

ÍSOR
ICELAND GEOSURVEY

ÁRSSKÝRSLA
ANNUAL REPORT 2011



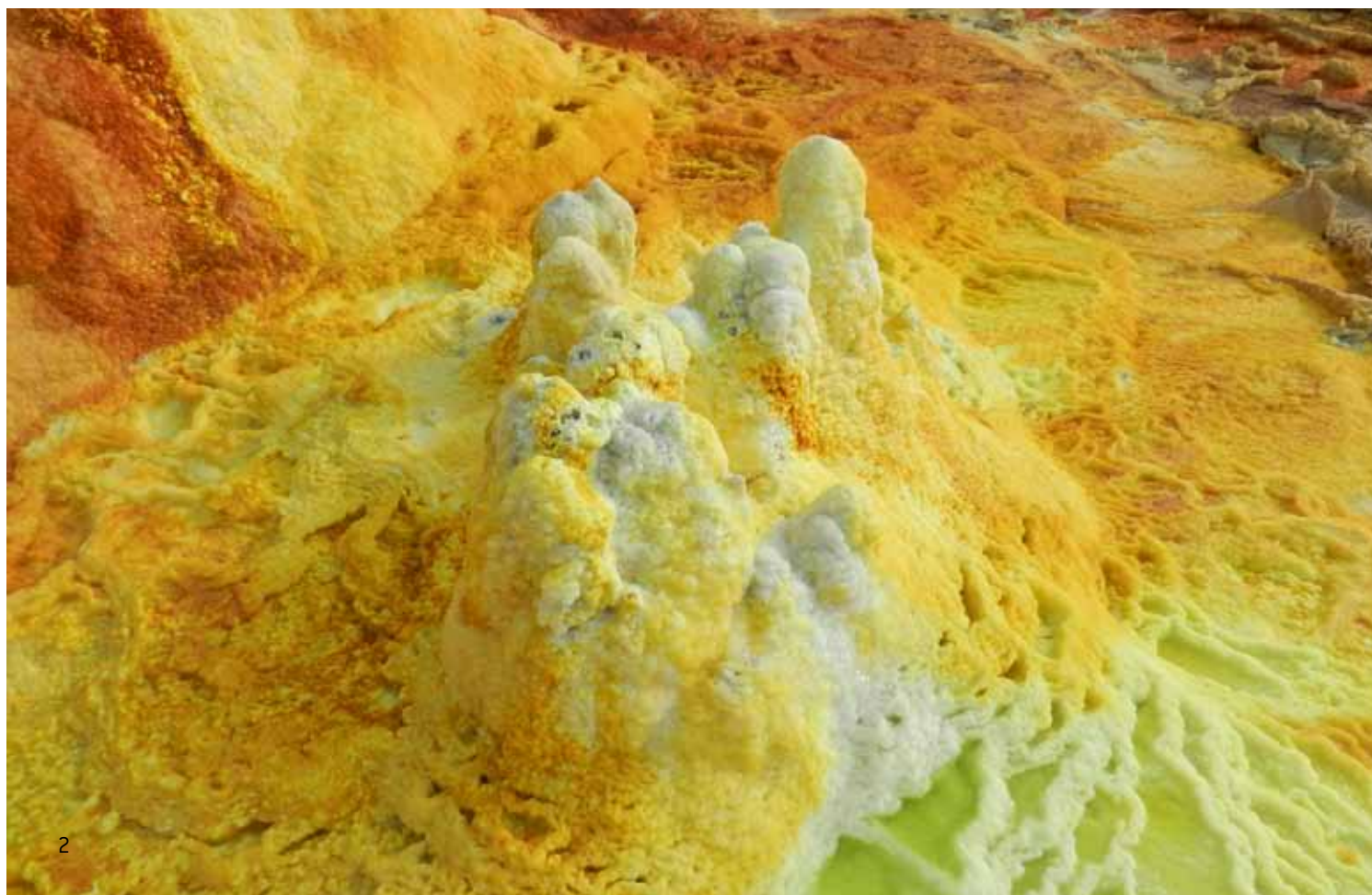
Efnisyfirlit

Contents

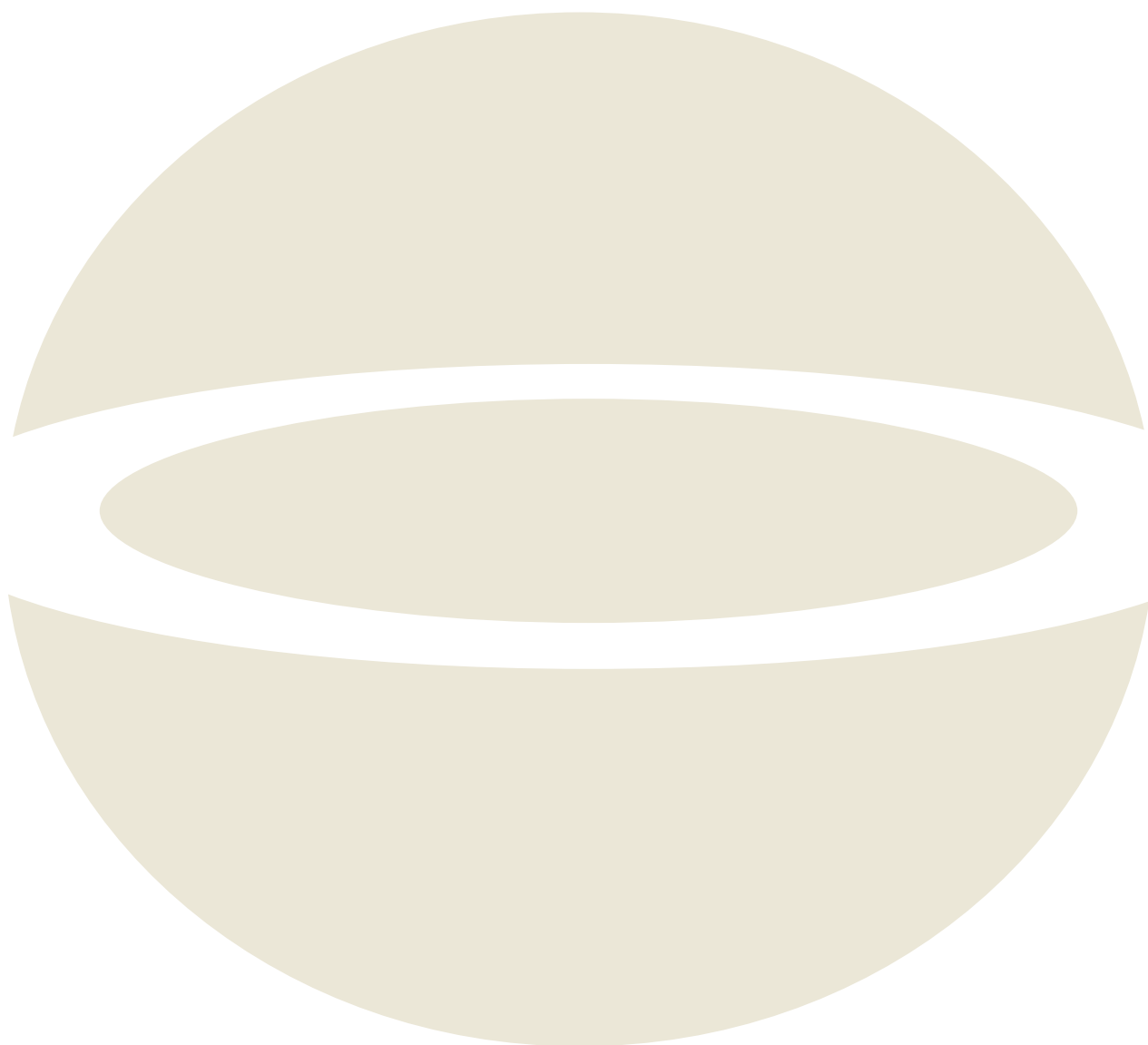
Helstu atburðir ársins	4
Ávarp stjórnarformanns	5
Forstjóri ÍSOR	6
Mannauður	8
Rekstraryfirlit fyrir árið 2011	9
Jarðfræði og umhverfismál	10
Þeistareykir	14
Jarðeðlis- og forðafræði	16
Jarðhitaverkfræði	21
Borholumælingar og mælitækni	24
Jarðhitapjálfun og kennsla	26
Útgefið efni	28
Verkefni erlendis	30
Skrifstofan í Chile	31

Highlights of the Year	4
Chairman of the Board	5
General Director	6
Human Resources	8
Financial Statements for the Year 2011	9
Geology and Environment	10
Þeistareykir Case Study	14
Geophysics and Reservoir Physics	16
Geothermal Engineering	21
Geothermal Logging	24
Geothermal Training and Education	26
Publications	28
Projects Abroad	30
Subsidiary in Chile	31

ÍSOR – Iceland GeoSurvey – Grensásvegur 9, 108 Reykjavík, Iceland – Sími/Tel: +354 528 1500 – Fax: +354 528 1699 – isor@isor.is – www.isor.is
Verkefnisstjóri/Project leader: Brynja Jónsdóttir – Þýðing/Translation: Guðmundur H. Guðfinnsson – Prentun/Printing: Svansprent – ISBN: 978-9979-780-93-9
Forsíða og mynd að neðan: Frá saltsléttunni á Dallol-svæðinu í Danakil-sigdældinni í Eþíópíu, sjá ennfremur umfjöllun á bls. 10. Ljósmynd: Finnbogi Óskarsson.
Cover and photograph below: Dallol area of the Danakil graben in Ethiopia. See also page 10. Photograph: Finnbogi Óskarsson.
Allar ljósmyndir í skýrslunni eru teknar af starfsfólki ÍSOR nema bls. 16 – All photographs were taken by the staff of Iceland GeoSurvey, except page 16.



***Jarðvísindarannsóknir, ráðgjöf
og þjónusta í sex áratugi***



***Scientific and technical services
to the geothermal industry
for six decades***

Helstu atburðir ársins

Highlights of the Year



Dagur evrópskra framhaldsnema

Ráðstefna evrópskra framhaldsnema í jarðhitafræðum var haldin á Íslandi dagana 1.–3. mars 2011. ÍSOR var á meðal fyrirtækja og stofnana sem studdi ráðstefnuna og fór opnunardagskráin fram í húsakynnum ÍSOR. Alls tóku 60 framhaldsnemar frá 13 löndum þátt í ráðstefnunni og þar af fluttu 6 starfsmenn og nemar frá ÍSOR erindi.

European Geothermal PhD day

The European conference of graduate students in geothermal studies was held in Iceland on 1–3 March 2011. Iceland GeoSurvey was among the companies and institutions that supported the conference, and the opening ceremony took place at the Iceland GeoSurvey facilities. In total 60 graduate students from 13 countries participated, with 6 employees and students from Iceland GeoSurvey giving presentations.



Jarðhitaráðstefnur

Mikill kraftur og uppbygging er hjá dótturfyrirtæki ÍSOR og Verkís í Chile, GeoThermHydro (GTH). GTH var einn af styrktarðilunum á fyrstu jarðhitaráðstefnunni á vegum nýstofnaðs jarðhitasambands Chile.

Conferences

The subsidiary of Iceland GeoSurvey and Verkís in Chile, GeoThermHydro (GTH), shows great vitality and is undergoing fast growth. GTH was one of the sponsors of the first geothermal conference of the newly established Chilean Geothermal Association.

Tæknisýning

Ársfundur var haldinn í Orkugarði þann 8. apríl. Fráfarandi stjórnarformaður ávarpaði fundinn og forstjóri fór yfir starfsemi ÍSOR á liðnu ári. Fundi var slitið að loknu ávarpi iðnaðarráðherra. Þá var bryddað upp á þeirri nýbreytni að bjóða til tækjasýningar hjá ÍSOR. Starfsmenn fræddu áhugasama um þau tæki sem notuð eru til jarðhitarannsókna og voru háhita- og þrýstimælur, hitamyndavél og gírómælur meðal tækja sem sérfræðingar ÍSOR kynntu.



Technology show

The annual meeting was held on April 8. The outgoing Chair of the Board gave a presentation and the General Director went over the operation of Iceland GeoSurvey in the year before. After a speech given by the Minister of Energy, the meeting was closed, followed by an invitation to a technology show, where Iceland GeoSurvey employees demonstrated the use of equipment for geothermal research. High-temperature and pressure gauges, a heat-sensitive camera and gyro tools were among the equipment shown.



Vísindavaka

ÍSOR tók þátt í vísindavöku Rannís 2011 sem haldin var í Háskólabíói í september. Þar gafst gestum og gangandi tækifæri til þess að kynnst starfi jarðfræðings og var fólki boðið að skoða borholusvarf í viðsjá og fræðast um vökvabólusmásjá.

Researchers Night

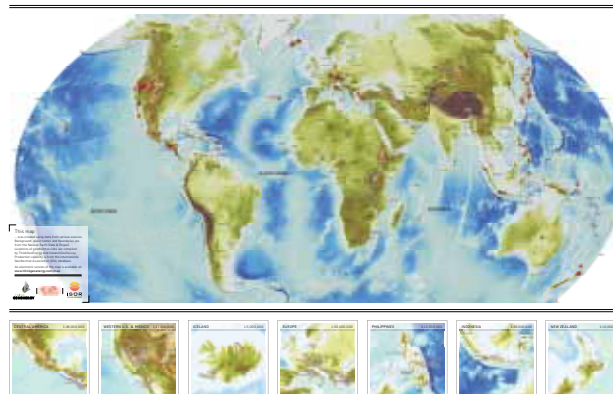
Iceland GeoSurvey took part in Researchers' Night which was held in September, where the public had the opportunity to learn about the work of geologists, and could examine drill cuttings with a binocular microscope and see a demonstration of how fluid inclusions can be investigated with a heating/freezing stage.

Jarðhitaheimskort

Í samvinnu við fréttavefinn Think-GeoEnergy og Alþjóðajarðhitasambandið gaf ÍSOR út heimskort með upplýsingum um uppsett afl jarðhitavirkjana í heiminum. Kortið er hægt að nálgast á vef ÍSOR og ThinkGeoEnergy, www.isor.is og www.thinkgeoenergy.com.

Geothermal Power Map
In a joint effort, Icelandic GeoSurvey (ÍSOR) and ThinkGeoEnergy published the Global Geothermal Power Map.

GEOTHERMAL POWER MAP - GEOTHERMAL POWER GENERATION FIELDS



Ávarp stjórnarformanns

Sigrún Traustadóttir

Aðalfundur Íslenskra orkurannsókna (ÍSOR) nú er sá níundi í röðinni. Á árinu 2011 voru gerðar breytingar á stjórn ÍSOR en stjórnin hafði verið óbreytt frá stofnun ÍSOR árið 2003. Þórarinn E. Sveinsson mjólkurverkfræðingur, Hákon Björnsson viðskiptafræðingur og Jóhannes Pálsson vélverkfræðingur fóru þá úr stjórninni og í þeirra stað settust í stjórn Sveinbjörn Björnsson jarðeðlisfræðingur, Ingvi Már Pálsson lögfræðingur og Sigrún Traustadóttir viðskiptafræðingur, sem skipuð var stjórnarformaður. Þær Svanfríður Inga Jónasdóttir, bæjarstjóri á Dalvík, og Guðrún Helga Brynleifsdóttir lögfræðingur, sem verið hafði stjórnarformaður, sitja áfram í stjórninni.

Á árinu 2011 var velta ÍSOR 958 m.kr. Tap ársins nam tæplega 45 m.kr. Þessi niðurstaða er í samræmi við áætlanir fyrir árið 2011 en í þeim var gert ráð fyrir að tekjur stæðu undir rekstrargjöldum öðrum en afskriftum. Góð eiginfjárstaða frá fyrri árum leyfði að gengið yrði á eigið fé sem næmi afskriftunum.

Ef lítið er yfir lengra tímabil er ljóst að umsvif ÍSOR hafa dregist verulega saman á undanförunum árum, einkum hvað varðar þjónustu við borun háhitaholna. Á árinu 2008 voru boraðar 29 holur en á árunum 2009–2011 hafa einungis verið boraðar 16 holur samanlagt. Þetta er það umhverfi sem ÍSOR hefur búið við frá því að stórfelldar breytingar urðu í efnahagslífinu haustið 2008. Á þessum tíma hafa stjórnendur og starfsmenn ÍSOR unnið með aðdáunarverðum hætti að því að draga saman seglin innanlands í samræmi við minnkandi eftirspurn eftir þjónustu fyrirtækisins og samhliða að finna ný tækifæri, einkum á erlendri grundu.

Á árunum 2008–2011 jukust tekjur af verkefnum erlendis úr 117 m.kr., sem var 8% af veltu ársins 2008, í 313 m.kr. á árinu 2011, sem nemur um einum þriðja af heildartekjum ÍSOR það ár.

Á árinu var hafin vinna við endurskoðun á stefnumótun ÍSOR. Undanfarin þrjú ár hafði verið unnið eftir stefnu sem mótuð var í kjölfar efnahagsbreytinganna 2008. Hún miðaði fyrst og fremst að því að verja starfsemi ÍSOR á samdráttartímum. Stefnumótunarvinnan gekk vel og kom þar skýrt fram mikill áhugi starfsmanna á viðgangi og velgengni fyrirtækisins. Horft var með bjartsýni til framtíðar og mótuð stefna og aðgerðaráætlun til ársins 2016. Aðgerðaráætlunin miðaðist við að styrkja kjarnasvið ÍSOR í samræmi við framtíðarsýnina. Mikil áhersla var lögð á að kortleggja þekkingu fyrirtækisins og hvernig best yrði staðið að því að byggja upp þekkingu og reynslu yngri starfsmanna. Ljóst er að slíkt plagg verður að vera í stöðugri endurnýjun og aðlögun að þeim breytingum sem verða í orkuíðnaðinum.

Því miður lítur út fyrir að ástandið hér á landi breytist lítið á yfirstandandi ári og að dráttur verði á að stærri framkvæmdir hefjist. Mikil óvissa ríkir enn varðandi nýtingu og verndun orkuauðlinda og framtíð orkuíðnaðarins í heild sinni.

Ég þakka starfsmönnum, stjórnendum og stjórn ÍSOR fyrir vel unnin störf og gott samstarf á árinu og vona að þessum biðtíma í íslenskum orkurannsóknum innanlands fari að ljúka.



Chairman of the Board

Sigrún Traustadóttir

In 2011 changes were made to the company board after it had been unchanged since the establishment of Iceland GeoSurvey in 2003. In 2011 the turnover of Iceland GeoSurvey was 958 million ISK. The losses over the year amounted to 45 million ISK. This is in accordance with the financial plan for the year, which anticipated that revenue would cover operating expenses other than depreciation. The robust equity situation from previous years has enabled the lowering of equity equal to depreciation.

Looking over a longer period, it is clear that the activities of Iceland GeoSurvey have decreased in the last few years, especially with regard to the servicing of high-temperature drilling. Whereas 29 wells were drilled in 2008, only a total of 16 wells were drilled in the period 2009–2011. This is the environment that Iceland GeoSurvey has had to contend with since the drastic downturn in the Icelandic economy in the autumn of 2008. The administrators and employees have worked admirably hard in this time to adapt to less domestic demand for the company services, while simultaneously seeking new opportunities, especially abroad.

Revenue from projects abroad has increased from 117 million ISK in 2008, which was 8% of the turnover of the year, to 313 million ISK in 2011, or about a third of the total revenue that year.

Work started last year on a revision of the company strateg. The work was fruitful and revealed the great interest of employees in the success of the company. With an optimistic outlook prevailing, a policy and a plan of action until 2016 were formed, but obviously, they need to be continuously revised and adapted to changes in the energy domain.

Unfortunately, it looks as if the domestic conditions will not improve much for Iceland GeoSurvey this year and there will be a delay in the start of large projects. Uncertainty still prevails regarding the exploitation of energy resources and the energy industry as a whole.

I would like to thank the employees, administrators and company board for their fine work and pleasant collaboration during the year, with the hope that the waiting period in Icelandic energy research, which Iceland GeoSurvey has endured in the last three years, will soon come to an end.

Forstjóri ÍSOR

Ólafur G. Flóvenz

Árið 2011 var áttunda starfsár ÍSOR. Starfsemin var að venju býsna fjölbreytt og náði til verkefna í fjölmörgum ríkjum auk Íslands.

Í mars 2011 skipaði iðnaðarráðherra nýja stjórn ÍSOR undir formennsku Sigrúnar Traustadóttur viðskiptafræðings. Tók hún til starfa 1. apríl og hefur unnið gott starf í náinni samvinnu við starfsfólk ÍSOR. Fráfarandi stjórn, undir formennsku Guðrúnar Helgu Brynleifsdóttir lögfræðings, hafði þá setið óslitið frá upphafi starfstíma ÍSOR árið 2003. Eru stjórninni færðar bestu þakkir fyrir gott starf og samstarf á liðnum árum.

Rekstrarafkoma ÍSOR árið 2011 var mjög nærri áætlun ársins. Rekstrartap fyrir fjármagnsliði varð 53,9 m.kr. en 44,5 m.kr. að teknu tilliti til fjármagnsliða. Veltufé frá rekstri var jákvætt um 1,9 m.kr. Fjárhagsstaða ÍSOR er áfram traust því tapið orsakast nær eingöngu af afskriftum tækja sem vegna verkefnaþurrðar eru lítið notuð svo verðmæti þeirra rýrnar í raun lítið. Á árinu var fjárfest í nýjum tækjum fyrir 10 m.kr. Handbært fé lækkaði úr 245 m.kr. í 127 m.kr. vegna lækkunar á skammtímaskuldum og hækkunar á skammtímakröfum. Það síðasttalda má rekja til þess að yfirleitt tekur lengri tíma að fá greitt fyrir vinnu við verkefni erlendis en á Íslandi. Í upphafi ársins 2011 var Rekstrarfélag Orkugarðs lagt niður og skiptu ÍSOR og Orkustofnun með sér umsjón með þeirri starfsemi sem áður var í höndum félagsins. Þannig sér ÍSOR nú um rekstur húsnæðis og mótuneytis en Orkustofnun um rekstur tölvukerfis og móttöku. Náði ÍSOR verulegum árangri við að lækka kostnað við rekstur húsnæðisins.

Starfsemi ÍSOR markast um þessar mundir mjög af langvarandi óvissu um framtíðaráform í orkumálum á Íslandi. Umtalsverður hluti af starfsemi ÍSOR hefur undanfarin ár tengst þjónustu við boranir á háhitavæðum á Íslandi. Í þeim tilgangi hefur ÍSOR byggt upp öfluga starfsemi í borholumælingum og borholujarðfræði, bæði með verulegri fjárfestingu í tækjum til borholumælinga og í þjálfun nýs starfsfólks. Verkefni á þessum sviðum hafa dregist gríðarlega saman síðan árið 2008. ÍSOR hefur brugðist við þessu með því að fækka starfsmönnum í borholumælingum um nær helming en það hefur ekki dugað til að vegna upp á móti samdrættinum og er nú leitað leiða til að bregðast frekar við rekstrarhalla af þessum sökum. Á öðrum sviðum starfseminnar hefur tekist að vegna talsvert upp á móti samdrætti með verkefnum í útlöndum. Á árinu 2011 námu tekjur af verkefnum erlendis, að Jarðhitaskólanum meðtöldum, 313 m.kr., sem er um 16% aukning milli ára, og nemur þessi liður nú um 32,7% heildartekna. Helstu verkefni voru í Chile, Kenía, Níkaragva, Dóminíku, Króatíu, Eþíópíu og Tyrklandi. Verkefni þessi eru af ýmsum toga. Í Chile felast þau einkum í aðstoð við fyrirtæki við að sækja um rannsóknarleyfi og þjónustu við rannsóknarboranir. Í Dóminíku er unnið við umhverfiseftirlit og rannsóknarþjónustu í tengslum við fyrstu háhitaboranir í landinu. Í Kenía var áherslan mest á þjálfun, kennslu og

General Director

Ólafur G. Flóvenz



The year 2011 was the eighth operational year. As usual the operation was manifold and covered projects in a number of countries in addition to Iceland.

In March 2011 the Icelandic minister of industry appointed a new board for Iceland GeoSurvey, which started on April 1. The outgoing board, chaired by Guðrún Helga Brynleifsdóttir, lawyer, had been active since the establishment of the company in 2003. Other members of the board were Svanfríður Jónasdóttir, mayor of Dalvík, Jóhannes Pálsson, mech. engineer, Hákon Björnsson, MBA, and Thórarinn E. Sveinsson, civil engineer. Gratitude is extended to the members of the board for their good work and cooperation in the years gone. Brynleifsdóttir and Jónasdóttir are also members of a new board, which is appointed for the next four years. Other members are Sigrún Traustadóttir, MBA, who is chairman, Ingvi Már Pálsson, lawyer, and Sveinbjörn Björnsson, geophysicist.

The financial outcome of Iceland GeoSurvey in 2011 was very close to expectations. Losses before financial expenses amounted to 53.9 million ISK, and 44.5 million ISK with capital expenditures considered. Cash flow from operations was positive by 1.9 million ISK. The financial situation of Iceland GeoSurvey continues to be robust, however, because most of the losses are caused by depreciation of tools, which are only in minor use because of the lack of projects, and so in reality their value is not declining much. During the year, 10 million ISK was spent on new instruments. The amount of cash at hand decreased from 245 million ISK to 127 million ISK because of the payment of short-term debts and increased short-term claims. The latter can be explained by the fact that it takes longer to receive payments for foreign projects than domestic. In the beginning of 2011 the operations partnership of Orkugarður, the office facility, was ended, and the responsibilities divided between Iceland GeoSurvey and the National Energy Authority. Iceland GeoSurvey now oversees the management of the housing and the cafeteria, whereas the National Energy Authority is in charge of the computer system and the reception. In this way, Iceland GeoSurvey was able to lower considerably the cost associated with the facilities. This new arrangement was the most important factor in 16.4% increased revenue and 14.5% increased operating expenses during the year.

The operation of Iceland GeoSurvey is greatly affected by the long-lasting uncertainty about the future direction of energy development in Iceland. In recent years, a considerable part of the operation of Iceland GeoSurvey has been related to the servicing of drilling in high-temperature geothermal fields in Iceland. For

líkangerð af jarðhitasvæðum. Í Níkaragva var unnið að uppbyggingu þekkingar innan opinbera kerfisins fyrir Þróunarsamvinnustofnun Íslands en í Króatíu, Eþíópíu og Tyrklandi hafa verkefni snúið að mestu um jarðhitaleit.

Af innlendum vettvangi fólust helstu verkefni ÍSOR í rannsóknum, ráðgjöf og þjónustu fyrir orkufyrirtækin í landinu. Um er að ræða hefðbundið vinnslueftirlit, forðafræðilíkon, borráðgjöf og umhverfiseftirlit ásamt ýmsum rannsóknum er tengjast vandamálum við vinnslu jarðhita eða jarðhitaleit. Þá vó þjónusta í tengslum við boranir fjögurra háhitaholna nokkuð þungt, tveggja á Þeistareykjum og einnar á Hellisheiði og Reykjanesi.

Þá hefur ÍSOR sem fyrr unnið sem aðalvísindaráðgjafi Orkustofnunar í olíu- og landgrunnsmálum. Á árinu var einkum unnið að rannsóknum á Drekasvæðinu og undirbúningi olíuleitarútboðs þar en í landgrunnsmálum er unnið að rökstuðningi fyrir kröfum Íslands til hafsbotsréttinda utan 200 mílna efnahagslögsögunnar og kynningu hans fyrir hafréttarnefnd Sameinuðu þjóðanna. Jafnframt hóf ÍSOR þátttöku í stóru verkefni jarðfræðistofnana við Norður-Atlandshaf um að safna saman gögnum í gagnagrunn og kortabók um hafsbót Norðaustur-Atlandshafs.

Auk þjónustustarfsemi tekur ÍSOR þátt í mörgum rannsóknarverkefnum, meðal annars með stuðningi orkufyrirtækja og innlendra og erlendra rannsóknarsjóða. Eitt stærsta rannsóknarverkefnið þessi misserin er samevrópskt rannsóknarverkefni um jarðskjálfta í tengslum við niðurdælingu jarðhitavökva en það mál komst mjög í sviðsljósið á árinu vegna jarðskjálfta á niðurdælingarsvæði Orkuveitu Reykjavíkur við Hellisheiðarvirkjun.

Síðla árs 2011 lagði ÍSOR út í viðamikla stefnumótunarvinnu með víðtækri þátttöku starfsmanna og stjórnenda og aðstoð frá ráðgjafarfyrirtækinu Alta. Lauk þeirri vinnu samkvæmt áætlun í árslok. Var framtíðarsýn ÍSOR skilgreind og sett upp aðgerðaráætlun í kjölfarið sem nú er fylgt eftir. Rétt er þó að taka fram að þessi framtíðarsýn

for this purpose, Iceland GeoSurvey has built up a strong operation in borehole logging and borehole geology, both by investing heavily in tools for logging and by training new employees. There has been an extreme contraction in projects in this field in Iceland since 2008, to which Iceland GeoSurvey has responded by reducing the number of employees involved in logging by almost half. This has not been enough to offset the contraction and other means of dealing with the financial losses caused by this are being sought. In other parts of the operation, contraction has been significantly counteracted by projects abroad. In 2011 revenue from foreign projects, with the UN Geothermal Training Programme included, amounted to 313 million ISK, which is 16% increase from the year before. This part is now 32.7% of the total revenue. The main projects were in Chile, Kenya, Nicaragua, Dominica, Croatia, Ethiopia and Turkey.

The main domestic projects of Iceland GeoSurvey involved research, counseling and service for the energy companies in the country. This includes customary production monitoring, reservoir modeling, drilling advice and environmental monitoring, in addition to solving of problems in connection with geothermal exploitation and geothermal exploration. Services related to drilling of four high-temperature geothermal wells, two at Theistareykir and one in each of the Hellisheiði and Reykjanes fields, were a large part of such projects.

In addition to providing services, Iceland GeoSurvey takes part in many research projects, sometimes with the support of energy companies or domestic and foreign research funds. Presently, one of the largest research projects is a European cooperative project on seismicity in connection with the injection of geothermal fluid. Because of earthquakes in the injection area of Reykjavik Energy near the Hellisheiði geothermal plant, this issue received a great deal of attention during the year.

In late 2011 Iceland GeoSurvey initiated a comprehensive work on the future strategy of the company with the participation of many employees and managers and



Frá Þeistareykjum. From Þeistareykir, Northeast Iceland.

byggjst á ákveðnum, hóflegum forsendum um þróun íslensks jarðhitaiðnaðar næstu árin.

ÍSOR hefur undanfarin ár lagt kapp á þjálfun ungra starfsmanna. Þannig voru árið 2011 alls 11 ungir starfsmenn í meistara- eða doktorsnámi í jarðvísindum innan verkefna á vegum ÍSOR og luku fimm þeirra náminu á árinu. Samevrópskur framhaldsnemadagur í jarðhitafræðum var haldinn öðru sinni og nú á Íslandi. Þarna kom saman fjöldi framhaldsnema víða að úr Evrópu til að kynna verkefni sín. Framhaldsnemar frá ÍSOR tóku þarna virkan þátt í m.a. skipulagningu atburðarins sem tókst prýðilega.

Aðkoma ÍSOR að menntun og þjálfun í jarðhitafræðum hefur aukist. Sérfræðingar ÍSOR önnuðust á árinu meginhluta kennslu við Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna, kenndu á þjálfunarnámskeiðum í þróunarlöndum og við Háskóla Íslands og Háskólann í Reykjavík. Á árinu slitnaði upp úr viðræðum íslensku háskólanna um samstarf um kennslu í jarðhitafræðum. Í kjölfarið seldi Háskóli Íslands Orkuveitu Reykjavíkur sinn hlut í REYST-skólanum. Varð að samkomulagi að ÍSOR eignaðist 5% hlut í skólanum og tekur nú þátt í uppbyggingu hans ásamt Orkuveitu Reykjavíkur og Háskólanum í Reykjavík með setu í stjórn hans og fagráði.

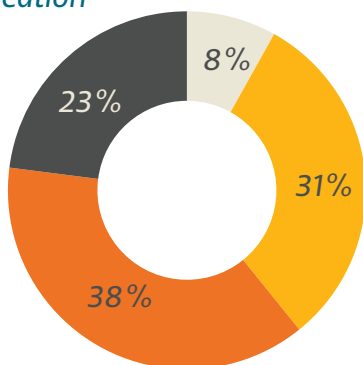
assistance from the consulting firm Alta. As planned, this work was finished at the end of the year. The future vision for Iceland GeoSurvey was defined, followed by a plan of action which is now being followed. It should be noted that this vision is based on certain modest assumptions about the development of the Icelandic geothermal industry in the coming years.

In the last few years Iceland GeoSurvey has emphasized the training of young employees. To this end 11 young employees were engaged in studies in earth sciences at the master's or doctoral level, working on projects that are related to their work at Iceland GeoSurvey, with three of them finishing their studies during the year. The European Geothermal PhD Day was held for the second time, and now in Iceland, where a number of graduate students from many European countries came together to present their projects. Graduate students from Iceland GeoSurvey were actively engaged, for instance in the organization of the event, which was highly successful.

The involvement of Iceland GeoSurvey in education and training in geothermal studies has increased. Specialists at Iceland GeoSurvey handled the major part of teaching at the UN Geothermal Training Programme, taught at training courses in developing countries, and at the University of Iceland and Reykjavik University. After discussions among the Icelandic universities about a collaboration in the teaching of geothermal studies came to an early end, the University of Iceland sold its part in the REYST school to Reykjavik Energy. Subsequently, it was agreed that Iceland GeoSurvey would take over a 5% share in the school and is now involved in its development along with Reykjavik Energy and Reykjavik University, and takes a seat on the board and in the academic council.

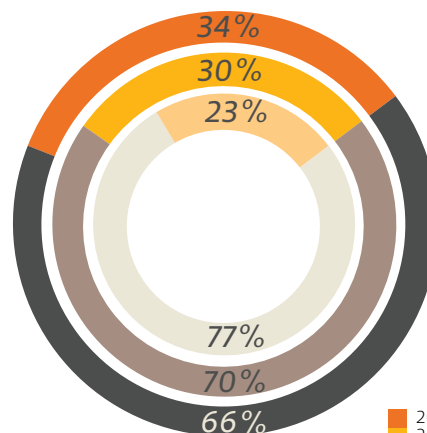
Mannauður Human Resources

Menntun Education



■ Stúdentspróf / Secondary Education
■ BS/BA gráða / degree
■ MS/MA gráða / degree
■ Ph.D gráða / degree

74
Starfsmenn
Employees
31.12.2011



Kynjaskipting

Hlutfall kvenna hefur farið vaxandi, var 23% árið 2007 en er 34% árið 2011.

Gender ratio

The proportion of women has grown, from 23% in 2007 to 34% in 2011.

■ 2011
■ 2010
■ 2007
Konur / Woman
■ 2011
■ 2010
■ 2007
Karlar / Men

Rekstraryfirlit fyrir árið 2011

Financial Statements for the Year 2011

		2011	2010
Rekstrarreikningur (þús. kr.)	Income statement (ISK thousands)		
Rekstrartekjur	Operating revenues	958.333	866.593
Rekstrargjöld	Operating expenses	965.895	890.707
Afskriftir	Depreciation	46.393	49.017
		1.012.288	939.724
Rekstrarhagnaður (tap) fyrir fjármagnsliði	Operating profit (loss) before financial expenses	(53.955)	(73.131)
Fjármagnstekjur og (gjöld)	Net financial income	9.494	(21.349)
Hagnaður (tap) ársins	Net profit (loss)	(44.461)	(94.480)
Efnahagsreikningur (þús. kr.)	Balance sheet (ISK thousands)		
Fastafjármunir	Fixed assets	140.611	181.508
Veltufjármunir	Current assets	333.579	414.897
Eignir alls	Total assets	474.190	596.405
Eigið fé	Total equity	321.226	365.687
Skammtímaskuldir	Liabilities	152.964	230.718
Eigið fé og skuldir alls	Total liabilities and equity	474.190	596.405
Sjóðstreymi (þús. kr.)	Cash flow (ISK thousands)		
Veltufé frá rekstri	Working capital from operating activities	2	(45.463)
Breytingar á rekstrartengdum eignum og skuldum	Cash provided by operating activities	(112.331)	16.792
Fjárfestingahreyfingar	Cash flows from investing activities	(5.495)	(12.930)
Hækkun (lækkun) á handbæru fé	Free Cash flow	(117.824)	(41.601)
Kennitölur	Key figures		
EBITA	EBITA	(7.562)	(24.114)
EBITA hlutfall	EBITA ratio	-0,8%	-2,8%
Eiginfjárhlutfall	Equity ratio	67,8%	61,3%
Arðsemi eigin fjár	Return on Equity	-12,2%	-20,5%



Jarðfræði og umhverfismál

Kortagerð
Borholujarðfræði
Jarðefnafræði
Grunnvatnsfræði
Umhverfismál

Geology and Environment

Geological mapping
Borhole geology
Geochemistry
Hydrogeology
Environmental studies



Í júní 2011 hófst vinna ÍSOR við kortlagningu jarðhita á Dallol-svæðinu í Danakil-sigdældinni í Eþíópíu, sem er á mótum Núbíuflekans, Arabíuflekans og Sómalíuflekans og myndar nyrsta hluta afríska sigdalsins. Hluti sigdældarinnar er saltsléttu sem myndaðist þegar Rauðahafið braust í gegnum Danakil-Alpana ofan í sigdældina sem liggur rúmlega 100 m undir sjávarmáli. Sjórinn gufaði upp en eftir sátu þygg saltlög sem síðan hafa verið unnin af heimamönnum og námafyrirtækjum.

Dallol liggur á saltsléttunni nærri landamærunum að Eritreu, og er þekktast fyrir hitamet árána 1960–1966 en þá var meðalárshitinn 34°C, sem er hæsti meðalárshiti sem mælst hefur á byggðu bóli. Svæðið

In June 2011 Iceland GeoSurvey started mapping of geothermal activity in the Dallol area of the Danakil graben in Ethiopia. This graben, which forms the northernmost part of the African rift valley, is at the intersection of the Nubian, Arabian and Somali tectonic plates. A part of the graben is a salt flat that formed when the Red Sea broke through the Danakil Alps into the graben, which lies about 100 m below sea level. The seawater evaporated, resulting in the formation of thick layers of salt, which have been mined by locals and mining companies.

Dallol lies within the salt flat near the international border with Eritrea, and is best known for the temperature record in the period 1960–1966, when the annual

er líka þekkt fyrir litskrúðugt jarðhitasvæði í gíg á toppi Dallol-fjalls sem rís um 50 m yfir saltsléttuna. Þar er yfirborðsvirkni af ýmsu tagi; sjóðandi hverir, gufuaugu, brennisteins- og saltútfellingar í ýmsum litum og heitar sýrulaugar, grænar að lit. Að auki er allt vatn mettað af salti enda er að mestu leyti um að ræða regnvatn af hásléttunni sem berst niður í sigdældina með grunnvatnsstraumum og seytlar í gegnum saltlögin. Ársúrkomu er ekki nema um 50 mm. Vatn finnst því helst í tengslum við gasupstreymi. Brimsaltar ölkeldur á sléttunni eru í ýmsum litum, háð sýrustigi og ríkjandi steindum í saltstaflanum. Yfirborð fjallsins minnir víða á hraun en saltið á yfirborði sléttunnar breytist með rakastigi; er slétt þar sem grunnvatnsstaðan er há en myndar tígla eða reiti eftir því sem uppgufunin er meiri og saltkristallarnir verða reglulegri og harðari. Stærstu yfirborðsmyndanir voru kortlagðar og um tug sýna af vatni og gufu var safnað til efnagreininga.

average temperature was 34°C, which is the highest ever recorded on Earth. The area is also known for the colorful geothermal field in the crater at the summit of mount Dallol, which rises about 50 m above the evaporite plain. Here, diverse surface activity can be found; boiling hot springs, steam vents, sulfur and salt precipitations and green-colored, acid hot springs. In addition, all water is saturated with salt because it originates as rainwater from the highlands, which then flows as groundwater and seeps through the salt layers. As the annual precipitation is only about 50 mm, most water found at the surface is connected to gas upwelling. Briny mineral springs on the plain have different colors, depending on the pH and the main minerals in the salt layers. The surface of the mountain is reminiscent of a lava field, but the salt on the surface changes with humidity; at the surface the salt is smooth where the groundwater level is high whereas it develops diamond- or box-shaped forms when the evaporation increases and the salt crystals become more regular and harder. The largest surface formations were mapped and about a dozen samples of water and steam were collected for chemical analyses.

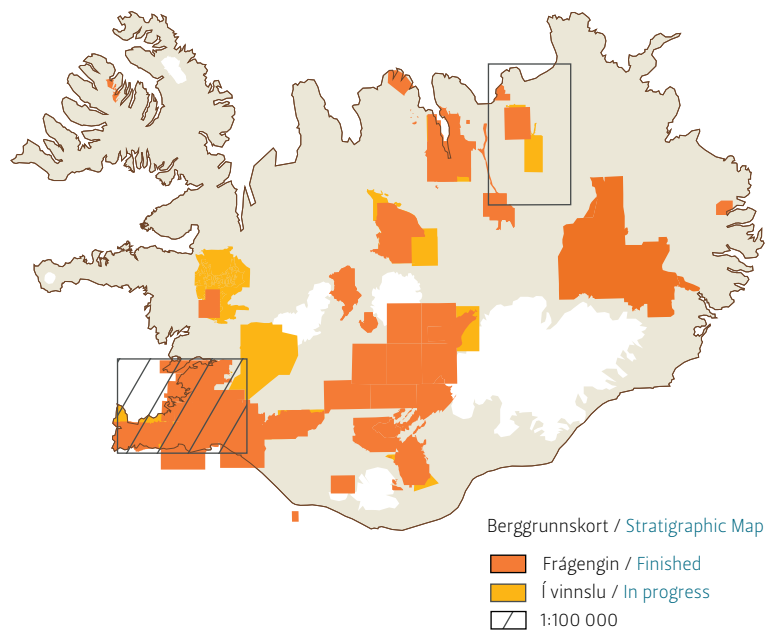
Jarðfræðikortlagning

Sérfræðingar ÍSOR hafa í áratugi stundað nákvæma jarðfræðikortlagningu víðs vegar um landið fyrir orkufyrirtæki, sveitarfélög og aðra verkkaupa. Flest kortanna eru í mælikvörðum 1:25.000–50.000 og hafa eingöngu birst í skýrslum og greinargerðum til viðkomandi verkkaupa og eru því fáum öðrum aðgengileg. Um er að ræða berggrunnskort, vatnafarskort, jarðgrunnskort, jarðhitakort og höggunar kort. Utan kortlagðra svæða er til mikið af upplýsingum í óbirtum handritum, á loftmyndum og í feltbókum jarðfræðinga.

Með þessari vinnu hefur byggst upp yfirgripsmikil þekking á jarðfræði landsins og víða er lítið mál að fylla í eyður og gera heildstæð yfirlitskort af ákveðnum landsvæðum í mælikvarða 1:100.000. Fyrsta kortið þeirrar gerðar gaf ÍSOR út sumarið 2010 af Suðvesturlandi til sölu á almennum markaði. Á vef ÍSOR var jafnframt settur inn fróðleikur um jarðfræði Reykjanesskagans og upplýsingar um áhugaverða staði.

ÍSOR lítur á það sem samfélagslega skyldu sína að koma þessum gögnum á form sem nýtist sem flestum til fróðleiks og skemmtunar og hyggst því halda áfram á þeirri braut sem mörkuð var með útgáfu fyrsta kortsins árið 2010. Hafin er vinna við jarðfræðikort af norðurgosbeltinu og nær það frá Öxarfirði í norðri til Fremrináma í suðri.

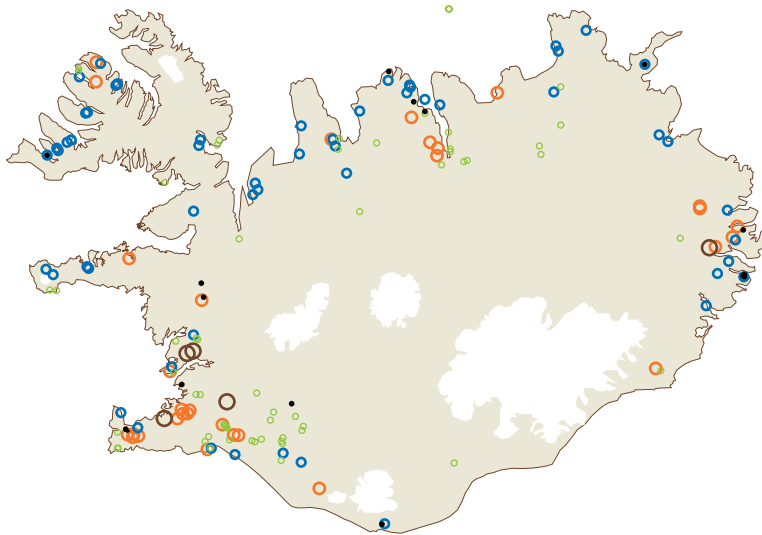
Af öðrum kortlagningarverkefnum sem unnin voru 2011 má nefna nákvæmniskortlagningu sprungna og jarðlagaskila á Gráuhnúkasvæði fyrir Orkuveitu Reykjavíkur, kortlagningu lausra jarðlaga vegna Hólmsárvirkjunar við Atley fyrir Landsvirkjun og Orkusöluna ehf. og samantekt jarðfræði- og höggunargagna sem safnað hefur verið undanfarin 10 ár vegna virkjunarkosta í Neðri-Þjórsá fyrir Landsvirkjun. Áfram var haldið rannsóknum á skriðuhættu undir Esjuhlíðum fyrir Veðurstofu Íslands og Hættumatsnefnd Reykjavíkur.



Geological mapping

For several decades, specialists at Iceland GeoSurvey have been involved in detailed geological mapping all over Iceland for energy companies, municipalities and other clients. Most of the maps are in the scale 1:25,000–50,000, and have only been published in reports issued to the clients and are therefore of limited access. They include maps of bedrock geology, hydrogeology, superficial deposits, geothermal activity and tectonics.

In the summer of 2010, Iceland GeoSurvey published a geological map of southwest Iceland in the scale 1:100,000 for sale to the general public. Concomitantly, some information about the geology and interesting places of the Reykjanes Peninsula was set up on the company web site. Iceland GeoSurvey intends to continue publishing geological maps for the general public, and has started work on a map of the Northern



Vatnsból / Freshwater source

- Iðnaðar- eða orkuvatnsból / Industrial
- > 1000 neytendur / >1000 consumers
- 100–1000 neytendur / 100–1000 consumers
- < 100 neytendur / < 100 consumers
- Auka eða vara / Supplementary/backup

Neysluvatnsrannsóknir

Eitt af meginmarkmiðum ÍSOR er að veita faglega og góða ráðgjöf á sviði vatnajarðfræði. Á árinu veittu starfsmenn ÍSOR ráðgjöf vegna öflunar neysluvatns og ferskvatns til ýmissa nota víðs vegar um land. Gerðar voru tillögur um afmörkun vatnsverndarsvæða og umbætur á vatnsveitum. Rannsóknir voru gerðar vegna mats á mengunarhættu af völdum mannvirkjagerðar, hitamengunar í grunnvatni, afkastagetu vatnstökusvæða og eftirliti með vatnsbólum og neysluvatnsborholum var sinnt að vanda.

Skýrsla var skilað um eftirlit með sjóholum á Reykjanesi árin 2006–2010 fyrir HS Orku hf. Um 8°C heitur jarðsjór úr 12 borholum er notaður til kælingar fyrir Reykjanesvirkjun. Heildarmagn úr þessum holum eru um 4 m³/s sem er næstum eins og meðalrensli Elliðaáa. Fylgst er vel með breytingum á hita vegna hitamengunar frá virkjuninni og efnainnihaldi vegna affallsvökva sem berst inn á sjótökusvæðið.

Umhverfisrannsóknir

Skýrsla um grunnvatn við Nesjavallavirkjun, sem unnin var fyrir Orkuveitu Reykjavíkur, kom út á árinu. Í henni er heildaryfirlit yfir jarðfræði og vatnafar svæðisins og mælingar og breytingar sem hafa orðið á grunnvatnshita frá 1990, þegar virkjunin tók til starfa, allt til ársins 2011. Með mælingum í borholum hefur verið fylgst með volgum grunnvatnsstraumi sem teygst hefur sig frá virkjuninni út í Þingvallavatn.

Innrauðar flugmyndir voru teknar af umhverfi Reykjanesvirkjunar sem voru, ásamt gögnum um snjóbræðslusvæði og hitamælingar í yfirborði, notaðar til þess að meta umhverfisáhrif virkjunarinnar bæði á landi og í sjónum úti fyrir. Hiti næst útfalli affallsvatnsins í sjó er rúmlega 30°C en hitaáhrifa gætir um 250 m út frá ströndinni.

Volcanic Zone, extending from Öxarfjörður in the north to Fremrinámar in the south.

Other mapping projects in 2011 include detailed mapping of faults and stratigraphic boundaries in the Gráuhnúkar area for Reykjavík Energy, mapping of superficial deposits in connection with the Hólmsá hydroelectric project at Atlaey for Landsvirkjun and Orkusalan ehf., and a compilation of geological and tectonic data that have been gathered in the last 10 years for Landsvirkjun in connection with possible hydroelectric projects in the lower part of Thjórsá river. Research on avalanche threat near the slopes of Esja for the Icelandic Meteorological Office and the Reykjavík hazards evaluation committee continued.

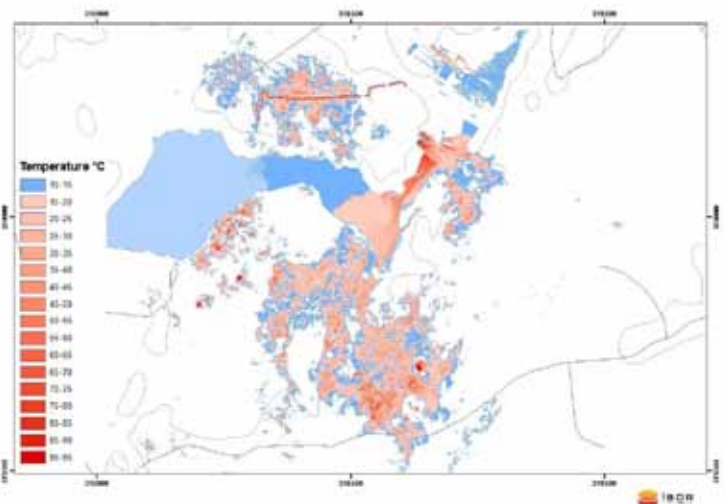
Research regarding freshwater

One of the main objectives of Iceland GeoSurvey is to provide expert counseling regarding hydrological geology. This year specialists at Iceland GeoSurvey provided advice on the search for potable water and freshwater for variable uses all over Iceland. Suggestions were made for demarcation of water protection areas and improvements of waterworks. Research was conducted of pollution danger because of construction, warming of groundwater, capacity of water retraction areas and monitoring of aquifers and freshwater wells.

Environmental research

A report about groundwater near Nesjavellir Geothermal Plant, prepared for Reykjavík Energy, was published this year. This report contains an overview of the geology and hydrology of the area and measurements performed, and changes in groundwater temperature that have occurred since the plant started operation in 1990 until 2011. By measurements in wells, the changes in a warm groundwater flow from the plant into lake Thingvallavatn have been monitored.

Infrared aerial photography of the neighborhood of the Reykjanes Geothermal Plant, along with data on snow melting and surface temperature, has been used to estimate the environmental impact of the plant, both on land and in the sea. The temperature of the sea next to the effluent channel is just over 30°C, and heating is detected up to 250 m from the coast.



Borholujarðfræði

Lítið var um háhitaboranir 2011 og gafst því gott tóm til þess að sinna úrvinnsluverkefnum og rannsóknum á borgögnum sem safnast hafa um langt árabíl. Fela þau m.a. í sér nákvæma úrvinnslu jarðlaga með þunn-sneiðaskoðun, ummyndunargreiningum og samanburði milli holna. Þrír sérfræðingar ÍSOR í borholujarðfræði luku við rannsóknarverkefni sem þeir hafa unnið að vegna meistaraþrófs við Háskóla Íslands og vörðu ritgerðir sínar á árinu. Verkefni þeirra allra fjalla um rannsóknir á jarðlögum, innskotum, ummyndun og vatnsæðum í borholum á suðurhluta Hengillssvæðisins auk sérverkefna um jarðhitaummyndun og ummyndunarsteindir.

Skýrslu var skilað til Orkustofnunar og Orkuveitu Reykjavíkur um rannsóknir á eðliseiginleikum móbergstúffs en móberg er algengasta bergtegundin í gosbeltum landsins og hafa eiginleikar þess mikil áhrif á grunnvatns- og jarðhitakerfin sem þar eru. Eiginleikar móbergsins breytast með aukinni ummyndun og fjallar skýrslan um samband ummyndunar og efnaflutninga í túffinu.

Jarðhitaleit

Á árinu var unnið við jarðhitaleit víða um land að vanda og veitt ráðgjöf um öflun á heitu vatni fyrir stóra sem smáa. Lokið var við yfirgripsmikla skýrslu um yfirborðs-jarðhita í Hrunamannahreppi þar sem lýst er öllum þekktum jarðhitastöðum í byggð og leiddar líkur að því að uppstreymi tengist sprungurein sem rekja má eftir endilöngum hreppnum upp í Kerlingarfjöll.

Hefðbundnu eftirliti var sinnt fyrir hitaveitur, svo sem Orkuveitu Húsavíkur, Norðurorku, Hitaveitu Skagafjarðar, Hitaveitu Egilsstaða, Hitaveitu Siglufjarðar, Blönduóss og Dalvíkur, Selfossveitur o.fl. Fylgst var með efnasamsetningu jarðhitavökva og gufu úr holum víðs vegar um land, bæði lághita og háhita.

Fjölpjódleg samstarfsverkefni

Á árinu hófst vinna við samstarfsverkefni níu jarðfræðistofnana ríkja í Norður-Evrópu um úttekt á jarðfræðilegri gerð Norðaustur-Atlantshafs (NAG-TEC). Verkefnið er til þriggja ára og mun leiða til útgáfu kortabókar um jarðfræði svæðisins ásamt stafrænum gagnagrunni.

ÍSOR tekur einnig þátt í evrópsku rannsóknarverkefni, Thermomap, sem snýst um að afla og samræma landupplýsingar til að segja til um möguleika á varmavinnslu úr efstu metrum jarðgrunns. Verkefninu lýkur árið 2013.



Kvörðuð og flokkuð hitainnrauð loftmynd frá jarðhitasvæðinu á Reykjanesi.

Calibrated and classified Thermal Infrared (TIR) image showing the Reykjanes geothermal area.

Borehole geology

As high-temperature geothermal drilling was limited, significant time could be spent on projects related to drilling samples and data that have been acquired over the years. As an example, these projects involve detailed study of stratigraphy by inspection of thin sections, analysis of alteration and a comparison between wells. Three of Iceland GeoSurvey's borehole geologists finished their M.Sc. degree research projects and successfully defended their theses at the University of Iceland. In all cases, the projects deal with research on stratigraphy, intrusions, alteration and feed zones in wells in the southern part of the Hengill area, in addition to special projects on geothermal alteration and alteration mineralogy.

A finished report on the petrophysical properties of hyaloclastite tuffs was handed over to the National Energy Authority and Reykjavik Energy. Hyaloclastites are the most common type of rock in the volcanic zones in Iceland and their properties have substantial influence on the groundwater and geothermal systems which they host. The properties of the hyaloclastites change with increasing alteration and the report explains the connection between alteration and chemical transfer in the tuffs.

Geothermal exploration

As in earlier years, geothermal exploration was carried out all over Iceland and counseling on the search for hot water was provided to small and large clients. An extensive report was published on surface geothermal activity in Hrunamannahreppur, where all known localities of geothermal activity in populated areas are described, and it is proposed that geothermal upwelling is related to a fissure swarm that can be traced across the district up to Kerlingarfjöll mountains.

Customary monitoring was managed for district heating services, such as Orkuveita Húsavíkur, Norðurorka, Hitaveita Skagafjarðar, Hitaveita Egilstada, Hitaveita Siglufjarðar, Blönduóss og Dalvíkur, and Selfossveitur, to name a few. The chemistry of geothermal water and steam from wells all over the country, both low- and high-temperature wells, was monitored.

International collaboration

This year saw the start of a cooperative project of nine national geological surveys in northern Europe that deals with the geological composition of the Northeast Atlantic (NAG-TEC). The project is for three years and will be followed by the publication of an atlas of the geology of the region along with a digital data base.

Iceland GeoSurvey will also participate in a European research project, Thermomap, which aims to obtain and harmonize geographical information in order to assess the prospects for harnessing heat from the uppermost meters of superficial deposits. This project will end in 2013.



Þeistareykir

Yfirborðsrannsóknir
Viðnámsmælingar
Þyngdarmælingar
Grunnvatnsrannsóknir
Smáskjálftamælingar
Líkangerð af jarðhitakerfni
Hita- og þrýstímælingar í borholum
Eftirlits- og ráðgjafarhlutverk við borun
háhitaholna á svæðinu

Case Study

Surface research
Resistivity measurements
Gravimetry
Groundwater research
Microquake measurements
Modeling of the geothermal reservoir
Temperature and pressure measurements in wells
Monitoring and consulting during the drilling
of high-temperature wells in the area

Rannsóknarboranir vegna áforma um nýtingu jarðhitakerfisins á Þeistareykjum til raforkuframleiðslu hófust árið 2002. Fram til ársins 2008 voru boraðar þar sex holur auk úturborunar úr einni holu. Eftir hlé í borunum árin 2008–2010 hófust þær á ný síðastliðið sumar þegar holur ÞG-7 og ÞG-8 voru boraðar.

Starfsmenn ÍSOR unnu að ýmsum rannsóknarverkefnum á Þeistareykjum á árinu fyrir Þeistareyki ehf. Þar var m.a. fyllt í eyður jarðfræðikorts af svæðinu og sérstök áhersla lögð á að skoða og kortleggja höggun á vesturhlutanum og aldur hrauna og annarra jarðmyndana.

Unnið var að umfangsmiklu álagsprófi á jarðhitakerfið þar sem holur voru láttnar blása og þeim síðan lokað og

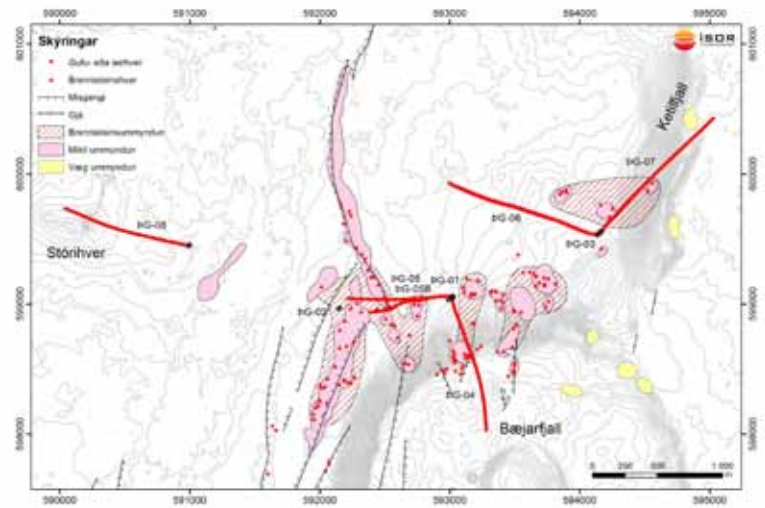
Exploration drilling for the prospective exploitation of the Theistareykir geothermal field for electricity production started in 2002. Until 2008 six wells were drilled in addition to the side-tracking of one well. After a pause in the years 2008–2010, drilling started again last summer when wells ÞG-7 and ÞG-8 were drilled.

Specialists at Iceland GeoSurvey worked on a number of research projects at Theistareykir in 2011. This includes filling gaps in the geological map of the area, with special emphasis on mapping tectonics in the western part and dating lavas and other geological formations.

An extensive interference test of the geothermal reservoir has been performed, where wells were opened

Yfirlitsmynd af holum á Þeistareykjum. Holuferlar skáboraðra holna eru sýndir með rauðu. Mikil jarðhitaumyndun er sýnd með bleiku en minni með gulu. Hverir eru merktir með rauðum þríhyrningum.

Overview of wells at Theistareykir. Red lines indicate directionally drilled wells. Pink and yellow denote extensive and lesser amounts of geothermal alteration at the surface, respectively. Red triangles indicate hot springs.



fylgst með hita og þrýstingi í þeim. Álagsprófinu er ætlað að veita frekari upplýsingar um viðbrögð jarðhitakerfisins við vinnsluálagi og um eiginleika holna á svæðinu. Ennfremur nýtist álagsprófið til að ákvarða eiginleika innstreymisæða borholna með líkanreikningum og styður niðurstöður þrepaprófana sem gerðar voru í lok borana. Álagsprófið hefur staðið frá 2010 og því lýkur á miðju ári 2012. Samhliða álagsprófi voru tekin sýni af vatni, gasi og gufu úr holunum áður en þeim var lokað. Á grundvelli efnagreininga var djúphiti jarðhitakerfisins metinn á bilinu 270–290°C. Vökvinn í holunum er steinefnasnauður og suðureikningar sýna að lítil hættu virðist á myndun útfellinga við vinnslu. Greiningar á samsætum vetnis og súrefnis benda til að vökvinn sé gamall og langt að runninn úr suðri.

Sumarið 2011 fóru fram viðnámsmælingar þar sem fyllt var í eyður frá fyrri árum. Unnið er að úrvinnslu mælinganna og uppsetningu á þrívíðu viðnámslíkani. Er gert ráð fyrir að þannig náist heildstæð mynd af viðnámsgerð jarðhitakerfisins sem hjálpi til við að bæta staðsetningu næstu borholna á svæðinu.

ÍSOR vann í samvinnu við Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands að umfangsmiklum land- og þyngdarmælingum á Þeistareykjum sumarið 2011. Lagður var grunnur að landmælinganeti sem notað verður til að fylgjast með land- og þyngdarmælingum á svæðinu. GPS-mælingar varpa ljósi á almennar landhreyfingar og þá hugsanlega á landsig sem getur orðið vegna vinnslu jarðhita. Þyngdarmælingar, sem eru gerðar á sömu stöðum og GPS-mælingar, má leiðrétta vegna áhrifa hæðarbreytinga og mælingarnar má nota til að meta massabreytingar sem verða vegna vinnslu úr jarðhitakerfinu.

Samhliða borun tveggja háhitaholna á Þeistareykjum sumarið og haustið 2011 setti ÍSOR upp net fimm skjálftamæla í þeim tilgangi að fylgjast með skjálftum sem gætu myndast við borun holnanna, svo sem þegar æðar eru skornar og þrýstifall verður, eða við ádælingarpróf. Skjálftamælarnir voru sérstaklega útbúnir til að nema mjög litla skjálfta og er talið líklegt að með þeim megi staðsetja sprungur í jarðhitakerfinu.

Unnið er að gerð jarðfræðilíkans af jarðhitakerfinu á Þeistareykjum. Öllum gögnum sem til verða við rannsóknir á svæðinu, hvort sem er á yfirborði eða í borholum, er komið fyrir í líkaninu og er til þess notaður PETREL-hugbúnaður. Með honum er síðan hægt að skoða og samtúlka þessi mismunandi gögn og skoða í þrívídd.

for discharge and then closed while temperature and pressure were being monitored. The interference test is meant to give information about the response of the geothermal system to production and the properties of the wells in the area. It also can be used in modeling by determining the properties of feed zones in the wells, and helps in interpreting the results of injectivity tests that were performed when drilling of individual wells ended. The interference test has lasted since 2010 and will end in the middle of 2012. In conjunction with the test, before the wells were closed, samples of water, gas and steam were collected. On the basis of chemistry, the deep-system temperature is estimated to be 270–290°C.

In the summer of 2011 resistivity was measured to fill gaps in our knowledge about the area. Processing will be done in 2012, when all resistivity measurements from Theistareykir will be interpreted in a 3-D model. The expectation is that this will lead to a more complete picture of resistivity in the geothermal system, and will help in the siting of new wells.

In collaboration with the Institute of Earth Sciences at the University of Iceland, Iceland GeoSurvey worked on a wide-ranging GPS survey and gravimetric measurements in the summer of 2011. Hence, a survey network, which will be used to monitor crustal deformation in the region, was established. GPS measurements reveal general movements of the crust, including possible subsidence caused by geothermal production. Gravimetric measurements can be corrected for changes in elevation and used for estimating the mass changes caused by extraction from the geothermal reservoir.

Alongside the drilling of two high-temperature wells at Theistareykir in the summer and autumn of 2011, Iceland GeoSurvey put in place a network of five seismometers with the aim of monitoring earthquakes that could be caused by the drilling of the wells, such as when pressure when feed zones were penetrated or during injectivity tests. As the seismometers specially equipped to detect very small earthquakes, it is likely that they can be used to locate fractures in the geothermal system.

Iceland GeoSurvey has been working on a geological model for the geothermal system at Theistareykir for some time. All data collected as a part of the research of the area, both from the surface and in wells, are used as an input in the model. The PETREL software, which is being used for this purpose, then permits a 3-D view and inspection and interpretation of different data together.



Photo: Alae-eddine Barkaoui

Jarðeðlis- og forðafraeði

*Yfirborðsjarðeðlisfræði
Forðafraeði
Borholujarðeðlisfræði
Auðlindir hafsbots*

Geophysics and Reservoir Physics

*Reservoir physics
Geophysical exploration
Borhole geophysics
Marine geophysics*



Gerðar voru TEM- og MT-mælingar við Eyjafjallajökul síðastliðið sumar í samvinnu við háskólann í Dyflinni á Írlandi. Þetta var fyrsta skrefið í áttina að því að kanna hvort viðnámsmælingar geti gefið vísbendingar um kviku og hugsanlegeldsambrot á þessu svæði. Frumniðurstöður hafa verið birtar. Með þessari samvinnu gafst starfsfólki ÍSOR jafnframt tækifæri til þess að fylgjast með hvernig einn virtasti skóli heims í þessum fræðum ber sig að við framkvæmd MT-mælinga, úrvinnslu og túlkun þeirra.

TEM and MT measurements were conducted at Eyjafjallajökull last summer in collaboration with Dublin University, Ireland. This is a first step in resolving whether resistivity measurements can yield evidence for magma and determining the potential for volcanic activity in the area. Preliminary findings have already been published. This collaborative work also gave specialists at Iceland GeoSurvey the opportunity to observe how acquisition, processing and interpretation of MT data are performed at one of the leading universities in the world.

Yfirborðsjarðeðlisfræði

Viðnámsmælingar eru ein helsta aðferðin sem beitt er við jarðhitaleit og afmörkun jarðhitakerfa. Heldur minna var mælt á Íslandi á árinu en undanfarin ár. Gerðar voru 13 TEM-mælingar og 52 MT-mælingar á Norðausturlandi, við Námafjall og á Þeistareykjum. Þá voru gerðar 16 MT-mælingar við Hágöngur á vegum Landsvirkjunar og gefin út skýrsla með niðurstöðum mælinganna.

Undanfarið hefur ÍSOR unnið að því að koma upp hugbúnaði til þrívíðrar túlkunar MT-mælinga en þær hafa verið túlkaðar einvítt hér á landi hingað til. Í þrívíðri túlkun er leitað uppi eitt viðnámslíkan fyrir allt mælisvæðið sem getur útskýrt niðurstöður allra MT-mæliferla viðkomandi svæðis. Í einvíðri túlkun breytist viðnám einvörðungu með dýpi undir mælistað og eru viðnámslíkönin jafnmörg mælingum. Síðan er brúað á milli til þess að fá fram eitt viðnámslíkan af svæðinu. Þrívíð túlkun er mun áreiðanlegri og raunsannari og dregur fram ýmsa smærri drætti viðnámsdreifingarinnar mun betur en einvíð túlkun gerir. Þessum nýja hugbúnaði var fyrst beitt hér á landi á háhitasvæðinu í Hengli. Á þessu ári voru MT-mælingar frá Krýsuvík og Reykjanesi túlkaðar þrívítt með þessum hugbúnaði og gáfu góða raun. TEM- og MT-mælingar voru gerðar við Eyjafjallajökul síðastliðið sumar í samvinnu við háskólann í Dyflinni á Írlandi. Þetta var fyrsta skrefið í áttina að því að kanna hvort viðnámsmælingar geti gefið vísbendingar um kviku og hugsanleg eldsumbrot á þessu svæði.

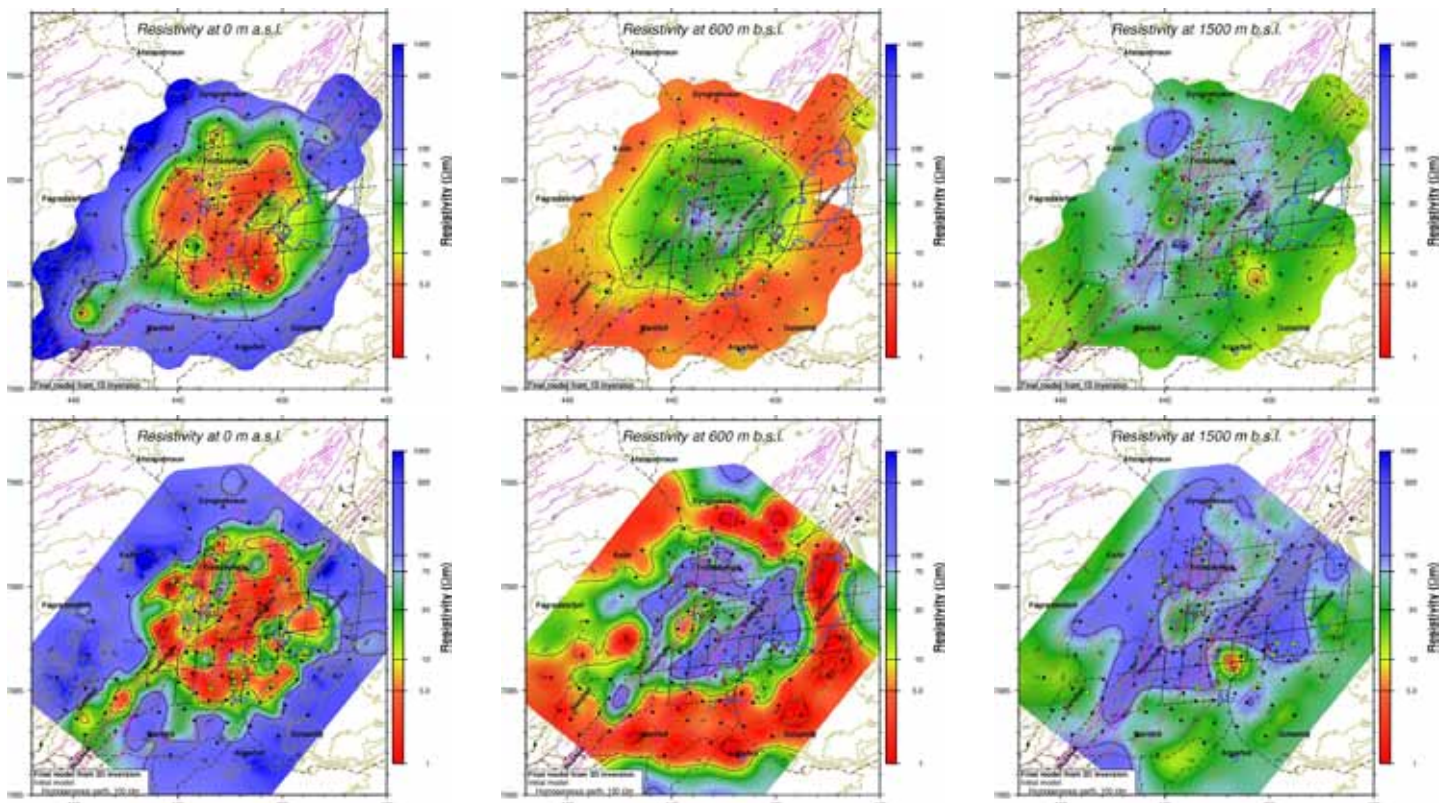
Viðnám í Krýsuvík á mismunandi dýpi m.v. sjávarmál. Efri þrjár myndirnar sýna niðurstöður einvíðrar túlkunar mælinga og þær þrjár neðri niðurstöður þrívíðrar túlkunar á sama dýpi. Þrívíð túlkun gefur mun betur til kynna smærri drætti viðnámsdreifingarinnar og er áreiðanlegri.

Surface geophysics

Resistivity measurements are among the most important methods in geothermal exploration and in defining reservoir boundaries. In 2011 fewer measurements were performed than in the previous years. In northeast Iceland, at Námafjall and Theistareykir, 13 TEM and 52 MT measurements were performed. There were also 16 MT measurements at Hágöngur for Landsvirkjun, followed by the publication of a report on the results.

Recently, Iceland GeoSurvey has been installing software for 3-D interpretation of MT measurements, but 1-D interpretation has been applied until now. In 3-D interpretation a single resistivity model, which fits all the MT measurement profiles, is sought for the whole survey area. In 1-D interpretation resistivity only changes with depth beneath a measurement station and the resistivity models are as many as the measurements. Then, a single resistivity model is attained by interpolation. Three-D interpretation is considerably more reliable and realistic, and reproduces details in the resistivity distribution much better than 1-D interpretation. The new software was first used on data from the Hengill geothermal field, and in 2011 MT measurements from Krýsuvík and Reykjanes were interpreted in 3-D using this software with fine results. TEM and MT measurements were conducted at Eyjafjallajökull last summer in collaboration with Dublin University, Ireland. This is a first step in resolving whether resistivity measurements can yield evidence for magma and determining the potential for volcanic activity in the area.

Resistivity in the Krýsuvík area at different depths relative to sea level. The upper and lower panels depict the results of 1-D and 3-D interpretation of measurements, respectively. The 3-D interpretation yields a considerably more detailed view of the resistivity distribution and is more reliable.



Umfang jarðeðlisfræðilegra verkefna erlendis var töluvert árið 2011, einkum þó á sviði viðnámsmælinga. Um voru gerðar 65 MT-mælingar í Slatina-héraði í austurhluta Króatíu og gefin út skýrsla með niðurstöðum og sammanburði við aðrar athuganir. Mælingarnar fóru fram á vegum verkfræðistofunnar EFLU og voru hluti af rannsókn jarðhitasvæðisins. Ætlunin er að nýta jarðhitann til rafmagnsframleiðslu þegar fram líða stundir. ÍSOR hafði umsjón með framkvæmd viðnámsmælinga á tveimur jarðhitasvæðunum í Chile, Olca og Irruputuncu. Unnið var úr mælingunum hjá ÍSOR og þær túlkaðar ein- og þrívítt. Á grundvelli þeirra voru gerðar tillögur um staðsetningu borholna á svæðunum. ÍSOR vann tvívíða túlkun úr 65 MT-mælingum frá Parzarlar í Tyrklandi og skrifaði matsskýrslu um samskonar vinnu frá öðru fyrirtæki og bar saman niðurstöður. Þetta verkefni var gert að beiðni verkfræðistofunnar EFLU. Á árinu vann ÍSOR einnig að ráðgjöf vegna jarðeðlisfræðirannsókna á tveimur öðrum jarðhitasvæðum í Tyrklandi, Salihli og Buldan, á vegum Rarik-Turkison.

Jarðskjálftarannsóknir

Umfang jarðskjálftarannsókna á jarðhitasvæðum hefur farið vaxandi undanfarið en þær gefa nýja innsýn í gerð og eðli jarðhitakerfa. Slíkar rannsóknir voru m.a. stundaðar í Kröflu, Hengli og á Reykjanesi og í tengslum við verkefni styrkt af GEORG og Evrópusambandinu. ÍSOR veitir ráðgjöf vegna jarðskjálfta sem fram koma við niðurdælingu í jarðhitakerfi og á sæti í stýrihóp sem mótar tillögur um viðbrögð við jarðskjálftum vegna niðurdælingar við Hellisheiðarvirkjun fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Þá voru gerðar GPS-landmælingar og þyngdarmælingar á Þeistareykjasvæðinu fyrir Þeistareyki ehf. í samvinnu við Háskóla Íslands. Alls var komið upp 53 mælistöðvum til þyngdarmælinga. Tilgangurinn er að geta fylgst með eðlismassabreytingum á svæðinu, sem er grunnur fyrir eftirlit með breytingum í jarðhitakerfinu í framtíðinni. Þá var unnið úr slíkum mælingum af Reykjanesskaganum í tengslum við verkefni styrkt af GEORG.



▶ Jarðeðlisfræðingur við viðnámsmælingar í Króatíu.

Geophysicist conducting resistivity measurements in Croatia.

The scale of geophysical projects abroad was considerable in 2011, especially in the field of resistivity measurements. In the spring, 65 MT measurements were conducted in the Slatina district in the eastern part of Croatia. This was followed by the publication of a report on the results and a comparison with other research in the area. The engineering firm EFLA oversaw the measurements, which were a part of an exploration of the geothermal field. In the future, the intention is to use the geothermal energy for electricity production. Iceland GeoSurvey was in charge of resistivity measurements at two geothermal fields in Chile, Olca and Irruputuncu. The data were processed at Iceland GeoSurvey where 1-D and 3-D interpretation was applied. Based on the results, recommendations were made for the locations of wells in the fields. Iceland GeoSurvey did a 2-D interpretation of 65 MT measurements from Parzarlar in Turkey, and wrote an evaluation report on a similar survey conducted by another company and compared the results. This project was done at the request of the engineering firm EFLA. During the year Iceland GeoSurvey also counseled Rarik-Turkison on two other geothermal fields in Turkey, Salihli and Buldan.

Seismology research

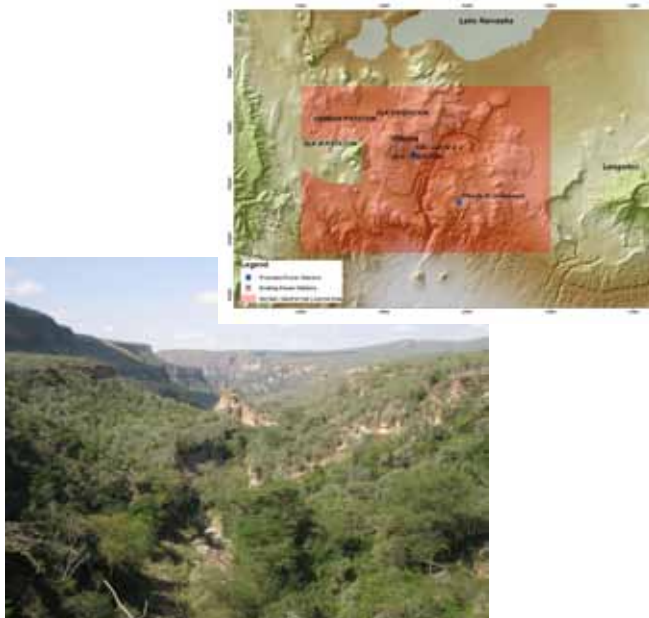
The amount of research in seismology, which provides new insights into the structure and properties of geothermal systems, has been growing. This type of research was conducted, for example, at Krafla, Hengill and Reykjanes in connection with projects supported by GEORG and the EU. Iceland GeoSurvey gives advice regarding seismicity produced by injection into geothermal systems, and has a member in a committee that makes recommendations to Reykjavik Energy for a response to seismicity caused by reinjection near the Hellisheidi Power Plant.

Additionally, in the Theistareykir area, a geophysical survey was conducted in cooperation with the University of Iceland using GPS and gravimetric measurements for Theistareykir ehf. A total of 53 measurement stations was set up and used for the gravimetry survey. The purpose is to monitor density changes in the area, which will be the basis for the monitoring of changes in the geothermal reservoir in the future. Such data from the Reykjanes Peninsula were also being processed in connection with a project supported financially by GEORG.

Reservoir physics

Measurements in connection with discharge tests of the deep drilling well at Krafla, IDDP-1, were processed and interpreted, and processing of geophysical logs continued and the results were interpreted along with other measurement data. Regularly scheduled temperature and pressure measurements in selected wells in active Icelandic high-temperature fields were being processed to monitor the response to exploitation. Such monitoring is the key to a beneficial long-term utilization of the fields.

The revision of a detailed computational model for the geothermal system at Námafjall continued, among other things, based on new well data from the area. An interim report on the project was published during the year. Along with the engineering firm Vatnaskil, Iceland GeoSurvey was also involved in the development of a



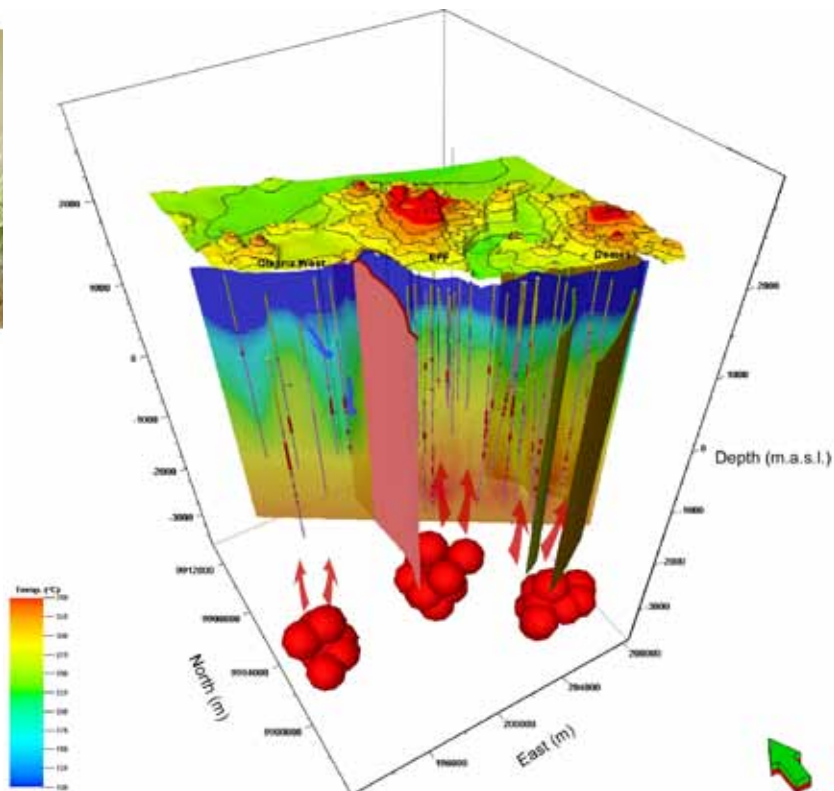
Forðafræði

Á árinu var unnið að úrvinnslu og túlkun mælinga tengdum blástursprófunum djúpbórunarholunnar IDDP-1 í Kröflu og haldið áfram úrvinnslu s.k. jarðlagamælinga úr borholum og samtúlkun þeirra með öðrum mæligögnum. Þá var unnið við úrvinnslu reglulegra hita- og þrýstingsmælinga, sem eru gerðar í völdum borholum á þeim háhitasvæðum landsins sem eru í nýtingu, til eftirlits með viðbrögðum þeirra við nýtingunni. Slíkt eftirlit er lykillinn að farsælli langtímanýtingu svæðanna.

Þá var haldið áfram vinnu við endurgerð nákvæms reiknilíkans af jarðhitakerfinu í Námafjalli, sem byggðist m.a. á nýjum borholugögnum af svæðinu, og var skilað áfangaskýrslu um verkefnið á árinu. Einnig kom ÍSOR að gerð slíks líkans fyrir jarðhitakerfið á Þeistareykjum með Verkfræðistofunni Vatnaskilum og var gefin út áfangaskýrsla í því verkefni. Að lokum má nefna verkefni styrkt af GEORG, sem ÍSOR er í forsvari fyrir, og snýr að samtúlkun hefðbundinna forðafræðigagna og gagna sem safnað er á yfirborði, einkum landhæðar- og þyngdarmæligagna, með nákvæmum líkanreikningum.

Erlend forðafræðiverkefni voru óvenju umfangsmikil á árinu 2011. Má þar nefna vinnu tengda mati á afkastagetu jarðhitakerfis í Ortaklar í Tyrklandi, bæði beina aðkomu að mælingum og úrvinnslu gagna, og úttekt á jarðhitakerfinu í Momotombo í Níkaragva. Umfangsmesta verkefnið er þó allsherjarúttekt á jarðhitakerfinu í Olkaria í Kenía, sem unnið er í samvinnu ÍSOR, Vatnaskila, Verkíss og Mannvits, fyrir KenGen. Verkefnið hlaut samsteypa þessara fyrirtækja í kjölfar alþjóðlegs útboðs þar sem keppt var við allra stærstu aðilana á heimsvísu á viðkomandi sviði. Það felst í endurskoðun svokallaðs hugmyndalíkans á grundvelli yfirgripsmikilla, jarðvísindalegra gagna, uppsetningu nákvæms reiknilíkans af jarðhitakerfinu, mati á afkastagetu þess, tillögum um framtíðarrekstur auk tæknilegrar úttektar á núverandi virkjunum, hagkvæmismati nýrra virkjana og mati á umhverfisáhrifum. Verkefninu lýkur á miðju ári 2012.

Þá hefur ÍSOR komið áfram að umræðunni um sjálfbæra nýtingu jarðhitans, bæði í gegnum alþjóðlegt samstarf (IEA-GIA) og vinnu fyrir Orkustofnun og Rammaáætlun, auk þess að vera ráðgjafi þar að lútandi fyrir innlend og erlend orkufyrirtæki.



Hugmyndalíkan af jarðhitakerfi Olkaria í Kenía.

Conceptual model of the Olkaria geothermal system in Kenya.

similar model for the geothermal system at Theistareykir. An interim report was also published for this project. Moreover, Iceland GeoSurvey led a project supported by GEORG, involving the combined interpretation and detailed modeling of conventional reservoir physics data and data collected at the surface, primarily elevation and gravimetric measurements.

Foreign reservoir physics projects were unusually substantial in 2011. This includes an evaluation of the production capacity of the Ortaklar geothermal system in Turkey, both direct involvement in measurements and also processing of data, and an appraisal of the Momotombo geothermal system in Nicaragua. However, the most extensive project was a complete evaluation for KenGen of the Olkaria geothermal system in Kenya, a collaborative project of Iceland GeoSurvey, Vatnaskil, Verkís and Mannvit. This group of companies was selected for the project after an international auction where all the largest companies in the field competed for the contract. The project involves a revision of the so-called conceptual model based on an expansive set of geoscientific data; preparation of a detailed computational model of the geothermal reservoir; evaluation of the production capacity; proposals for future operation, in addition to a technical assessment of the present power plants; assessment of the economics of new power plants; and evaluation of environmental impact. The project will be completed in the middle of 2012.

Iceland GeoSurvey continues to take part in the dialogue about sustainable use of geothermal energy, both through international cooperation (IEA-GIA) and in its work for the National Energy Authority and the Master Plan for Geothermal and Hydropower Development in Iceland, as well as by being an advisor to domestic and foreign energy companies in this sphere.

Lághitarannsóknir

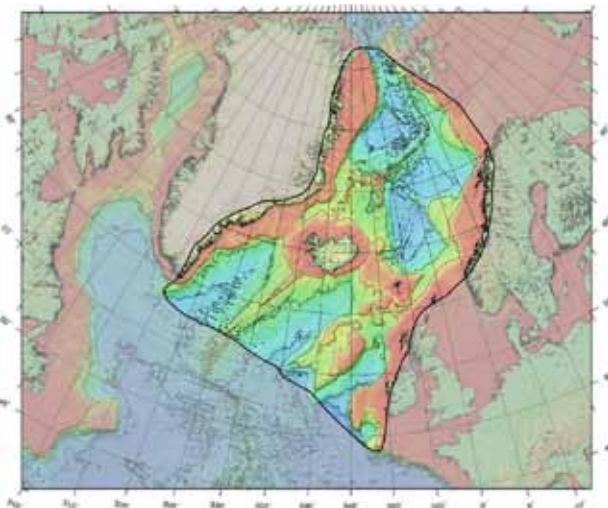
ÍSOR leggur mikla áherslu á að sinna lághitarannsóknum og kemur reglulega að slíkum rannsóknum og þjónustu við þau fyrirtæki, aðallega hitaveitur, sem nýta hin fjölmörgu lághitasvæði landsins. Fastur þáttur í því er forða- og efnafræðilegt eftirlit með fjölmörgum lághitasvæðum í samvinnu við þá hitaveitu sem nýtir viðkomandi svæði. ÍSOR sinnir einnig ýmsum tilfallandi verkefnum tengdum staðsetningu nýrra vinnsluholna og frekari jarðhitaleit, prófunum nýrra holna og jarðhitakerfa vegna breytinga í rekstri, úttektum á afkastagetu, sem oft byggist á einföldum líkanreikningum, og ýmis konar niðurdælingarrannsóknum.

Auðlindir hafsbots

Landgrunns- og hafsbotsrannsóknir eru stundaðar áfram hjá ÍSOR fyrir utanríkisráðuneytið, bæði vegna afmörkunar landgrunns Íslands og olfuleitar.

Fjölbjóðlegu verkefni sem kallast NAGTEC var hleypt af stokkunum í júní 2011. Þetta er samstarfsverkefni jarðfræðistofnana níu ríkja í N-Evrópu og felst í úttekt á jarðfræðilegri gerð Norðaustur-Atlantshafsins. Verkið er kostað með styrkjum frá olfuleitarfyrirtækjum á móti helmingsframlagi jarðfræðistofnananna. Verkefnið er til þriggja ára og á að ljúka 2014. Þá á að liggja fyrir kortabók af svæðinu ásamt stafrænum gagnagrunni.

Tilgangur verkefnisins er að draga saman þá þekkingu sem aflað hefur verið á síðustu árum og áratugum, samræma hana og setja skipulega fram bæði á myndrænan hátt á kortum og stafrænt í jarðfræðilegum gagnagrunnum. Ávinningurinn af þessu verkefni er margþættur, bæði fræðilegur og hagnýtur. Á hinu fræðilega sviði fæst aukin þekking á jarðsögulegri þróun Norðaustur-Atlantshafs, opnun svæðisins, rekhraða og stefnu, eldvirkninni sem þar hefur orðið, þróun setmyndunar, á segulsviði, þyngdarsviði, jarðefnafræði og hitaflæði jarðskorpunnar. Á hinu hagkvæma sviði fæst þekking á hugsanlegum auðlindum og nýtingu þeirra. Þar ber hæst spurninguna um olíu- og gaslindir á hafsbotni og líkur á olíusvæðum í íslenskri lögsögu. Einnig má nefna sterkari tengsl við olíuviðnaðinn til kynningar á íslenskum hafsvæðum og styrkari stöðu í hafréttarmálum, til dæmis á Hatton-Rockall svæðinu. Síðast en ekki síst fæst aðgengi að upplýsingum og niðurstöðum verkefnisins.



Low-temperature geothermal research

Iceland GeoSurvey emphasizes research related to low-temperature geothermal systems, and is frequently involved in such research and provides services to the companies that use the large number of low-temperature systems in Iceland, mainly district heating services. A recurring part of this is reservoir monitoring and chemical monitoring of the many low-temperature fields in collaboration with the district heating services in question. Iceland GeoSurvey also attends to irregular projects, such as siting of new production wells and continuing exploration; the testing of new wells and geothermal reservoirs in conjunction with operational changes; capacity evaluations, often based on simple model calculations; and various reinjection studies.

Marine geophysics

At the request of the ministry of foreign affairs, research of the continental shelf and the ocean floor continued at Iceland GeoSurvey in connection with the demarcation the shelf around Iceland and the search for hydrocarbons.

The multinational project NAGTEC was initiated in June 2011. This collaborative project of the geological surveys of nine countries in Northern Europe involves a review of the geological structure of the Northeast Atlantic. The project is for three years and will be finished in 2014 with a publication of an atlas for the area along with a digital data base.

The intention is to review the information that has already been gathered in the preceding years and decades, harmonize it and display it in a systematic manner, both graphically with maps and in a digital format in a geological data base. The benefits of this project are multifarious, both theoretical and tangible. Academically, more information on the geological development of the Northeast Atlantic will be gained, including the rifting of the region, spreading rate and direction, and the volcanism that has occurred. Moreover, knowledge about sedimentation, rock magnetism, gravity anomalies, geochemistry and crustal heat flow will be improved. The practical gains include information about possible natural resources and their potential for exploitation, including the possibility of oil and gas resources within the Icelandic economic zone. For Iceland this could also result in stronger connections with the petroleum industry for introducing the Icelandic ocean territory, and a stronger position with regard to the international law of the sea, for instance in the Hatton-Rockall area. Last but not least, this will provide access to the information and results of the project, which will only be accessible to the participants and sponsors of the project for the first two years. It would be disadvantageous for Icelandic interests if, unlike the neighboring countries and oil companies, Icelanders did not have this information.



Útlínur svæðisins sem kortlagt verður í NAGTEC-verkefninu.
The NAGTEC region.



Jarðhitaverkfræði

*Borverkfræði
Jarðhitanýting
Orkutækni*

Geothermal Engineering

*Drilling engineering
Geothermal Utilization
Energy Technology*



ÍSOR gerði samning við sjórnvöld á eyjunni Dóminíku í Karíbahafi um jarðhitarannsóknir á árinu. Þetta eru fyrstu rannsóknarboranir á eyjunni en jarðhiti þar hefur verið rannsakaður talsvert og eru miklar vonir bundnar við að hægt verði að nýta hann. Gert er ráð fyrir að boraðar verði þrjár holur en Jarðboranir sjá um borun holnanna. ÍSOR sá um að hanna borholurnar, sinnir umhverfis-
eftirliti, jarðfræðiráðgjöf í tengslum við borunina og borholumælingum. Þá munu sérfræðingar ÍSOR einnig meta afköst holnanna og rannsaka efnafræðilega eiginleika jarðhitavökva og gufu í þeim. ÍSOR sendi sérútbúinn mælingabíl og færanlega rannsóknarstofu til þessara verkefna. Þetta er í fyrsta sinn sem slíkur búnaður er sendur utan.

In 2011 Iceland GeoSurvey signed an agreement with the government of Dominica to conduct research in connection with geothermal drilling. While this is the first exploration drilling in Dominica, considerable research has already been dedicated to geothermal energy on the island and there are hopeful signs that it can be harnessed. Plans call for three wells, with Iceland Drilling in charge of the drilling. Iceland GeoSurvey designs the wells, conducts environmental monitoring, and provides geological consultation and logging services during the drilling. In addition, Iceland GeoSurvey experts will perform discharge measurements and investigate the chemical properties of the geothermal liquid and steam. Iceland GeoSurvey shipped one of its specially-equipped logging trucks and a portable laboratory to Dominica

Dóminíka er virk eldfjallaeyja og þar er umtalsverðan jarðhita að finna á yfirborði. Stór hluti rafmagns eyja-skeggja, sem eru um 70 þúsund, er framleiddur með dísilvélum en 20–30% kemur frá vatnsafla. Miklar vonir eru bundnar við borunina en heimamenn vona að í framtíðinni verði jarðhiti nýttur til rafmagnsframleiðslu í stað dísilrafstöðva.

Verkefnið er fjármagnað af Þróunarsjóði Evrópu-sambandsins (EDF) og þróunarsjóði Frakklands (AFD) auk yfirvalda á Dóminíku.

Grannar rannsóknarholur

Áhugi á að bora grannar rannsóknarholur hefur farið vaxandi á undanförunum árum, meðal annars þar sem upphafskostnaður og umhverfisáhrif eru minni. Notaðir eru minni jarðborar og þar af leiðandi verður skolvökvinn einnig minni. ÍSOR vann að undirbúningi tveggja erlendra borverka þarsemboraðarverða grannar rannsóknarholur. Í Chile verður borað með svonefndum kjarnabor. Borráðgjöf var veitt á staðnum og gagnasöfnunarkerfi komið fyrir á bornum. Í Dóminíku hannaði ÍSOR borholu sem var nokkuð víðari en í Chile og getur því svarað fleiri spurningum um eðli jarðahitasvæðisins. Einnig var hannaður afkastamælíbúnaður sem var smíðaður hér á landi.

Ráðgjöf

Unnið var fyrir Þróunarsamvinnustofnun að samantekt á upplýsingum um stöðu jarðhitamála í Austur-Afríku, m.a. hvaða alþjóðlegar stofnanir og fyrirtæki eru þátttakendur í uppbyggingu jarðhita á þessu svæði og hvaða verkefni hafa verið unnin í einstökum löndum. Einnig var safnað upplýsingar um tæki og mannafla sem löndin hafa yfir að ráða. Með vefaðgangi að gagnagrunni sem þróaður hefur verið hjá ÍSOR er ætlunin að gögnin verði opin almenningi og uppfærð reglulega.

ÍSOR tók þátt í samstarfsverkefni opinberra aðila í Noregi og á Indlandi sem miðar að nýtingu jarðhita í norðvesturhluta Indlands (Himalaya). Farin var vettvangsferð á nokkur jarðhitasvæði og kannaðir möguleikar á frekari nýtingu en til þessa hefur jarðhiti á Indlandi nánast eingöngu verið nýttur í böð af ýmsu tagi. Gert er ráð fyrir áframhaldandi þátttöku ÍSOR í þessu samstarfi með styrk úr norska Rannsóknarsjóðnum.

Ráðgjöf var veitt við borundirbúning í Rúanda varðandi fyrstu jarðhitaholur sem boraðar verða í landinu.



for this project, but this was the first time that such equipment is sent out of Iceland.

Dominica is a volcanically active island with significant geothermal activity at the surface. The population of the island is about 70 thousand, but a large part of the islanders' electricity is produced with diesel generators and 20–30% comes from hydroelectric power. Great expectations are attached to the drilling as islanders hope that in the future electricity will be produced with geothermal energy rather than diesel generators.

In addition to the government of Dominica, the project is financed by the European Development Fund (EDF) and the French Development Agency (ADF).

Slim exploration wells

The interest in drilling slim boreholes in geothermal exploration has been growing in recent years. The reasons for this include lower initial cost and less environmental impact, and because smaller drills are being used, the amount of drill fluid is also less. Iceland GeoSurvey worked on the preparations for two foreign drilling projects where slim boreholes are being drilled. In Chile drilling was performed with a coring drill. Advice was given on-site and a data acquisition system was installed on the drill. In Dominica a medium-sized drill was used. Iceland GeoSurvey designed the well, which is somewhat wider than the one in Chile, and can therefore provide more information about the properties of the geothermal system. Also, an instrument for discharge measurements was designed and then built in Iceland.

Counseling

A review of information about the status of geothermal issues in East Africa was prepared for the Icelandic International Development Agency, listing, for instance, which international agencies and companies are involved in developing geothermal energy in this region and what projects have been conducted in each country. Also, information about the equipment and human resources possessed by the countries was included. A web site containing a data base developed at Iceland GeoSurvey has been started. The intention is that the public will have an open access to this information and there will be regular updates.

Iceland GeoSurvey participated in a collaborative project of Norwegian and Indian government agencies, dealing with the utilization of geothermal energy in the northwestern part of India (Himalayas). This included travel to a few of the geothermal fields and an evaluation of the possibility for further exploitation. So far, geothermal energy in India has almost entirely been used for baths of one type or another. The participation of Iceland GeoSurvey is expected to continue in 2012, supported by a grant from the Norwegian Research Fund.

Counseling was provided during the preparations for the drilling of the first geothermal wells in Rwanda.



Hluti þátttakenda og fyrirlesara á ráðstefnu í Norðvestur-Indlandi. Some of the participants and lecturers at a conference in Northwest India.



▶ Horft yfir borplanið og vinnubúðir á Olca-svæðinu í Chile. Aðstæður eru frekar óvenjulegar. Borplanið er í 5000 m hæð y.s. og er áætlað að bora 2000 m djúpa holu. Jarðfræðingur að skoða bor-kjarna frá Irruputuncu, rétt norðan Olca-svæðisins.

A view over the drill pad and work camp in the Orca area in Chile. Conditions are rather unusual as the drill pad is at an elevation of 5000 m a.s.l., but the intention it to drill a 2000 m deep well. Geologist inspecting a drill core from Irruputuncu, slightly to the north of the Olca area.

Skráningarkerfi fyrir minni jarðbora

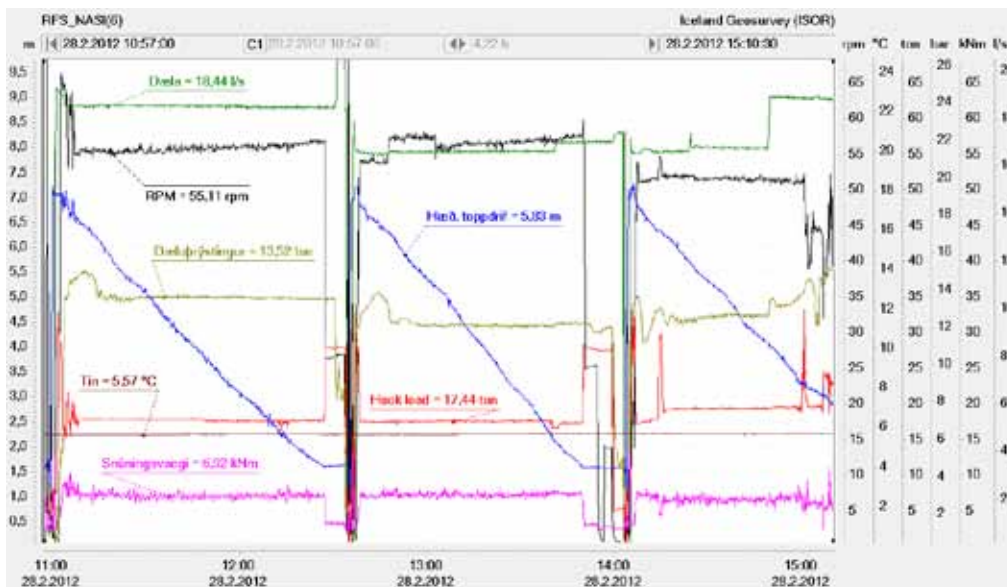
ÍSOR hefur þróað og smíðað söfnunarkerfi fyrir litla bora sem gjörbreytir öllu eftirliti og ráðgjöf við borverk. Upplýsingum um helstu þætti borsins er safnað og ýmist skoðaðar á staðnum eða sendar um GSM-símakerfið til notenda. Eitt slíkt söfnunarkerfi var selt erlendu fyrirtæki sem stundar rannsóknarboranir vegna mastra fyrir vindmillur.

Annað þróunarverk sem framhaldið var frá árinu 2009, og hlotið hefur styrki úr Nýsköpunarsjóði námsmanna (RANNÍS), fólst í að mæla titring á borstreng og tengja við aðrar upplýsingar úr skráningarkerfi borsins. Var það verk unnið í samvinnu við Jarðboranir hf. sem hafa nú hug á að koma því fyrir á borum. Styrkur fékkst einnig fyrir starfi sumarmanns sem rannsakaði hraðvirkar aðferðir til að leysa upp útfellingar.

Data acquisition system for smaller drills

Iceland GeoSurvey has developed and built a data acquisition system for small drills, which is a leap forward in monitoring and counseling of drilling projects. Information about the main drilling parameters is collected and either checked on-site or sent to users over the GSM mobile telephone system. One such acquisition system was sold to a foreign company involved in exploration drilling in connection with windmills.

Another development project continued from the year 2009 and has received financial support from the Icelandic Student Innovation Fund (Rannís). It entails measuring the vibration of a drill string and comparing with other information from the drill's data acquisition system. This project was done in collaboration with Iceland Drilling (Jarðboranir hf.), who are interested in setting up such systems on their drills. In addition, an internship devoted to the investigation of fast methods to dissolve scales was supported with a grant.



▶ Úrvinnsla frá skráningarkerfi fyrir minni jarðbora sem ÍSOR hefur þróað.

Data processed using an acquisition system developed by Iceland GeoSurvey for smaller drills.



Borholumælingar og mælitækni

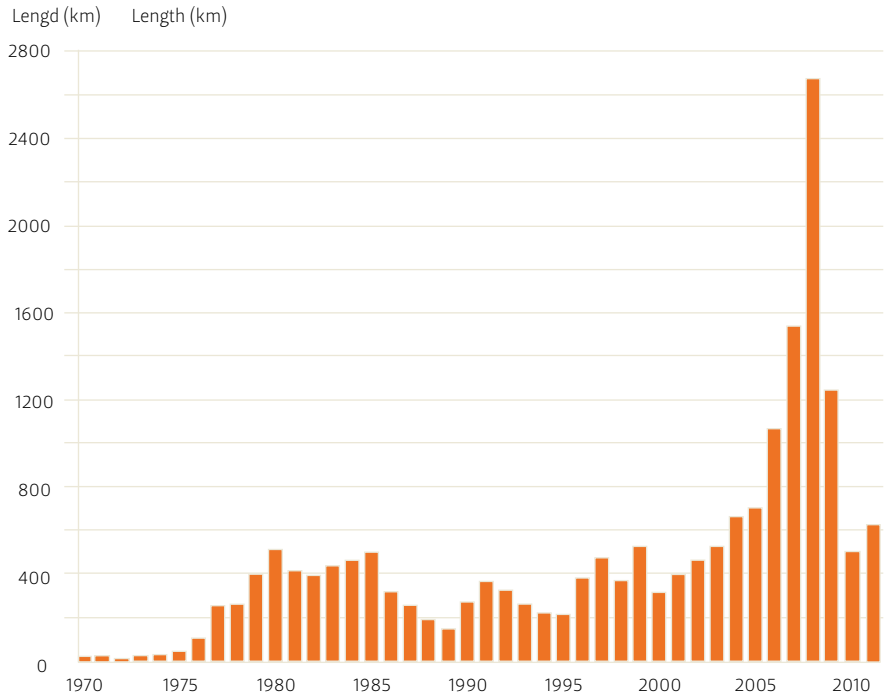
Geothermal Logging and Measurement Techniques

Á árinu 2011 voru einungis boraðar fjórar háhitaholur á Íslandi, tvær á Þeistareykjum fyrir Þeistareyki ehf., ein á Reykjanesi fyrir HS Orku og ein niðurdælingarhola á Hellsheiði fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Þetta voru því takmörkuð verkefni fyrir þann mannskap og tækjabúnað sem ÍSOR hefur fjárfest í og þróað á undanförunum árum. ÍSOR á í dag sex sérútbúna mælingabíla til borholumælinga. Í þremur bílanna er búnaður til rauntímamælinga í allt að 5 km djúpum borholum en þessar mælingar fara aðallega fram á meðan á borun stendur. Flestar borholur sem boraðar hafa verið á háhitasvæðum undanförunum hafa verið stefnuboraðar. ÍSOR hefur séð um að gera stefnu- og hallamælingar í

In 2011 only four high-temperature wells were drilled in Iceland, two at Theistareykir for Theistareykir ehf., one at Reykjanes for HS Orka and one reinjection well at Hellsheiði for Reykjavik Energy. Hence, this was a very limited amount of work for the all the personnel and equipment in which Iceland GeoSurvey has invested in recent years and developed. Iceland GeoSurvey has six specially-equipped trucks for well logging. Three of the trucks have equipment for real-time measurements, mainly conducted during drilling, in up to 5 km deep wells. In recent years, most wells in high-temperature fields have been directionally drilled. Iceland GeoSurvey has performed directional surveys in the wells, with the



Sprungur og útfellingar á um 300 m dýpi í holu SD-1 á Skarðdal í Sigluförðum.
Fractures and precipitations at a depth of 300 m in well SD-1 in Skarðdalur near Siglufjörður.



Mældir kílómetrar í borholum árin 1970–2011.
Measured kilometers in wells during the period 1970–2011.

holunum og eru niðurstöður mælinganna notaðar til að stýra stefnu borkrónunnar þannig að hægt sé að skera sprungur og jarðlög af mikill nákvæmni. Samhliða borun holna á háhitasvæðum eru einnig gerðar mælingar á steypugæðum, vídd, hita, þrýstingi og jarðlögum.

Vídeómyndatökur í borholum hafa sannað gildi sitt, t.d. til að kanna skemmdir og útfellingar á fódringum, og má nefna að tekin voru upp myndskreið vegna rannsókna á endurheimtu á ferilefnum úr borholum á Hellisheiði, svokallað CarbFix-verkefni. Nú á ÍSOR tvær myndavélar sem báðar taka myndir beint niður holuna eða til hliðanna. Önnur vélin er 8,9 cm að þvermáli og hin einungis 5,3 cm og er því hægt að koma henni fyrir í borholum af grennstu gerð. Hægt er að ná upptökum niður á allt að 600 m dýpi.

Tilraunir voru gerðar á árinu með svokallaðar blossa-sprengingar (deflagration) á vegum HS Orku og Landsvirkjunar en tilgangur þeirra er að reyna að auka lekt í þekktum sprungum í borholunum. Framkvæmd þessara sprenginga er samvinnuverkefni Landhelgisgæslunnar og ÍSOR. Sjálfur sprengibúnaðurinn er framleiddur í Bandaríkjunum.

ÍSOR á og rekur þrjá mælingabíla sem eru til eftirlitsmælinga í borholum sem eru heitari en 150°C. Þessir bílar eru notaðir við reglubundið eftirlit með nýtingu jarðhitasvæða og þar eru helstar mælingar á hita og þrýstingi en einnig eru gerðar svokallaðar körfumælingar til að finna þrengingar í borholum.

ÍSOR tekur þátt í borverki þriggja holna á eyjunni Dóminíku í Karíbahafi. Af því tilefni var einn af mælingabílum ÍSOR sendur á staðinn til að gera mælingar á meðan borun fer fram og til að gera afkastamælingar eftir að borun lýkur.

measurements being used to orient the drill bit such that fractures and formations can be penetrated with a great precision. Cement quality, caliper, pressure and geophysical logs have also been performed during the drilling of high-temperature wells.

Recording with video cameras in boreholes has proved to be advantageous, for instance to inspect damages and scales inside well casings. A video camera was used in connection with the detection of tracers in wells at Hellisheiði as a part of the CarbFix project. Iceland GeoSurvey now has two cameras, both of which can be directed either straight down or sideways. One of the cameras has a diameter of 8.9 cm and the other only 5.3 cm, and so can be lowered into the narrowest types of wells. Recording can reach as deep as 600 m.

Instigated by HS Orka and Landvirkjun, experiments with the so-called deflagration were conducted. The purpose of this kind of explosions is to increase permeability in known fractures in wells. The Icelandic Coast Guard and Iceland GeoSurvey cooperated to perform the deflagration experiments. The explosives are produced in the US.

Iceland GeoSurvey owns and operates three logging trucks for monitoring of wells that are hotter than 150°C. These trucks are used for regularly-scheduled monitoring of geothermal fields, mainly measurements of temperature and pressure, but also so-called basket measurements to detect constrictions in wells.

Iceland GeoSurvey participates in the drilling of three wells on the island of Dominica in the Caribbean. For this purpose, one of the logging trucks was shipped over there for logging during the drilling operation and for discharge measurements after the drilling finishes..



Jarðhitapjálfun og kennsla

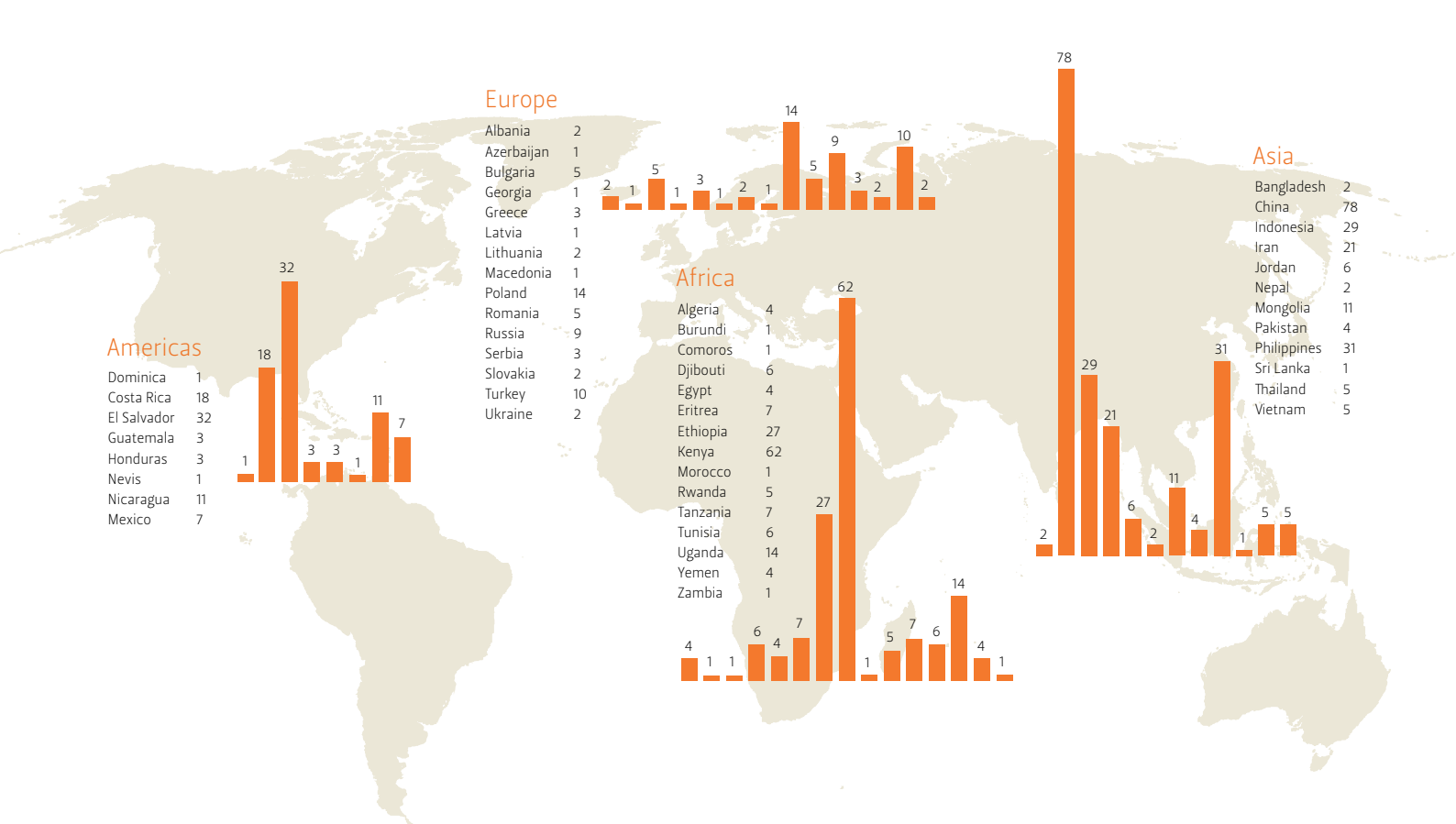
Geothermal Training and Education

ÍSOR hefur séð um stóran hluta af þjálfun og kennslu nemenda við Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna. Námið stendur í sex mánuði og á árinu útskrifaðist stærsti árangurinn til þessa, eða 30 nemendur. Starfsmenn ÍSOR hafa einnig sinnt kennslu og þjálfun framhaldsnema við Háskóla Íslands, Háskólann í Reykjavík og REYST.

Í byrjun árs var haldinn í Kenía þriðji og síðasti hlutinn af umfangsmiklu námskeiði sem hófst árið 2010. Námskeiðið var á vegum Jarðhitaskóla HSP og haldið í samstarfi við KenGen, raforkufyrirtæki Kenía. Þátttakendur voru um 40 talsins, allt starfsmenn KenGen, og fengu þeir þjálfun í öllum þáttum yfirborðsrannsókna við jarðhitaleit.

Iceland GeoSurvey has taken care of the main part of the training and education of students at the UN Geothermal Training Programme, of which the largest class so far, 30 students, completed their six-month studies this year. Specialists at Iceland GeoSurvey have also taught and trained graduate students at the University of Iceland, Reykjavik University and the REYST school.

In January was the third and the final part of an intensive training course, that started in 2010, held in Kenya. The course was organized by the UN Geothermal Training Programme in collaboration with KenGen, the state energy company of Kenya. The 40 participants, all employees of KenGen, received training in all methods



Fjöldi nema sem stundað hafa sex mánaða nám við Jarðhitaskóla HSP á Íslandi á árunum 1979–2011.

The number of students that have finished a 6 months course at the UN Geothermal Training Programme in Iceland in 1979–2011.

Annað yfirgripsmikið 60 daga námskeið var haldið í Kenía til að þjálfar starfsfólk Geothermal Development Company (GDC). Einkum var um að ræða þjálfun í borholujarðfræði og yfirborðskortlagningu.

Í Níkaragva var haldið 8 daga námskeið við UNAN León háskólann. Þetta var samstarfsverkefni Þróunarsamvinnustofnunar Íslands og stjórnvalda í Níkaragva. Það var hluti af nýju meistaranámi í endurnýjanlegum orkugjöfum og fjallaði um nýtingu jarðhita, bæði til raforkuvinnslu og beinnar nýtingar í iðnaði, til kælingar og annarra nota.

ÍSOR hefur tekið þátt í kennslu og þjálfun á námskeiðum sem Jarðhitaskóli HSP hefur haldið erlendis. Námskeiðin eru hluti af framlagi Íslands til Þúsaldarmarkmiða Sameinuðu þjóðanna.

used at the surface in connection with geothermal exploration.

Another intensive 60 day course was held in Kenya for training the employees of Geothermal Development Company (GDC). The emphasis was on training in bore-hole geology and surface mapping.

In Nicaragua an 8 day course was organized at the UNAN León University. This was a cooperative project of the Icelandic International Development Agency and the government of Nicaragua. The course was a part of new master's-level studies in renewable energy resources, and dealt with the harnessing of geothermal energy, both for electricity production and for direct use in industry, for cooling and other uses.

Iceland GeoSurvey has been in charge of teaching and training at courses organized abroad by the UN Geothermal Training Programme. This is a contribution of the Government of Iceland towards the Millennium Development Goals of the UN.

El Salvador

2006, 2007, 2009, 2011

- Workshop for decision makers
- Short Course on geothermal Development in Central America

Kenya

2005–2010

- Workshop for decision makers
- Short Course on surface exploration
- Short Course II on surface exploration
- Short Course III on surface exploration

Uganda

2008

- Short Course on geothermal project management and development

China

2008

- Workshop for Decision makers

Skýrslur Reports

Andri Arnaldsson, Sæunn Halldórsdóttir, Snorri Páll Kjarran og Guðni Axelsson (2011). **Reiknilíkan af jarðhitasvæðinu á Þeistareykjum**. Mat á afkastagetu. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/049, Verkfræðistofan Vatnaskil 11.08. Unnið fyrir Þeistareykj ehf. 58 s.

Anette K. Mortensen, Hörður Tryggvason, Sigurður Sveinn Jónsson, Sigurveig Árnadóttir, Þorsteinn Egilsson, Haraldur Jónasson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Sigurjón Vilhjálmsson og Bjarni Kristinsson (2011). **Þeistareykir – HOLA ÞG-7. 2. áfangi: Jarðlög og mælingar. Borun fyrir vinnslufóðringu í 776 m dýpi**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/061. Unnið fyrir Þeistareykj ehf. 39 s.

Anette K. Mortensen, Sigurveig Árnadóttir, Sigurður Sveinn Jónsson, Hörður Tryggvason, Hermann Hafsteinsson, Halldór Ingólfsson, Sigurjón Vilhjálmsson og Friðrik Ágústsson (2011). **Þeistareykir – HOLA ÞG-7. 2. áfangi: Borsaga. Borun fyrir vinnslufóðringu í 776 m dýpi**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/060. Unnið fyrir Þeistareykj ehf. 82 s.

Anette K. Mortensen, Sigurveig Árnadóttir, Sigurður Sveinn Jónsson, Hörður Tryggvason, Hermann Hafsteinsson, Halldór Ingólfsson, Sigurjón Vilhjálmsson og Friðrik Ágústsson (2011). **Þeistareykir – HOLA ÞG-7. Forborun og 1. áfangi: Borsaga. Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 97 m og öryggisfóðringu í 270 m dýpi**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/047. Unnið fyrir Þeistareykj ehf. 83 s.

Anette K. Mortensen, Sigurveig Árnadóttir, Sigurður Sveinn Jónsson, Hörður Tryggvason, Hermann Hafsteinsson, Halldór Ingólfsson, Sigurjón Vilhjálmsson og Haraldur Jónasson (2011). **Þeistareykir – HOLA ÞG-7. Forborun og 1. áfangi: Jarðlög og mælingar. Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 97 m og öryggisfóðringu í 270 m dýpi**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/048. Unnið fyrir Þeistareykj ehf. 26 s.

Ari Elísson og Magnús Kári Ingvarsson (2011). **Þróun þriggja ása titringsmælis fyrir borstreng við háhitaborun. Smíði og prófun frumgerðar þriggja ása titringsmælis**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/082. Styrkt af Nýsköpunarsjóði námsmanna. 55 s.

Auður Agla Óladóttir og Þráinn Friðriksson (2011). **Observations on Surface Activity in the Reykjanes Geothermal Field**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/055. Unnið fyrir HS Orku hf. 27 s.

Auður Agla Óladóttir, Þráinn Friðriksson og Daði Þorbjörnsson (2011). **Athuganir á yfirborðsvirkni á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi 2010**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/024. Unnið fyrir HS Orku hf. 19 s.

Árni Hjartarson (2011). **Vatnsvernd á höfuðborgarsvæðinu**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/001. Unnið fyrir Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu. 32 s.

Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson (2011). **ALITAR. Geothermal Investigation**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/006. Unnið fyrir Colbún. 34 s. Lokuð skýrsla.

Árni Hjartarson og Sigurður Garðar Kristinsson (2011). **Grunnvatn við Nesjavallavirkjun**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/074. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 37 s.

Björn Már Sveinbjörnsson, Sverrir Þórhallsson, Hjalti Franzson, Sigvaldi Thordarson og Benedikt Steingrímsson (2011). **Bættar ákvarðanir í háhitaborunum. Áfangaskýrsla**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/027. Verkefni styrkt af Umhverfis- og orkurannsóknasjóði Orkuveitu Reykjavíkur (UOOR). 46 s. + viðauki.

Björn S. Harðarson, Hörður Tryggvason, Christa Feucht, Guðmundur H. Guðfinnsson og Magnús Á. Sigurgeirsson (2011). **Húsmúli – HOLA HN-17. 1., 2. og 3. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 61 m, vinnslufóðringu í 636 m og vinnsluhluta í 2200 m dýpi**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/022. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 58 s. + viðauki í sérskýrslu.

Ester Eyjólfssdóttir, Finnþogi Óskarsson og Þráinn Friðriksson (2011). **Gufu- og vatnsgæðaeftirlit á Reykjanesi árið 2009**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/034. Unnið fyrir HS Orku hf. 27 s.

Finnþogi Óskarsson (2011). **Háhitaholur á Þeistareykjum. Efnasamsetning vökva og gufu 2011**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/068. Unnið fyrir Þeistareykj ehf. 28 s.

Finnþogi Óskarsson (2011). **Reykjanes Power Plant: Steam and Water Quality in 2010**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/059. Unnið fyrir HS Orku hf. 46 s.

Finnþogi Óskarsson (2011). **Svartsengi Power Plant: Steam and Water Quality in 2010**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/058. Unnið fyrir HS Orku hf. 58 s.

Finnþogi Óskarsson (2011). **Svartsengi Production Field. Geochemical Monitoring in 2010**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/057. Unnið fyrir HS Orku hf. 54 s.

Finnþogi Óskarsson og Þráinn Friðriksson (2011). **Reykjanes Production Field. Geochemical Monitoring in 2010**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/050. Unnið fyrir HS Orku hf. 49 s.

Guðmundur H. Guðfinnsson, Halldór Ö. Stefánsson, Sigurveig Árnadóttir, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Bjarni Kristinsson, Halldór Ingólfsson, Haraldur Jónasson, Hörður Tryggvason, Sigurjón Vilhjálmsson, Stefán A. Stefánsson og Þorsteinn Egilsson (2011). **Þeistareykir – HOLA ÞG-8. 2. áfangi: Jarðlög og mælingar. Borun fyrir 9% vinnslufóðringu frá 306 m í 1495 m dýpi**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/078. Unnið fyrir Þeistareykj ehf. 60 s.

Guðmundur H. Guðfinnsson, Sigurveig Árnadóttir, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Bjarni Kristinsson, Halldór Ö. Stefánsson, Halldór Ingólfsson, Haraldur Jónasson, Hörður Tryggvason, Sigurjón Vilhjálmsson, Stefán A. Stefánsson, Þorsteinn Egilsson og Hermann Jónasson (2011). **Þeistareykir – HOLA ÞG-8. 2. áfangi: Borsaga. Borun fyrir 9% vinnslufóðringu frá 306 m í 1495 m dýpi**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/077. Unnið fyrir Þeistareykj ehf. 103 s.

Guðni Axelsson (2011). **Sustainable Utilization of Geothermal Resources**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/009. Unnið fyrir Háskólan í Debrecen. 74 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson, Junrong Liu, Magnús Ólafsson og Sigurður G. Kristinsson (2011). **Dæluþrófun holu SD-1 á Skarðdal í Siglufurði. Frumniðurstöður**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/046. Unnið fyrir RARIK. 21 s.

Gunnlaugur M. Einarsson og Auður Agla Óladóttir (2011). **Thermal Remote Sensing in Reykjanes 2011**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/037. Unnið fyrir HS Orku hf. 31 s.

Gylfi Páll Hersir og Knútur Árnason (2011). **The Irruputuncu Geothermal Prospect, Chile. TEM and MT Survey**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/013. Unnið fyrir Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. 73 s. Lokuð skýrsla.

Gylfi Páll Hersir, Knútur Árnason og Arnar Már Vilhjálmsson (2011). **3D Inversion of MT Data from Krýsvík, SW Iceland**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/072. Unnið fyrir HS Orku hf. 165 s.

Halldór Ármannsson, Dadi Thorbjörnsson og Magnús Ólafsson (2011). **IDDP-1 Flow Test in 2010. Results of Chemical Analysis**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/016. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2011/036. 24 s.

Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson og Hörður Tryggvason (2011). **Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2010**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/007, Landsvirkjun, LV-2011/027. Unnið fyrir Landsvirkjun. 15 s.

Haukur Jóhannesson (2011). **Yfirborðshiti í Hrunamannahreppi**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/003. Unnið fyrir Hrunamannahrepp. 65 s. + kort Helga Margrét Helgadóttir (2011). **Holur HN-6 og HN-10 á Gráuhnúkasvæði. Jarðfræðiúrvinnsla**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/071. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 73 s.

Héðinn Björnsson (2011). **Áðælingarpróf í holu BJ-13, Námafjalli**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/035. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2011/076. 21 s.

Hjalti Franzson og Finnþogi Óskarsson (2011). **Dalol Geothermal Area, Northern Ethiopia. First Reconnaissance Site Visit June 20th to 27th 2011**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/038. Unnið fyrir Norges Geotekniske Institutt (NGI). 45 s. Lokuð skýrsla.

Hjalti Franzson, Guðmundur H. Guðfinnsson, Julia Frolova, Helga M. Helgadóttir, Bruce Pauly, Anette K. Mortensen og Sveinn P. Jakobsson (2011). **Icelandic Hyaloclastite Tuffs. Petrophysical Properties, Alteration and Geochemical Mobility**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/064. Unnið fyrir Orkustofnun og Orkuveitu Reykjavíkur. 103 s.

Hörður Tryggvason (2011). **Mælingaeftirlit á Nesjavöllum 2010**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/018. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 51 s.

Hörður Tryggvason, Finnþogi Óskarsson og Guðni Axelsson (2011). **Hitaveita Skagafjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 2007–2010**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/028. Unnið fyrir Skagafjarðarveitu. 47 s.

Ingvar Þór Magnússon (2011). **Þyngdarmælingar á Þeistareykjum í ágúst 2011**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/081. Unnið fyrir Þeistareykj ehf.

Jón Örn Bjarnason (2011). **Efnasamsetning jarðhitasvökva úr holu HG-1 í Sveiðjuhrauni við Hágöngur og uppleyst efni í vatnshólum í Köldukvíslarbotnum**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/042. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2011/092. 20 s.

Knútur Árnason (2011). **The Olca Geothermal Prospect, Chile. TEM and MT Survey**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/008. Unnið fyrir Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. 135 s. Lokuð skýrsla.

Knútur Árnason, Gestur Gíslason, Ragnar Ásmundsson og Sigrún Gunnarsdóttir (2011). **Inventory of Equipment and Manpower for Geothermal Work along the Great African Rift Zone. Potential for Cross-Border Collaboration and Utilization of Existing Facilities and Knowledge in the ARGeo Countries of Djibouti, Eritrea, Ethiopia, Kenya, Tanzania and Uganda with the Addition of Rwanda and Malawi**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/030. Unnið fyrir Þróunarsamvinnustofnun (ICEIDA). 71 s.

Kristján Ágústsson, Egill Árni Guðnason og Sigríður Kristjánsdóttir (2011). **Skjálftaverkefnið í Kröflu. Staðan í janúar 2011**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/005, Landsvirkjun, LV-2011/026. Unnið fyrir Landsvirkjun. 16 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Halldór Ingólfsson, Björn

- S. Harðarson og Guðmundur H. Guðfinnsson (2011). **Drilling of Well RN-30 from Surface Down to 2869 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/043. Unnið fyrir HS Orku hf. 239 s.
- Magnús Ólafsson (2011). **A Preliminary Evaluation of Chemical Data from Geothermal Resources in South Peru.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/023. Unnið fyrir Magma Energlá Geotérmica Peru. 31 s. Lokuð skýrsla.
- Magnús Ólafsson (2011). **Efnaeftirlit með sigvatni á sorpurðunarsvæðinu á Glérárdal haustið 2011.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/054. Unnið fyrir Akureyrarbæ. 21 s.
- Magnús Ólafsson (2011). **Efnasamsetning vatns úr hulu LS-2 á Laugum í Reykjadal í Þingeyjarsveit.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/015. Unnið fyrir Hitaveitu Reykdælahrepps. 11 s.
- Magnús Ólafsson (2011). **Grunnvatn í Skaftárhreppi. Efnavöktun 2010.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/010. Unnið fyrir Suðurorku ehf. 41 s.
- Magnús Ólafsson (2011). **Orkuveita Húsavíkur. Efnavöktun 2007 og 2010.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/004. Unnið fyrir Orkuveitu Húsavíkur. 19 s.
- Maryam Khodayar, Sveinbjörn Björnsson og Hjalti Franzson (2011). **Hvammsvirkjun, Holtavirkjun, Urriðafossvirkjun: Synthesis of 2001–2010 Geological Field Data from Hreppar and South Iceland Seismic Zone.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/032. Landsvirkjun, LV-2011/073. 80 s. + 11 kort.
- Páll Jónsson (2011). **Production and Interference Testing of the Gúmuskýð-Ortaklar Geothermal Reservoir.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/045. Unnið fyrir BM-Holding. 103 s. Lokuð skýrsla.
- Páll Jónsson og Finnþogi Óskarsson (2011). **RN-29. Well Test.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/040. Unnið fyrir HS Orku hf. 17 s.
- Páll Jónsson og Héðinn Björnsson (2011). **Svartsengi – Reykjanes. Hita- og þrýstímælingar 2010.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/031. Unnið fyrir HS Orku hf. 84 s.
- Ragna Karlsdóttir (2011). **TEM – MT Survey at Námafjall High Temperature Field 2009. 1D Interpretation.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/029. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2011/068. 50 s.
- Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson (2011). **MT and TEM Measurements at Þeistareykir in 2009.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/021. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 78 s.
- Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson (2011). **MT- og TEM-mælingar á Þeistareykjum 2009.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/002. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 77 s.
- Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson (2011). **MT-mælingar við Hágöngur 2011.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/056. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2011/110. 39 s.
- Ragna Karlsdóttir og Svanbjörg H. Haraldsdóttir (2011). **MT-Survey at Reykjanes. 3D Interpretation.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/033. Unnið fyrir HS Orku hf. 99 s.
- Ragna Karlsdóttir, Gylfi Páll Hersir, Arnar Már Vilhjálmsson og Knútur Árnason (2011). **MT Survey in Slatina, Croatia 2011.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/041. Unnið fyrir EFLU. 57 s. + 5 viðaukar. Lokuð skýrsla.
- Ragna Karlsdóttir, Helga Tulinius og Gunnlaugur M. Einarsson (2011). **Resistivity Structure of Þeistareykir High Temperature Field, North Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/020. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 19 s.
- Ragnar Ásmundsson og Elías Þorsteinsson (2011). **Vænlegir kostir fyrir varmadælur. Átak til að lækka húshitunarkostnað á nokkrum þéttbýlisstöðum landsins.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/052. Unnið fyrir Landsvarma. 22 s.
- Ragnar Ásmundsson, Árni Ragnarsson og Sigrún Gunnarsdóttir (2011). **Geothermal Development in East Africa – Site List and Database. Development Aid and Activity in the East African Nations of Burundi, Djibouti, Eritrea, Ethiopia, Kenya, Malawi, Mozambique, Rwanda, Tanzania, Uganda and Zambia with a List of Institutions and Companies Involved in Geothermal Work.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/019. Unnið fyrir Þróunarsamvinnustofnun (ICEIDA). 63 s.
- Sigríður Sif Gylfadóttir (2011). **Álagspróf á Þeistareykjum. Staða mælinga í desember 2011.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/073. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 32 s.
- Sigríður Sif Gylfadóttir, Sæunn Halldórsdóttir og Guðni Axelsson (2011). **Jarðhitakerfið í Námafjalli. Kvörðun reiknilkans og spá um viðbrögð við 45 og 90 MWe rafmagnsframleiðslu.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/036. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2011/079. 58 s.
- Sigrún Gunnarsdóttir (2011). **IDAG – Inventory Database of African Geothermal. Design Outline and Directions for Use.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/070. Unnið fyrir Þróunarsamvinnustofnun (ICEIDA).
- Sigurður G. Kristinsson og Þóroldur H. Hafstað (2011). **Sjóhólar Reykjanesvirkjunar. Eftirlit 2006–2010.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/017. Unnið fyrir HS Orku hf. 19 s.
- Sigurveig Árnadóttir, Anette K. Mortensen, Sigurður Sveinn Jónsson, Hörður Tryggvason, Halldór Ingólfs-son, Sigurjón Vilhjálmsson, Bjarni Kristinsson, Þorsteinn Egilsson, Halldór Örvar Stefánsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Friðrik Ágústsson (2011). **Þeistareykir – Hóla ÞG-7. 3. áfangi: Borsaga. Borun vinnsluhluta fyrir 7^u götuðum leiðara frá 776 m í 2509 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/062. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 152 s.
- Sigurveig Árnadóttir, Þorsteinn Egilsson, Anette K. Mortensen, Sigurður Sveinn Jónsson, Hörður Tryggvason, Halldór Ingólfs-son, Sigurjón Vilhjálmsson, Bjarni Kristinsson, Halldór Örvar Stefánsson og Sveinbjörn Sveinbjörnsson (2011). **Þeistareykir – Hóla ÞG-7. 3. áfangi: Jarðlög og mælingar. Borun vinnsluhluta fyrir 7^u götuðum leiðara frá 776 m í 2509 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/063. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 87 s.
- Stefán Steindórsson og Ragnar Ásmundsson (2011). **Varmanýting frystiskipa til raforku- framleiðslu og kælingar. Tæknilysing búnaðar og möguleikar til olúsparnaðar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/012. 43 s.
- Stefán Sturla Gunnsteinsson, Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Gautason, Jónas V. Karlsson, Johnny S. Simonarson og Sverrir Þórhallsson. (2011). **Drilling Program for Olca.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/051. Unnið fyrir Compañía Minera Doña Ines de Collahuasi. 49 s. Lokuð skýrsla.
- Steinþór Nielsson (2011). **Hverahlíð – Hóla HE-54. Lokaskýrsla: Borun, jarðlög, ummyndun og vatns-æðar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/069. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 59 s.
- Steinþór Nielsson og Hörður Tryggvason (2011). **Hverahlíð – Hóla HE-53. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 70 m, öryggisfóðringu í 310 m og vinnslufóðringu í 966 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/025. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 47 s. + viðauki í sérskjali.
- Steinþór Nielsson og Hörður Tryggvason (2011). **Hverahlíð – Hóla HE-53. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta með 8½^u krónu fyrir 7^u leiðara frá 966 m í 2507 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/026. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 48 s. + viðauki í sérskjali.
- Steinþór Nielsson, Anette K. Mortensen, Haraldur Jónasson, Stefán A. Stefánsson og Eyþór Guðmundsson (2011). **Þeistareykir – Hóla ÞG-8. Forborun og 1. áfangi: Borsaga. Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 93 m og öryggisfóðringu í 306 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/065. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 31 s.
- Steinþór Nielsson, Halldór Ingólfs-son, Anette K. Mortensen, Haraldur Jónasson og Stefán A. Stefánsson (2011). **Þeistareykir – Hóla ÞG-8. Forborun og 1. áfangi: Jarðlög og mælingar. Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 93 m og öryggisfóðringu í 306 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/066. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 24 s.
- Steinþór Nielsson, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Halldór Ö. Stefánsson, Haraldur Jónasson, Hörður Tryggvason, Sigurjón Vilhjálmsson, Þorsteinn Egilsson og Guðjón Kjartansson (2011). **Þeistareykir – Hóla ÞG-8. 3. áfangi: Borsaga. Borun vinnsluhluta með 8½^u krónu frá 1495 m í 2503 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/079. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 91 s.
- Steinþór Nielsson, Þorsteinn Egilsson, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Halldór Ö. Stefánsson, Haraldur Jónasson, Hörður Tryggvason og Sigurjón Vilhjálmsson (2011). **Þeistareykir – Hóla ÞG-8. 3. áfangi: Jarðlög og mælingar. Borun vinnsluhluta með 8½^u krónu frá 1495 m í 2503 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/080. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 58 s.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir og Benedikt Steingrímsson (2011). **Mælingaefntilrit á óvirkjuðum holum á Hengillssvæði.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/076. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir og Hjalti Franzson (2011). **Viðnám á suðurhluta Hengils- svæðis. Samanburður borholumælinga, niðurstaðna úr TEM-MT og ummyndunar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/075. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 60 s.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, Steinunn Hauksdóttir og Guðni Axelsson (2011). **Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitasvæðinu undir Urriðavatni 2005–2010.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/039. Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella. 26 s.
- Sverrir Þórhallsson (2011). **Review of Geothermal development Schedule. Plans for Drilling of Three Geothermal Exploration Wells at Karisimbi, Rwanda.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/053. Unnið fyrir Energy Water and Sanitation Authority. Lokuð skýrsla.
- Vigdís Harðardóttir og Daði Þorbjörnsson (2011). **Solid deposits in Turbine 1, Reykjanes August 2011.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/044. Unnið fyrir HS Orku hf. 23 s.
- Þorsteinn Egilsson (2011). **Upphitunar- og þrýsti-jöfnunarmælingar á Þeistareykjum 2004–2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/014. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. 64 s.
- Þorsteinn Egilsson, Bjarni Gautason, Hörður Tryggvason og Hjalti Steinn Gunnarsson (2011). **Norðurorka 2009. Eftirlit með jarðhitasvæðum og orkubúskapur veitunnar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/011. Unnið fyrir Norðurorku. 64 s.
- Þóroldur H. Hafstað og Sigurður G. Kristinsson (2011). **Svartsengi. Hita- og rafleiðnimælingar í grunnvatni og jarðsjó árið 2010.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/067. Unnið fyrir HS Orku hf. 27 s.

Ritryndar greinar

Reviewed Articles

- Árni Hjartarson (2011). Viðáttumestu hraun Íslands. *Náttúrufræðingurinn* 81, 37–49.
- Árni Hjartarson og Droplaug Ólafsdóttir (2011). Náttúrufræðingurinn 2009. *Náttúrufræðingurinn* 81, 165–168.
- Elders, W.A., Fridleifsson, G.O., Zierenberg, R.A., Pope, E.C., Mortensen, A.K., Gudmundsson, A., Lowenstern, J.B., Marks, N.E., Owens, L., Bird, D.K., Reed, M., Olsen, N.J. og Schiffman, P. (2011). Origin of a rhyolite that intruded a geothermal well while drilling at the Krafla volcano, Iceland. *Geology* 39 (3), 231–234.
- Keshav, S., Gudfinnsson, G. H. og Presnall, D. C. (2011). Melting phase relations of simplified carbonated peridotite at 12–26 GPa in the systems CaO–MgO–SiO₂–CO₂ and CaO–MgO–Al₂O₃–SiO₂–CO₂: Highly calcic magmas in the transition zone of the Earth. *Journal of Petrology* 52, (11), 2265–2291.
- Magnús Á. Sigurgeirsson og Árni Hjartarson (2011). Gjósukulög og fjórumór á berghlaupi við Sjávarhóla á Kjalarnesi. *Náttúrufræðingurinn* 81, 123–130
- Presnall, D. C. og Gudfinnsson, G. H. (2011). Oceanic volcanism from the low-velocity zone – without mantle plumes. *Journal of Petrology* 52, (7–9), 1533–1546.
- Sanloup, C., Schmidt, B. C., Gudfinnsson, G. H., Dewaele, A. og Mezouar, M. (2011). Xenon and argon: A contrasting behavior in olivine at depth. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75, (21), 6271–6284.

Ráðstefnur og fagrit

Conference Proceedings

- Axelsson, G. (2011). Using long case histories to study hydrothermal renewability and sustainable utilization. *Geothermal Resources Council Transactions* 35, 1393–1400.
- Axelsson, G. (2011). Tracer tests in geothermal resource management. *Proceedings of TRACER 6, Sixth International Conference on Tracers and Tracing Methods, Oslo 6–8 June 2011*, 8 s.
- Bragason, G.Ö., Grönvold, K., Óskarsson, N., Sigurðsson, G., Sverrisdóttir, G. og Franzson, H. (2011). Strontium isotope shift in geothermal alteration minerals and geothermal fluid in the Hellisheiði Geothermal Field: Implications for water–rock interaction. SW-Iceland. *30th Nordic Geological Winter Meeting, Reykjavik, Iceland*, Short abstract.
- Gautason, B. og K. Muehlenbachs (2011). Water–rock interaction at the Theistareykir geothermal field in NE-Iceland. Goldschmidt Geochemistry Conference Prague, Abstract. *Mineralogical Magazine* 75 (3), 899.
- Gonzalez-Garcia, J., Axelsson, G., Gunnarsson, G., Gunnlaugsson, E. (2011). Reservoir Assessment of the Ölfus-Bakki Low-Temperature Geothermal Area, SW Iceland. *Proceedings Thirty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 31 – February 2, 2011*, SGP-TR-191.
- Haraldsdóttir, S.H., Franzson, H. og Árnason, K. (2011). Resistivity from 73 boreholes in the S-Hengill Geothermal Field, SW-Iceland, compared with Surface Resistivity Data and Alteration Minerals. SW-Iceland. *30th Nordic Geological Winter Meeting, Reykjavik, Iceland*. Short abstract.
- Hjalti Franzon (2011). Hengill. Þættir úr sögu jarðhitakerfis. *Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands* 9 s.
- Maryam Khodayar, Sveinbjörn Björnsson, Hjalti Franzon og Páll Einarsson (2011). Tectonics of South Iceland Seismic Zone at the sites of three hydropower plants in Lower Þjórsá. *Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands* 2011, 43–44.

Khodayar, M., Björnsson, S., Einarsson, P. og Franzson, H. (2011). Earthquakes and geothermal systems: Insights from low- and high-temperature fields of South Iceland. *30th Nordic Geological Winter Meeting, Reykjavik, Iceland*. Short abstract.

Molina-Martínez, A. og G. Axelsson (2011). Assessment of Thermal Interference in the Northern Part of Los Azufres Geothermal Field, Mexico, by Tracer Test Analysis. *Geothermal Resources Council Transactions* 35, 1505–1511.

Reyes, N., Vidal, A., Ramirez, E., Arnason, K., Richter, B., Steingrímsson, B., Acosta, O. og Camacho, J. (2011). Geothermal Exploration at Irruputuncu and Olca Volcanoes: Pursuing a Sustainable Mining Development in Chile. *Geothermal Resources Council Transactions* 35, 983–986.

Snæbjörnsdóttir, S., Hardarson, B. og Franzson, H. (2011). Structure and composition of clay minerals in the Hellisheiði Geothermal Field, SW-Iceland. *30th Nordic Geological Winter Meeting, Reykjavik, Iceland*. Short abstract.

Aðrar greinar Other Articles

Árni Hjartarson og Guðmundur J. Guðmundsson (2011). Manngerðir hellar. Í: Birna Lárusdóttir (ritstj.) *Mannvist*. Bókaútgáfan Opna, Reykjavik, 194–213.

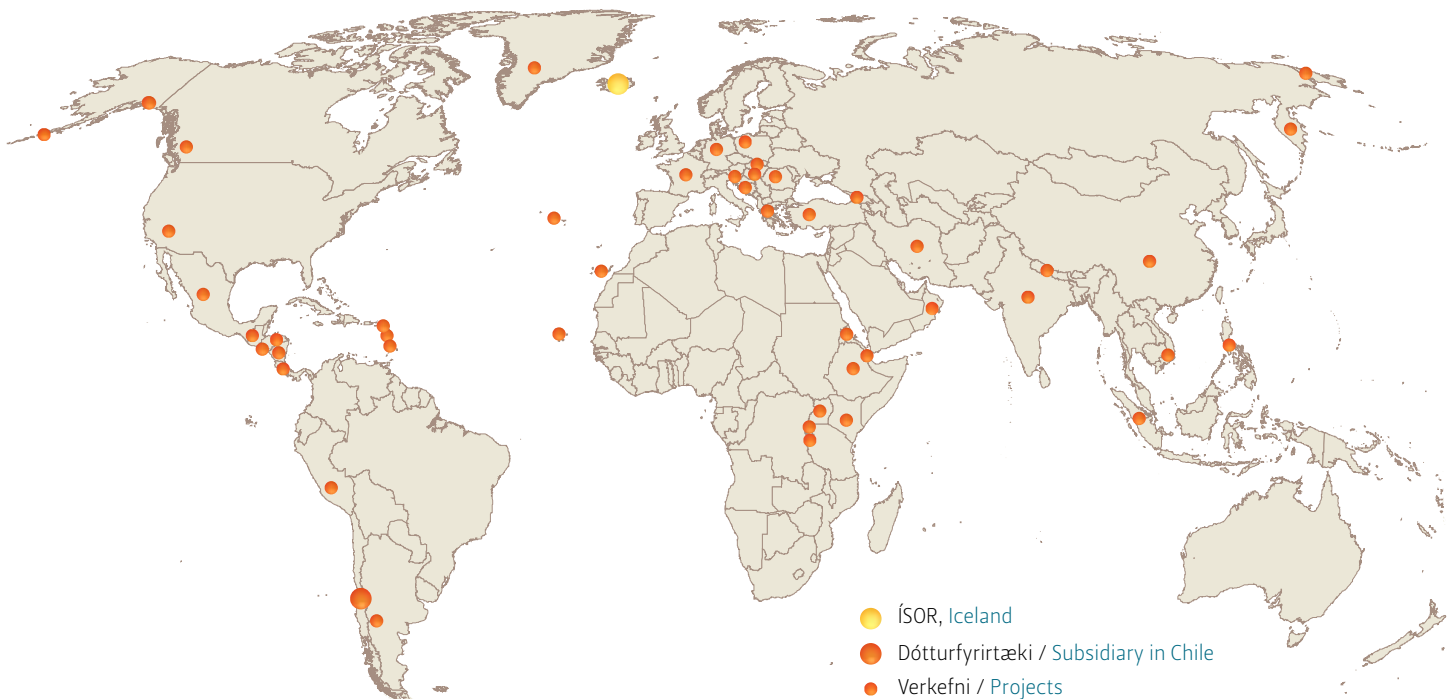
Miensepost, M.P., Jones, A.G., Hersir, G.P. og Vilhjálmsson, A.M., (2011). Electromagnetic investigations of the resistivity structure around and beneath the Eyjafjallajökull volcano, Southern Iceland: preliminary results. *Poster presented at Schmucker-Weidelt Colloquium, 26–30 september 2011*.

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

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

Verkefni erlendis

Projects Abroad





Ljósmyndir frá Chile. Á skrifstofu GeoThermHydro eru frá vinstri Mauricio Teke verkfræðingur, Harpa E. Haraldsdóttir framkvæmdastjóri og Benedikt Steingrímsson yfirverkefnisstjóri ÍSOR.

Photos from Chile. In the office at GeoThermHydro, from the left Mauricio Teke, engineer, Harpa E. Haraldsdóttir, manager, and Benedikt Steingrímsson, chief project manager of Iceland GeoSurvey.

Skrifstofan í Chile

Subsidiary in Chile

ÍSOR og Verkís hafa rekið þjónustu- og rágjafarfirmir á milli í Santiago í Chile frá árinu 2009. Markmið GTH hefur verið að afla verkefna í Suður-Ameríku, þó sérstaklega í Chile, og hefur það gengið vel. Harpa Elín Haraldsdóttir er framkvæmdastjóri.

Í Chile búa um 17 milljónir. Lítil hefð er fyrir að nýta jarðhita, að frátöldum nokkrum baðstöðum. Kol og fljótandi jarðgas hafa verið aðalorkugjafarnir. Ríkisstjórn landsins ákvað að styðja við áttak í orkuöflun með endurnýjanlegum orkugjöfum og því eru miklar vonir bundnar við jarðhitánýtingu í landinu. Töluvert er af jarðhitasvæðum í Chile, einkum í norðurhluta þess í um 3000–5000 m hæð í Andesfjöllum.

Eitt stærsta verkefni GTH til þessa er samningur við eitt helsta koparnámufyrirtækið í Chile, Collahuasi. Um er að ræða forrannsóknir og rannsóknarborun á tveimur jarðhitasvæðum í norðurhluta Chile.

Auk hefðbundinnar verkefnaöflunar hefur GTH haldið málþing um hönnun og rekstur jarðhitavirkjana og rannsóknir- og vinnsluboranir á haustmánuðum. GTH var einn af styrktaraðilum fyrstu jarðhitaráðstefnu nýstofnaðs jarðhitafélags Chile sem haldin var í höfuðborginni, Santiago. Harpa Elín situr í stjórn þessa félags.

Iceland GeoSurvey and Verkís have been operating the service and consulting firm GeoThermHydro (GTH) in Santiago, Chile since 2009. The objective with GTH is to find projects in South America, especially in Chile, with considerable success. Harpa Elín Haraldsdóttir is the manager of GTH.

Chile has a population of 17 million. Geothermal energy has not been used much in Chile, except for a few baths. Coal and liquid gas have been the main source of energy. The government of Chile has decided to support a drive towards the utilization of renewable energy, with high hopes for the harnessing of geothermal energy. Chile has a number of geothermal fields, especially in the north at an elevation of 3000–5000 m in the Andes.

So far, one of the largest projects of GTH is related to a contract with one of the main copper mining companies in Chile, Collahuasi. This involves primary research and exploration drilling in two geothermal fields in northern Chile.

In addition to the customary search for projects, GTH organized symposia in the autumn on the design and operation of geothermal plants and exploration and production drilling. GTH was one of the sponsors of the first geothermal conference of the newly established Chilean Geothermal Association that was held in the capital, Santiago. Haraldsdóttir, has a seat on the board of this association.



AÐALSKRIFSTOFA • 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 2 973 9757
www.geothermhydro.com

www.isor.is