web site of the school and at www.gegnir.is



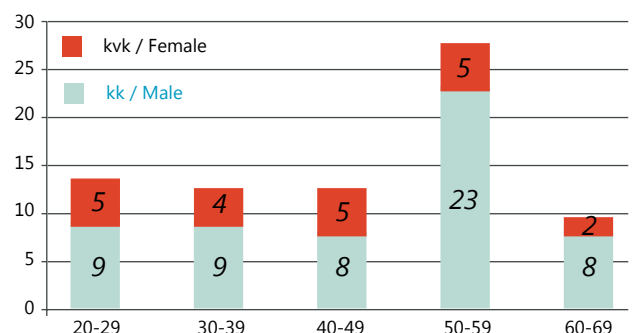
Mannauður Human Resources



Menntun og aldursdreifing starfsmanna
Education and age distribution

69 starfsmenn,
þar af sex sem starfa
við útibú ÍSOR á Akureyri

69 employees
of which six are based
in Akureyri





1



2



3



4



5

Markvert á árinu Highlights of the Year

1. ÍSOR tók þátt í Vísindavöku Rannís og kynnti jarðskjálftarannsóknir.
2. Á afmælishátíð Akureyrar var ÍSOR með jarðfræðikynningu þar sem m.a. var hægt að skoða mismunandi bergtegundir.
3. Jarðhitaráðstefna í Reykjavík: Iceland Geothermal Conference IGC 2013.
4. Jarðfræðikort ÍSOR eru seld í bókaverslunum og hjá upplýsingamiðstöðvum víða á Norður- og Suðurlandi.
5. Á degi íslenskrar náttúru bauð ÍSOR áhugasömum náttúruunnendum að fræðast um jarðfræði Búrfellsgjár.

1. Seismicity was Iceland GeoSurvey's main theme at the Researchers Night in Reykjavík.
2. At Akureyri Town Festival, guests were invited to learn about Iceland geology and explore minerals.
3. Iceland Geothermal Conference IGC 2013.
4. Geological maps published by Iceland GeoSurvey are available at many bookstores and information centres in North- and Southern Iceland.
5. Iceland GeoSurvey celebrated the annual Day of Icelandic Nature by inviting people on a tour to explore the geology of Búrfellsjá.



ÆÐALSKRIFSTOFA • HEAD OFFICE

Grensásvegur 9
108 Reykjavík
Iceland
Sími/Tel.: +354 528 1500 / Fax: +354 528 1699
isor@isor.is

ÚTIBÚ • BRANCH OFFICE

Rangárvellir, P. O. Box 30
602 Akureyri
Iceland
Sími/Tel.: +354 528 1500 / Fax: +354 528 1599

DÓTTURFYRIRTÆKI • SUBSIDIARY

GeoThermHydro
República Árabe de Egipto 250, oficina 5
Las Condes, Santiago
Chile
Sími/Tel.: +56 22973 9757
www.geothermhydro.com

www.isor.is