



ÍSOR
ICELAND GEOSURVEY

ÁRSSKÝRSLA
2018



Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR, eru sjálfstæð ríkisstofnun sem heyrir undir umhverfis- og auðlindaráðuneytið. Hlutverk ÍSOR er að vinna að verkefnum og rannsóknum á sviði náttúrufars, orkumála og annarra auðlindamála.

Efnisyfirlit

Ávarp stjórnarformanns	3
Stefnir í einkavæðingu ÍSOR?	4
Lykiltölur úr rekstri	6
Fólkið okkar	8
Ráðgjöf, þjónusta og kennsla	9
Yfirlit um jarðhitaverkefni	10
Grannar holur sem rannsóknarholur	14
Aflmikil lághitahola á Hjalteyri	16
Ný vinnsluhola í Ósaboðnum	17
Samtúlkun jarðvísindagagna	18
Grunnvatnsrannsóknir	20
Hlutverk ÍSOR í umhverfismálum	21
Verkefni erlendis	22
Rannsóknarverkefni	24
GeoWell	26
Kennsla og þjálfun	28
Útgefið efni	30
Svipmyndir frá árinu	34

Ritnefnd: Brynja Jónsdóttir og Steinunn Hauksdóttir.
Yfirllestur: Hrafnhildur Harðardóttir og Benedikt Steingrímsson.
Umbrot: Brynja Jónsdóttir.
Prentun: PIXEL.
ISBN 978-9935-9323-6-5.

Forsíðumynd Gunnlaugur M. Einarsson: Seltún í Krýsuvík.

Ávarp stjórnarformanns

Sigrún Traustadóttir



ÍSOR stendur nú á tímamótum þar sem breytingar hafa orðið í starfsumhverfinu. Eftirspurn innanlands eftir þjónustu á sviði ÍSOR hefur dregist saman og þjónusta ÍSOR við hið opinbera hefur minnkað verulega samtímis því sem álögur í formi aukaiðgjalds vegna lífeyrismála hafa aukist. Fjárhagsleg afkoma er því ekki lengur viðunandi. Mikilvægt er að greina þau tækifæri sem felast í breyttu umhverfi, sækja á erlenda markaði og samhæfa við stefnumótun ÍSOR.

Afkoma ÍSOR árið 2018 var jákvæð um rúmar 12 m.kr. en 16 m.kr. tap var árið á undan. Þrátt fyrir það var í raun undirliggjandi rekstrartap 57 m.kr. Þessi mismunur skýrist af því að uppgjör við styrkveitendur og samstarfsaðila í rannsóknarverkefnum sem unnin voru á árunum 2013-2017 skiluðu 47 m.kr. viðbótartekjum sem ekkert hafði með rekstur ársins 2018 að gera. Jafnframt skilaði veiking krónunnar gengishagnaði sem nemur tæpum 23 m.kr. Þessi rekstrarmiðurstaða ársins 2018 er mikið áhyggjuefni og hafa stjórn og stjórnendur ÍSOR unnið að því að kortleggja hvernig megi takast á við þessar breytingar í umhverfinu.

Velta ÍSOR dróst saman um 53 m.kr. frá 2017 sem er 4% samdráttur í tekjum annað árið í röð. Þar af drógust verkefni fyrir íslenska ríkið saman um tæpar 48 m.kr., einkum verkefni vegna þróunarsamvinnu og fyrir Jarðhitaskólann. Er það framhald

á stöðugum samdrætti í verkefnum fyrir íslenska ríkið undanfarin ár. Að öðru leyti voru tekjur af seldri þjónustu innanlands svipaðar og árið 2017.

Þegar á árinu 2017 var ljóst að miklar breytingar voru að eiga sér stað í umhverfinu. Eftirspurn eftir þjónustu innanlands minnkaði vegna minni umsvifa í nýframkvæmdum á sviði jarðhitánýtingar og erfiðara reyndist að selja þjónustu erlendis sökum hækkandi launakostnaðar og gengis krónunnar. Þegar var brugðist við með því að draga úr kostnaði þar sem því var við komið og tókst að lækka gjöld um tæp 4% á milli árána 2016 og 2017. Áfram var haldið með aðhaldsaðgerðir á árinu 2018. Launakostnaður er stærsti einstaki kostnaðarliðurinn, eða 64%, og tókst að minnka útgjöld vegna launa um rúm 7% þrátt fyrir að viðbótarálögur hafi verið lagðar á ÍSOR vegna lífeyrismála og yfirstandandi kynslóðaskipti hjá ÍSOR valdi óhjákvæmilega auknum kostnaði. Var það vel af sér vikið. Hversu vel hefur gengið að aðlaga reksturinn að breytingum í umhverfinu er ekki síst því að þakka að ÍSOR býr yfir góðum greiningartólum, öflugum starfsmannahópi og ríkum vilja starfsmanna til að láta reksturinn ganga upp.

Kerfisbundnar rannsóknir auðlinda leiða til betri og vandaðri ákvarðana í umhverfismálum og auðlindanýtingu. ÍSOR er vel í stakk búð til að taka forystu í slíkri rannsóknarvinnu og hefur þegar lagt fram áætlun fyrir stjórnvöld þar að

lútandi. Styrkur ÍSOR felst m.a. í fjölbættri sérþekkingu sem byggð er á rannsóknum og samtvinnun hennar við hagnýt viðfangsefni fyrir atvinnulífið. Þess vegna er mikilvægt að styrkja vísindastarfið sem er grundvöllur starfseminnar og gefur ÍSOR sérstöðu sína og styrk. Ætli ÍSOR sér að vera leiðandi í þjónustu þurfa rannsóknir að vera til staðar. Ljóst er að skilgreina verður hlutverk ÍSOR fyrir hið opinbera og setja eigandastefnu þar sem framtíðarsýn eiganda er mótuð. Eftir þessu kallar ÍSOR.

Á árinu 2017 var lokið við stefnumótun fyrir ÍSOR til ársins 2022. Sú vinna sneri einkum að innri hluta starfseminnar að ytri skilyrðum eins og hlutverki og rekstarformi óbreyttum. Stjórn og stjórnendur hafa svo haldið þessari vinnu áfram og sett upp og greint nokkrar sviðsmyndir varðandi hlutverk, eignarhald og framtíðarsýn ÍSOR. Vinna þessi er á lokastigi og verður kynnt eiganda og hagaðilum á næstunni.

Það er von mín að við berum gæfu til að sú dýrmæta þekking sem byggst hefur upp hjá ÍSOR varðveitist og leiði til sóknar og góðra ákvarðana hvað varðar auðlindir, nýtingu þeirra og verndun til hagsældar fyrir komandi kynslóðir.

Ég þakka starfsmönnum, stjórnendum og stjórn ÍSOR fyrir vel unnin störf og gott samstarf á árinu og óska þeim allra heilla í störfum sínum á komandi árum.

Stefnir í einkavæðingu ÍSOR?

Ólafur G. Flóvenz forstjóri



Hinn 1. júlí 2018 voru liðin 15 ár frá því ÍSOR hóf störf undir núverandi nafni þótt jarðhitastarfsemin hafi staðið óslitið síðan árið 1945, fyrst undir nafni Rafmagnseftirlits ríkisins sem síðar varð Raforkumálaskrifstofan og loks Orkustofnun.

Við stofnun ÍSOR var Rannsóknasvið Orkustofnunar, sem var stærsta eining Orkustofnunar, í heild sinni slitið frá stofnuninni og gert að sjálfstæðri ríkisstofnun, Íslenskum orkurannsóknnum. Megintilgangur með stofnun ÍSOR var að aðskilja framkvæmd rannsókna frá stjórnvaldsstarfsemi en hvort tveggja hafði verið innan Orkustofnunar. Þetta fyrirkomulag hafði verið gagnrýnt um árabíl, bæði innan og utan Orkustofnunar og raunar lágu tillögur ráðherraskipaðrar nefndar um slíkan aðskilnað fyrir þegar árið 1988. Það sem loks leiddi til uppskiptingar Orkustofnunar árið 2003 var ákvörðun þáverandi ríkisstjórnar Íslands að innleiða fyrsta orkupakka ESB í íslensk lög. Þá var Orkustofnun falið umfangsmikið hlutverk á sviði eftirlits og leyfisveitinga í orkuiðnaði sem engan veginn gat samrýmst því að selja sama orkuiðnaði rannsóknarþjónustu og ráðgjöf.

Jarðhitadeild Orkustofnunar hafði um langt skeið gegnt svipuðu hlutverki og jarðfræðistofnanir gera í flestum öðrum ríkjum heims til viðbótar því að sjá um

orkurannsóknir. Ástæðan var sú að slíki stofnun var ekki til að dreifa á Íslandi og er ekki enn þrátt fyrir augljóst mikilvægi jarðfræði landsins fyrir efnahag þess, lífskjör, umhverfismál og náttúruvá.

Þegar ÍSOR var stofnað var gert ráð fyrir að ÍSOR myndi áfram sinna opinberum og samfélagslegum verkefnum svipað og Orkustofnun hafði gert áður en nú með langtímasamningum við ríkið í gegnum Orkustofnun. Þetta kom skýrt fram í athugasemdum með lagafrumvarpinu um ÍSOR frá 2003 og í framsöguræðu þáverandi iðnaðarráðherra um málið.

Fyrst í stað sinnti ÍSOR þessum samfélagslegu verkefnum með samningum við Orkustofnun en smátt og smátt dró Orkustofnun úr þeim viðskiptum. Þegar rannsóknir á jarðrænum auðlindum voru ásamt ÍSOR fluttar frá iðnaðaráðuneytinu til umhverfis- og auðlindaráðuneytisins árið 2012 dró hratt úr verkefnum ÍSOR fyrir ríkið enda fluttust engar fjárheimildir vegna rannsókna á jarðrænum auðlindum milli ráðuneytanna við þessar breytingar. Árið 2018 var svo komið að einungis 8,3% af tekjum ÍSOR komu frá íslenska ríkinu og þar af yfir 60% vegna verkefna fyrir utanríkisráðuneytið á sviði þróunarástoðar og hafréttarmála.

Engu að síður hefur ÍSOR reynt að sinna áfram mikilvægum samfélagsverkefnum þar sem sérþekking og gögn ÍSOR eru

undirstaðan. Þar má nefna rekstur viðamikilla gagnagrunna um jarðvísindi og jarðhitavinnslu, rannsóknargögn og þekkingu á nánast öllum stöðum þar sem jarðhitavinnsla fer fram á Íslandi, viðamikil safn af jarðlagasýnum sem tekin hafa verið á tveggja metra bili úr langflestum borholum sem boraðar hafa verið á Íslandi, yfirgripsmikinn gagnagrunn um efnafræði jarðhitavatnsins, gagnagrunn með nákvæmum upplýsingum um jarðskjálftavirkni á jarðhitasvæðum, heildstæðan gagnagrunn um flestallar rannsóknir sem gerðar hafa verið á jarðfræði hafsbotsins í íslenski efnahagslögsögu, fjölmörg jarðfræðikort og bakgrunnsgögn þeirra og upplýsingar um jarðfræðilega áhugaverða staði sem ástæða er til að vernda.

Allt væru þetta dæmigerð verkefni jarðfræðistofnana í öðrum ríkjum og eru undirstaða að sjálfbærri nýtingu auðlindanna og umhverfisvernd. ÍSOR hefur tekist að halda þessu úti með því að afla styrkja úr opinberum rannsóknarsjóðum, einkum sjóðum ESB, með stuðningi ábyrgra orkufyrirtækja, sjálfsaflafé og samnýtingu við það síminkandi fé sem ríkið leggur til þessarar starfsemi. Þetta mun hins vegar ekki ganga miklu lengur og kallar á afgerandi viðbrögð umhverfis- og auðlindaráðuneytisins sem fer með málefni ÍSOR fyrir hönd eigandans, íslenska ríkisins.

Í grunninn þarf eigandinn að svara þeirri spurningu hvort ÍSOR eigi að hafa einhverju umtalsverðu hlutverki að gegna fyrir íslenska ríkið eða ekki. Báðir kostir koma vel til greina en fela í sér mismunandi framtíðarsýn sem er nauðsynlegt fyrir ÍSOR að þekkja til að skipuleggja starfsemi sína.

Ef svarið er já, þarf eigandinn að skilgreina hlutverkið og fjármagna það með nýju fé eða tilfærslum. Þetta felur í raun í sér að ÍSOR verði breytt í Jarðfræðistofnun Íslands sem í senn ynni að verkefnum fyrir ríkið og sinni sölu á ráðgjöf og rannsóknarþjónustu á markaði. Slík stofnun mætti ekki hafa með höndum neins konar stjórnvaldsstarfsemi eða opinbera umsagnarskyldu. Hún sinni vísinda- og rannsóknarstarfsemi, gagnavörslu, fræðsluhlutverki og ráðgjöf byggða á rannsóknum. Stofnunina yrði að reka á viðskiptagrundvelli á markaði, svipað og ÍSOR nú, annaðhvort sem B-hluta stofnun eða hlutafélag, og yrði ekki hagnaðardrifin fremur en ÍSOR er nú. Þessi kostur er hagkvæmur bæði fyrir ríkið og þá sem ÍSOR þjónar vegna mikilla samlegðaráhrifa.

Ef svarið við spurningunni er nei, er enginn tilgangur í því að ríkið eigi ÍSOR og best að hefja þegar undirbúning að einkavæðingu ÍSOR. Þá yrði ÍSOR fyrst breytt í hlutafélag og síðan selt. Þetta mætti gera á tiltölulega skömmum tíma. Slíkt félag gæti að sjálfsögðu selt ríkinu þá þjónustu sem ríkið sæktist eftir en myndi að öðru leyti ekki sinna neinum samfélagslega mikilvægum verkefnum á eigin kostnað eins og ÍSOR hefur gert fram til þessa. Ríkið yrði að finna þeim verkefnum annan farveg og veita til þess fé. Eigið fé ÍSOR er nú liðlega 300 m.kr. og líklega felast mikil viðbótarverðmæti í félaginu. Ekki er ólíklegt að ríkið gæti selt ÍSOR til fjárfesta fyrir um 1 milljarð króna. Ómögulegt er að segja hverjir þeir yrðu, hugsanlega erlend stórfyrirtæki sem þjóna olíuiðnaði en þau hafa verið að kaupa upp smærri fyrirtæki með sérþekkingu á jarðhita. ÍSOR yrði þá hagnaðardrifið félag á mun þrengra sviði en nú og ríkið yrði að finna samfélagslegum verkefnum ÍSOR annan farveg með tilheyrandi kostnaði. Frá sjónarmiði ÍSOR sem fyrirtækis og starfsmanna ÍSOR gæti þessi kostur verið að mörgu leyti áhugaverður þótt hann hafi í för með sér minni áherslur á rannsóknir og vísindi.

Versti kosturinn er að fá ekkert svar. Hann mun þvinga ÍSOR til þess að hætta að sinna verkefnum sem ekki skila góðri framlegð þótt þau séu samfélagslega mikilvæg og mun leiða til þess að ríkið tapar fjármunum og þekkingu. Þessi leið mun fyrirsjáanlega leiða til einkavæðingar ÍSOR fyrr eða síðar og þá er betra að fara þá leið strax í stað þess að viðhalda óvissu sem skaðar starfsemina.

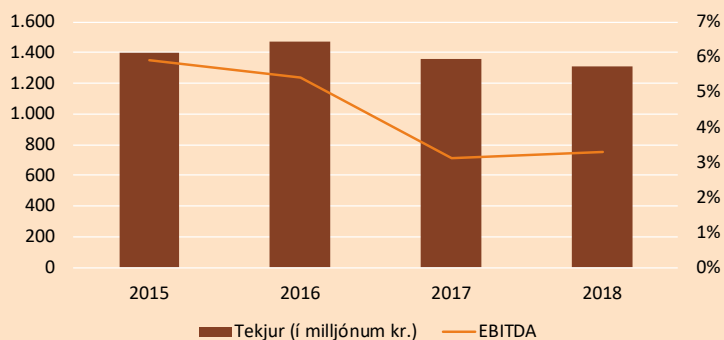
Það er mat mitt að fyrri kosturinn, leiðin að Jarðfræðistofnun Íslands, sé sá skynsamlegasti fyrir íslenskt þjóðfélag til lengri tíma lítið þótt hin leiðin sé vel fær. En minnumst þess að það þarf pólitískan kjark til að taka ákvörðunina á hvorn veginn sem hún verður.



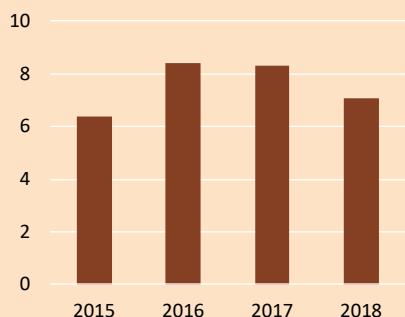
Ljósmynd Sigurður Garðar Kristinsson.

Lykiltölur úr rekstri

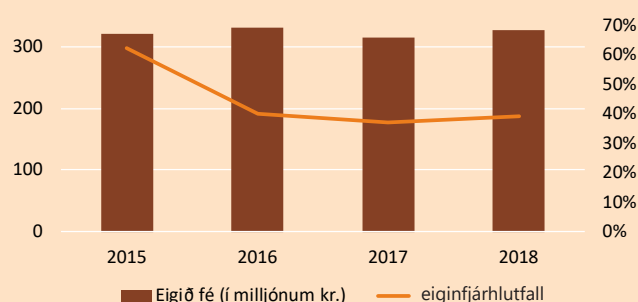
TEKJUR OG EBITDA



ÁRSVERK Í ÞRÓUNARVINNU



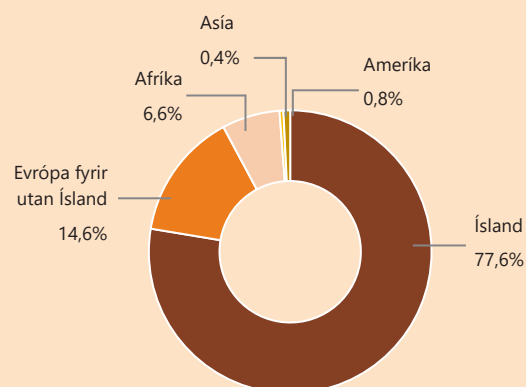
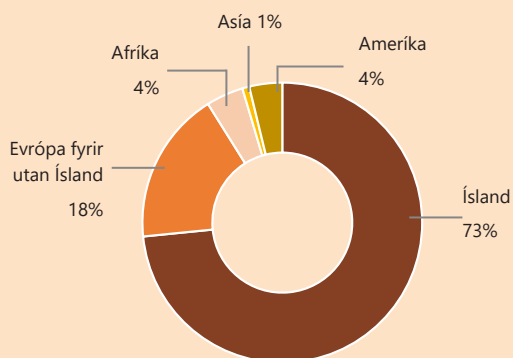
EIGIÐ FÉ OG EIGINFJÁRHLOTFALL



2018

SKIPTING VELTU EFTIR HEIMSHLUTUM

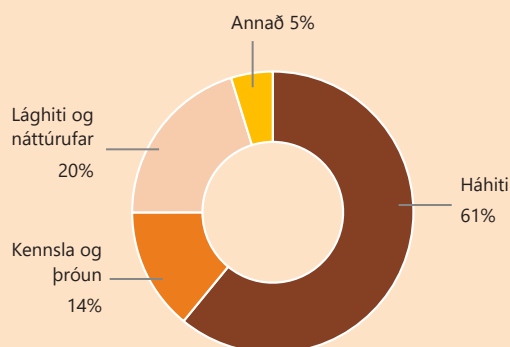
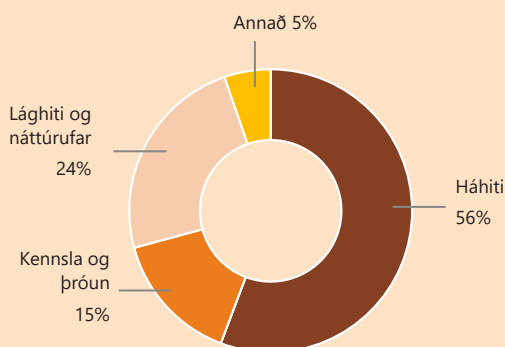
2017



2018

SKIPTING VELTU EFTIR TEGUND

2017



REKSTRARYFIRLIT Í ÞÚS. KR.

2018

2017

2106

2105

Rekstrarreikningur (þús. kr.)

Rekstrartekjur	1.308.573	1.361.754	1.469.747	1.397.463
Rekstrargjöld	1.265.083	1.318.999	1.390.136	1.314.612
Afskriftir	53.611	70.216	56.099	71.096
	1.318.694	1.389.215	1.446.235	1.385.708
Rekstrarhagnaður (tap) fyrir fjármagnsliði	(10.121)	(27.461)	23.512	11.755
Fjármagnstekjur (gjöld)	22.647	11.092	(14.081)	(946)
	12.526	(16.369)	9.431	10.809

Efnahagsreikningur (þús. kr.)

Fastafjármunir	102.956	132.391	136.946	135.405
Veltufjármunir	730.161	717.986	692.989	381.326
Eignir alls	833.117	850.377	829.935	516.731
Eigið fé	327.467	314.942	331.311	321.881
Skammtímaskuldir	505.650	535.435	498.624	194.850
Eigið fé og skuldir alls	833.117	850.377	829.935	516.731

Sjóðstreymi (þús. kr.)

Veltufé frá rekstri	67.526	53.846	65.529	82.273
Breytingar á rekstartengdum eignum og skuldum	66.781	20.882	32.724	4.633
Fjárfestingahreyfingar	(25.566)	(65.660)	(57.639)	(52.350)
Hækkun (lækkun) á handbæru fé	108.741	9.068	40.614	34.556

Kennitölur

EBITDA	43.490	42.755	79.611	82.851
EBITDA-hlutfall	3,3%	3,1%	5,4%	5,9%
Eiginfjárlutfall	39,3%	37,0%	39,9%	62,3%
Arðsemi eigin fjár	4,0%	-4,9%	2,9%	3,5%

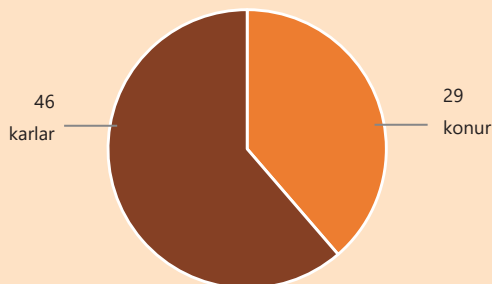
Fólkið okkar

Starfsmenn ÍSOR voru alls 75 í árslok 2018.

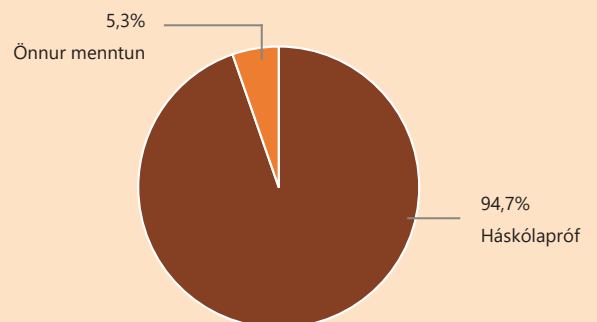
Kynslóðaskipti eru einkennandi þáttur í starfsmannaveltu ÍSOR. Eins og sést á aldurssamsetningu starfsfólks munu margir af eldri og reyndari starfsmönnum fara á eftirlaun á næstu árum. Lögð er mikil áhersla á að þjálfa yngra starfsfólk og yfirfæra þá þekkingu sem býr hjá reynslumeira starfsfólki.

ÍSOR hefur það á stefnuskrá sinni að jafna hlutfall kvenna og karla og virðist það hafa tekist með ágætum við nýráðningar.

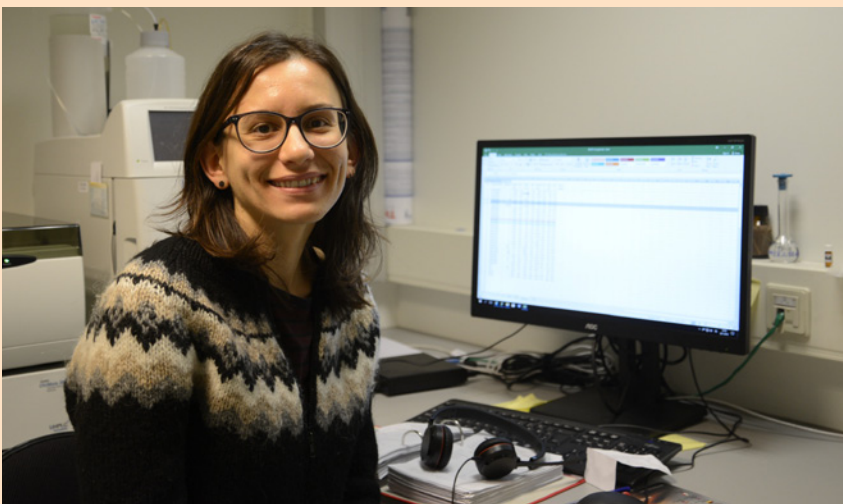
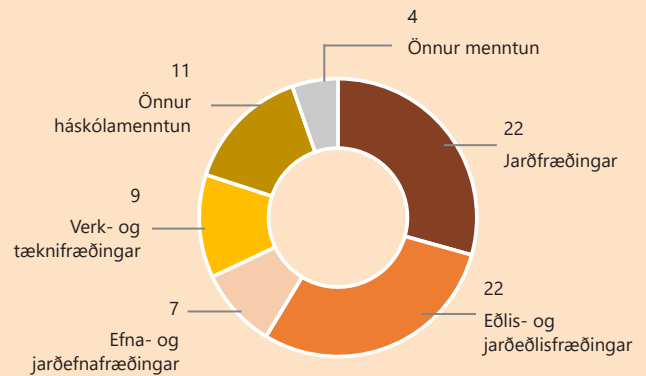
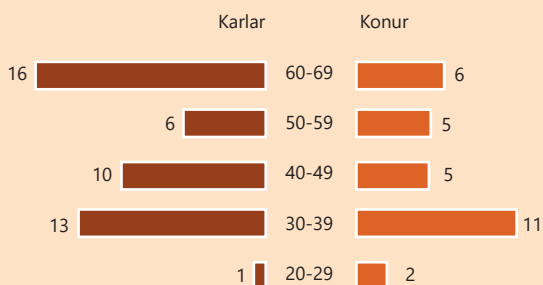
KYNJASKIPTING



MENNTUN



ALDURSPÝRAMÝDI



Iwona Monika Galeczka er doktor í jarðefnafræði frá Háskóla Íslands. Hún sér m.a. um efnagreiningar og túlkun þeirra bæði fyrir há- og lághita. Þetta nýtist við eftirlit með jarðhitasvæðum og líkangerð.

Ráðgjöf, þjónusta og kennsla

ÍSOR býður upp á margþætta þjónustu sem tengist náttúrufransóknum. Verkefni eru fjölbreytt og ólík að umfangi en fyrirferðamest er þjónusta tengd jarðvarmavinnslu og hefur ÍSOR í áratugi boðið orkufyrirtækjum og hitaveitum í landinu sértæka þjónustu á því sviði. Má þar nefna staðsetningu borholna, jarðfræðiráðgjöf á borstað og mælingar í borholum bæði meðan á borun stendur og að henni lokinni. Eins má nefna umhverfis- og efnavöktun, sem tilheyrir jarðhitavinnslu, og stöðugt er fylgst með hita- og þrýstingsbreytingum í holunum. Á undanförunum árum hafa síðan bæst við athuganir á smáskjálftavirkni tengdri jarðhitavinnslu. ÍSOR hefur sett upp skjálftastöðvar og rekur nú þéttriðið net fyrir orkufyrirtækin á suðvesturhorni landsins og veitir þjónustu við skjálftastöðvarnar á jarðhitasvæðunum fyrir norðan.



KORTLAGNING OG KORTAGERÐ

- Jarðfræðikort
- Höggunarkort
- Vatnafarskort
- Jarðhitakort
- Hitastigulskort
- Setlagarannsóknir
- Gasflæðimælingar



JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR MÆLINGAR

- Viðnámsmælingar
- Skjálftamælingar
- Þyngdarmælingar
- Hæðarmælingar
- Segulmælingar



EFNAGREININGAR

- Vatn, gas og gufa
- Berg og ummyndun
- Útfellingar og tæring
- Kristalsbygging lyfjafna
- Sýnataka



BORHOLURÁÐGJÖF OG MÆLINGAR

- Hönnun og staðsetning borholna
- Greining á borsvarfi og borkjörnum
- Eftirlit og ráðgjöf við boranir
- Borholumælingar
- Örvun borholna
- Afkastamælingar
- Rekstur borholna
- Ástandsskoðun borholna



MAT OG REKSTUR JARÐHITAKERFA

Hugmyndalíkön
Rúmmálsmat
Mat á áhrifum niðurdælingar
Ferilprófanir
Reiknilíkön
Mat á orkuvinnslugetu og framtíðarspár
Sjálfbær nýting
Umhverfisvöktun
Vinnslueftirlit
Rekstrarráðgjöf



GRUNN- OG NEYSLUVATN

- Vatnsöflun
- Hönnun og staðsetning borholna og brunna
- Ferilprófanir
- Reiknilíkön
- Vatnsvernd
- Nýtingar- og mengunareftirlit



UPPLÝSINGATÆKNI

- Varðveisla gagna
- Miðlun gagna
- Landupplýsingakerfi
- Þrívíð framsetning gagna



Ljósmynd Brynja Jónsdóttir.

Yfirlit um jarðhitaverkefni

Orkufyrirtæki landsins, sem nýta háhitavæði til raforkuframleiðslu, eru áfram með stóra hlutdeild í verkefnum ÍSOR innanlands. Verkefnin hafa í auknum mæli snúist um eftirlit með nýtingu jarðhitavæðanna og viðhaldsborunum. Ásamt því eru fyrirbyggjandi gögn um jarðhitavæðið skoðuð saman en samtúlkun mismunandi gagna með 3D-hugbúnaði gerir sérfræðingum kleift að skilja betur eðli jarðhitakerfa og í framhaldinu verður staðsetning vinnslu- og könnunarholna markvissari.

Að sama skapa hefur orðið töluverð aukning á umsvifum þeirra veitufyrirtækja sem óska eftir sérhæfðri jarðvísinda- og verkfræðipjónustu ÍSOR vegna jarðhitanýtingar. Hita- og vatnsveitur víða um land eru að skoða frekari öflun á vatni, bæði vegna þess að íbúum hefur fjölgað á veitusvæðum og ekki síst vegna stóraukins fjölda ferðamanna sem kallar á aukna nýtingu. Þannig hafa hitaveitur sem hafa haft nægt vatn í áratugi farið að skoða möguleika á frekari borunum eða öðrum úrræðum til að mæta aukinni vatnspörf.

Hér á eftir má sjá yfirlit um nokkur valin verkefni frá árinu 2018.

REYKJANES OG SVARTSENGI

Á árinu 2018 kom ÍSOR að eftirlitsmælingum og afkastamati á holum á Reykjanesi og í Svartsengi ásamt efnaeftirliti, eftirliti með skjálftavirkni á svæðum HS Orku og önnur tilfallandi verkefnum sem upp komu við rekstur virkjana. Lokið var við borun RN-36 á Reykjanesi í janúar og annaðist ÍSOR mælingar og jarðfræðiráðgjöf ásamt því að koma að staðsetningu RN-37, nýjustu vinnsluholu HS Orku á Reykjanesi. Þá hefur einnig verið litið til nærliggjandi svæða til mögulegrar nýtingar, s.s. Stóru-Sandvíkur og Eldvarpa.

Samstarf ÍSOR og HS Orku í rannsóknar-

verkefnum hefur haldið áfram í djúpbörunarverkefninu DEEPEGS sem snýr að því að beisla orkuna í 4,6 km djúpri rannsóknarholu á Reykjanesi. Einnig hefur verið unnið að því að hanna skriðtengi á fóðringar fyrir háhitaborholur.

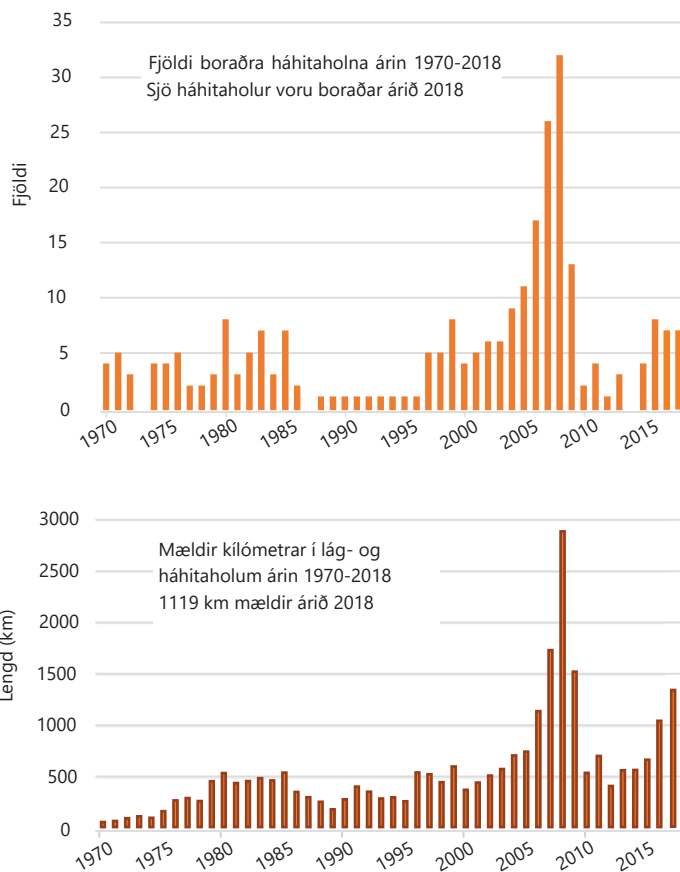
NESJAVELLIR, HELLISHEIÐI OG HVERAHLÍÐ

Stöðugar boranir voru í gangi á vinnslu- svæðum Orku náttúrunnar á árinu 2018. Þessar borholur voru staðsettar og hannaðar til gufuöflunar og er ætlað að halda virkjunum á Hellisheiði og Nesjavöllum í fullum afköstum. Holur NJ-29 og NJ-30 voru boraðar á Nesjavöllum og á

Hellisheiði bættust við þrjár holur á árinu. Lokið var við borun HE-60, HE-61 og HE-62 og borun holu HE-63 hófst í árslok. Holur NJ-30, HE-60 og HE-61 hafa þegar verið afkastaprófaðar. Þær reyndust mjög aflmiklar og hafa þegar verið tengdar virkjununum. Hinar holurnar klárðust síðar á árinu og munu prófanir á afköstum þeirra fara fram á næstu mánuðum. Þjónusta ÍSOR hefur m.a. verið við undirbúning fyrir boranir sem m.a. felst í að nýta ýmis gögn til þess að staðsetja og hanna holuferil. Þá er vandlega farið yfir það hvar búist er við að finna mikilvægar sprungur á meðan á borun stendur. ÍSOR hefur unnið að skýrslugerð við borlok,



Hita- og þrýstinemi til mælinga í borholum. Ljósmynd Brynja Jónsdóttir.



líkt og áður, en slík samantekt er mjög mikilvæg til að skrá og varðveita allar upplýsingar varðandi borunina. Þessi gögn nýtast við undirbúning á frekari borunum og við ýmis úrvinnsluverkefni sem miða að sjálfbærri nýtingu auðlindarinnar. Hluti slíkrar úrvinnslu á árinu 2018 var uppfærsla jarðfræðilíkans á Nesjavöllum.

Eftirlitsverkefni ársins hafa m.a. falist í borholumælingum á vinnsluvæðum ON, uppbyggingu á umfangsmiklu skjálftaneti í Henglinum, ferilprófunum á Nesjavöllum og gasflæðismælingum í Hverahlíð.

Nýlega hófst vinna í rannsóknarverkefninu GECO sem stutt er af H2020 rannsóknar-áætlun Evrópusambandsins sem Orkuveita Reykjavíkur er í forsvari fyrir. Hlutverk ÍSOR í því verkefni er nokkuð umfangsmikið og snýr m.a. að líkanagerð og úttekt á þeim aðferðum sem eru til prófunar til að umbreyta CO₂ gasi í grjót með niðurdælingu.

HVERAGERÐI

Verið er að skoða frekari nýtingu jarðhita í nágrenni við Heilsustofnun NLFÍ við Hveragerði og sá ÍSOR um að gera lauslega könnun og mat á ástandi á tveimur holum á svæðinu. Þá var gert mat á afköstum holnanna ásamt tillögum um frekari gufuöflun.

KRÓKUR Í GRAFNINGI

ÍSOR hefur veitt ráðgjöf við staðsetningu og borun rannsóknarholu á Faldahálsi í landi Króks í Grafningi. Borun holunnar er lokið með góðum árangri en fram undan er skoðun á því hver næstu skref verkaupa verða sem mun leiða í ljós hverjir nýtingarmöguleikarnir eru.

SELFOSS

Ný jarðhitahola, SE-35, var boruð á fyrri hluta ársins 2017 skammt norður af Ölfusárbrú. Borun holunnar var hluti af yfirstandandi jarðhitaleit á Selfossi og nágrenni. Holan var boruð niður á ríflega 900 m dýpi. Holan, sem gefur um 70°C heitt vatn, hefur nú verið virkjuð og er nýtt við húshitun á Selfossi utan við Ölfusá. ÍSOR mun halda áfram jarðhitaleit á Selfossi og nágrenni í samstarfi við Selfossveitur á næstu misserum.

Á árinu 2018 safnaði ÍSOR að venju efnasýnum úr jarðhitaholum og hitaveituvæðum Selfossveitna sem er hluti af eftirliti með eiginleikum hitaveituvatnsins.

Til viðbótar við jarðhitaráðgjöf fyrir Selfossveitur vann ÍSOR að undirbúningi fyrir frekari neysluvatnsöflun fyrir Selfoss. Sú vinna fólst meðal annars í því að staðsetja tvær nýjar vinnsluholur við sunnanvert Ingólfsfjall.

VEITUR

Veitur hafa líkt og önnur veitufyrirtæki fundið fyrir aukinni eftirspurn eftir heitu vatni. Á höfuðborgarsvæðinu hafa Veitur brugðist við með því að skoða betri nýtingu á svæðum sem þegar eru í notkun, s.s. Laugarnesi og Elliðaárdal, og horft til frekari borana í Reykjahlíð í Mosfellsbæ. Sérfræðingar ÍSOR hafa einnig unnið með Veitum að söfnun og skoðun gagna frá Kjalarnesi, Álftanesi og Geldinganesi en þar eru fyrir nokkrar holur sem ekki hafa verið nýttar.

Önnur vinnsluvæði Veitna hafa verið í skoðun með rannsókni á frekari nýtingu og mögulegar boranir í huga. Hitaveita Þorlákshafnar, Bær í Bæjarsveit, Hitaveita Stykkishólms, Hlíðarveita á Efri-Reykjum og Hitaveita Rangæinga voru allar til skoðunar á árinu en mest hefur verið unnið að rannsóknum varðandi boranir á Laugalandi í Holtum. ÍSOR vinnur að því að finna vinnslu- og niðurrennslisholum stað svo auka megi afköst svæðisins ásamt því að horft er til þess að bæta við nýtingu úr Kaldárholti.



Umhverfiseftirlit á Peistareykjum. Ljósmynd Finnþórs Óskarsson.

SUÐUREYRI OG HÓLMAVÍK

Á árinu var unnin samantekt á gögnum og tillögum fyrir Orkubú Vestfjarða vegna mögulegrar öflunar jarðhitavats í nágrenni við þéttbýlisstaði í fjórðungnum. Í framhaldinu hefur kostur verið forgangsraðað og hafa sérfræðingar ÍSOR m.a. unnið að frekari jarðhitaleit við Laugar í Súgandafirði þar sem stefnt er að borun nýrrar vinnsluholu í kjölfar borunar á nokkrum grunnum rannsóknarholum. Í samvinnu við Strandabyggð er möguleg heitavatnsöflun fyrir Hólmavík í skoðun, þar sem bæði er horft til neysluvatns og jarðhitavats til atvinnusköpunar. Þar eru svæðin við Hveravík og Gálmaströnd til skoðunar.

REYKIR Í HRÚTAFIRÐI

Árið 2015 gerði ÍSOR úttekt á jarðhitavæðinu við Reyki í Hrutafirði fyrir Húnaþing vestra þar sem ástand borholna var metið og tillögur gerðar um staðsetningu nýrrar vinnsluholu, RS-15. Áætlanir eru um að stækka veitusvæðið um Hrutafjörð til suðurs. Borun vinnsluholunnar fór fram í lok árs 2018 og benda fyrstu niðurstöður til að holan sé svipað heit og fyrri vinnsluhola, RS-14, en stutt prófun í borlok gaf vísendingar um að holan væri ekki nægilega gæf. Möguleiki gæti þó verið á að fá

aukið vatn með dælingu úr holunni og er athugun á því hluti af næstu verkum ÍSOR fyrir veituna.

REYKIR VIÐ REYKJABRAUT

Í undirbúningi er borun viðbótavinnsluholu á Reykjum við Reykjabraut fyrir Hitaveitu Blönduóss og Skagastrandar. Undirbúningurinn hefur falið í sér ráðgjöf frá ÍSOR á árinu um úrvinnslu á holusjarmælingu í holu RR-21, staðsetningu hennar og eftirlit og úrvinnslu gagna vegna borunar sex grunnra leitarholna.

HROLLEIFSDALUR

Skagafjarðarveitur skoða nú að nýta heitt vatn úr Hrolleifsdal með jarðhitavatni frá jarðhitavæðinu að Langhúsum og/eða Hjaltadal. Þannig eru möguleikar á að stækka veitusvæðið sem þjónustar Hofsós og nágrenni enn frekar til norðurs og suðurs. ÍSOR sá um ráðgjöf varðandi efnafræðilega útreikninga á blöndun sem yrði á vatni frá svæðunum þar sem mismunandi sviðsmyndir voru prófaðar og nýtingarhæfi vökvans metið í kjölfarið. Niðurstöður benda til þess að efnafræðilegir eiginleikar vatns frá svæðunum þremur valdi ekki vandræðum vegna útfellinga í lögnum eða dælubúnaði við blöndun.

EYJAFJÖRÐUR

Unnið var í mörgum verkefnum fyrir Norðurorku á síðasta ári. Má þar nefna kortlagningu hitastiguls, segulmælingar og segulkortlagningu, fjölgeisladyptarmælingar í Eyjafirði og úrvinnslu þeirra og loks jarðfræðikortlagningu berggrunnis. Auk þessa var unnið úr gögnum sem safnað hefur verið um hefðbundið vinnslueftirlit með jarðhitavæðunum sem Norðurorka nýtir. Stóra verkefnið á árinu 2018 var hins vegar undirbúningur útboðs á borun nýrrar vinnsluholu á Hjalteyri, ráðgjöf við borun holunnar og rannsóknir tengdar borverkinu (sjá nánari umfjöllun á síðu 18).

KRAFLA, BJARNARFLAG OG PEISTAREYKIR

ÍSOR sá um eftirlitsmælingar og umhverfiseftirlit þar sem fylgst er með áhrifum nýtingar á jarðhitakerfin sem Landsvirkjun nýtir til raforkuvinnslu. Virkjun á Peistareykjum var gangsett í árslok 2017 og er enn verið að vinna úr þeim gögnum sem aflað var í undirbúningi og við boranir á svæðinu vegna gufuöflunar fyrir virkjunina. Sú úrvinnsla miðar að því að endurskoða núverandi hugmyndalíkan af svæðinu til að skilja



Viðnámsmælingar á Öræfajökli. Ljósmynd Arnar Már Vilhjálmsson.

betur eðli jarðhitakerfisins sem leiðir síðan til betri ákvarðanatöku og árangurs á sjálfbærri nýtingu svæðisins til framtíðar. Á árinu var unnið úr nokkrum holusjarmælingum og er túlkun þeirra ásamt gögnum frá yfirborðskortlagningu og strúktúrgreiningum auk borana á svæðinu lyklatríði til að skilja flókna tektóník sem einkennir jarðhitasvæðið á Þeistareykjum.

ESKIFJÖRÐUR

ÍSOR vann að endurmati á afkastagetu og mati á áhrifum mögulegs vatnsleka vegna borunar Norðfjarðarganga á jarðhitakerfið við Eskifjörð. Verkið fólst í samantekt á vinnslu-, vatnsborðs- og niðurdælingargögnum frá 2013 til 2017 ásamt eldri gögnum, allt til ársins 2003. Notað var þjappað líkan (Lump-fit) af svæðinu til að spá fyrir um afköst svæðisins. Þeir reikningar gefa til kynna að niðurdæling er mikilvægur hluti sjálfbærrar vinnslu úr svæðinu. Vatnsborðslækkun sem kom fram við borun Norðfjarðarganga hefur gengið til baka.

HOFFELL

Árið 2018 var boruð fimmta djúpa rannsóknarholan í svæðið við Hoffell, HF-5. Sem fyrr var ÍSOR til ráðgjafar

fyrir RARIK í undirbúningi og á meðan á borun stöð ásamt því að sjá um prófanir og mat á árangri. Holusjarmælingar hafa reynst mikilvægar til að skilja betur eðli og staðsetningu vatnsleiðandi sprungna við Hoffell. Árangur borunar var góður og hitastig vatns úr holunni tæplega 80°C. Niðurstöður forðafraeðireikninga sem ÍSOR hefur unnið fyrir jarðhitasvæðið benda til að það standi undir 35–45 L/s meðalvinnslu en mælt er með niðurdælingu til að lágmarka niðurdrátt.

ÖRÆFAJÖKULL

Á vormánuðum 2017 hófust allmiklar jarðhræringar í Öræfajökli og síðla hausts myndaðist sigketill í jöklinum og rafleiðni vatns jókst í Kvía austan jökulsins. ÍSOR tók að sér, í samvinnu við Jöklarannsóknafélag Íslands, Jarðvísindastofnun Háskólans og Veðurstofuna, að kanna með tólf TEM-viðnámsmælingum hvort merki væru um jarðhitaummyndun undir jöklinum. Nánast engin jarðhitavirkni var áður þekkt í Öræfajökli en mælingarnar sýna óeðlilega lágt viðnám undir jöklinum sem bendir eindregið til þess að þar hafi verið jarðhitavirkni, þó greinilega ekki samfelld í tíma, en gæti tekið sig upp með tilheyrandi flóðahættu.

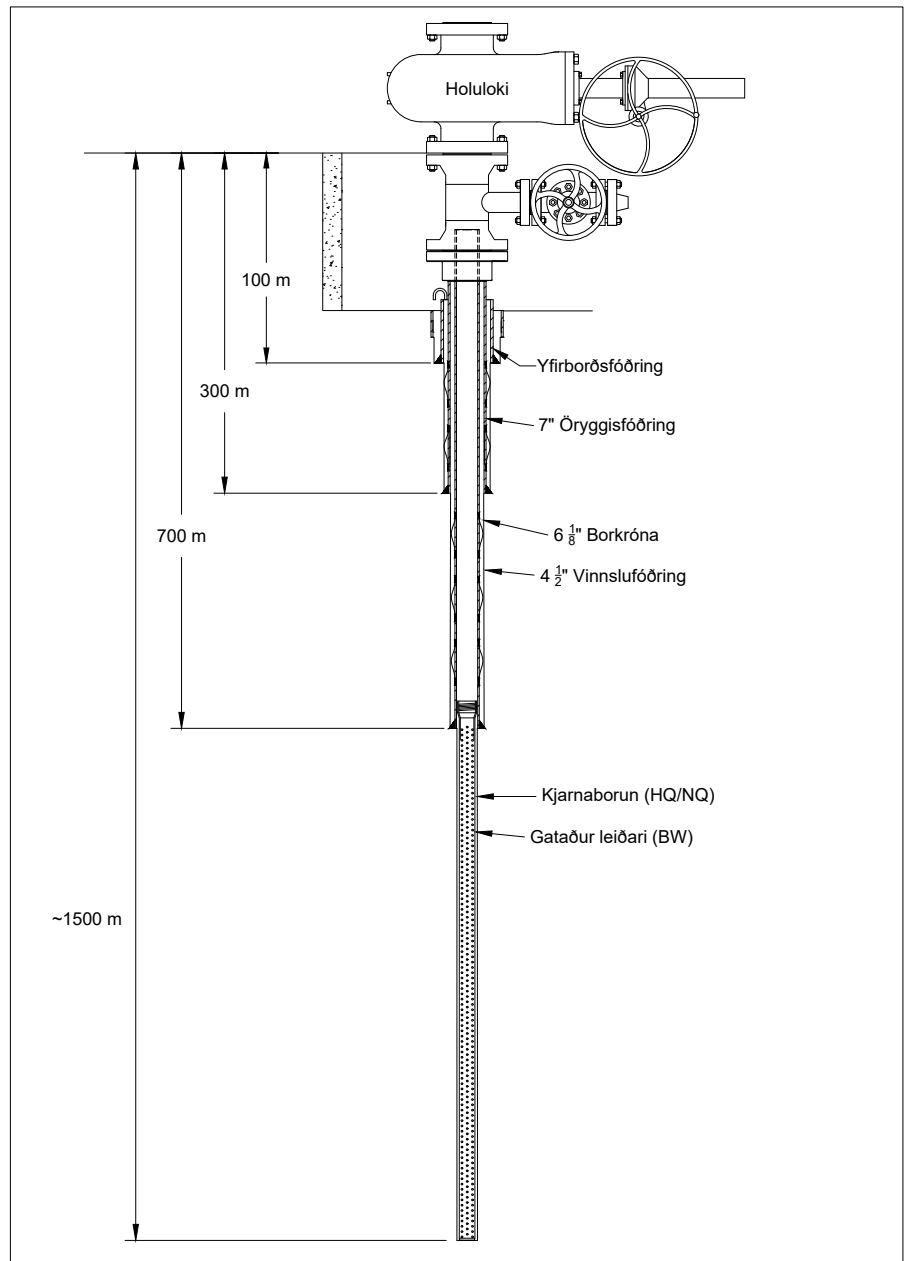
ÞJÓRSÁRHOLT

Fyrir Skeiða- og Gnúpverjahrepp vann ÍSOR að ráðgjöf að staðsetningu holu, ÞH-5 til öflunar heits vatns í Þjórsárdal. Segja má að árangur þeirrar borunar hafi verið vonum framar og er holan ein gjöfulasta lághitahola á landinu, gefur 80–100 L/s af 67°C heitu vatni.

Grannar holur sem rannsóknarholur á jarðhitasvæðum

Það er ekki ný hugmynd að bora grannar borholur sem fyrstu rannsóknarholur á háhitasvæðum (>200°C) og sjóðandi svæðum þar sem hitinn er 100-200°C. Flestar af fyrstu háhitaholunum sem boraðar voru hér á landi um miðja síðustu öld voru grannar og grunnar en þegar leið á öldina var hefðin sú að bora rannsóknarholur í sömu vídd og dýpt og vinnsluholur.

Á undanförunum árum hefur ÍSOR komið að borun nokkurra grannra rannsóknarholna erlendis í þeim tilgangi að fá upplýsingar um jarðlög, hita og þrýsting, til að afkastamæla holurnar og ná sýnum af jarðhitavökvanum til efnagreininga. Slíkar holur geta vel komið til greina sem valkostur á nýjum jarðhitasvæðum eða sem jaðarholur við útvíkkun vinnslusvæða. Í sumum þessara tilvika voru notaðar saman mismunandi boraðferðir og byrjað á hefðbundinni hjólakrónumborun en vinnsluhlutinn boraður með kjarnabor. Þennan háttinn verður að hafa því kjarnafóðringar eru of veikburða gagnvart þeim vatns- eða gufuþrýstingi sem vænta má á háhitasvæðum. Auk þess þarf að nota öryggisloka meðan á borun stendur. Þetta eykur flækjustigið í verkinu því að með bortækini og búnaðinum þarf að geta beitt bæði hjólakrónu- og kjarnaborun. Einnig gilda ólíkir staðlar varðandi fóðringar og borstrengi við borun þessara holugerða. Eigi verkið að vera unnið með einum bor þarf að aðlaga borinn og fá borbúnað sem stenst umræddar kröfur. Í langflestum tilvikum er talið nægjanlegt að fyrstu rannsóknarboranir nái niður á 1500 m dýpi þar sem efsta hluta jarðhitakerfanna er iðulega að finna á 800-1000 m dýpi. Við hönnun grönnu rannsóknarholnanna hefur því verið miðað við 1500 m lokadýpi. Sömu kröfur verður að gera til grönnu rannsóknarholnanna og annarra háhitaholna og er mið tekið af öryggisstöðlum frá Nýja-Sjálandi (NZS 2403:2015 og 1991).



Dæmi um granna rannsóknarholu.



1



2



3

- 1 Kjarnabor að bora á jarðhitasvæði á Filippseyjum. Borað var niður á 1200 m dýpi og notaðir öryggislokar. Sami borinn boraði alla holuna.
- 2 Afkastamæling grannrar rannsóknarholu. Hiti við æð mældist 207°C.
- 3 Djúpan kjallara þurfti fyrir kjarnaborinn til að hægt væri að uppfylla öryggiskröfur. Ljósmyndir Bjarni Richter og Þorsteinn Egilson.

HVERS VEGNA ÆTTI AÐ BORA GRANNAR RANNSÓKNARHOLUR Á NÝJU JARÐHITASVÆÐI?

Almenna reglan er sú að nota má minni bortæki til að bora grannar borholur en víðar og djúpar vinnsluholur. Borkostnaður slíkra holna er því almennt lægri. Þá er borplan minna um sig og vegagerð einfaldari. Umhverfisáhrif borunarinnar og jarðrask verður því minna en ef beitt er stórum bortækjum. Grannar holur veita nokkurn veginn sömu upplýsingar og víðari holur um jarðhitakerfið sem verið er að rannasaka, svo sem upplýsingar um jarðlög, ummyndun jarðlaga, misgengi, æðar, hitastig og þrýsting í jarðhitakerfum. Þessar grönnu holur má einnig, ef vel tekst til, afkastaprófa og safna sýnum af vökvanum úr jarðhitageyminum. Slík afkastapróf geta gefið mikilvægar upplýsingar um eðli kerfisins og vinnslueiginleika jarðhitavökvans þótt afköstin komist ekki í hálfkvist við afköst víðu holnanna.

Hér eru talin upp nokkur atriði sem geta hjálpað til við ákvörðun um hvort bora eigi grannar rannsóknarholur á nýju svæði fremur en víðar:

- Grönnri holur eru almennt ódýrari en hefðbundnar: ódýrari bortæki, minna af stáli og steypu, minni efniskostnaður og minni úrgangur.
- Hár borkostnaður er oft hindrun þegar kemur að því að hefja rannsóknarboranir, safna upplýsingum og staðfesta niðurstöður yfirborðsrannsókna. Með borun ódýrari holna er auðveldara að koma rannsóknarborunum á koppinn.
- Minna umfang bors þýðir minni flutningatæki og minna rask við boranir á viðkvæmum, afskekktum svæðum. Borplanið er minna (eða jafnvel ekkert) og því þarf minni ofaníbúrd í vegi og borplan, sem einfaldara er að fjarlægja eftir á.
- Hugsanlega er einfaldara að fá leyfi til borana.
- Minni eldsneytisþörf fyrir borana, sem sparar útblástur og mengun (dregur úr CO₂ mengun).
- Minni vatnsþörf við borunina.
- Skemmri tími í flutning, en kjarnaborun tekur þó lengri tíma en hefðbundin hjólafrónuborun.
- Hægt er að fá sömu rannsóknarupplýsingarnar, óháð vidd borholunnar, um hita, þrýsting og vinnslueiginleika vökvans. Borkjarni veitir hins vegar nákvæmari upplýsingar um jarðlög, strúktúra, ummyndun og poruhluta en fást úr borsvarfi.
- Ef grönn rannsóknarhola sýnir fram á að vinnsluhæft jarðhitakerfi sé til staðar hefur áhættan við að bora hefðbundna vinnsluholu á svipuðum slóðum verið minnkuð verulega og fjármögnun framhaldsborana því auðveldari.
- Ef grönn rannsóknarhola sýnir fram á að jarðhitakerfi sé ekki til staðar er tapaður kostnaður mun minni en ef um hefðbundna, víða rannsóknarholu hafi verið að ræða.
- Grönn rannsóknarhola getur nýst sem eftirlitshola, sem minnkar þörfina á að taka aðrar holur úr framleiðslu eða bora sérstakar holur til eftirlits með hita og þrýstingi í jarðhitakerfinu. Einnig gætu grannar holur í einstaka tilfellum nýst sem niðurrennslislokar.
- Ef grönn rannsóknarhola nær góðri lekt og háum hita er hugsanlega hægt að nota hana til rafmagnsframleiðslu með holutoppstúrbínu meðan verið er að þróa jarðhitasvæðið. Slík framleiðsla getur einnig gefið mikilvægar upplýsingar um viðbrögð jarðhitageymisins þótt um litla massatöku sé að ræða



Ljósmynd Bjarni Gautason.



Frá blásturspröfun holu HJ-21. Mælikarið var yfirfullt af ríflega 87 gráðu heitu vatni. Ljósmynd Unnur Þorsteinsdóttir.

YFIRLIT UM JARÐHITAVERKEFNI

Aflmikil lághitahola á Hjalteyri

Jarðhitasvæðið við Hjalteyri hefur verið mikilvægasta vinnslusvæði Norðurorku á þessari öld. Jarðhitasvæðið var kortlagt, meðal annars með hitastigulsborunum, um aldamótin en kveikjan að leitinni var borun sjótökuholu vegna fiskeldis sem þá var rekið á Hjalteyri. Stóð Arnarneshreppur að leitinni framan af með ráðgjöf og rannsóknnum ÍSOR.

ÍSOR hefur frá upphafi veitt Arnarneshreppi og síðan Norðurorku vísindalega ráðgjöf, fyrst vegna leitarinnar, og síðan í tengslum við rekstur jarðhitasvæðisins. Elsta vinnsluholan á svæðinu, HJ-19, var boruð sumarið 2002. Hún var mjög vel heppnuð og sýndi að svæðið var jafnvel öflugra en menn höfðu þorað að vona. Annarri vinnsluholu var bætt við í ársbyrjun 2005 og var hún hugsuð sem varahola en síðustu ár hafa báðar holurnar verið í nær stöðugri notkun.

Þriðja vinnsluholan, HJ-21, var boruð á

vormánuðum 2018. Jarðborinn Sleipnir var fenginn til að bora holuna og hófst borverkið þann 6. maí og lauk þann 15. júní 2018. Í borverkinu var beitt jafnvægisborun sem felur í sér að lofti er dælt með skolvatninu niður borstrenginn. Loftbólurnar rísa síðan hratt og rífa með sér vatn og svarf til yfirborðs. Nafnið vísar til þess að reynt er að halda þrýstijafnvægi milli æða í berginu umhverfis holuna og holunnar sjálfar þannig að tryggt sé að lítið sem ekkert skolvatn og svarf berist út í æðar.

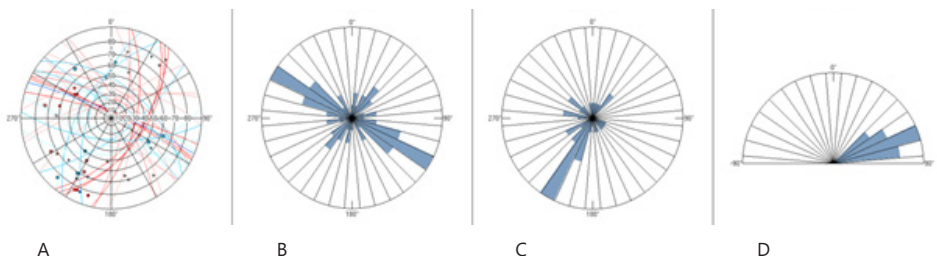
Jarðlög holu HJ-21 hafa verið kortlögð með greiningu borsvarfs og hefðbundnum jarðlagamælingum. Auðvelt er að tengja saman jarðlög milli holna HJ-19 og HJ-21 en einhver færsla virðist hafa átt sér stað á jarðlagastaflaum milli HJ-20 og hinna holanna. Könnun holunnar með hljóðsjá (e. borehole acoustic televiewer) fór fram í júlí 2018 og benda niðurstöður til þess að opnar sprungur, sem líklega

tengjast æðum holunnar, séu með NV-SA-eða VNV-ASA-læga stefnu. Eins benda niðurstöður holusjarmælinga til þess að holan hafi leitað lítið eitt til SA við borun vinnsluhlutans.

Hola HJ-21 er boruð með 12¼" (311 mm) víðum vinnsluhluta ólíkt hinum tveimur vinnsluholum, sem báðar eru með 8½" (216 mm) víðum vinnsluhluta.

Með vaxandi heitavatnsnotkun á þjónustusvæði Norðurorku hefur þróunin orðið sú að nota þarf báðar holurnar allan ársins hring enda stendur Hjalteyrarsvæðið undir meira en helmingi af heitavatnsnotkun Akureyrar og nágrennabyggða. Því var orðið aðkallandi að bora eina vinnsluholu til viðbótar svo að Norðurorka hefði ávallt varaholu tilbúna til að dæla úr kerfinu ef t.d. dæla í annarri hinna holnanna skyldi bila. Holan virðist hafa tekist einstaklega vel og bendir allt til að HJ-21 verði ein af aflmestu lághitaholum landsins.

- Úrvinnsla úr hljóðsjá sem sýnir legu sprungna víðari en 200 mm.
- A) Ofanvarp sprungna (línur markað skurð sprunguflata við efra hálfhveli) á láréttum fleti, punktarin markað póla flatanna.
 - B) Strikstefna sprungnanna.
 - C) Hallastefna sprungnanna.
 - D) Halli sprungna frá láréttu.



Ný vinnsluhola í Ósabotnum

Vinnsluholan ÓS-4 í Ósabotnum, norðaustan við Selfoss, var boruð frá október 2018 til janúar 2019. Selfossveitur létu bora holuna til að mæta vaxandi heitavatsþörf í sveitarfélaginu og sá ÍSOR um boreftirlit og ráðgjöf meðan á borun stóð. Borunin gaf góðan árangur og varð holan 2429 m djúp en þess má geta að það er töluvert langt síðan að svona djúp vinnsluhola hefur verið boruð á lághitasvæði á Íslandi. Vinnslueftirlit og forðafræðiútreikningar á Ósabotnasvæðinu hafa gefið til kynna að von sé að fá megi meira vatn en nú er tekið úr jarðhitakerfinu. Ræktunarsamband Flóa og Skeiða boraði holuna með jarðbornum Sleipni. Í fyrstu stóð til að nota jarðborinn Nasa til verksins en þar sem mikill áhugi var fyrir því að kanna jarðhitakerfið dýpra niður var ákveðið að fá stærri bor til verksins og hentaði Sleipnir vel í það. Nasi getur einungis borað niður á 1700-1800 m dýpi en samkvæmt hitamælingum úr nálægum vinnsluholum virðist jarðhitakerfið ná dýpra en það.

Borverkið gekk í meginatriðum mjög vel og urðu engin meiriháttar vandræði meðan á borun stóð. Holan var boruð sem víð vinnsluhola, þ.e. fóðruð með 13¾" víðri vinnslufóðringu niður í 454 m, síðan boruð

með 12½" borkrónu niður í 1384 m, 9¾" krónu niður í 1854 m og að lokum með 8½" krónu niður á 2429 m dýpi. Fyrst varð vatns vart á 1050 m dýpi þegar bormenn misstu nánast allt skolvatn. Eftir það var holan jafnvægisboruð með lofti og vatni til að ná að hreinsa hana betur og ná upp svarfi. Vatn jókst jafnt og þétt eftir því sem dýpra var borað og benda hitamælingar í holunni til þess að hún hafi skorið vatnsgefandi æðar alveg niður á 2300 m dýpi. Vatnshiti í jarðhitakerfinu fyrir neðan 2000 m er um 105-115°C sem er um 20°C heitara en sá vatnskerfishiti sem verið er að vinna í nálægum vinnsluholum ofan við 1500 m dýpi. Stutt afkastamæling sem var gerð í holunni í borlok sýndi að hún gaf um 90-100 L/s af uppkomnu vatni með ríflega 100 m niðurdrætti. Það skal þó tekið fram að um stutt afkastapróf er að ræða og mun langtímadæling með öxuldælu gefa betri mynd af því hversu mikið verður hægt að dæla upp úr holunni samhliða öðrum vinnsluholum á svæðinu. Við Ósabotna eru fyrir þrjár vinnsluholar sem gefa samtals meira en 100 L/s og með tilkomu holu ÓS-4 mun því fánlegt vatn á svæðinu aukast til muna.

ÍSOR staðsetti þessa nýju vinnsluholu samkvæmt sprungumælingum úr nærliggjandi rannsóknarholu, HT-27, sem var boruð í mars 2018. Við borun á þeirrar holu sást greinilega, með holusjá, hvar borinn skar sprungur á litlu dýpi. Nýja vinnsluholan, ÓS-4, var staðsett út frá halla og stefnu sprungna í rannsóknarholunni með það að markmiði að skera vatnsleiðandi sprungur á um 1000 m dýpi. Að auki var tekið mið af núverandi vinnslu- og rannsóknarholum á svæðinu þegar ÓS-4 var staðsett.

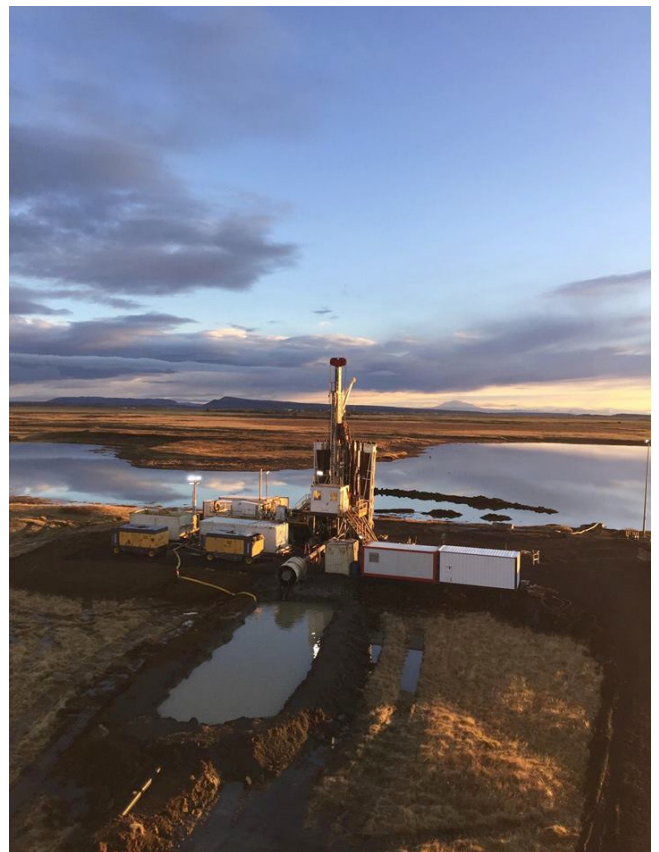
Í stórum dráttum er þetta borverk til marks um vel heppnaða greiningu á sprungum með holusjá og ljóst að henni muni verða beitt í auknum mæli framvegis. Þessar mælingar hafa gagnast vel síðan þeim var markvisst beitt við staðsetningu borholna við Hoffell í Hornafirði og einnig við leit að jarðhita á öðrum svæðum.

Við hjá ÍSOR óskum Selfyssingum til hamingju með árangurinn og vonum að hið ört stækkandi sveitarfélag nái að ylja íbúum sínum um nána framtíð með þessari viðbót.

- 1 Mæling á uppkomnu vatni í v-laga yfirfalli frá bornum.
Ljósmynd Heimir Ingimarsson.
- 2 Jarðborinn Sleipnir að bora holu ÓS-4 í Ósabotnum.
Ljósmynd Sveinn Óðinn Ingimarsson.



1



2

Samtúlkun jarðvísindagagna

Á síðustu misserum hafa þverfagleg verkefni innan ÍSOR færst í aukana. Þessi verkefni geta til dæmis verið tengd borunum og holustaðsetningu eða þrívíddarlíkönum. Þá hafa hópar sérfræðinga, hver úr sinni átt, komið saman og borið saman gögn og niðurstöður rannsókna. Fyrirliggjandi gögn eru þá skoðuð saman og er oft stuðst við tölvuforrit til þess. Gögn sem eru notuð í þessum verkefnum geta til dæmis verið upplýsingar um brot og jarðfræði svæða, viðnámslíkön, upplýsingar úr borholum, loftmyndir og fleira.

Mismunandi gögn um ákveðið svæði gefa mun betri sýn á innri gerð jarðhitakerfisins ef þau eru skoðuð saman. Sem dæmi má nefna samtúlkun viðnámsgagna og kortlagningar þar sem hægt er að áætla útmörk jarðhitakerfisins mun betur.

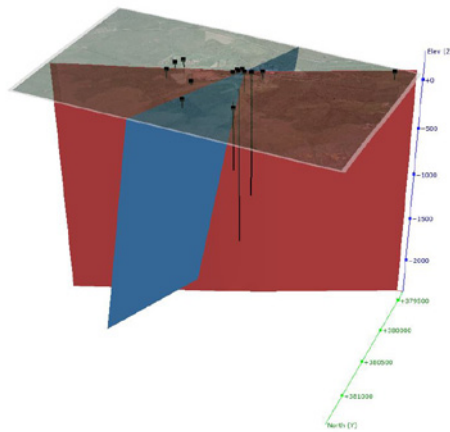
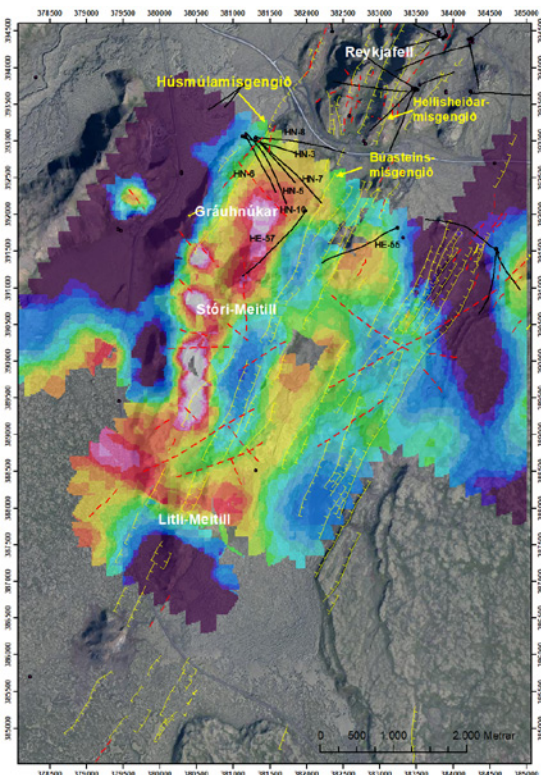
Líkön gera okkur svo kleift að skoða jarðhitakerfin í þrívídd og hefur notkun þrívíddarforritsins Leapfrog aukist mikið síðustu ár. Fyrst um sinn voru það aðallega stóru háhitakerfin sem voru sett upp í þessu forriti en það hefur færst í aukana upp á síðkastið að setja minni lághitasvæði inn, með góðum árangri. Oft er minna um rannsóknir á lághitasvæðunum og færri holur til þess að skoða. Þó er hægt að nálgast upplýsingar úr þeim holum sem eru á staðnum (t.d. hitamælingar) ásamt yfirborðsrannsóknum eins og kortlagningu og viðnáms- og skjálfta-mælingum.

Þessi þrívíðu líkön, ásamt forðafræðilíkönunum, gera okkur svo kleift að þekkja jarðhitakerfin mun betur. Þetta getur því hjálpað okkur mikið við framtíðarboranir á svæðunum. Holur eru þá gjarnan staðsettar með aðstoð þessara líkana og þau notuð til þess að spá fyrir um hvernig holan muni verða áður en borun hefst. Þá er hægt að reyna að sjá fyrir hvernig jarðfræði holunnar verði, hvenær æðar komi fram og á hvaða dýpi holan er komin í nægan hita. Oft eru nokkrar holur staðsettar og ákjósanlegasti kosturinn svo valinn út frá greiningum á holutilögum.

Einnig hafa þessi líkön verið notuð til þess að gera grein fyrir þeim svæðum og jarðlögum sem slæmt getur reynst að bora í vegna til dæmis hrunhættu eða kælingar í kerfinu. Þetta getur því í sumum tilfellum dregið verulega úr áhættu þegar kemur

að borun og hjálpað við að greina fyrir fram hvar hættusvæði verða í holu í borun. Þessar greiningar geta því minnkað áhættu og lækkað kostnað við borun.

Mismunandi líkön er svo hægt að skoða saman eins og til dæmis jarðfræðileg líkön, ummyndunarlíkön, flæði vatns, hita- og þrýstilíkön, innskota- og sprungulíkön og margt fleira. Að auki er mjög gagnlegt að skoða jarðskjálfta í þessum þrívíðu líkönunum. Þá er auðvelt að sjá þær sprungur og misgengi sem skjálftarnir eiga upptök í og er þá einnig hægt að skoða skjálftana í tíma og sjá hvernig skjálftar á jarðhitasvæði þróast. Þetta er svo hægt að bera saman við önnur gögn þrívíðu líkananna, s.s. yfirborðskort og margvíslegar upplýsingar úr borholum.

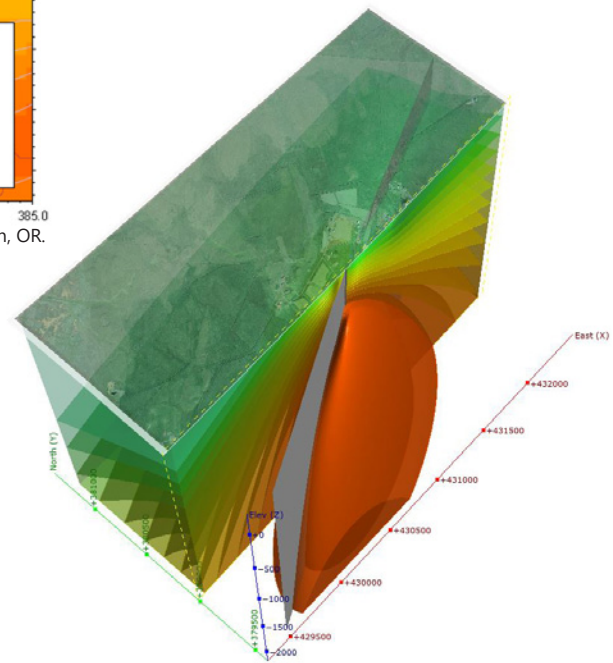
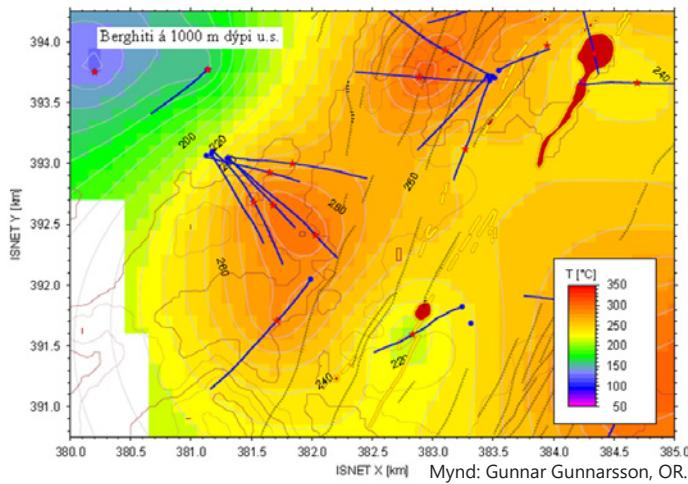


SPRUNGULÍKAN

Helstu sprungur svæða eru oft settar upp í þrívíðum líkönunum sem auðvelda okkur að sjá hvar holur (muni) skera sprungurnar, en sprungurnar eru helstu vatnsleiðarar jarðhitakerfanna. Líkönin sýna okkur því hvernig sprungurnar liggja í kerfinu.

JARÐFRÆÐIKORTLAGNING OG VIÐNÁMSMÆLINGAR

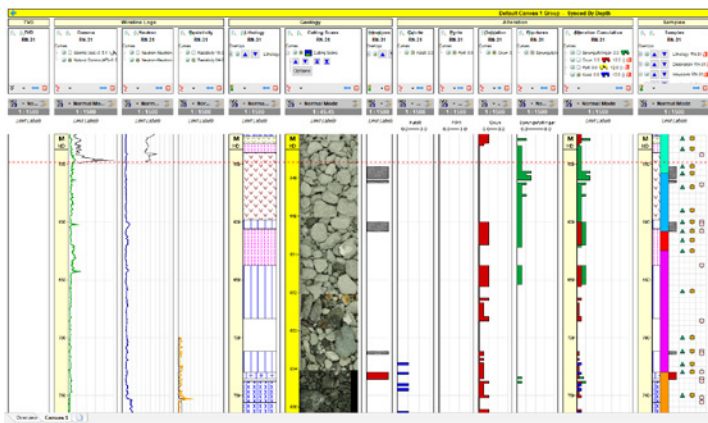
Myndin til vinstri sýnir dæmi um samtúlkun gagna úr viðnámsmælingum og jarðfræðikortlagningu. Brot svæðisins má sjá með gulum og rauðum línunum og dýpi niður á lágviðnámskápu eru litaðir fletir. Svartir línustubbar eru ferlar borholna. Með því að skoða þessi gögn saman má áætla útmörk jarðhitakerfisins. Einnig má sjá að viðnámið myndar áberandi hrygg og strúktúra sem sjást einnig í brotum og í yfirborðslandslagi. Hér styðja því gögnin hver við önnur.



BERGHITAKORT OG LÍKAN

Á kortinu má sjá hvernig berghiti kerfis á 1000 m dýpi undir sjó er. Á kortið er einnig búið að teikna upp helstu sprungur sem sjást á yfirborði og ferla borholna. Með þessum upplýsingum, ásamt til dæmis viðnámi, efnafræði og jarðskjálftum, má svo staðsetja nýjar borholur á markvissan hátt.

Berghitalíkön eru búin til með gögnum úr borholum. Myndin hér til hliðar sýnir eitt slíkt líkan fyrir Laugaland í Holtum. Þegar berghita- og sprungulíkönin eru skoðuð saman má sjá að hitinn virðist fylgja stærstu sprungum kerfisins.

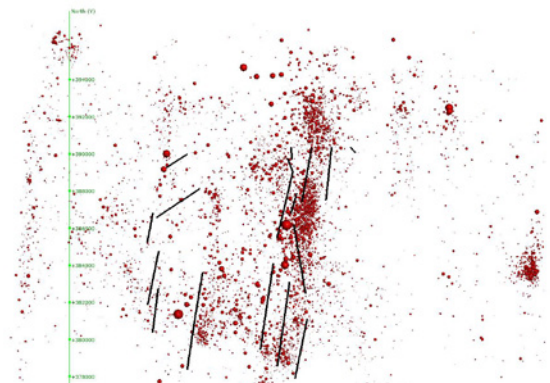


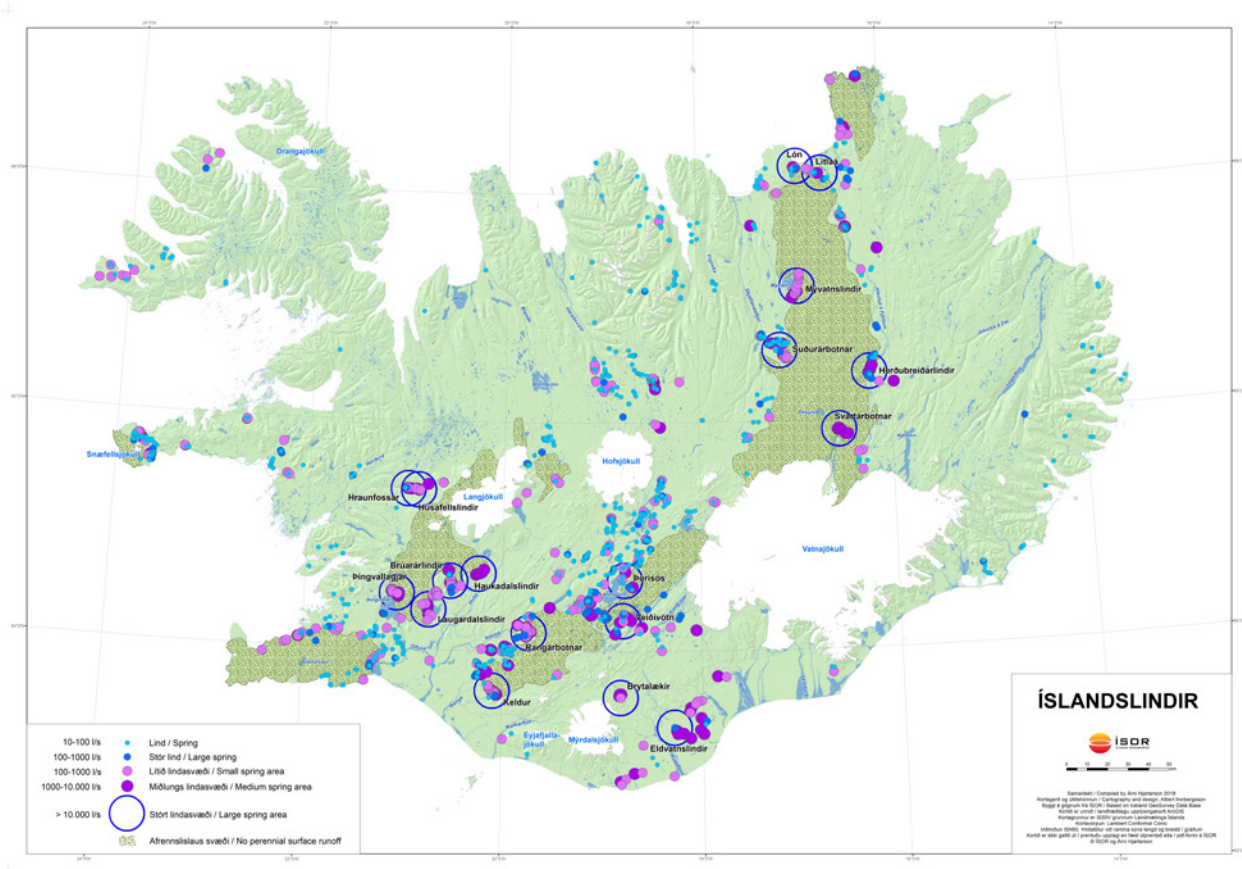
GÖGNUM AFLAÐ ÚR BORHOLUM

Nýlega var tekið í gagnið forritið iPoint hjá ÍSOR. Þetta forrit kemur til með að leysa af hólmi nokkur önnur forrit og því hægt að vista og skoða flest borholugögn á einum stað. Myndin hér til vinstri sýnir hefðbundna uppsetningu á gögnum úr einni holu. iPoint forritið auðveldar því að skoða jarðeðlisfræðileg gögn, jarðlagagreiningar, ummyndun og annað í holum auk þess sem myndir af svarfi eða einstaka sýnum og kristöllum eru vistaðar á viðeigandi dýpi í holunni. Uppsetning sem þessi hjálpar að skilja jarðhitakerfin betur og eiginleika þeirra. Gögin eru svo ymist sett inn í þrívíð líkön eða túlkuð áfram með öðrum hætti.

SKJÁLFTAGÖGN

Á myndinni til hægri má sjá ofanvarp á alla skjálfta sem urðu á tímabilinu 1995–2018 í austanverðum Holtum á Suðurlandi. Sjá má hvernig skjálftarnir raða sér eftir kortlögðum sprungum á yfirborði. Stærsti rauði punkturinn í skjálftaþyrpingunni á miðri mynd er stóri Suðurlandsskjálftinn 17. júní árið 2000. Hann var á 6,3 km dýpi og var 6,5 að stærð.





Grunnvatnsrannsóknir

Hjá ÍSOR er unnið að fjölbreyttum rannsóknum og þjónustu sem varðar mat á grunnvatnsauðlindinni, verndun hennar, öflun nytjavatns, t.d. með borunum, og ekki síst áhrif nýtingar og mögulegrar mengunar. Þá tekur ÍSOR þátt í tveimur rannsóknarverkefnum á sviði grunnvatnsrannsókna á samstarfsvettvangi jarðvísindastofnana Evrópu, GeoERA. Þau fjalla annars vegar um að byggja upp aðferðafræði við samræmt mat á grunnvatnsauðlindinni í hverju landi (RESOURCE) og hins vegar að kortleggja efnafræðilega þætti grunnvatns, m.a. með tilliti til heilsufarslegra þátta.

ÍSLANDSLINDIR – GAGNASAFN UM GRUNNVATNSAUÐLINDINA

Við undirbúning sýningar Náttúruminjasafnsins, Vatnið í náttúru Íslands, var ÍSOR falið að útbúa kort þar sem sýndar eru stærstu og mikilvægustu lindir og lindasvæði landsins. Gagnagrunnur ÍSOR um vatnsból, lindir, borholur og efna-samsetningu grunnvatns er hluti af umfangsmesta gagnasafni landsins á sviði jarðrænna auðlinda og nýtingu þeirra. Gagnasafnið, sem m.a. er vistað í land-upplýsingakerfi GIS, nýtist við útgáfu jarðfræðikorta ÍSOR ásamt allri verkefnavinnu og þjónustu ÍSOR á sviði grunnvatnsrannsókna. Í samstarfi við Náttúrufræðistofnun Íslands tók ÍSOR þátt í gerð samantektar um lindir og lindasvæði landsins sem lögð er til grundvallar við gerð náttúruminjaskrár umhverfis- og auðlindaráðuneytisins.

ÖFLUN OG EFTIRLIT MEÐ NEYSLUVATNI

Á árinu var nokkuð um almenna ráðgjöf ÍSOR til öflunar neysluvatns, bæði fyrir einstaklinga, sumarbústaðahverfi og þéttbýlisstaði. Meðal annars var unnið með Selfossveitum að öflun neysluvatns fyrir stækkandi þéttbýli Árborgar, vatnsöflun fyrir sumarbústaðahverfi í landi Minna-Hofs á Rangárvöllum gekk vel og staðsett var ferskvatnshola fyrir nýja salernis-aðstöðu við Djúpalónssand á Snæfellsnesi.

Vatnsveitur á höfuðborgarsvæðinu hafa staðið í ströngu að undanförunu og hefur ÍSOR verið til ráðgjafar, t.d. vegna ástands-skoðana á eldri borholum og verið með í ráðum um hvernig bregðast skuli við mengunarhættu frá yfirborðsvatni. ÍSOR tekur sýni af neysluvatni til efnagreininga fyrir vatnsveitur Hafnarfjarðar og Kópavogs ásamt því að sjá um eftirlit með neysluvatni í Mosfellsdal.

Á Miðnesheiði hefur ÍSOR séð um eftirlit með neysluvatni enda er grunnvatn á Reykjanesi mjög viðkvæmt gagnvart mengun og ofnýtingu. Varúðar er því þörf. Grunnvatnsérfræðingar ÍSOR hafa verið fengnir til að rýna og gefa ráð varðandi framkvæmdir við rafllínuleið um Reykjanes, staðsetja framtíðarvatnsból fyrir HS Veitur við Arnarsetur ásamt því að meta áhrif affallsvatns frá Carbon Recycling metanól-verksmiðju í Svartsengi.

FISKELDI

Á níunda áratug síðustu aldar stóð Orku-stofnun fyrir sérstöku átaki til rannsókna og vatnsöflunar til uppbyggingar fiskeldis á landi. Síðan þá hefur safnast upp mikilvæg sérfræðipækning sem nú er að finna hjá ÍSOR. Verkefni ársins 2018 fólust í ráðgjöf við starfandi fiskeldisfyrirtæki, s.s. afkastamælingar á borholum Tungusilungs í Tálknafirði og eftirlit með áhrifum nýtingar Matorku á grunnvatn á svæðinu við Húsatóftir.



Ljósmynd Finnþógi Óskarsson.

Hlutverk ÍSOR í umhverfismálum

Umhverfisrannsóknir ÍSOR snúast aðallega um rannsóknir og þjónustu við mat á og eftirliti með umhverfisþáttum jarðhitanýtingar ásamt nýtingu og eftirliti með grunnvatnsauðlindinni. Umhverfisrannsóknir jarðhitanýtingar er þverfaglegt svið þar sem sérfræðingar á mismunandi fagsviðum sinna afmörkuðum þáttum í eftirliti með nýtingu jarðhita. Á þeim sviðum hafa á undanförunum árum orðið stórauðnar kröfur og áskoranir ekki síst í ljósi aðgerða gegn loftslagbreytingum.

Í samstarfi við orkufyrirtæki landsins, sér í lagi þau sem nýta jarðhita til raforkuframleiðslu á háhitasvæðum landsins, hafa rannsóknaraðferðir og túlkun á niðurstöðum ýmissa umhverfisrannsókna verið í þróun hjá ÍSOR. Þau viðfangsefni tengjast ekki síður sambærilegri jarðhitanýtingu erlendis þar sem sömu umhverfisþættir eru til rannsókna. Því hafa erlend samstarfsverkefni spilað stórt hlutverk í þróun aðferða og úrvinnslu. Hér má nefna verkefni sem fjalla um förgun CO₂ úr útblæstri virkjana en þar hefur ÍSOR tekið þátt í verkefnum Orkuveitu Reykjavíkur, CarbFix, sem vakið hafa heimsathygli. Áframhaldandi þróun á förgun CO₂ með niðurdælingu er unnin í samstarfi við Orkuveitu Reykjavíkur og ýmsa erlenda aðila í verkefni sem nefnist GECCO, en það er styrkt af H2020 rannsóknaráætlun Evrópusambandsins.

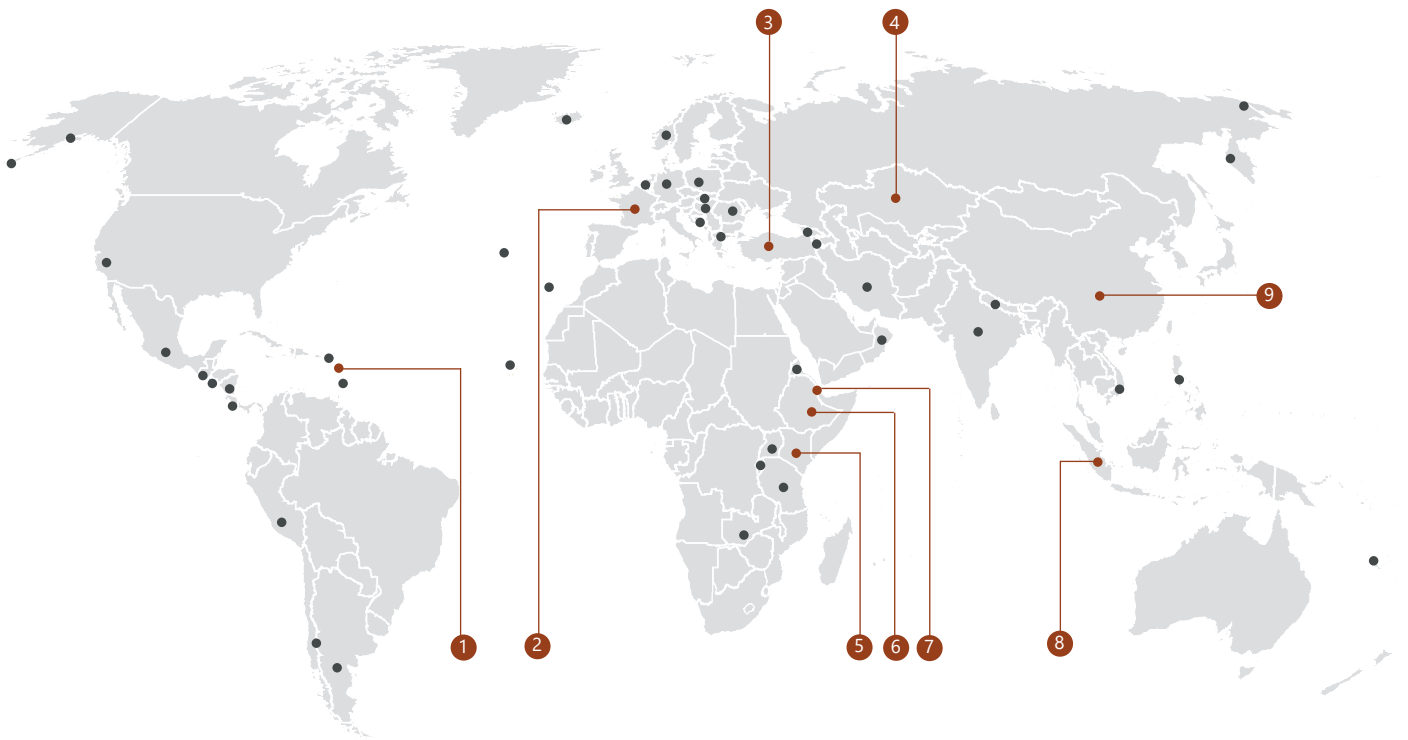
ÍSOR hefur annast reglulegt umhverfis-eftirlit fyrir orkufyrirtækin á Íslandi og af sértækum aðferðum sem ÍSOR

hefur yfir að ráða og nýttast við ýmsa vöktun má nefna þyngdarmælingar, landmælingar, INSAR-mælingar, efna-greiningar úr gufuaugum, hverum og laugum og eftirlit með breytingum á yfirborðsvirkni. Þyngdar- og landhæðar-breytingar hafa verið nýttar í nokkurn tíma til eftirlits með nýtingu og hafa gefið mikilvægar vísbendingar um áhrif hennar á jarðhitageyminn, sem aftur gefa upplýsingar um eðli jarðhitakerfisins og stuðla að sjálfbærri nýtingu hans. Á undanförunum árum hafa verið í þróun aðferðir sem eru ódýrari í framkvæmd og byggjast á greiningu fjarkönnunargagna. Þannig hafa INSAR-mælingar sýnt gildi sitt og er úrvinnsla þeirra hluti af þeirri sérfræðipækkingu sem ÍSOR hefur innleitt í faglegri þróun sinni.

Umfangsmikil tækniþróun hefur átt sér stað á nýtingu flygilda/dróna við umhverfiseftirlit. Í gangi er þróun á aðferðum við nýtingu dróna í þjónustu fyrir ýmsa verkkaupa en ÍSOR hefur

einnig aðgang að stærri dróna sem er í sameign rannsóknarstofnana á Íslandi. Gagnasöfnun með dróna felur í sér ljósmynda- og hitamyndatöku á svæðum sem eru til rannsókna en einnig eru í þróun gasmælingar og aðferðir til að meta ummyndunarsteindir og aðrar yfirborðsbreytingar. Verkefni sem fela í sér kortlagningu og eftirlit með gasútreymi um jarðveg, sk. gasflæðimælingar, hafa aukist undanfarin ár en þær mælingar geta bæði gagnast við staðsetningu holna, til eftirlits með virkni jarðhitasvæða eftir borun og eru lykiltríði við mat á því hve vel förgun á CO₂ með niðurdælingu gengur.

ÍSOR tekur þátt í stóru evrópsku rannsóknarverkefni, GeoENVI, þar sem unnið er að því að skilgreina umhverfisþætti jarðhitanýtingar, greina hvernig þeir nýttast við mat á vistferilgreiningu (LCA) og leggja til einfaldaða aðferðafræði við mat á umhverfisáhrifum jarðhitanýtingar.



Verkefni erlendis

1 - GVADELÚP

ÍSOR sá um rennismælingar með feril-efnum (TFT) í vinnsluholum við orkuverið í Boulliante. Sýni til efnagreininga voru einnig tekin. Verkefnið var unnið fyrir orkufyrirtækið Ormat.

2 - FRAKKLAND

ÍSOR vann, ásamt jarðfræðistofnun Frakklands (BRGM), að gerð gæðahandbókar um meðferð og varðveislu rannsóknar- og vinnslugagna um jarðhita. Meginþáttur verksins hjá ÍSOR var að útbúa staðla um hvernig best er að halda utan um jarðhitagögn í gagnagrunni. Verkið var unnið fyrir Alþjóðabankann.

3 - TYRKLAND

Alþjóðabankinn hefur veitt styrk til Tyrklands til að taka þátt í kostnaði og dreifa áhættu vegna borana þar í landi, svokallaður *Risk Sharing Mechanism* (RSM). Markmiðið er að hvetja fyrirtæki úr einkageiranum til að fjárfesta í jarðhita í Tyrklandi. Tyrkneski þróunarbankinn (TKYB) hefur umsjón með styrknum en ÍSOR er einn aðalráðgjafi bankans varðandi úthlutun á styrknum ásamt verkfræðistofunum Verkís og AF-Consult í Sviss og tyrkneska fyrirtækinu AF-Mercados. Lögmannsstofan BBA Legal kemur einnig að verkefninu. Hlutverk

ráðgjafanna er að útbúa ramma utan um styrkina og vinna úr umsóknum um styrk úr sjóðnum og sinna gæðaeftirliti með borframkvæmdum og prófunum á borholum. Verkefnið hófst í apríl 2018 en opnað var á umsóknir í sjóðinn í byrjun júlí. Tuttugu og tvær umsóknir bárust og voru átta þeirra samþykktar. Verið er að ganga frá samningum við þá umsækjendur og er reiknað með að boranir geti hafist seint á árinu 2019.

ÍSOR og verkfræðistofan Verkís gerðu áreiðanleikamat fyrir stækkun Germancik-virkjunarinnar í Aydin-héraði í Menderesdalnum í Tyrklandi. ÍSOR yfirfór hugmyndalíkan af jarðhitakerfinu og áætlaði afkastagetu þess út frá tiltækum vinnslugögnum og mat viðbrögð kerfisins við aukinni vinnslu. Verkið var unnið fyrir Evrópubankann (EBRD).

Í Nevsehir-héraði í Mið-Anatólíu er orkufyrirtækið ACWA Power með rannsóknarleyfi á nokkrum jarðhitasvæðum. ÍSOR aðstoðaði fyrirtækið við að setja upp áætlun um yfirborðsrannsóknir og ráða verktaka til rannsókna. ÍSOR fylgdi verkinu eftir og sinnti gæðaeftirliti með rannsóknarvinnunni og úrvinnslu gagna. Í framhaldinu kom ÍSOR að gerð hugmyndalíkans fyrir svæðin og mat orkugetu þeirra með rúmmálsaðferðum.

4 - KASAKSTAN

ÍSOR og Verkís gerðu úttekt á jarðhita í Kasakstan. Verkið var unnið fyrir þróunarsamvinnuskrifstofu utanríkisráðuneytisins. Settar voru fram í skýrslu leiðbeiningar til stjórnvalda í Kasakstan um jarðhitarannsóknir og hvernig nýta mætti jarðhitann og meta hagkvæmni hans.

5 - KENÍA

ÍSOR gerði áreiðanleikakönnun á jarðhitarannsóknnum á Longonot-svæðinu í sigdalnum mikla í Austur-Afríku. Keniamenn hafa staðið fyrir yfirborðsrannsóknnum á svæðinu á undanföllum áratugum en engar boranir hafa farið fram. Verkið var unnið fyrir Kaisen en Kínverjar hafa áhuga á svæðinu og að hefja rannsóknarboranir með virkjun í huga.

6 - EPÍÓPÍA

ÍSOR vann úr svokölluðum LiDAR-gögnum af Corbetti-svæðinu í Epíópiu fyrir Corbetti Geothermal. Gögnin gefa þrívíða mynd af yfirborði jarðar og eru fengin með leysifjarkönnunartækni úr flugvél. Unnið var úr gögnunum, þrívíða myndin skoðuð og leitað að sprungum og öðrum strúktúrum sem tengjast jarðhitavirkni. Að því loknu var farið á svæðið til að staðfesta niðurstöðurnar. Lokaniðurstaðan var síðan



Frá borstað í Djibúti. Ljósmynd Tobias B. Weisenberger.

notuð til að endurmeta áformaðar boranir í Corbetti og afstöðu holnanna til jarðhitastrúktúranna.

ÍSOR setti saman leiðbeiningar um hvernig bregðast skuli við þegar borholur fara í gos í miðju borverki. Í leiðbeiningunum var fjallað um þær aðstæður í jarðhitaholum sem geta valdið gosi og hvernig greina megi hvort gos sé yfirvofandi. Þá var tækjabúnaði, svo sem gosvörum, til að hemja gos lýst. Farið var yfir hvernig bormenn geti brugðist við þegar hola fer í gos og hvernig stöðva megi gosið og kæfa holuna. Leiðbeiningarnar voru skrifaðar fyrir jarðhitafyrirtækið Corbetti Geothermal Power og er liður í undirbúningi þeirra fyrir boranir á jarðhitasvæðinu Corbetti.

7 - DJIBÚTÍ

ÍSOR aðstoðaði lögmannsstofuna BBA Legal við úttekt á lagaumhverfi jarðhitamála í Djibúti. Þáttur ÍSOR var að gera úttekt á jarðhitamöguleikum í Djibúti og gera tillögur um skyldur stjórnar Djibúti til eftirlits með nýtingu jarðhitasvæðanna í framtíðinni.

Jarðboranir hófu á árinu 2018 borun þriggja djúpar jarðhitaholna á Fiali svæðinu fyrir stjórnvöld í Djibúti. Jarðboranir réðu ÍSOR til að sinna jarðfræði-

rannsóknnum á holunum og veita almenna ráðgjöf um verkið. Jarðfræðingar ÍSOR sinntu verkinu að hluta en ÍSOR gerði samkomulag við orkufyrirtækið KenGen, að borholujarðfræðingar þeirra sinntu stórum hluta vinnunnar á borstað, greindu borsvarf og fylgdust með borverkinu, en ÍSOR lagði til öll tæki og tól til verksins og hafði gæðaeftirlit með vinnu jarðfræðinga KenGen. Þetta fyrirkomulag er nýmæli sem kom til vegna þess að jarðfræðingar KenGen eru fyrrverandi nemendur við Jarðhitaskólann. Samvinna ÍSOR, KenGen og Jarðborana gekk í hvívetna mjög vel og er líklegt að ÍSOR leiti oftar til KenGen við verkefni í Afríku.

ÍSOR yfirfór og uppfærði hugmyndalíkan fyrir jarðhitakerfið í Gale le Goma í Djibúti og staðsetti nokkrar grunnar leitarholur vegna fyrirhugaðra djúpborana á svæðinu. Verkið var unnið fyrir þróunarsamvinnuskrifstofu utanríkisráðuneytisins og jarðfræðistofnunarinnar ODEGG í Djibúti.

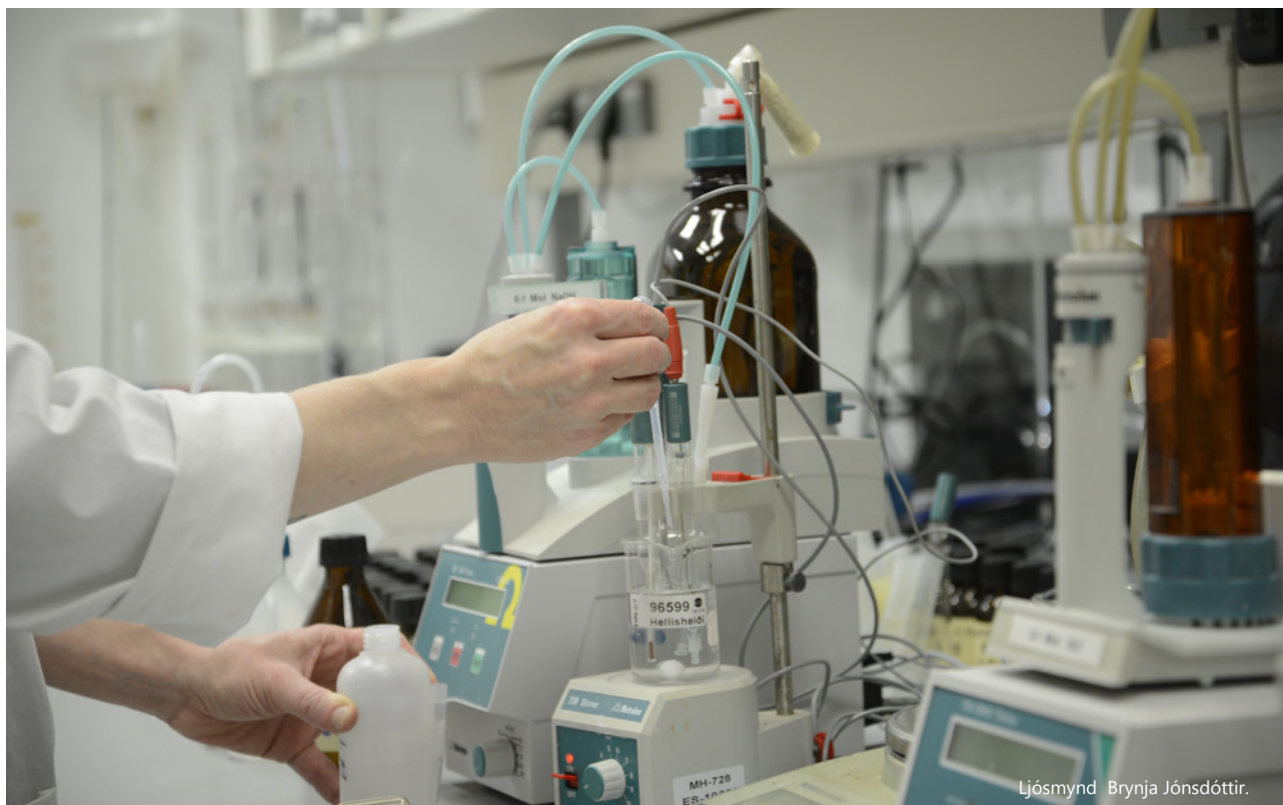
8 - INDÓNESÍA

Kínverska jarðhitafyrirtækið Kaisen fékk ÍSOR til að endurmeta jarðhitasvæðið í Sokoria í Indónesíu. Kaisen hefur rannsakað svæðið undanfarin ár en árangur af borunum hefur verið misjafn. ÍSOR yfirfór öll tiltæk gögn úr yfirborðs-

rannsóknnum og úr borholum. ÍSOR endurskoðaði síðan hugmyndalíkanið af svæðinu og kom með tillögur að staðsetningu fyrir vinnslu- og niurdælingarholur, sem vonandi skila betri árangri en eldri holur.

9 - KÍNA

ÍSOR og Verkís gerðu áreiðanleikamat á nokkrum jarðhitasvæðum og hitaveitum í Kína fyrir Arctic Green Energy (AGE) með því markmiði að hitaveitufyrirtæki AGE og Sinopec tæki við rekstri þessara veitna. Þáttur ÍSOR var að meta jarðhitasvæðin og áætla vinnslugetu þeirra .



Ljósmynd Brynja Jónsdóttir.

Rannsóknarverkefni

ÍSOR hefur ávallt lagt mikla áherslu á rannsóknir og þróun, bæði til að efla eigin rannsóknarfærni og til að afla grunnþekkingar á sviði jarðvísinda. Nokkur fjöldi nýrra rannsóknarverkefna hófst á árinu og eru þau flest styrkt af sjóðum Evrópusambandsins. Orkufyrirtæki landsins veita einnig styrki til slíkra verkefna sem og innlendir og erlendir rannsóknarsjóðir, eins og jarðhitaklasinn GEORG sem ÍSOR er aðili að.

Hér er yfirlit nokkrra rannsóknarverkefna en nánari upplýsingar um verkefni eru á vef ÍSOR.

CHPM2030 - Combined Heat, Power and Metal extraction from ultra-deep ore bodies

2016-2019

12 þátttakendur.

Styrkt af rannsóknaráætlun Evrópu-sambandsins, Horizon 2020. Markmið verkefnisins er að þróa og aðlaga tækni sem gerir orkuvinnslu mögulega samhliða vinnslu málma og annarra verðmæta úr jarðhitavökva.

DEEPEGS – Deployment of deep enhanced geothermal systems for sustainable energy business

2016-2019

10 þátttakendur.

Styrkt af rannsóknaráætlun Evrópu-sambandsins, Horizon 2020. Markmið verkefnisins er að bora dýpra í jarðhitasvæðin, allt niður á 4–5 km dýpi, og athuga möguleikana á að nýta orkuna af mun meira dýpi en áður hefur verið gert.

GEMEX - Cooperation in Geothermal energy research Europe-Mexico for development of Enhanced Geothermal Systems and Superhot Geothermal Systems

2016-2019

33 þátttakendur.

Styrkt af rannsóknaráætlun Evrópu-sambandsins, Horizon 2020, og yfirvöldum í Mexíkó. Tilgangurinn er að þróa rannsóknaraðferðir og vinnslu úr heitum og örvuðum (EGS) og ofurheitum (SHGS) jarðhitakerfum.

GGEOWELL - Innovative materials and designs for long-life high-temperature geothermal wells

2016-2019

8 þátttakendur.

Styrkt af rannsóknaráætlun Evrópu-sambandsins, Horizon 2020. Verkefnið miðar að því að þróa nýja og bætt tækni við hönnun og rekstur á háhitaborholum og snertir steypingu, efnisval, fóðringa-tengi o.fl.

SURE - Novel Productivity Enhancement Concept for a Sustainable Utilization of a Geothermal Resource

2016-2019

9 þátttakendur.

Styrkt af rannsóknaráætlun Evrópu-sambandsins, Horizon 2020. Markmið verkefnisins er að nýta bortækni til að örva borholur sem ekki skila þeim afköstum sem að var stefnt við hefðbundna borun.

SUSTAIN – Surtsey Underwater volcanic System for Thermophiles, Alteration processes and Innovative Concretes

2017-2019

9 þátttakendur.

Þátttaka Íslands (HÍ, ÍSOR) er styrkt með öndvegisstyrk Rannís. Tilgangur verkefnisins er að varpa ljósi á myndun og þróun eldfjallaeyja með því að samþætta eldfjallafræði, jarðeðlisfræði, jarðefnafræði, mannvirkjarðfræði og örverufræði.



Við rannsóknir í Surtsey í tengslum við SUSTAIN-verkefnið. Ljósmynd Tobias B. Weisenberger.

GEOENVI - Tackling the environmental concerns for deploying geothermal energy in Europe

2018-2021

16 þátttakendur.

Styrkt af rannsóknaráætlun Evrópu-sambandsins, Horizon 2020. Markmið verkefnisins er að yfirfara og koma með úrbætur varðandi vinnuferlið við gerð umhverfismats vegna jarðhitanýtingar í Evrópu.

IS-NOISE

2018-2020

2 þátttakendur.

Styrkt af Rannsóknarmiðstöð Íslands. Verkefnið snýst um að rannsaka breytingar á skjálftabylgjuhraða í íslenski jarðskorpu. Rannsóknin nær yfir jarðhita-, eldfjalla- og skjálftasvæði.

COSEISMIQ

2018-2021

6 þátttakendur.

Styrkt af Evrópusambandinu í gegnum GEOTHERMICA. Markmið verkefnisins er að bæta verkferla hjá orkufyrirtækjum á Íslandi og meginlandi Evrópu til að stjórna betur örvaðri skjálftavirkni vegna borunar og niðurdælingar. Þetta verður gert með því að innleiða RISC-rauntímatólið, sem er hugbúnaður í þróun sem samnýtir margskonar gögnum með skjálftavöktunarkerfi ÍSOR.

GECO - Geothermal Emission Control

2018-2021

18 þátttakendur.

Styrkt af rannsóknaráætlun Evrópu-sambandsins, Horizon 2020. Markmiðið er að þróa aðferðir til að minnka losun koltvíoxíðs (CO₂) og brennisteinsvetnis (H₂S) frá jarðvarmavirkjunum.

GECONNECT – Tight Geothermal Casing Resource

2018-2021

48 þátttakendur.

Styrkt af samfjármögnunarþrógrammi GeoERA. Verkefnið snýst um að samræma grunnvatnsgögn og nota til að birta heildstætt kort af grunnvatnsauðlind Evrópu sem nýttist almenningi og yfirvöldum.

GIP-P - GeoERA Information platform

2018-2021

24 þátttakendur.

Styrkt af samfjármögnunarþrógrammi GeoERA. Markmið verkefnisins er að samræma og miðla vísindagögnum sem aflað er innan GeoERA samstarfsnetsins.

HIKE – Hazard and Impact Knowledge for Europe

2018-2021

Styrkt af GeoERA (Horizon 2020)

19 þátttakendur

Markmið verkefnisins er að styðja við rannsóknir og mat á áhrifum og áhættuþáttum sem tengjast nýtingu auðlinda í jörðu í Evrópu.

HOVER

2018-2021

30 þátttakendur.

Styrkt af samfjármögnunarþrógrammi GeoERA. Markmið verkefnisins er að rannsaka vatnafræðilega eiginleika grunnvatns í Evrópu og setja þá í samhengi við uppleyst efni úr mannlegu og náttúrulegu umhverfi sem kunna að hafa áhrif á lýðheilsu og vistkerfi.

MAP - Mineral Resource Assessment Platform

2018-2021

8 þátttakendur.

Styrkt af EIT RawMaterials og Rannsóknaráætlun Evrópusambandsins, Horizon 2020.

Markmið verkefnisins er að þróa og endurbæta aðferðir og hugbúnað sem nýtast við að leggja mat á huldur jarðefnaauðlindir á nýjan og frumlegan hátt. Helsta framlag ÍSOR er að þróa hina nýju aðferðarfræði til að finna og meta efnismagn gulls í jarðhitakerfum á Íslandi.



Ljósmynd: Brynja Jónsdóttir.

RANNSÓKNARVERKEFNI

GeoWell - INNOVATIVE MATERIALS AND DESIGNS FOR LONG-LIFE HIGH TEMPERATURE GEOTHERMAL WELLS

Nýlega lauk verkefninu GeoWell sem var styrkt af Horizon 2020 rannsóknaráætlun Evrópusambandsins til þriggja ára. Markmið GeoWell var þróun nýrrar tækni við hönnun og rekstur háhitaborholna. Þetta varðar m.a. steypingu fódringa, efnisval fyrir fódringar, nýja gerð fódringatengja, þróun aðferða við hita- og þenslumælingar í borholum með ljósleiðarataekni og áhættugreiningu tengda hönnun og rekstri borholna. ÍSOR stýrði verkefninu. Auk ÍSOR var HS Orka annar íslenski aðilinn. Aðrir þátttakendur komu frá Noregi (NORCE og Equinor), Hollandi (TNO, Akiet og HWT), Þýskalandi (GFZ) og Frakklandi (BRGM).

Rannsóknirnar beindust að hefðbundnum háhitaborholum og dýpri holum þar sem þrýstingur getur farið yfir 150 bör og hiti yfir 450°C. Tæknin og búnaðurinn sem þróaður var í verkefninu var prófaður með tilraunum við hermdar aðstæður og að hluta í raunverulegu jarðhitaumhverfi.

HÖNNUN OG ÞRÓUN Á SKRIÐTENGJUM Í HÁHITABORHOLUR

Hlutur ÍSOR í GeoWell sneri að stórum hluta að þróun tengja fyrir fódringar í borholum, svonefndra skriðtengja (e. flexible couplings). Í háhitaborholum eru fódringar steyptar fastar í borholuna við kælt ástand og eftir að borun lýkur hitnar holan upp aftur áður en vinnsla jarðhitavökvans hefst. Hitabreytingarnar valda varmaþenslu í stálinu sem fódringarnar eru gerðar úr sem aftur veldur hári spennu vegna skorðunar stálsins í steypunni. Þetta getur valdið óafturkræfum breytingum á fódringunum,

gúlpamyndun og skemmdum á gengjum. Ef kæla þarf holur aftur, t.d. vegna viðhalds eða eftirlits, getur samdráttur fódringa leitt til þess að þær slitna í sundur. Skriðtengingu sem ÍSOR hefur þróað innan GeoWell-verkefnisins er ætlað að minnka líkur á slíkum skemmdum með því að leyfa fódringunum að hreyfast í lengdarstefnu inn í tengin sem skorðuð eru í steypunni og þar með minnka varmaspennu sem annars hefði myndast. Skriðtengin koma í stað hefðbundinna fódringatengja sem tengja saman tólf metra fódringar.

Við hönnun og þróun skriðtengisins hefur ÍSOR notað líkangreiningu sem hermir það notkunarágang sem skriðtenging þarf að þola í borholu. Nokkrar frumgerðir hafa verið smíðaðar af tenginu og virkni þeirra prófuð á rannsóknarstofum í Noregi. Niðurstöðurnar hafa komið að góðum notum við þróun tengisins og frekari tilraunir eru fyrirhugaðar þar sem gengið verður lengra í að líkja eftir raunverulegum aðstæðum í borholum

með því að nota jarðhitavökva til að hita upp innsteypt skriðtengi í yfirborðspröfun. Einnig stendur til að skriðtengið verði notað í nýrri, hefðbundinni háhitaholu áður en langt um líður. ÍSOR hefur fengið samþykkt tvö íslensk einkaleyfi fyrir þessari hönnun skriðtengis. Einnig hefur verið sótt um evrópskt einkaleyfi auk einkaleyfisumsóknar í öðrum löndum, svo sem í Bandaríkjunum.

TÆRINGAPRÓFUN Á MÁLMUM

Annar þáttur í vinnu ÍSOR innan GeoWell var framkvæmd tæringaprófana á málmum í jarðhitaumhverfi. Þetta miðaði m.a. að því að nota þekkta tæringaþolna málma, sem almennt eru dýrir, til að klæða að innan hefðbundið en minna tæringaþolið stál (e. cladding). Notkun á slíku efni gæti hentað jafnt fyrir fódringar sem og búnað á holutoppi. Prófanirnar voru gerðar í sérstaklega útbúnum gámi við eina af borholum HS Orku á Reykjanesi. Þar var málmstýnum komið fyrir í sértökum

þrýstikútum (e. autoclave) þar sem þau voru í þrjár vikur í hægu streymi jarðgufu úr nærliggjandi borholu. Í tilrauninni var jarðgufan hituð upp í 450°C en á sama tíma voru sömu efni einnig tæringaprófuð í gufu beint frá borholunni við 210°C. Niðurstöður prófananna veittu mikilvægar upplýsingar um hve vel mismunandi málmar og málmasamsetningar henta í jarðhitaumhverfi.

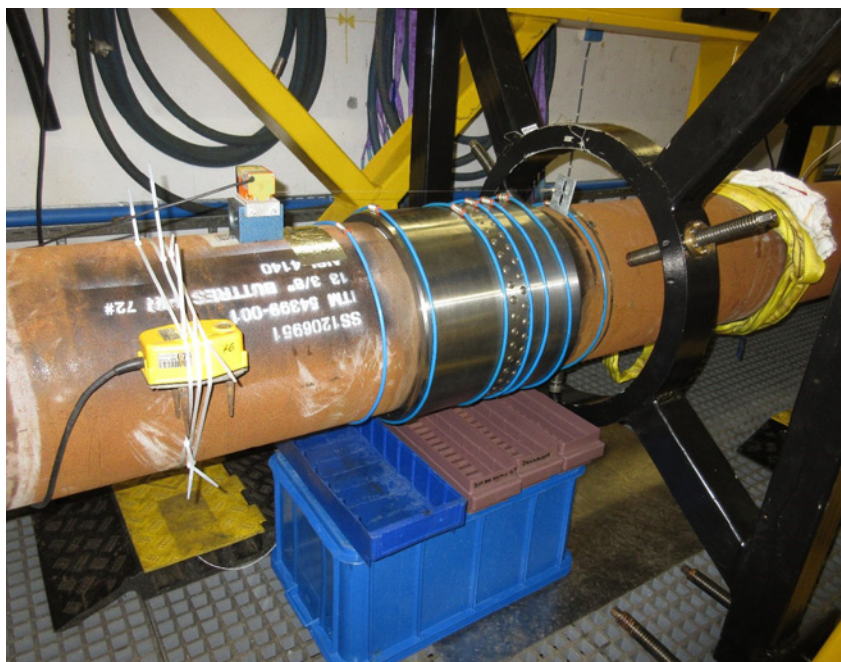
AÐRAR TÆKNINÝJUNGAR INNAN VERKEFNISINS

Af verkefnum sem evrópskir samstarfsaðilar ÍSOR í GeoWell hafa unnið að má nefna þróun á endurbættri steypublöndu fyrir fóðringar í borholum og styrkleika hennar við mjög hátt hitastig eins og búast má við í djúpbörnun. Einnig var skoðaður möguleiki á að setja lag á milli fóðringar og steypu til að minnka spennu-myndun vegna núnings sem orsakast af varmaþenslu fóðringarinnar. Þá má nefna þróun á fóðringum úr gletrefjastyrktu plasti sem gætu nýst við jarðvarmavinnslu úr lághita við hærra hitastig en slíkar plastfóðringar þola nú.

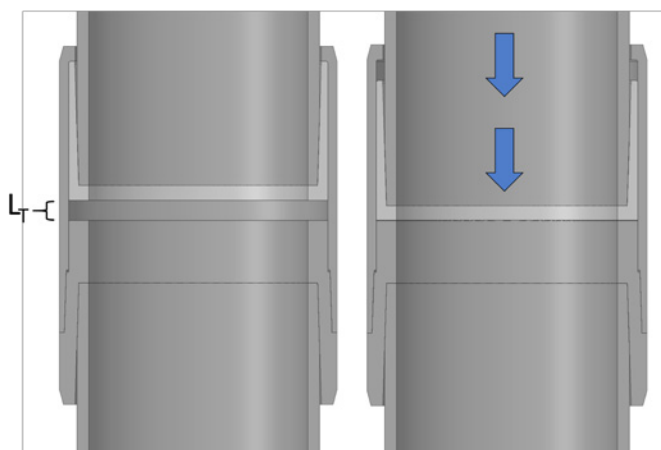
Nýleg tækni sem byggist á notkun ljósleiðara til mælinga í borholum var þróuð áfram og prófuð í GeoWell. Þessi tækni var m.a. prófuð í IDDP-2 borholunni á Reykjanesi en með henni má fá samfelldar mælingar á hitastigi, þenslu o.fl. í holunni. Þessi tækni mun auka möguleikana á að fylgjast vel með ástandi borholna á öllum líftíma þeirra.

Að lokum má nefna verkþátt sem snýr að áhættugreiningu í tengslum við háhitaholur. Þar var kannað hvernig nýta má reynslu úr olíuinaðnaðinum til að byggja upp verkferla á þessu sviði fyrir hönnun og rekstur borholna til jarðhitavinnslu. Lagður var grunnur að reglum sem í framtíðinni gætu orðið eins konar staðall fyrir evrópska jarðhitaínaðinn á þessu sviði.

Eins og rakið er hér að framan hefur GeoWell leitt af sér áhugaverðar niðurstöður á ýmsum sviðum sem tengjast jarðhitaborholum. Nánari upplýsingar og útgefnar skýrslur má finna á vef verkefnisins: (<http://geowell-h2020.eu>).



Virgni og burðarþol skriðtengis prófað í prófunarþekk NORCE í Stavangri í Noregi. Ljósmynd Gunnar Skúlason Kaldal.



Skriðtengi í opnu og lokuðu ástandi. Bilið (L) er opið á meðan fóðringunni er komið fyrir en lokast þegar borholan hitnar og kemur þannig í veg fyrir háa spennu-myndun í fóðringunni.



Guðmundur Ó. Friðleifsson, Gunnar Skúlason Kaldal og Ingólfur Örn Þorbjörnsson skoða frumgerð af skriðtengjunum á ársfundi ÍSOR. Ljósmynd Brynja Jónsdóttir.



Þátttakendur og leiðbeinendur á námskeiði Jarðhitaskólans og KenGen í Kenía.
Ljósmynd Málfríður Ómarsdóttir.

Kennsla og þjálfun

Stór þáttur í starfsemi ÍSOR er miðlun jarðhitabekkingar víða um heim og á Íslandi í gegnum háskóla landsins. Að stórum hluta er um þróunaraðstoð að ræða þar sem mikil áhersla er lögð á verklega þjálfun. Gott samstarf hefur m.a. verið við Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna en ÍSOR hefur um áratugi séð um meira en helming kennslu og þjálfunar skólans auk þess að koma að ýmsum námskeiðum skólans erlendis. Eins hefur ÍSOR tekið þátt í að þjálfa sérfræðinga frá ýmsum löndum fyrir þróunarsamvinnuskrifstofu utanríkisráðuneytisins. Þá er vert að nefna að í gegnum mörg þau verkefni sem ÍSOR vinnur fyrir erlend orkufyrirtæki eða stjórnvöld er heimamönnum einnig veitt mikilvæg þjálfun í tilheyrandi aðferðafræði.

JARÐHITASKÓLI HÁSKÓLA SAMEINUÐU ÞJÓÐANNA

ÍSLAND

Tuttugu og fjórir nemar frá fjórtán löndum voru á árlegu sex mánaða þjálfunarnámskeiði Jarðhitaskólans árið 2018. Að venju tóku sérfræðingar ÍSOR þátt í almennu fyrirlestrahaldi og sáu um sérhæfða þjálfun nema í jarðeðlisfræði, efnifræði jarðhitavatns, jarðhitabortækni og jarðhitanytingu.

EL SALVADOR

Sérfræðingur ÍSOR sá um kennslu í jarðhitaforðafræði á árlegu þjálfunarnámskeiði (Diploma Course) fyrir þátttakendur frá Rómönsku-Ameríku og Karíbahafi í El Salvador. Námskeiðið var haldið í sam-

vinnu við LaGeo (jarðhitaorkufyrirtæki El Salvador) og Háskólans í San Salvador með stuðningi Jarðhitaskólans. Námskeiðið var m.a. styrkt af Norræna þróunarbankanum.

Þrjár sérfræðingar ÍSOR leiðbeinendu á vikulöngu námskeiði fyrir fólk frá Rómönsku-Ameríku og Karíbahafi um rannsóknir sem gerðar eru í jarðhitaborholum eftir borun í El Salvador. Námskeiðið, sem var eitt sjálfbærinnámskeiða Jarðhitaskólans, var haldið í samvinnu Jarðhitaskólans og LaGeo. Viðlíka námskeið með breytilegu umfangunarefni hafa verið haldin í El Salvador u.þ.b. árlega síðan 2006.

KENÍA

Þrjár sérfræðingar ÍSOR voru leiðbeinendur á þriggja vikna námskeiði á haustmánuðum í Kenía, sem einnig var eitt sjálfbærinnámskeiða Jarðhitaskólans. Megináhersla námskeiðsins var á jarðhitarannsóknir, einkum yfirborðsrannsóknir, og hlutverk þeirra í þróun jarðhitanytingar. Námskeiðið var haldið í samvinnu Jarðhitaskólans og orkufyrirtækisins KenGen í Kenía. Þátttakendur voru 32 og komu frá 13 Austur-Afríkulöndum. Námskeið með sömu áherslu hefur verið haldið árlega í Kenía frá árinu 2007.



Nemendur á sex mánaða námskeiði Jarðhitaskólans komu frá 14 löndum.

RÚANDA

ÍSOR tók þátt í kennslu á tveggja daga námskeiði sem haldið var fyrir ARGeo-C7 ráðstefnuna í Kigali í Rúanda í október. Jarðhitaskólinn skipulagði námskeiðið sem var helgað lághitakerfum og beinni jarðhitanýtingu.

ÞRÓUNARSAMVINNUSKRIFSTOFA UTANRÍKISRÁÐUNEYTISINS

Undanfarin ár hefur ÍSOR séð um þjálfun sérfræðinga frá nokkrum Austur-Afríkulöndum fyrir þróunarsamvinnuskrifstofu utanríkisráðuneytisins. Árið 2018 dvaldi sérfræðingur frá CERD (Le Centre d'Etudes et de Recherche de Djibouti) í Djibútí á Íslandi í hálfan mánuð og hlaut þjálfun hjá ÍSOR í borholujarðfræði og ummyndunarrannsóknnum.

HÁSKÓLINN Í REYKJAVÍK – ICELAND SCHOOL OF ENERGY

Þrjú jarðhitanámskeið við Iceland School of Energy (HR) voru í umsjá sérfræðinga ÍSOR á árinu. Það voru námskeið um yfirborðsrannsóknir í jarðhita, borholurannsóknir og forðafræði. Þá sinnti ÍSOR starfsþjálfun nokkurra nemenda skólans auk þess að koma að meistaraverkefnum.



Frá fyrirlestri á námskeiði Jarðhitaskólans og LaGeo í El Salvador. Ljósmynd frá LaGeo.



Valdís Guðmundsdóttir leiðbeinandi á námskeiði í El Salvador. Ljósmynd Málfriður Ómarsdóttir.

Útgefið efni

SKÝRSLUR

Anett Blischke og Ögmundur Erlendsson (2018). **Central East Greenland - Conjugate Margin of the Jan Mayen Microcontinent. Database, Structural and Stratigraphical Mapping Project.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/024. Unnið fyrir Orkustofnun. 95 s. + 2 kort. Lokuð skýrsla til apríl 2020.

Auður Agla Óladóttir og Finnþogi Óskarsson (2018). **Jarðhitasvæðið í Hverahlíð. Vöktun á yfirborðsvirkni haustið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/007. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 22 s.

Auður Agla Óladóttir, Finnþogi Óskarsson, Heimir Ingimarsson og Sigurður G. Kristinsson (2018). **Reykjanes Geothermal Area. Observations on Surface Activity in 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/018. Unnið fyrir HS Orku. 36 s. Lokuð skýrsla.

Auður Agla Óladóttir, Steinunn Hauksdóttir og Magnús Ólafsson (2018). **Jarðhiti við þéttbýli á Vestfjörðum. Samantekt og rannsóknartillögur.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/031. Unnið fyrir Orkubú Vestfjarða. 35 s.

Árni Hjartarson (2018). **Íslandslandir. Lindir og lindsavæði landsins.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/090. Unnið fyrir Náttúruvinnjafn Íslands og Íslenskar orkurannsóknir.

Árni Hjartarson (2018). **Þjórsárholt. Borun eftir jarðhita.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/054. Unnið fyrir Skeiða- og Gnúpverjahrepp. 18 s.

Árni Hjartarson og Ögmundur Erlendsson (2018). **The Geology of Iceland's Insular Shelf and Deep Ocean Floor. The Contribution of Iceland Geo-Survey to EMODnet.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/027. Unnið fyrir EMODnet project.

Árni Hjartarson, Ögmundur Erlendsson, Gylfi Páll Hersir og Bjarni Richter (2018). **Offshore Geothermal Fields. Geothermal Manifestations within two Research Areas on Iceland's Insular Shelf.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/082. Unnið fyrir North Tech Energy. 47 s.

Bjarni Gautason og Þorsteinn Egilson (2018). **Norðurorka. Eftirlit með jarðhitasvæðum í Ólafsfirði 2011-2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/088. Unnið fyrir Norðurorku. 38 s.

Bjarni Gautason, Þorsteinn Egilson og Hörður Tryggvason (2018). **Norðurorka. Eftirlit með jarðhitasvæðum og orkubúskapur hitaveitu fyrir Akureyri og nágrenni 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/070. Unnið fyrir Norðurorku. 67 s.

Björn Már Sveinbjörnsson (2018). **Drilling Success in Geothermal Fields Utilized by Major District Heating Services in Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/043. Unnið fyrir Orkustofnun. 200 s. + viðauki.

Björn Már Sveinbjörnsson (þýðing úr ensku: Sigvaldi Thordarson) (2018). **Meðalvermis-jarðhitasvæði á Íslandi. Vinnslumöguleikar varma- og raforku.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/050. Unnið fyrir Orkustofnun. 86 s.

Daði Þorbjörnsson og Helga Tulinius (2018). **The Longonot Geothermal Area, Kenya. Due Diligence Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/049. Unnið fyrir Kaishan Renewable Energy Development PTE. LDT. 30 s. Lokuð skýrsla.

Davíð Örn Benediktsson, Magnús Ólafsson, Guðni Axelsson og Snæbjörn Jónsson (2018). **EFELER 6, 7 & 8 114MWe Geothermal Power Plant Due-diligence**

Inception Report. Verkis, Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/060. Unnið fyrir EBRD.

Egill Árni Guðnason (2018). **Double-Difference Earthquake Relocations in Reykjanes.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/055. Unnið fyrir HS Orku hf. 26 s.

Finnþogi Óskarsson (2018). **Grunnvatn í Mývatnsveit. Stöðugar samsætur vatns og uppleystra efna.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/067, LV-2018-076. Unnið fyrir Landsvirkjun. 29 s.

Finnþogi Óskarsson (2018). **Hitaveita RARIK á Siglufirði. Efnafraeðilegt vinnslueftirlit árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/006. Unnið fyrir RARIK. 15 s.

Finnþogi Óskarsson (2018). **Reykjanes Power Plant. Steam and Water Quality in 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/015. Unnið fyrir HS Orku. 33 s. Lokuð skýrsla.

Finnþogi Óskarsson (2018). **Skagafjarðarveitur. Efnafraeðilegt með jarðhitasvæðum 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/053. Unnið fyrir Skagafjarðarveitur. 32 s.

Finnþogi Óskarsson (2018). **Svartsengi Power Plant. Steam and Water Quality in 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/014. Unnið fyrir HS Orku. 31 s. Lokuð skýrsla.

Finnþogi Óskarsson og Iwona Monika Gałeczka (2018). **Reykjanes Production Field. Geochemical Monitoring in 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/017. Unnið fyrir HS Orku. 97 s. Lokuð skýrsla.

Finnþogi Óskarsson og Iwona Monika Gałeczka (2018). **Svartsengi Production Field. Geochemical Monitoring in 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/016. Unnið fyrir HS Orku. 53 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson (ÍSOR), Ari Ingimundarson (Mannvit), Benedikt Steingrímsson (ÍSOR), Ingi Ingason (EFLA) og Ólafur Árnason (EFLA) (2018). **Technical Assistance for an Expert Review and Gap Analysis of the Feasibility Study of the San Vicente Geothermal Field Development Project in El Salvador. Progress Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/004. Unnið fyrir LaGeo. 38 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson (ÍSOR), Ari Ingimundarson (Mannvit), Benedikt Steingrímsson (ÍSOR), Ingi Ingason (EFLA) og Ólafur Árnason (EFLA) (2018). **Technical Assistance for an Expert Review and Gap Analysis of the Feasibility Study of the Chinameca Geothermal Field Development Project in El Salvador. Progress Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/005. Unnið fyrir LaGeo. 39 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson, (ÍSOR), Ari Ingimundarson (Mannvit), Benedikt Steingrímsson (ÍSOR), Ingi Ingason (EFLA) og Ólafur Árnason (EFLA) (2018). **Technical Assistance for an Expert Review and Gap Analysis of the Feasibility Study of the San Vicente Geothermal Field Development Project in El Salvador. Final Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/034. Unnið fyrir LaGeo. 82 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson, (ÍSOR), Ari Ingimundarson (Mannvit), Benedikt Steingrímsson (ÍSOR), Ingi Ingason (EFLA) og Ólafur Árnason (EFLA) (2018). **Technical Assistance for an Expert Review and Gap Analysis of the Feasibility Study of the Chinameca Geothermal Field Development Project in El Salvador. Final Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/035. Unnið fyrir LaGeo. 82 s. Lokuð skýrsla.

Gunnar Þorgilsson (2018). **Svartsengi – Well SV-11. Discharge Testing in June 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/047. Unnið fyrir HS Orku hf. 29 s.

Gunnar Þorgilsson og Guðni Axelsson (2018). **Jarðhitakerfið í Eskifirði. Endurmat á afkastagetu og mat á áhrifum borunar Norðfjarðarganga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/044. Unnið fyrir Hitaveitu Fjarðabyggðar. 32 s.

Gunnar Þorgilsson, Heimir Ingimarsson og Guðni Axelsson (2018). **Hoffell í Nesjum. Forðafraeðilíkan og vatnsborðsspár.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/030. Unnið fyrir RARIK. 28 s.

Gylfi Páll Hersir og Ásdís Benediktsdóttir (2018). **GEMex WP5: Reports on Resistivity Surveys in Los Humeros and Acoulco, Mexico and Workshops on Geophysical Studies.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/086. Unnið fyrir GEMex. 22 s. + viðauki.

Hanna Blanck, Kristján Ágústsson og Karl Gunnars-son (2018). **Seismic Monitoring in Krafla, Námafjall and Peistareykir.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/087, LV-2018-103. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Heimir Ingimarsson, Sigurður G. Kristinsson, Sigurveig Árnadóttir, Magnús Ólafsson og Ólafur G. Flóvenz (2018). **Hoffell í Nesjum. Rannsóknarholur ASK-131 og ASK-132. Staðsetning nýrrar vinnsluholu HF-5.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/008. Unnið fyrir RARIK. 33 s. + viðauki 3.

Heimir Ingimarsson, Tobias Björn Weisenberger, Helga Margrét Helgadóttir og Arnar Bjarki Árnason (2018). **Laugaland í Holtum – Hóla LL-6. Borsaga, jarðfraeði og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/025. Unnið í samstarfi við Mannvit fyrir Veitur ohf. 60 s. + viðauki 5.

Helga Margrét Helgadóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Hörður H. Tryggvason og Þorsteinn Egilson (2018). **Nesjavellir – Hóla NJ-29. 3. áfangi: Borun fyrir 9%” götuðum leiðara í 2267 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/056. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 81 s. + dagskýrslur.

Helga Margrét Helgadóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir og Hörður H. Tryggvason (2018). **Nesjavellir – Hóla NJ-30. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 96 m, öryggisfóðringu í 306 m og vinnslufóðringu í 800 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/057. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 55 s. + dagskýrslur.

Helga Margrét Helgadóttir, Sigurveig Árnadóttir og Anett Blischke (2018). **Peistareykir – Well ÞG-11. Corrections of Previous Borehole BHTV Log Interpretations.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/040, LV-2018-053. Unnið fyrir Landsvirkjun. 54 s. + viðauki 3.

Helga Margrét Helgadóttir, Sigurveig Árnadóttir og Friðgeir Pétursson (2018). **Well RN-35 in Reykjanes - Borehole Televiewer Logging.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/002. Unnið fyrir HS Orku hf. 44 s. + viðauki 2. Lokuð skýrsla.

Helga Margrét Helgadóttir, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir og Hörður H. Tryggvason (2018). **Nesjavellir – Hóla NJ-29. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 88 m, öryggisfóðringu í 330 m og vinnslufóðringu í 907 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/032. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 61 s. + dagskýrslur.

Helga Margrét Helgadóttir, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H.

- Tryggvason og Þorsteinn Egilson (2018). **Nesjavellir – Hóla NJ-30. 3. áfangi: Borun fyrir 9% leiðara í 2049 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/065. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 76 s. + viðauki.
- Helga Margrét Helgadóttir, Tobias B. Weisenberger, Magnús Á. Sigurgeirsson, Kiflom Gebrehiwot Mesfin, Hörður Tryggvason, Helga Tulinius og Valdis Guðmundsdóttir (2018). **Reykjanes – Well RN-36. Drilling of Well RN-36 from Surface down to 2381 m and Geothermal Studies during the Drilling of the Well.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/029. Unnið fyrir HS Orku. 198 s. + dagskýrslur. Lokuð skýrsla.
- Helga Tulinius (2018). **Well RN-15/IDDP-2. Injection test on 10th September 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/058. Unnið fyrir DEEPEGs. 17 s.
- Helga Tulinius og Benedikt Steingrímsson (2018). **Peistareykir. Estimated Formation Temperature and Initial Pressure of Wells ÞG-13 to ÞG-18.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/023, LV-2018-040. Unnið fyrir Landsvirkjun. 59 s.
- Helga Tulinius og Iwona Monika Gałeczka (2018). **Eldvörp – Well EV-2. Discharge Testing in April 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/042. Unnið fyrir HS Orku hf. 35 s. Lokuð skýrsla.
- Helga Tulinius, Daði Þorbjörnsson, Finnþogi Óskarsson, Gylfi Páll Hersir og Sigurður G. Kristinsson (2018). **Geothermal Exploration Activities, Barrier Geothermal Project Turkana County, Kenya. Revised - Inception Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/080. Unnið fyrir Olsuswa Energy. 32 s.
- Helga Tulinius, Magnús Á. Sigurgeirsson og Guðni Axelsson (2018). **Bær í Bæjarsveit. Endurmat á afkastagetu og tillögur að frekari rannsóknum vegna holustaðsetninga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/046. Unnið fyrir Veitur. 27 s.
- Hörður Tryggvason (2018). **Mælingaæftirlit á Bitru árið 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/059. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 29 s.
- Hörður Tryggvason (2018). **Mælingaæftirlit á Nesjavöllum árið 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/078. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 40 s.
- Hörður Tryggvason, Benedikt Steingrímsson og Þorsteinn Egilson (2018). **Mælingaæftirlit í Hverahlíð árið 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/077. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 27 s.
- Karthik Iyer, Anett Blischke, John M. Millett og Daniel W. Schmid (2018). **Heat Flow, Uplift and Maturity Model of the Jan Mayen Microcontinent during Breakup and Rifting. Project Summary Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/036. Unnið í samvinnu Orkustofnunar í samvinnu við Geomodelling Solutions GmbH og Volcanic Basin Petroleum Research AS. 81 + 2 viðaukar. Lokuð skýrsla.
- Knútur Árnason, Arnar Már Vilhjálmsson, Sigurður G. Kristinsson, Magnús Ólafsson og Helga Tulinius (2018). **Geothermal Project in Nevşehir, Turkey. Phase 2 of Consultancy Services for Concession 2009/03, Including New Exploration Data.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/020. Unnið í samvinnu Verkis fyrir ACWAPOWER Enerji A.Ş. 55 s. + 7 viðaukar. Lokuð skýrsla.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Helga M. Helgadóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Sigurður Sveinn Jónsson, Hörður H. Tryggvason og Gunnar Þorjilsson (2018). **Hellisheiði – Hóla HE-62. 3. áfangi: Borun fyrir 9% götuðum leiðara í 2260 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/089. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 59 s. + dagskýrslur.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Hörður H. Tryggvason og Sigurður Sveinn Jónsson (2018). **Hellisheiði – Hóla HE-62. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsföðringu í 99 m, öryggisföðringu í 300 m og vinnsluföðringu í 800 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/062. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 50 s. + dagskýrslur.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir og Hörður H. Tryggvason (2018). **Hverahlíð – Hóla HE-61. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsföðringu í 100 m, öryggisföðringu í 300 m og vinnsluföðringu í 1044 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/028. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 160 s.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Þorsteinn Egilson og Helga Tulinius (2018). **Hverahlíð – Hóla HE-61. 3. áfangi: Borun fyrir 9% götuðum leiðara frá 1044 m í 1857 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/037. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 70 s. + dagskýrslur.
- Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Hörður H. Tryggvason og Helga Tulinius (2018). **Hellisheiði – Hóla HE-60. 3. áfangi: Borun fyrir aukaföðringu í 1216 m og götuðum leiðara í 1884 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/009. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 90 s. + viðauki (dagskýrslur).
- Sigríður Kristjánsdóttir, Ólafur Guðmundsson, Þorbjörg Ágústsdóttir og Kristján Ágústsson (2018). **Jarðskjálftar og niurdæling við Húsmúla.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/084. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 26 s. + 3 viðaukar.
- Sigurður G. Kristinsson, Finnþogi Óskarsson, Auður Agla Óladóttir og Magnús Ólafsson (2018). **Háhitastæðin á Peistareykjum, í Kröflu og Námafjalli. Vöktun á yfirborðsvirkni og grunnvatni árið 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/069, LV-2018-090. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Sigurður G. Kristinsson, Heimir Ingimarsson, Tobias Weisenberger og Ógmundur Erlendsson (2018). **Hoffell í Nesjum – Hóla HF-5. Borsaga, jarðlagaskipan, afköst og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/085. Unnið fyrir RARIK. 64 s.
- Sigurjón Böðvarsson og Ásgrímur Guðmundsson (2018). **Krafla – Hóla AE-10. Borun niðurrennslisholu í 504 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/033, LV-2018-047. Unnið fyrir Landsvirkjun. 20 s.
- Sigurveig Árnadóttir, Hörður H. Tryggvason, Bjarni Steinar Gunnarsson, Friðgeir Pétursson, Bjarni Gautason og Anett Blischke (2018). **Well ÞG-14. Results of Televiewer Imaging at the Peistareykir Geothermal Field, NE Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/075, LV-2018-100. Unnið fyrir Landsvirkjun. 64 s. + viðauki 4.
- Steinunn Hauksdóttir, Daði Þorbjörnsson, Mathieu Darniet, Philippe Calcagno og Eugenio Trumpy (2018). **Defining Best Practices in Geothermal Data Management. Inception Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/051. Unnið fyrir World Bank undir rammaáætlun TF013201 – Global Geothermal Development Plan. 19 s. Lokuð skýrsla.
- Steinþór Níelsson, Ásdís Benediktsdóttir, Sigurður G. Kristinsson, Ragnheiður St. Ásgeirsdóttir, Auður Agla Óladóttir, Kristján Ágústsson og Finnþogi Óskarsson (2018). **Staðsetning vinnsluholu á austanverðu Skarðsmýrarfjalli og athuganir á jarðhitanytingu í nágrenni Fremstadals.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/022. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 42 s.
- Steinþór Níelsson, Ásdís Benediktsdóttir, Sigurður G. Kristinsson, Egill Á. Guðnason og Auður A. Óladóttir (2018). **Stóra-Sandvík. Investigation of Potential Geothermal System.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/038. Unnið fyrir HS Orku. 23 s. Lokuð skýrsla.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir og Benedikt Steingrímsson (2018). **Mælingaæftirlit á vinnslustæðum Hellisheiðarvirkjunar árið 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/081. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 80 s.
- Sverrir Þórhallsson, Gunnar Skúlason Kaldal og Benedikt Steingrímsson (2018). **Geothermal Well Control. Instruction Manual for Rig Crews.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/061. Unnið fyrir Corbetti Geothermal Power. 34 s.
- Sverrir Þórhallsson, Sigurður Sveinn Jónsson og Gunnar Skúlason Kaldal (2018). **Nevis Geothermal Project. Review of Drilling Program and Well Design.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/063. Unnið fyrir Shell Exploration and Production Company. 27 s. Lokuð skýrsla.
- Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir (2018). **Hitaveita RARIK á Blönduósi og Skagaströnd. Efnafæðilegt vinnslueftirlit árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/001. Unnið fyrir RARIK. 17 s.
- Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir (2018). **Hitaveitur Húnaþings vestra. Efna- og vinnslueftirlit árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/003. Unnið fyrir Húnaþing vestra. 21 s.
- Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir (2018). **Selfossveitur. Eftirlit með efnainnihaldi jarðhitavatts árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/012. Unnið fyrir Selfossveitur bs. 26 s.
- Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir og Bjarni Gautason (2018). **Orkuveita Húsavíkur. Efnafæðilegt árin 2015 og 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/013. Unnið fyrir Orkuveitu Húsavíkur. 18 s.
- Unnur Þorsteinsdóttir, Anett Blischke, Sigurveig Árnadóttir og Valdis Guðmundsdóttir (2018). **Peistareykir – Well ÞG-13. Borehole Televiewer Log Analysis.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/045, LV-2018-056. Unnið fyrir Landsvirkjun. 126 s. + viðauki 6.
- Unnur Þorsteinsdóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Gunnlaugur M. Einarsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Helga M. Helgadóttir og Steinþór Níelsson (2018). **Peistareykir - Revision of the Geological and Alteration Model.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/052, LV-2018-054. Unnið fyrir Landsvirkjun. 39 s.
- Unnur Þorsteinsdóttir, Sigurveig Árnadóttir, Bjarni Gautason, Bjarni Steinar Gunnarsson, Friðgeir Pétursson, Heimir Ingimarsson og Þorsteinn Egilson (2018). **Well ÞG-16. Results of Televiewer Imaging at the Peistareykir Geothermal Field, NE-Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/076, LV-2018-101. Unnið fyrir Landsvirkjun. 136 s. + viðauki 4.
- Vaiva Čypaitė (2018). **Effluent Flow from Nesjavellir Power Plant. Geological and Numerical Models.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/039. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 22 s.
- Valdis Guðmundsdóttir (2018). **Peistareykir – Well ÞG-15. Pressure, Temperature and Flow Measurements with Spinner during Discharge.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/041, LV-2018-055. Unnið fyrir Landsvirkjun. 23 s.
- Valdis Guðmundsdóttir og Finnþogi Óskarsson (2018). **Reykjanes - Well RN-35. Discharge Testing.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/019. Unnið fyrir HS Orku. 40 s. Lokuð skýrsla.
- Valdis Guðmundsdóttir, Gunnar Þorjilsson og Þorsteinn Egilson (2018). **Spinner Log Processing and Permeability Distribution in the Peistareykir Geothermal Reservoir.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/068, LV-2018-084. Unnið fyrir Landsvirkjun. 49 s.
- Verkis og Íslenskar orkurannsóknir (2018). **Panjin Project Office – Happy Times Geothermal Heating Project. Technical Due-Diligence Report. Final Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/072, Verkis 56753. Unnið fyrir Arctic Green Energy. 36 s.
- Verkis og Íslenskar orkurannsóknir (2018). **Sinopec Star Fenghui Hebei New Energy Development Co., Ltd. Daming Geothermal Heating Project –**

Technical Due-Diligence Report. Final Report. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/071, Verkis 56761. Unnið fyrir Arctic Green Energy. 49 s.

Verkis og Íslenskar orkurannsóknir (2018). **Sinopec Star Shuangliang Heating Project in Shanxi Province – Taiyuan – Jiangzian – Quwo. Technical Due-Diligence Report. Final Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/073, Verkis 51318. Unnið fyrir Arctic Green Energy. 84 s.

Verkis og Íslenskar orkurannsóknir (2018). **Geothermal District Heating in China – SGE. Status Report November 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/074, Verkis 59777. Unnið fyrir Arctic Green Energy. 58 s.

Þorsteinn Egilson (2018). **Krafla – Hóla KJ-35. Niðurstöður þræpaþrófs í október 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/079, LV-2018-099. Unnið fyrir Landsvirkjun. 21 s.

Þorsteinn Egilson, Friðgeir Pétursson og Arnar Már Vilhjálmsson (2018). **Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 2018.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/066, LV-2018-075. Unnið fyrir Landsvirkjun. 51 s.

Þórólfur H Hafstað, Daði Þorbjörnsson og Steinunn Hauksdóttir (2018). **Húsatóttir í Grindavík. Vinnsla á ferskvatni og jarðsjó.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/010. Unnið fyrir Matorku. 28 s.

Þórólfur H. Hafstað, Ragnheiður St. Ásgeirsdóttir, Sveinborg H. Gunnarsdóttir, Svanbjörg H. Haraldsdóttir og Heimir Ingimarsson (2018). **Þorleifskot – Laugardælir. Hóla PK-18, borun og jarðfræði.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/011. Unnið fyrir Selfossveitur bs. 34 s. + viðaukar.

Ögmundur Erlendsson (2018). **Reykir við Reykja-braut – Hóla RR-21. Túlkun holusjarmælinga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/021. Unnið fyrir RARIK. 34 s. + viðauki í sérskjali.

Ögmundur Erlendsson (2018). **Stóra-Ármót – Hóla HT-27. Túlkun holusjarmælinga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/048. Unnið fyrir Selfossveitur bs. 42 s. + viðauki 3.

Ögmundur Erlendsson og Anett Blischke (2018). **Review and Assessment of the CNOOC-JMR-2015 2D Seismic Reflection Dataset. Data Quality Check and Preliminary Structural Mapping for the Dreki License Area.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/083. Unnið fyrir Orkustofnun. 93 s.

Ögmundur Erlendsson, Halldór Ingólfsson og Halldór Örvar Stefánsson (2018). **Hoffell – Hóla HF-5. Túlkun holusjarmælinga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/064. Unnið fyrir RARIK. 59 s. + viðauki 3.

RITRÝNDAR GREINAR Í FAGTÍMARITUM

Armansson, H. (2018). An overview of carbon dioxide emissions from Icelandic geothermal areas. **Applied Geochemistry**, 97, 11-18.

Bjornsson, S., Einarsson, P., Tulinius, H., Hjartardottir, A. R. (2018). Seismicity of the Reykjanes Peninsula 1971–1976. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 22.5.2018).

Caudron, C., White, R. S., Green, R. G., Woods, J., Agustsdottir, T., Donaldson, C., Greenfield, T., Rivalta, E. og Brandsdottir, B. (2018). Seismic Amplitude Ratio Analysis of the 2014–2015 Bárðarbunga-Holuhraun Dike Propagation and Eruption. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, 123(1), 264–276.

Fridleifsson, G. O., Elders, W. A., Zierenberg, R. A., Fowler, A. P. G., Weisenberger, T. B., Mesfin, K. G., Sigurdsson, O., Nielsson, S., Einarsson, G.,

Óskarsson, F., Gudnason, E. A., Tulinius, H., Hokstad, K., Benoit, G., Nonog, F., Loggia, D., Parat, F., Cichy, S. B., Mainprice, D. (2018). The Iceland Deep Drilling Project at Reykjanes: Drilling into the root zone of a black smoker analog. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 31.8.2018).

Galeczka, I., Oelkers, E., Gislason, S. R. (2018). The effect of 2014–15 Bárðarbunga volcanic eruption on denudation rates and the CO₂ budget. **Energy Procedia**, 146, 53–58.

Greenfield, T., White, R. S., Winder, T. og Agustsdottir, T. (2018). Seismicity of the Askja and Bárðarbunga volcanic systems of Iceland, 2009–2015. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 28.8.2018).

Gudjonsdottir, S. R., Ilyinskaya, E., Hreinsdottir, S., Bergsson, B., Pfeffer, M. A., Michalczywska, K., Aiuppa, A., Oladottir, A. A. (2018). Gas emissions and crustal deformation from the Krýsuvík high temperature geothermal system, Iceland. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 11.4.2018).

Hersir, G. P., Arnason, K., Vilhjálmsson, A. M., Saemundsson, K., Agustsdottir, T. og Friðleifsson, G. O. (2018). Krýsuvík high temperature geothermal area in SW Iceland: Geological setting and 3D inversion of magnetotelluric (MT) resistivity data. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 27.11.2018).

Jousset, P., Reinsch, T., Ryberg, T., Blanck, H., Clarke, A., Aghayev, R., Hersir, G. P., Hennings, J., Weber, M., Krawczyk, C. M. (2018). Dynamic strain determination using fibre-optic cables allows imaging of seismological and structural features. **Nature Communications**, volume 9, Article number: 2509.

Karlsdottir, R., Vilhjálmsson, A. M. og Gudnason, E. A. (2018). Three dimensional inversion of magnetotelluric (MT) resistivity data from Reykjanes high temperature field in SW Iceland. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 27.11.2018).

Khodayar, M. (2018). Shift of a rift by a transform zone: a case from the Northern Rift Zone and Tjörnes Fracture Zone of Iceland. **Petroleum Geoscience**, 24 (4), 414–424.

Khodayar, M., Bjornsson, S. (2018). Structures and Styles of Deformation in Rift, Ridge, Transform Zone, Oblique Rift and a Microplate Offshore/Onshore North Iceland. **International Journal of Geosciences**, 9, 461–511.

Khodayar, M., Bjornsson, S., Guðnason, E. A., Nielsson, S., Axelsson, G., Hickson, C. (2018). Tectonic Control of the Reykjanes Geothermal Field in the Oblique Rift of SW Iceland: From Regional to Reservoir Scales. **Open Journal of Geology**, 2018, 8, 333–382.

Khodayar, M., Bjornsson, Kristinsson, S. G., Karlsdottir, R., Olafsson, M., Vikingsson, S. (2018). Tectonic Control of the Theistareykir Geothermal Field by Rift and Transform Zones in North Iceland: A Multidisciplinary Approach. **Open Journal of Geology**, 2018, 8, 543–584.

Levy, L., Gibert, B., Sigmundsson, F., Flovenz, O. G., Hersir, G. P., Briole, P., Pezard, P. A. (2018). The role of smectites in the electrical conductivity of active hydrothermal systems: electrical properties of core samples from Krafla volcano, Iceland. **Geophysical Journal International**, 215 (3), 1558–1582.

Millett, J. M., Planke, S., Kästner, F., Blischke, A., Hersir, G. P., Halldorsdottir, S., Flovenz, O. G., Arnadottir, S., Helgadottir, H. M., Vakulenko, S., Burjak, S., Erlendsson, O., Gunnarsson, K., Giese, R., Paris, J. C., Jerram, D., Stefansson, H. O., Blanck,

H., Juliusson, E. (2018). Sub-surface geology and velocity structure of the Krafla high temperature geothermal field, Iceland: integrated ditch cuttings, wireline and zero offset vertical seismic profile analysis. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 30.3.2018).

Norddahl, H., Ingólfsson, O., Vogler, E. D., Steingrímsson, B., Hjartarson, A. (2018). Glacio-isostatic age modelling and Late Weichselian deglaciation of the Lögurinn basin, East Iceland. **Boreas**. (Rafraen útgáfa 13.12.2018).

Polteau, S., Mazzini, A., Hansen, G., Planke, S., Jerram, D. A., Millett, J., Abdelmalak, M. M., Blischke, A., Myklebust, R. (2018). The pre-breakup stratigraphy and petroleum system of the Southern Jan Mayen Ridge revealed by seafloor sampling. **Tectonophysics**. (Rafraen útgáfa 30.4.2018).

Reiser, F., Schmelzbach, C., Sollberger, D., Maurer, H., Greenhalgh, S., Planke, S., Kästner, F., Flovenz, O. G., Giese, R., Halldorsdottir, S., Hersir, G. P. (2018). Imaging the high-temperature geothermal field at Krafla using vertical seismic profiling. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 23.10.2018).

Snaebjornsdóttir, S. O., Gislason, S. R., Galeczka, I., Oelkers, E. (2018). Reaction path modelling of in-situ mineralisation of CO₂ at the CarbFix site at Hellisheidi, SW-Iceland. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 220, 348–366.

Saemundsson, K., Sigurgeirsson, M. A., Friðleifsson, G. O., (2018). Geology and structure of the Reykjanes volcanic system, Iceland. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 26.11.2018).

Walter, T. R., Jousset, P., Allahbakhshi, M., Witt, T., Gudmundsson, M. T., Hersir, G. P. (2018). Underwater and drone based photogrammetry reveals structural control at Geysir geothermal field in Iceland. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**. (Rafraen útgáfa 31.1.2018).

Wolff-Boenish, D., Galeczka, I. (2018). Flow-through reactor experiments on basalt-(sea)water-CO₂ reactions at 90 °C and neutral pH. What happens to the basalt pore space under post-injection conditions? **International Journal of Greenhouse Gas Control**, 68, 176–190.

Woods, J., Donaldson, C., White, R. S., Caudron, C., Brandsdottir, B., Hudson, T. S. og Agustsdottir, T. (2018). Long-period seismicity reveals magma pathways above a laterally propagating dyke during the 2014–15 Bárðarbunga rifting event, Iceland. **Earth and Planetary Science Letters**, 490, 216–229.

Yousefi, H., Armannsson, H., Roumi, S., Tabasi, S., Mansouri, H., Hosseinzadeh, M. (2018). Feasibility study and economic evaluations of geothermal heat pumps in Iran. **Geothermics**, 72, 64–73.

KORT

Ingibjörg Kaldal, Árni Hjartarson, Kristján Sæmundsson, Magnús Á. Sigurgeirsson og Skúli Vikingsson (2018). **Jarðfræðikort af Austurgösbelti – Tungnaárörfæi. 1:100 000.** Íslenskar orkurannsóknir.

Svipmyndir frá árinu 2018



Hópur frá ÍSOR tók þátt í alþjóðlegri jarðhitaráðstefnu, Iceland Geothermal Conference (IGC-2018), sem haldin var í Hörpu í apríl.

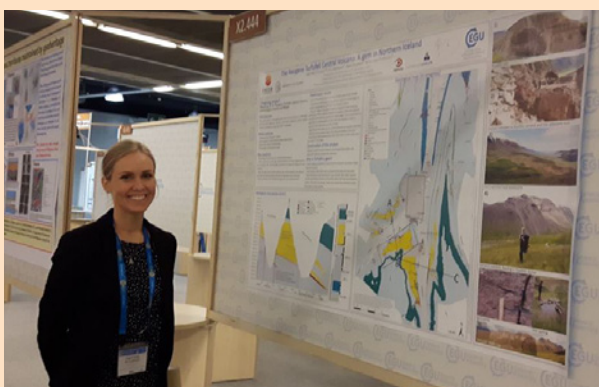
Ráðstefnur og fagfundir eru áberandi í starfsemi ÍSOR og þátttakan á árinu var engin undantekning þar á. Birtar eru myndir frá nokkrum þeirra en einnig má bæta við að ÍSOR var með fulltrúa á ráðstefnu Jarðhitasambands Bandaríkjanna (GRC-2018) og á árlegri Stanford-ráðstefnu í forðafraði. Hér á landi stóð rannsóknarklasinn GEORG fyrir jarðvísindaráðstefnu á haustmánuðum sem var vel sótt af innlendu og erlendu jarðvísindafólki. Eins var virk þátttaka á kynningarfundum fagfélaga sem haldnir eru nokkrum sinnum á ári.



Magnús Ólafsson, Heimir Ingimarsson, Sigurveig Árnadóttir, Steinunn Hauksdóttir, Auður Agla Óladóttir og Guðni Axelsson voru fulltrúar ÍSOR á fagþingi hita-, vatns- og fráveitna sem Samorka stóð fyrir á Hótel Örki í Hveragerði í maí.



ÍSOR, Mannvit, Verkís og Vatnaskil voru með sameiginlegan kynningarbás á ráðstefnu Afríska jarðhitasambandsins, ARGeo-2018, í Rúanda. Fyrirtækin eru með náið samstarf og sameiginlegt markaðsátak í Austur-Afríku.



Sigurveig Árnadóttir og Anett Blichke kynntu rannsóknir í tengslum við doktorsverkefni sín á jarðvísindaráðstefnu í Vín, EGU-2018. Sigurveig fjallaði um kortlagningu Torfajökulseldstöðvarinnar og Anett um jarðfræði og jarðsögu hafsbotsins við Jan Mayen (JMMC).



Á árinu gaf ÍSOR út nýtt jarðfræðikort af Austurgosbelti landsins, Tungnaáröræfum. Þetta er fjórða kortið sem ÍSOR gefur út í kortaseríu af gosbelti landsins. Öll kortin eru í mælikvarðanum 1:100 000. Við útgáfu kortsins naut ÍSOR veglegs stuðnings Landsvirkjunar og umhverfis- og auðlindaráðuneytisins. Í lok ársins var síðan undirritaður samningur milli ÍSOR, umhverfis- og auðlindaráðuneytisins og Náttúrufræðistofnunar Íslands um átaksverkefni í jarðfræðikortlagningu Íslands og skráningu jarðminja næstu tvö árin.

Kristján Sæmundsson jarðfræðingur tók á móti verðlaunum frá Jarðfræðifélagi Bandaríkjanna fyrir jarðfræðikortlagningu og jarðhitarannsóknir. Ljósmynd Sigríður Pálmadóttir.



Á Vísindavöku Rannís var miðlað til gesta á öllum aldri fróðleik um rannsóknir er tengjast hafsbotninum og kortlagningu hans umhverfis Ísland. Ögmundur Erlendsson og Tobias B. Weisenberger stóðu vaktina.





AÐALSKRIFSTOFA

Grensásvegi 9

108 Reykjavík

Sími 528 1500

isor@isor.is

ÚTIBÚ

Rangárvöllum við Hlíðarfjallsveg

603 Akureyri

Sími 528 1500

www.isor.is

