



ÁRSSKÝRSLA 2017

EFNISYFIRLT

Ávarp stjórnarformanns	4
Hlutverk, fortíð og framtíð ÍSOR	6
Fólkið okkar	8
Lykiltölur úr rekstri	10
Ráðgjöf, þjónusta og kennsla	12
Borsvarf	13
Yfirlit jarðhitaverkefna	14
Jarðhiti í Áshildarmýri á Skeiðum	17
Ný gufuaflstöð á Þeistareykjum	18
Grunnvatn	20
Rannsóknir í hafsbotnsjarðfræði	22
Verkefni erlendis	24
Rannsóknarverkefni	26
Deep Roots Geothermal	27
IMAGE Geothermal	28
Kennsla og þjálfun	30
Útgefið efni	31
Jarðfraedikort	35

© ÍSOR 2018

Ritstjórn: Brynja Jónsdóttir
Yfirlitur: Hrafnhildur Harðardóttir
Ljósmynd á forsíðu: Auður Agla Óladóttir
Texti og ljósmyndir: Starfsfólk ÍSOR
Hönnun og umbrot: Björg Vilhjálmisdóttir
Prentun: PIXEL
ISBN: 978-9935-9323-5-8

An aerial photograph of a large body of water, likely a fjord or a wide river, with deep blue and teal hues. The water surface is textured with small ripples. In the bottom right corner, dark, jagged rock formations are visible, partially submerged. The text is centered in the middle of the image.

Verkefni og rannsóknir
á sviði náttúrufars,
orkumála og annarra
auðlindamála

Ávarp stjórnarformanns

SIGRÚN TRAUSTADÓTTIR

Tæpur áratugur er síðan miklar breytingar urðu í efnahagsumhverfinu. Eftirspurn eftir þjónustu ÍSOR innanlands dróst verulega saman og grípa þurfti til víðtækra aðgerða til að mæta miklu falli í tekjum. Störfum fækkaði og markaðssókn erlendis var stórkaukin. Með mikilli elju starfsmanna tókst að vega upp það tekjutap sem varð á innanlandsmarkaðnum. ÍSOR markaði sér sess og virðingu á erlendum vettvangi og varð eftirsóttur aðili til samstarfs og ráðgjafar.

Rekstrarniðurstaða ÍSOR árið 2017 varð lakari en áætlanir í upphafi árs gerðu ráð fyrir. Á árinu 2017 nam veltan 1.361 m.kr. og dróst saman um tæp 8 prósent frá árinu á undan. Afkoma ÍSOR af reglulegum rekstri var neikvæð um rúmar 27 m.kr. en að teknu tilliti til fjármagnstekna, sem námu 11 m.kr. á árinu, minnkaði tapið í 16 m.kr. Hagnaður hafði verið af starfseminni þrjú undangengin ár. Hér er þó rétt að hafa í huga að ÍSOR er að ganga í gegnum kostnaðarsöm kynslóða-

skipti í starfsliði sínu sem nánar er gerð grein fyrir annars staðar í ársskýrslunni.

Tekjur vegna erlendra verkefna urðu mestar 44% af heildartekjum árið 2012 og hæstar í krónutölu árið 2015, 479 m.kr., en hafa lækkað síðan. Þannig drógust tekjur ársins 2017 af verkefnum erlendis saman um 27% milli ára og námu 305 milljónum króna, eða 22% af heildartekjum ársins. Því veldur einkum hækkandi gengi krónunnar og miklar almennar launahækkanir á Íslandi sem torvelda samkeppnisstöðuna.

Tekjur af innlendum verkefnum námu rúmum milljarði árið 2017 og eru svipaðar og þær höfðu verið árin tvö á undan eftir stöðuga aukningu árin þar á undan. Erfitt er þó að spá fyrir um hvernig eftirspurnin verður á komandi misserum vegna óvissu um þróun íslenskra orkumála. Öflugt og vel þjálfað starfsfólk ÍSOR hefur sýnt á undanförunum áratug að það er vel fært

um að takast á við breytingar í starfsumhverfinu.

Þegar ljóst var eftir fyrsta ársfjórðung að ÍSOR stefndi í mikinn taprekstur að óbreyttu var rekstraráætlun ársins endurskoðuð og gripið til víðtækra aðgerða til að draga úr taprekstri. Þær aðgerðir gengu vel og varð afkoma ÍSOR árið 2017 talsvert betri en endurskoðuð rekstraráætlunin hafði bent til. Tókst að lækka gjöld um tæp 4% á milli ára þrátt fyrir að viðbótarlífeyriskrafa hafi verið lögð á ÍSOR frá miðju ári. Hversu vel gekk að aðlaga reksturinn að breytingum í umhverfinu á árinu er ekki síst því að þakka að ÍSOR býr yfir góðum mannafla og greiningartólum og ríku vilja starfsmanna til að láta reksturinn ganga upp.

Ljóst er að rekstur ÍSOR er mjög viðkvæmur og smávægilegar breytingar í umhverfinu geta haft mikil áhrif á rekstrarniðurstöðu. ÍSOR fylgist vel með nýtingu vinnutíma



Stjórn ÍSOR. Stjórnarmenn taldir frá vinstri; Ásta Björg Pálmadóttir, Stefán Guðmundsson, Ingvaldur Sæmundsdóttir, Sigrún Traustadóttir formaður og Sveinbjörn Björnsson.



og breytingum í tekjum og útgjöldum á mánaðargrundvelli enda tekur langan tíma að ná fram lækkun gjalda ef tekjur lækka. Samhliða aðlögun gjalda að tekjum þarf jafnframt að viðhalda og byggja upp hina sérhæfðu þekkingu sem starfsemi ÍSOR byggist á. Eiginfjárstaða ÍSOR er enn góð, eða 315 m.kr., og eiginfjárlutfall um 37%. Taprekstur til lengri tíma getur þó ekki gengið og veikir fjárhagslegt sjálfstæði og getu ÍSOR. Við því þarf að bregðast.

Stjórn ÍSOR hélt alls 10 stjórnarfundi á árinu og fylgdist vel með rekstrinum frá mánuði til

mánaðar. Á árinu lauk vinnu við stefnumótun ÍSOR til ársins 2022. Að þeirri vinnu komu stjórn, stjórnendur og starfsmenn ÍSOR ásamt utanaðkomandi aðila. Stefnan var samþykkt í stjórn ÍSOR í júní 2017.

Ljóst er að á næstu misserum þarf að endurskoða stöðu ÍSOR með tilliti til hlutverks, verkefna og rekstrarforms. Mikilvægt er að sett sé eigandastefna fyrir ÍSOR og framtíðarsýn eiganda mótuð. Styrkur ÍSOR felst m.a. í fjölþættri sérþekkingu sem byggð er á rannsóknum og samvinnun hennar við hagnýt viðfangsefni fyrir atvinnulífið. Þess

vegna er mikilvægt að styrkja vísindastarfið sem er grundvöllur starfseminnar og gefur ÍSOR sérstöðu sína og styrk. Áhugavert verður að taka þátt í að móta þessa framtíðarsýn á næstu misserum.

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 því næsta.

Hlutverk, fortíð og framtíð ÍSOR

ÓLAFUR G. FLÓVENZ, FORSTJÓRI

Árið 1945 markar upphaf samfelldrar starfsemi ÍSOR. Síðan hefur starfsemin þróast stöðugt undir ýmsum nöfnum og loks sem sjálfstæð stofnun frá árinu 2003 undir nafninu Íslenskar orkurannsóknir.

Samkvæmt lögum starfar ÍSOR á viðskiptalegum grundvelli á samkeppnismarkaði og aflar sér tekna með sölu á rannsóknum, ráðgjöf, þjónustu og upplýsingum. Hlutverk ÍSOR er að vinna að verkefnum og rannsóknum á sviði náttúrufars, orkumála og annarra auðlindamála. Á grundvelli laganna var síðar sett reglugerð sem skilgreinir hlutverk ÍSOR fyrir íslenska ríkið.

Frá stofnun hefur ÍSOR dafnað og treyst sig í sessi, bæði fjárhagslega og faglega, þrátt fyrir að hafa gengið í gegnum miklar sveiflur í verkefnum og tekjum. Tekist hefur að byggja upp viðunandi fjárhag og unnum ársverkum hefur fjölgað úr 57 árið 2003 í 78 árið 2017 en flest urðu þau 99 árið 2008.

Í reynd hafa áherslur ÍSOR hverfst um jarðrænar auðlindir og jarðvísindi. Megináherslan hefur verið lögð á rannsóknir á jarðhita og nýtingu hans þótt grunnvatn, jarðefni, umhverfiseftirlit og hafsbotnsrannsóknir komi talsvert við sögu. ÍSOR varðveitir gríðarmikið safn gagna um jarðhitavinnslu og jarðvísindi sem í langflestum tilvikum eru eign viðskiptavina ÍSOR. Gagnasafnið er ein af helstu undirstöðum starfsemi ÍSOR.

Meginverðmæti ÍSOR er fólgið í viðamikilli þekkingu og reynslu starfsmanna og hæfni þeirra til að tengja saman mismunandi fræðasvið til jarðhita- og náttúrufarsrannsókna. Sú reynsla hefur byggst upp á rúmlega 70 ára samfelldu rannsóknar- og vísindastarfi. Stór hluti helstu sérfræðinga ÍSOR kom til starfa á árunum 1970-1985 sem ungt fólk nýkomið úr skóla, mest karlar. Lengi hefur verið fyrirséð að þessi hópur færi á eftirlaun á svipuðu árabili, flestir milli 2016 og 2022. Því standa nú yfir kynslóðaskipti í starfsliðinu.

ÍSOR hefur því um árabil unnið markvisst að því að ráða til sín ungt fólk og veita því reynslu og þjálfun með því að vinna með eldri og reyndum sérfræðingum. Það hefur verið stefna ÍSOR að veita sérfræðingum sem fara á eftirlaun áframhaldandi starfsaðstöðu til eigin vísindastarfa. Það er í senn þakklætisvottur við þá og veitir starfsfólki aðgang að reynslumiklum sérfræðingum sem formlega hafa látið af störfum. Þetta er afar miklívægt til að tryggja greið kynslóðaskipti. Jafnframt hefur verið lögð mikil áhersla á að fjölga konum í starfsliðinu. Þetta er og hefur verið að skila prýðilegum árangri. Hlutfall kvenna í

starfsliðinu hefur hækkað úr 23% árið 2003 í 39% árið 2017 og hlutfall kvenna í yfirstjórn ÍSOR hefur aukist úr 0% 2003 í 38% 2017. Ef haldið verður áfram á sömu braut ætti að ríkja fullt jafnvægi milli kynja innan fárra ára. Í árslok 2017 voru 28,6% starfsmanna 60-69 ára en 35,1% milli þrítugs og fertugs. Þessi hópur yngri sérfræðinga er smám saman að taka yfir verkefni og ábyrgð og í þeirra hópi eru margir hratt uppvaxandi jarðhitasérfræðingar og afar hæfir einstaklingar. Það eru því allar horfur á að kynslóðaskiptin muni heppnast vel.

Hafa ber í huga að svona umfangsmikil endurnýjun í starfsliðinu er kostnaðarsöm og leiðir til þess að í um árabil hefur ÍSOR verið með fleira starfsfólk en strangt til tekið hefur þurft til að anna fyrirbyggjandi viðfangsefnum á hverjum tíma. Það leiðir aftur til lakari fjárhagsafkomu en ella en ætti að horfa til bóta á næstu 4-5 árum.

ÍSOR byggir starfsemi sína á þekkingu sem byggð er á rannsóknum. Því skiptir verulegu máli fyrir framtíð ÍSOR að vinna verkefni sem krefjast grunnrannsókna. Því miður hefur dregið verulega úr verkkaupum hins opinbera



Ólafur G. Flóvenz forstjóri.



af ÍSOR og þá einkum á þeim sviðum sem lúta að grunnrannsóknum á orkulindum og jarðfræði landsins. ÍSOR hefur m.a. brugðist við þessu með því að sækja í samkeppnissjóði Evrópusambandsins þar sem náðst hefur ótrúlega góður árangur á undanförunum árum. Jafnframt hefur ÍSOR lagt hluta af sjálfsaflafé til samfélagslegra verkefna á borð við kortlagningu á jarðfræði Íslands. Hvort tveggja verður þó sífellt erfiðara.

Það er orðið tímabært að endurskoða rekstrarform og hlutverk ÍSOR. Stjórnvöld þurfa að svara því hvort þau ætli ÍSOR eitthvert

umtalsvert hlutverk fyrir hið opinbera í framtíðinni eða ekki. Um tvo meginkosti er að ræða. Annar er sá að ÍSOR verði falið opinbert hlutverk og selji jafnframt þjónustu á samkeppnismarkaði líkt og nú er gert hjá öðrum innlendum rannsóknarstofnunum og einnig hjá flestum jarðfræðistofnunum í Evrópu. Hinn kosturinn er sá að ríkið selji ÍSOR enda varla hlutverk ríkisins að reka fyrirtæki sem ekki gegnir neinu opinberu hlutverki. Til þess þarf fyrst að breyta ÍSOR í hlutafélag sem síðan yrði opnað fyrir öðrum. Í kjölfarið er líklegt að ÍSOR hf. sameinaðist fyrirtæki á sama starfssviði, eins og til dæmis

stórri verkfræðistofu. Í þessu tilviki myndi ÍSOR hætta að sinna þeim grunnrannsóknum og samfélagslegu verkefnum sem ÍSOR hefur sinnt sem opinber rannsóknarstofnun. Þetta yrði talsverður skaði fyrir grunnrannsóknir á sviði jarðvísinda og jarðhitanýtingar í landinu.

Framtíð ÍSOR varðar marga. Auk ríkisins eru orkufyrirtæki landsins og jarðvísinda- og jarðhitasamfélagið í landinu hagaðilar í málinu að ótöldum starfsmönnum ÍSOR. Það er því mikilvægt að höfð verði víðtæk samvinna þegar og ef hafist verður handa við breytingar á rekstrarformi og hlutverki ÍSOR.



Fólkið okkar

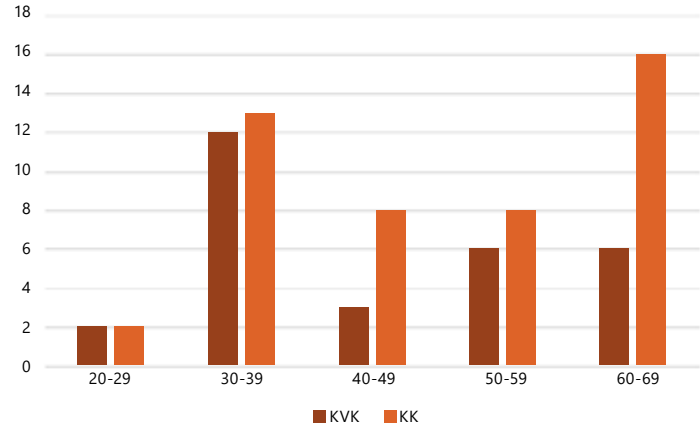
STARFSMANNAFJÖLDI ÍSOR VAR 76 MANNS Í ÁRSLOK 2017

Kynslóðaskipti eiga sér stað nú hjá ÍSOR og því mikil tækifæri fyrir ungt jarðvísindafólk að takast á við krefjandi verkefni. Vel hefur tekist til við að ráða hæft fólk síðustu ár og er hlutfall starfsfólks sem lokið hefur háskólaprófi ríflega 93%

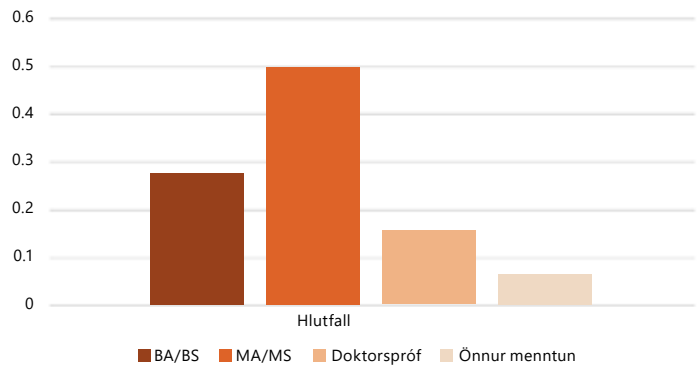
Þekking, virðing og jafnrétti er haft að leiðarljósi í starfsemiinni og lögð er áhersla á að bjóða starfsfólki sveigjanlegan vinnutíma til að mæta kröfum fjölskyldufólks.



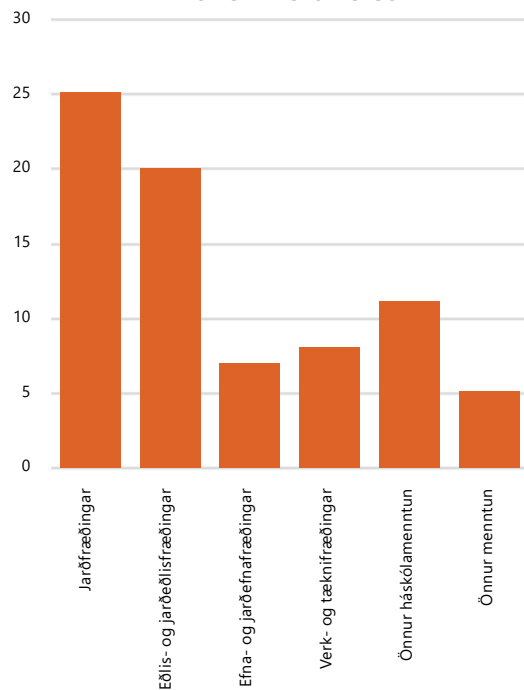
KYNJASKIPTING STARFSFÓLKIS ÍSOR EFTIR ALDRI



MENNTUNARSTIG STARFSFÓLKIS ÍSOR



MENNTUN STARFSFÓLKIS ÍSOR



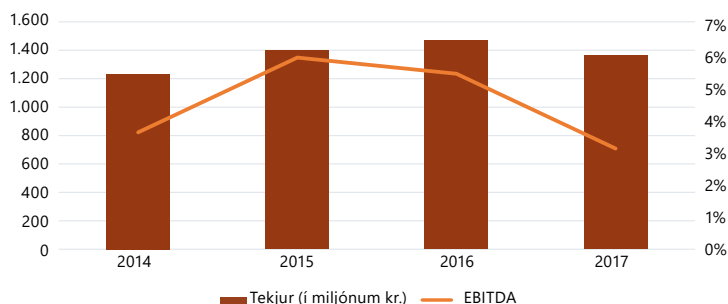
Lykiltölur úr rekstri

Velta ÍSOR dróst saman um tæplega 108 m.kr., eða 7,3% á árinu 2017. Ástæða þessa er versnandi samkeppnisstaða ÍSOR á erlendum mörkuðum vegna mikilla launahækkana innanlands og styrkingu íslensku krónunnar.

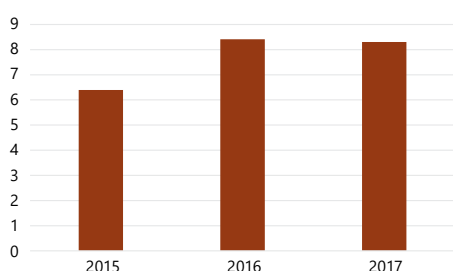
Lækkun eiginfjárlutfalls á árunum 2016 og 2017 er tilkomin vegna þess að ÍSOR er með verulegt vörslufé vegna hárri fyrirframgreiðslna frá Evrópusambandinu vegna rannsóknarstyrkja.

Verkefni ÍSOR á sviði háhita eru umfangsmest, eða ríflega 60% af heildarveltu ársins 2017. Hlutfall Evrópustyrktarverka í rekstri ÍSOR var óvenjuhátt á árunum 2016 og 2017 og endurspeglast í hærri hlutfalli kennslu og þróunar í heildarveltu en árin þar á undan.

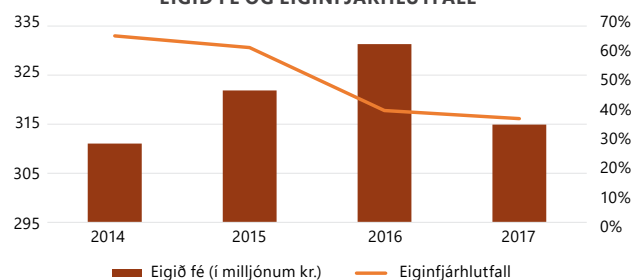
TEKJUR OG EBITDA



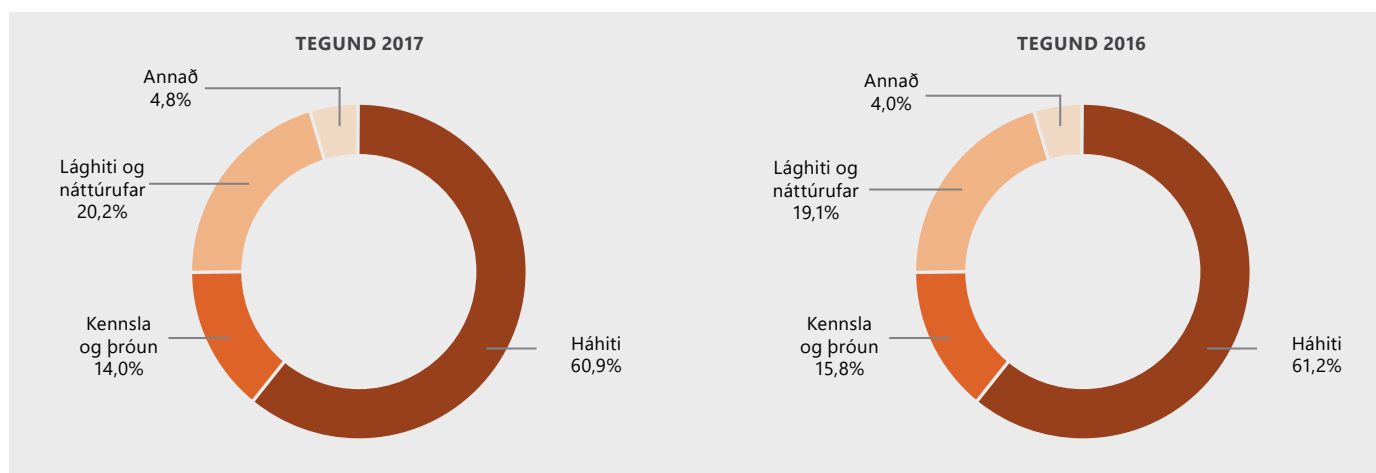
ÁRSVERK Í RANNSÓKNARVERKEFNUM



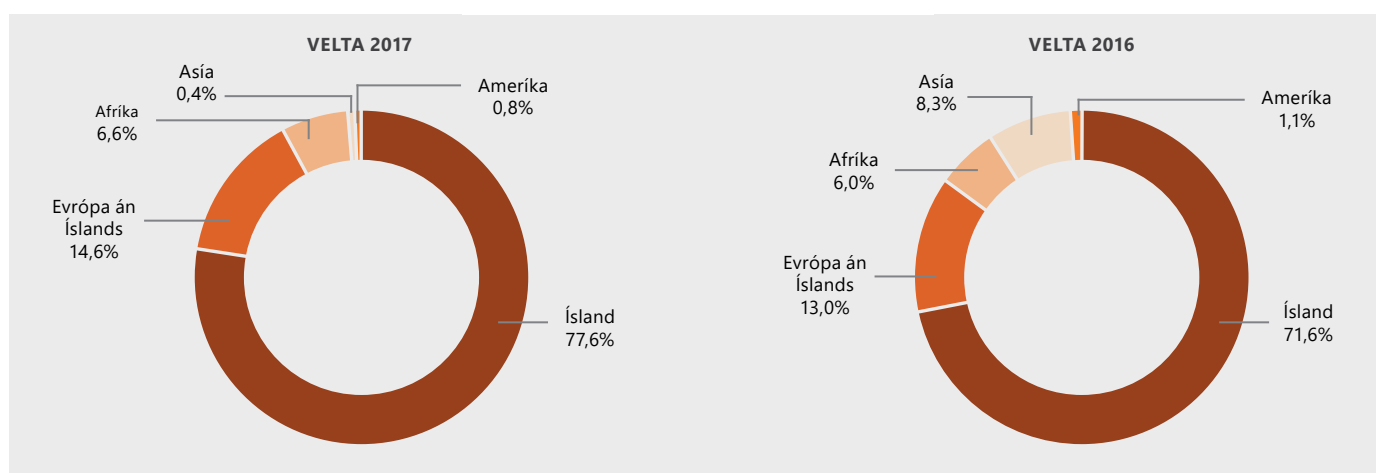
EIGIÐ FÉ OG EIGINFJÁRLUTFALL



SKIPTING VELTU EFTIR TEGUND



SKIPTING VELTU EFTIR HEIMSHLUTUM



Rekstraryfirlit í þús. kr.	2017	2016	2015	2014
Úr rekstrarreikningi				
Rekstrartekjur	1.361.754	1.469.747	1.397.463	1.234.503
Rekstrargjöld	1.318.999	1.390.136	1.314.612	1.190.589
Afskriftir	70.216	56.099	71.096	39.778
	1.389.215	1.446.235	1.385.708	1.230.367
Rekstrarhagnaður fyrir fjármagnsliði	-27.461	23.512	11.755	4.136
Fjármagnstekjur og (gjöld)	11.092	-14.081	-946	655
Hagnaður (tap) ársins	-16.369	9.431	10.809	4.791
Úr efnahagsreikningi				
Fastafjármunir	132.391	136.946	135.405	154.520
Veltufjármunir	717.986	692.989	381.326	313.294
Eignir alls	850.377	829.935	516.731	467.814
Eigið fé	314.942	331.311	321.881	311.073
Skammtímaskuldir	535.435	498.624	194.850	156.741
Eigið fé og skuldir alls	850.377	829.935	516.731	467.814
Úr sjóðstreymi				
Veltufé frá rekstri	53.846	65.529	82.273	48.069
Breytingar á rekstartengdum eignum og skuldum	20.882	32.724	4.633	-70.273
Fjárfestingahreyfingar	-65.660	-57.639	-52.350	-79.910
Hækkun (lækkun) á handbæru fé	9.068	40.614	34.556	-102.114
Kennitölur				
EBITDA	42.755	79.611	82.851	43.914
EBITDA hlutfall	3,1%	5,4%	5,9%	3,6%
Eiginfjárhlutfall	37,0%	39,9%	62,3%	66,5%
Arðsemi eigin fjár	-4,9%	2,9%	3,5%	1,6%
Starfsmenn	76	88	85	73



Ráðgjöf, þjónusta og kennsla

á sviði jarðvarma, grunnvatns og kolvetna í jörðu

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
- Kristalbygging lyfjaefna
- Sýnataka

BORHOLURÁÐGJÖF OG MÆLINGAR

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

MAT OG REKSTUR JARÐHITAKERFA

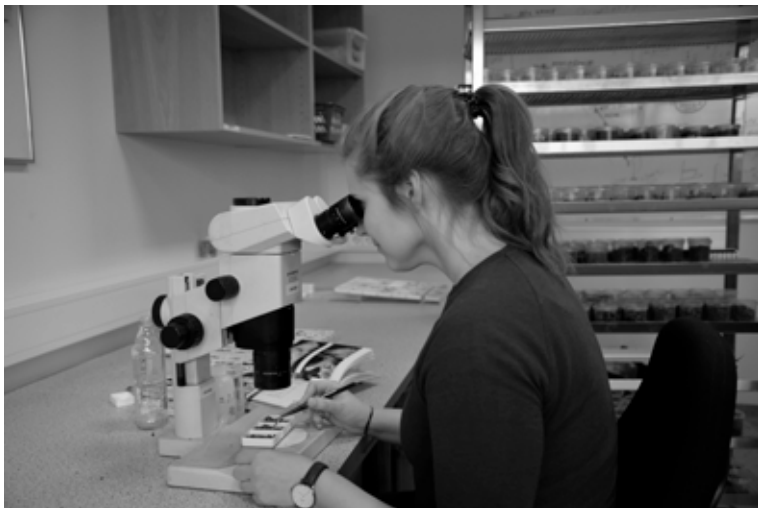
- Hugmyndalíkon
- Rúmmálsmat
- Mat á áhrifum niðurdælingar
- Ferilprófanir
- Reiknilíkon
- Mat á orkuvinnslugetu og framtíðarspár
- Sjálfbær nýting
- Umhverfisvöktun
- Vinnslueftirlit
- Rekstrarráðgjöf

GRUNN- OG NEYSLUVATN

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

UPPLÝSINGATÆKNI

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



Kvars



Súrt innskot



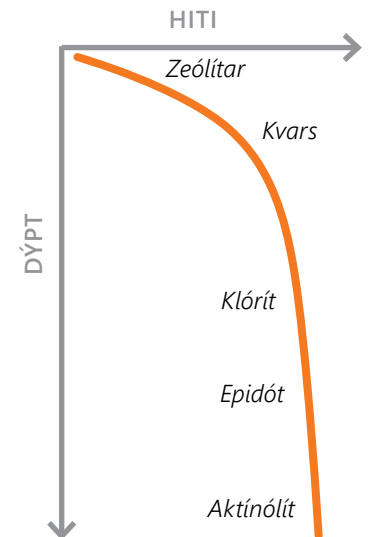
Móberg



Zeóliti



Epidót



BORSVARF

ÍSOR geymir mikið safn af borsvarfi en sýnum er safnað á tveggja metra dýptarbili við borun allflestara jarðhitaholna á landinu. Svarfið er nýtt til að greina jarðlög og ummyndun í bergi og eykur þannig vitneskju um jarðfræði og jarðhitakerfi landsins.

Við frágang sýnanna eru þau skuluð, þurrkuð og sett í varanlega geymslu í húsnæði ÍSOR. Sýnin eru skráð í gagnagrunn þar sem hægt er að fletta upp upplýsingum um þau. Þannig er nú orðið til stórt, mikilvægt og aðgengilegt safn um jarðfræði Íslands. Þetta safn kemur orkufyrirtækjum og vísindasamfélaginu að góðum notum. Algengt er að vísindamenn og háskólastúdentar, bæði innlendir og erlendir, noti safnið til ýmiss konar rannsókna og fræðistarfa auk þess sem sýni úr því eru iðulega notuð í tengslum við nýjar rannsóknir á jarðhitasvæðum landsins.

Lesið úr svarfinu

Svarfið gefur jarðfræðingum mikla innsýn í jarðfræði svæðanna og myndunarsögu landsins. Hinar ýmsu bergtegundir myndast við mismunandi aðstæður og því hægt að

lesa úr borsvarfinu afstæða myndunarsögu jarðlaganna sem borholan sker.

Við boranir eftir jarðhita eru nokkur atriði sem helst er leitað eftir í svarfinu. Ummyndunarsteindir veita innsýn í jarðhitakerfið, hita þess, jarðskorpuhreyfingar og þróun jarðhitakerfisins með tíma. Þær gefa einnig vísbendingar um lekt í berginu og hvar vatnsæðar er að finna. Þá veitir borsvarfið upplýsingar um hrungjörn jarðlög sem valdið geta erfileikum í borun og það er notað til að finna trygg jarðlög fyrir enda fóðringa í holunum.

Að lokinni borun eru frekari rannsóknir oft gerðar á svarfinu sem gefur dýpri innsýn í jarðhitakerfin, myndunarsögu og framtíð þeirra. Þetta geta t.d. verið þunnsneiðar, leirgreiningar með röntgengreiningu, rannsóknir

á vökvabólum í kristöllum, samsætugreiningar og fleira. Upplýsingum úr svarfinu ásamt borholumælingum og yfirborðsmælingum er svo safnað saman og þær settar í þrívíð líkön sem gefa heildarsýn svæðanna. Þessi þrívíðu líkön eru til dæmis notuð við staðsetningu nýrra holna.

Stærð safns

Við borun holu er alla jafnan tekið sýni á tveggja eða þriggja metra fresti. Sýnin eru geymd í dósnum sem er raðað í kassa sem geymdir eru á vörubrettum. Vörubretti safnsins eru nú 90 talsins og rúmmál þess um 200 m³, eða eins og sex fullir 20 feta gámar. Oft eru sýnin geymd í tvítaki og á það helst við um þær holur sem mikið er unnið með, eins og háhitaholur og stærri lághitakerfi. Við þetta bætist þá tvítakið sem oft er minna og í litlum dósnum sem passa vel undir víðsjá.

Yfirlit jarðhitaverkefna

REYKJANES OG SVARTSENGI

Síðsumars 2017 var 2800 m djúp vinnsluhola, RN-35, boruð vestan megin í vinnslusvæðinu á Reykjanesi fyrir HS Orku. ÍSOR veitti ráðgjöf við staðsetningu holunnar og vann eftir borunina ítarlega úrvinnslu á hljóðsjármælingu til að staðsetja sprungur í henni. Þokkaleg lekt var í holunni og reyndist hún aflmikil þegar hún var afkastaprófuð í janúar 2018.

Hola SV-26, sem var boruð árið 2016, var afkastaprófuð árið 2017 og efnasýni greind. Holan er aflmikil og sver sig í ætt annarra djúpra holna í Svartsengi. Hún var stefnu-boruð til austurs út úr vinnslusvæðinu og sýnir að 240°C jarðhitakerfið í Svartsengi teygir sig vel austur fyrir Grindavíkurvegin.

Til að kanna ástand jarðhitakerfa og viðbrögð við vinnslu á Reykjanesi og Svartsengi sinnir ÍSOR reglulegu vinnslueftirliti. Það felst í hita- og þrýstímælingum í borholum niður á allt að 3 km dýpi ásamt því að gera rennslismælingar með ferilefnum á hlotoppi og í lögnum. Sýni af vatni, gasi og gufu eru tekin úr holum til að fylgjast með breytingum sem verða á efnasamsetningu djúpvökvans með vinnslu. Reglulegt eftirlit er með gæðum gufu og þéttivatns við hverfla virkjunarinnar ásamt

skiljuvökva, niðurdælingarvökva og útfalli til sjávar úr bunustokki.

Fylgst var með breytingum á jarðhitavirkni á yfirborði á Reykjanesi, sýni voru tekin úr völdum gufuaugum til efnagreininga ásamt því að eftirlit var haft með hita- og þrýstingi í borholum sem útvega jarðsjó í kælikerfi Reykjanesvirkjunar.

ÍSOR rekur skjálftamælanet sem nær frá Reykjanesi austur til Svartsengis og Eldvarpa fyrir HS Orku. Það er ákveðinn þáttur í umhverfiseftirliti að vakta smáskjálfta sem geta fylgt borunum og niðurdælingu. Samtals voru staðsettir 2290 jarðskjálftar í kerfinu árið 2017.

Tillögur voru lagðar fram að staðsetningu á rannsóknarholum í Stömpum og Stóru-Sandvík og rétt fyrir árslok hófst borun holu RN-36. Holan verður stefnuboruð og er henni ætlað að skera gossprungurnar þrjár í Stampareininni.

HELLISHEIÐI, NESJAVELLIR OG HVERAHLÍÐ

Fylgst er reglulega með þróun hita- og þrýstings í jarðhitakerfum Hengilsins fyrir

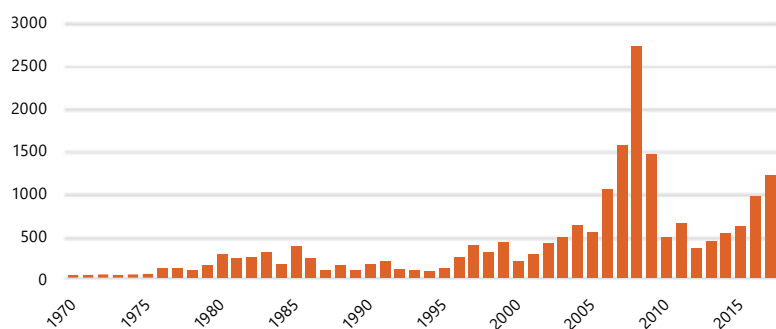
Orku náttúrunnar (ON) vegna vinnslu úr svæðunum fyrir virkjanirnar á Hellsheiði og Nesjavöllum. Þessar eftirlitsmælingar eru nýttar til að kvarða reiknilíkön af svæðunum og gera spár um breytingar í jarðhitakerfunum vegna massatöku.

Nýlega lét ON bora vinnsluholu, HE-60, við Hverahlíð á Hellsheiði til viðbótar við vinnsluholurnar fjórar sem fyrir eru á svæðinu. Borverkið var unnið af Jarðborunum hf., boreftirlit var í höndum Mannvits og GeoEnergy og ÍSOR sá um rannsóknarþáttinn og jarðhitaráðgjöf.

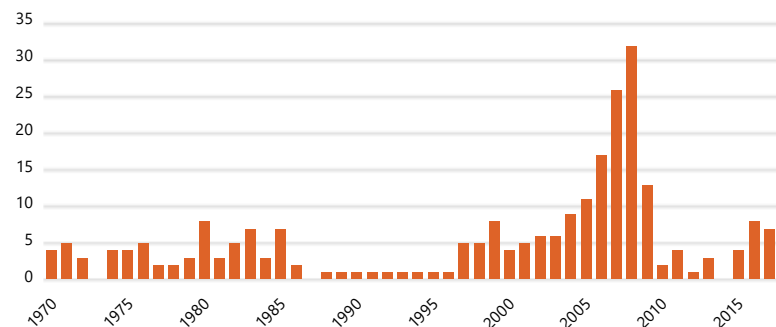
ÍSOR rekur alls 14 jarðskjálftastöðvar á Hengilssvæðinu fyrir ON. Þessar stöðvar nýtast til að nema og staðsetja með aukinni námkvæmni skjálfta á svæðinu, bæði af náttúrulegum völdum og vegna vinnslunnar. Gögnin geta hjálpað til við kortlagningu á jarðhitakerfum og sprungukerfum sem mikilvægt er að þekkja, t.d. þegar staðsetja á nýjar holur sem og í tengslum við niðurdælingu. Fjórar af stöðvunum voru settar upp í tengslum við borun holu HE-60 við Hverahlíð.

Lokið var við þrívíða túlkun á gögnum úr viðnámsmælingum sem gerðar hafa verið undanfarin ár á sunnanverðu Hengilssvæðinu. Í úrvinnslu mælinga var sérstaklega horft til Hverahlíðar og Skarðsmýrarfjalls en áður hafði svæðið við Meitla verið skoðað og markmiðið er að fá nákvæmari mynd af viðnámsstrúktúr jarðhitakerfanna. Rannsóknir sem þessar eru ekki síst mikilvægar þegar staðsetja á borholur á jaðri þekktra svæða.

MÆLDIR KÍLÓMETRAR Í LÁG- OG HÁHITAHOLUM ÁRIN 1970-2017



FJÖLDI BORAÐRA HÁHITAHOLNA 1970-2017



Fjöldi greindra efnasýna á rannsóknarstofu ÍSOR

Tegund sýnis	Fjöldi sýna 2017
Sýni úr háhitaholu	40
Sýni úr orkuveri	35
Sýni úr gufuauga	23
Sýni af lághitavatni	145
Sýni af neysluvatni	8
Rennslismælingasýni	400
Ferilefnasýni	588
Leirgreiningar	70
Aðrar greiningar	400
Samtals	1709

Notast var við hugbúnaðinn LeapFrog til að setja upp jarðlaga- og ummyndunargögn frá Nesjavöllum. Þrívíddarlíkön voru gerð en auk þess hafa fleiri tiltæk gögn verið sett inn í kerfið. Á þessari vinnu mun frekari uppfærsla á hugmyndalíkani Nesjavalla byggjast og jarðalagalikangerðin nýtist einnig við líkanagerð af grunnvatnsstraumum á Nesjavöllum.

Í Hverahlíð hefur undanfarin ár verið fylgst með breytingum á yfirborðsvirkni, m.a. með hitamælingum og gasflæðimælingum í tengslum við aukna vinnslu á svæðinu.

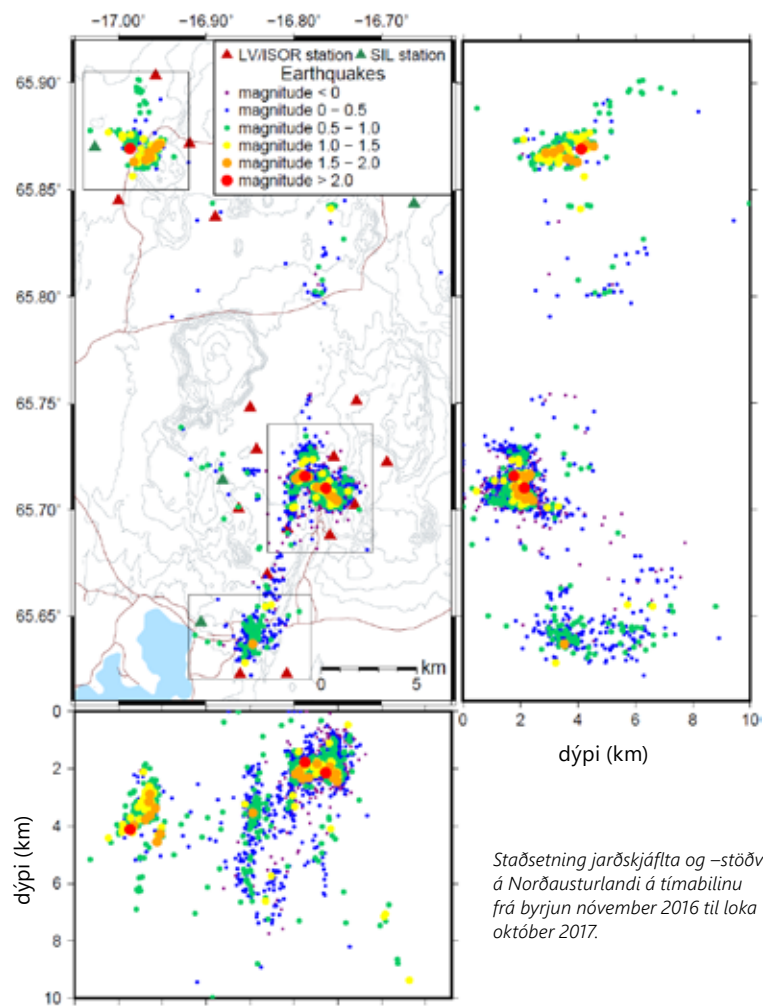
KRAFLA, NÁMAFJALL OG ÞEISTAREYKIR

Jarðhitavirkni á Norðausturlandi hefur verið kortlögð og könnuð reglulega á síðustu áratugum fyrir Landsvirkjun. Tilgangurinn er að fylgjast með breytingum á virkinni. Jarðhitavirkni á yfirborði er sibreytileg af náttúrulegum ástæðum, svo sem eldvirkni og jarðhniki, en einnig vegna vinnslu vökva úr jarðhitasvæðunum.

Á árinu 2017 var áhersla á umhverfiseftirlit á Kröflusvæðinu og voru gerðar ítarlegar rannsóknir á jarðhitavirkni og útbreiðsla jarðhitans var kortlögð. Koldíoxíðflæði um jarðveg var mælt og tekin sýni úr gufu-augum. Á jarðhitasvæðum í Námafjalli og á Þeistareykjum var umhverfiseftirlit umfangsminna. Almennu voru breytingar litlar í jarðhitavirkni á öllum svæðunum þó að einhver ný virkni hafi komið fram bæði í Kröflu og á Þeistareykjum.

Reglulegu vinnslueftirliti var framhaldið en það felst í mælingum á hita, þrýstingi og rennsli í borholum á svæðunum, sem og jarðskjálftavirkni tengdri vinnslu.

Skjálftanet ÍSOR skráði yfir 6000 jarðskjálfta á háhitasvæðunum í Kröflu, Námafjalli og á Þeistareykjum frá nóvember 2016 til loka október 2017. Hraðahlutföll, reiknuð út frá Wadati-línuritum, sýna lægri gildi en fyrir dæmigerða íslenska jarðskorpu og eru þau lægst á Kröflusvæðinu. Í skjálftagögnunum kemur fram hálsárs sveifla í fjölda skjálfta, líkt og undanfarin ár, þar sem skjálftavirkni er minni yfir vetrarmánuðina og á sumrin en meiri að vori og hausti. Niðurdæling á Kröflusvæðinu í holu K-26 var um 70–80 l/s nema yfir sumarið þegar hún minnkaði í 62–66 l/s. Stærð skjálfta er talsvert mismunandi milli svæðanna þriggja. Í Kröflu eru stærstu skjálftarnir á þessu tímabili af stærðinni 2,15, í Námafjalli 1,75 og á Þeistareykjum 2,16. Brotlausnir skjálfta sýna að þeir eru blanda af sig- og sniðgengjum í gliðunarbelti.



Staðsetning jarðskjálfta og –stöðva á Norðausturlandi á tímabilinu frá byrjun nóvember 2016 til loka október 2017.

EYJAFJÖRDUR

Árangursrík borun var við Ytri-Vík í Eyjafirði. Sérfræðingar ÍSOR staðsettu holuna YV-20 og höfðu eftirlit með verkinu og sáu um borholumælingar, meðal annars með hljóðsjá til að mæla strik og halla á sprungu sem heit æð tengist. Holan varð 264 m djúp og gaf um 12–14 l/s af 85°C heitu vatni. Ræktunarsamband Flóa og Skeiða sá um borun fyrir Norðurorku sem stefnir að borun djúprar vinnsluholu á svæðinu á næstu árum.

ÍSOR vann að samantekt á gögnum um holu HJ-19 og HJ-20 á Hjalteyri fyrir Norðurorku en í undirbúningi er borun nýrrar vinnsluholu, HJ-21. Til grundvallar staðsetningar voru gögn um fyrri boranir, jarðfræði og ýmsar mælingar. ÍSOR vann að verk- og útboðslýsingu og hönnun holunnar og einnig hafa forðufræðingar ÍSOR gert úttekt á því hve mikið sé hægt að auka jarðhitavinnslu á Hjalteyri.

ÍSOR hefur frá upphafi annast eftirlit með vatns- og orkuvinnslu fyrir Norðurorku úr jarðhitakerfunum sex sem þjóna hitaveitu

Akureyrar og nærsveitum og svo var einnig árið 2017. Norðurorka rekur einnig Hitaveitu í Ólafsfirði og Hrísey. Jafnframt nýtir Norðurorka vatn frá Reykjum í Fnjóskadal fyrir hitaveitu í Fnjóskadal og á Grenivík.

Í Eyjafirði hefur verið sett upp skjálftanet 5 mæla, sem er ætlað „að hlusta“ eftir smáum skjálftum sem verða á svæðinu frá Hrísey og suður að Hörgarósum. Með samfelldri skráningu ÍSOR í nokkur ár á staðbundnu neti skjálftamæla er hægt að greina litla staðbundna jarðskjálfta og staðsetja þá nákvæmlega. Þannig fást greinargóðar upplýsingar um virkar sprungur tengdar jarðhitasvæðum í Eyjafirði, t.d. Ytri-Vík, Hjalteyri og Hrísey.

REYKIR VIÐ REYKJABRAUT

Auk hefðbundins vinnslueftirlits fyrir hitaveitu Blönduóss og Skagastrandar, sem RARIK rekur, vann ÍSOR að gerð þrívíddar-jarðfræðilíkans af jarðhitasvæðinu á Reykjum við Reykjabraut. Með Visual MODFLOW hugbúnaði voru gögn úr 22 jarðhitaholum og öðrum mælingum notuð við gerð líkansins



Frá lághitaborun við Hoffell í Hornafirði.

sem nýtist svo áfram við þróun á hugmynda- og reiknilíkani af svæðinu.

SKAGAFJÖRÐUR

Á árinu 2017 var áfram unnið að því að stækka dreifikerfi hitaveitna hjá Skagafjarðarveitum og þar er nýjasta viðbótin hitaveitan frá Langhúsum í Fljótum. ÍSOR hefur á undanförunum árum unnið að ráðgjöf við jarðhitaleit, boranir og eftirlit með nýtingu fyrir allar hitaveitur Skagafjarðarveitna. Nýlega hafa verið gerðir blandreikningar á jarðhitavatni frá Hrolleifsdal og annars vegar Reykjum í Hrútafirði og hins vegar Langhúsum, og gefa þeir til kynna að ekki sé útfellingahætta í dreifikerfinu vegna blöndunar vatns frá svæðunum.

REYKHÓLAR

Orkubú Vestfjarða stóð fyrir því að fá ÍSOR til að gera afkastamat á jarðhitakerfinu á Reykhólum sem sveitarfélagið og Þörungaverksmiðjan nýtir. Meginniðurstaða afkastaprófana og hitamælinga í febrúar 2017, samanborið við eldri mælingar og athuganir, bendir til að ástand jarðhitakerfisins sé gott og að núverandi upptekt hafi ekki nein veruleg áhrif á svæðið.

ESKIFJÖRÐUR

Bakrásarvatni hitaveitu Eskifjarðar hefur verið dælt niður í jarðhitakerfið í Eskifirði í

tæpan áratug. Á árinu var gerð ferilprófun á vinnslusvæðinu fyrir Fjarðabyggð þar sem tilgangurinn var að meta tengsl milli vinnslu- og niðurdælingarholna og eru niðurstöður nýttar til að skipuleggja niðurdælingu þannig að áhrif kælingar verið sem minnst.

HOFFELL

Við Hoffell í Hornafirði er áfram unnið fyrir RARIK að því að finna nægjanlegt magn af heitu vatni fyrir hitaveitu á Höfn. Á árinu var boruð rannsóknarholan HF-4 en Ræktunarsamband Flóa og Skeiða sá um borunina. Holan er 1750 m djúp og í henni er hæsti mældi hiti um 85°C. Í dæluþrófun gaf holan 35 l/s af 82–83°C heitu vatni við hóflegan niðurdrátt.

SELFOS OG ÞORLEIFSKOT

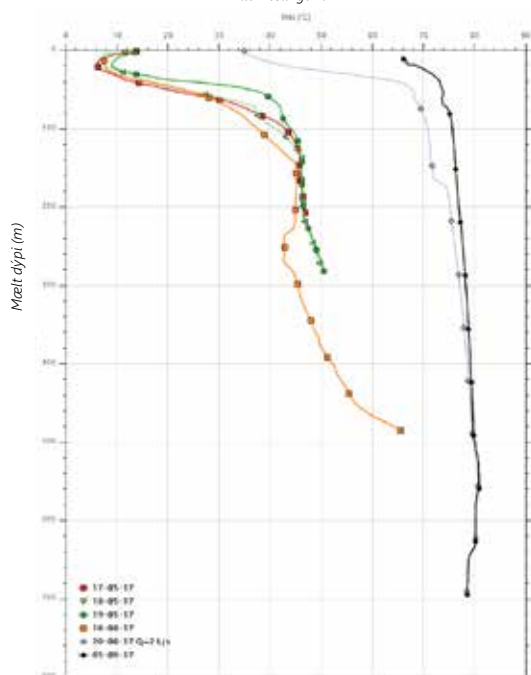
Boruð var ný vinnsluhola við Þorleifskot, hola ÞK-18. Holan er rúmlega 1500 m djúp og er hæsti hiti nærri 130°C. Fyrir Selfossveitur er virk jarðhitaleit vegna vaxandi notkunar á heitu vatni í tengslum við mikla íbúafjölgun. Á vesturbakka Ölfusár voru boraðar tvær rannsóknarholur í janúar og febrúar, SE-32 í 109 m og SE-33 í 100 m. Út frá niðurstöðum borana lagði ÍSOR til að boruð yrði dýpri rannsóknarhola rétt sunnan við holu SE-33. Hóla SE-34 varð 300–500 m djúp og var hún notuð til sprungumælinga með holusjá en gert var ráð fyrir því

í hönnun hennar að hægt væri að breyta henni í vinnsluholu með rýmingu ef ástæða þætti til. Á grundvelli holusjármælinga var síðan hola SE-35 staðsett og hófst borun hennar í desember 2017. Hún hitti á æðar á 464 og 481 m dýpi og verður hún fóðruð til að skerma af kaldari æðar ofan til og nýtt sem vinnsluhola.

LAUGALAND Í HOLTUM

Jarðboranir, fyrir hönd Veitna, boruðu holu LL-6 á Laugalandi á árinu. Tilgangur hennar var að auka vinnslu á heitu vatni fyrir hitaveitu Rangæinga en hún nýtir vatn úr lághitakerfum á Laugalandi og Kaldárholti. Einnig var kannað hvort heitara vatn væri að finna dýpra en nú er verið að vinna á svæðinu, á um 800 m dýpi og um 90–95°C. Hóla LL-6 skar misgengi á um 800 m dýpi en það er sama misgengi og núverandi vinnsluhola LL-4 vinnur vatn úr. Við borun kom í ljós að mikil tengsl eru á milli holnanna en borað var á 1855 m dýpi án þess að vart yrði að ráði við dýpri og heitari æðar. Borun var hætt í haust vegna kólnandi veðurs sem varð til þess að taka þurfti holu LL-4 í notkun. Afkastamæling holu LL-6 verður gerð í vor og þá verður ákveðið um framhaldið. Fjórar skjálftastöðvar voru settar upp á Laugalandi til að fylgjast með hvort aukin skjálftavirkni mældist í tengslum við borunina en niðurstöður benda ekki til þess.

Hitamælingar í KH-11



Jarðborinn Karl Gústav á leitarholu KH-7 þann 15. janúar 2016.

YFIRLIT JARÐHITAVERKEFNA

JARÐHITI Í ÁSHILDARMÝRI Á SKEIÐUM

Átak var gert í jarðhitaleit í Kílhrauni á Skeiðum í byrjun árs 2016 samkvæmt tillögum ÍSOR. Boraðar voru nokkrar grunnar leitarholur sem leiddu í ljós að hitastigull var hár á öllu svæðinu og hvað hæstur undir Áshildarmýri. Ljóst þótti að undir mýrinni og þar í grennd væri grunnstætt jarðhitakerfi.

JARÐLÖG

Þarna er jarðlagaskipan með þeim hætti að efst er Þjórsárhraunið mikla, 20–40 m þykkt, og þá kemur stafli af setlögum sem á þessum slóðum geta náð allt niður á 180–200 m dýpi. Þau eru gerð úr árframburði efst (möl og sandur) en fingerðara sjávarseti neðar og í því finnast sums staðar skeljar. Grófari jökulruðningslög eru víða neðst í þessum setlögum. Undir setstaflanum er komið í hinn gamla berggrunn svæðisins, harðan blágrýtisstafla. Hann er brotinn og misgenginn eftir hina miklu skjálftavirkni sem er í héraðinu. Jarðhitastigull í setlögnum undir Þjórsárhrauninu á þessum slóðum er um og yfir 400°C/km. Þessi stigull lækkar þó er kemur niður fyrir 100 m dýpi. Saltmengun kemur sums staðar fram í setlögnum og berginu undir þeim.

HITASVÆÐIÐ

Hitasvæðið í landi Kílhrauns teygir sig til norðausturs í stefnu á Blesastaði. Jarðskjálftasprungur í hrauninu á þessum slóðum hafa víða þessa stefnu. Með samanburði við reynslu af borunum á Blesastöðum og Brjánsstöðum gerðu menn sér vonir um að fá 60–70°C heitt vatn á innan við 500 m dýpi. Heitasta holan sem boruð var í þessum leitaráfangum var með hitastigul upp á nærri 450°C/km, sem er óvenju hár stigull. Hinn almenni hitastigull utan jarðhitasvæða á þessum slóðum er 80°C/km. Holan virtist liggja nálægt jarðhitasprungu. Á þessum grundvelli var vinnsluhola staðsett.

VINNSLUHOLAN

Vinnsluholan var boruð í tveimur áföngum sumarið 2017 og varð 705 m djúp. Holan er í jaðri mýrarinnar og liggur vel við byggðinni sem henni er ætlað að þjóna. Allmikið af volgu og söltu vatni kom inn í efri hluta holunnar en það var fódrað frá. Í neðri hluta hennar fékkst heitara og ferskara vatn. Botnhitinn í holunni mældist hátt í 80°C. Að lokinni borun runnu í sjálfrennsli 2–3 l/s af jarðhitavatni úr henni sem var 66,7°C. Mest af

þessu vatni kemur úr sprungum á 500–650 m dýpi. Heitasta og vatnsmesta æðin er á 550 m dýpi. Þar sker holan góða sprungu. Dæluþrófun gefur til kynna að holan afkasti 7,7 l/s við 40 m niðurdrátt. Þetta magn mætti auka eitthvað með meiri niðurdrætti en óvarlegt er að gera ráð fyrir meira en 10 l/s. Vatnshiti í dælingu var 75,8°C.

EIGINLEIKAR VATNSINS

Selta í vatninu mælist um 2,6‰ og kemur fram í bragði þess sem örlítil keimur. Mælingar sýna að seltumagnið breytist lítið sem ekkert við langa dælingu. Þetta er sjávarselta og stafar af sjó sem enn situr í jarðlögum og sprungum frá þeim tíma er sjór var yfir öllu Suðurlandsundirlendi í ísaldarlok. Taka þarf tillit til seltunnar við hönnun hitaveitu. Selta er víða í jarðhitavatni og mikil reynsla er fyrirbyggjandi varðandi hvernig er best að bregðast við henni. Efnagreiningar sýna að efnainnihald vatnsins er hagstætt að öðru leyti. Líkur eru á að auka megi hitavinnsluna á svæðinu með fleiri holum. Lagning hitaveitu um byggðina í Áshildarmýri er þegar hafin.



YFIRLIT JARÐHITAVERKEFNA

NÝ GUFUAFLSSTÖÐ Á ÞEISTAREYKJUM

ÍSOR vinnur að rannsóknum og veitir orkufyrirtækjunum þjónustu við undirbúning, uppbyggingu og rekstur háhitavirkjana á Íslandi og hefur þessi þjónusta lengst af verið þungamiðjan í starfsemi ÍSOR. Eitt þeirra svæða sem starfsmenn ÍSOR hafa unnið við er háhitasvæðið á Þeistareykjum fyrir Landsvirkjun.

Á Þeistareykjum hefur verið unnið að yfirborðsrannsóknum ýmiss konar, svo sem jarðfræðikortlagningu, viðnámsmælingum, þyngdarmælingum, grunnvatnsrannsóknum og smáskjálftamælingum. Síðan tóku við rannsóknar- og vinnsluboranir þar sem ÍSOR hefur komið að staðsetningu holnanna og veitt ráðgjöf við borunina, greint borsvarf til að kanna jarðlög og ummyndun þeirra og gert ýmsar borholumælingar, þar sem hita- og þrýstimælingar eru fyrirferðamestar, og gert prófanir á holunum. Samhliða þessu hefur verið unnið að líkangerð af jarðhitakerfinu og lagt mat á eiginleika þess

og vinnslugetu. Þá hefur verið fylgst með breytingum á jarðhitavirkni á yfirborði og er það hluti af umhverfissvöktun með jarðhitasvæðinu.

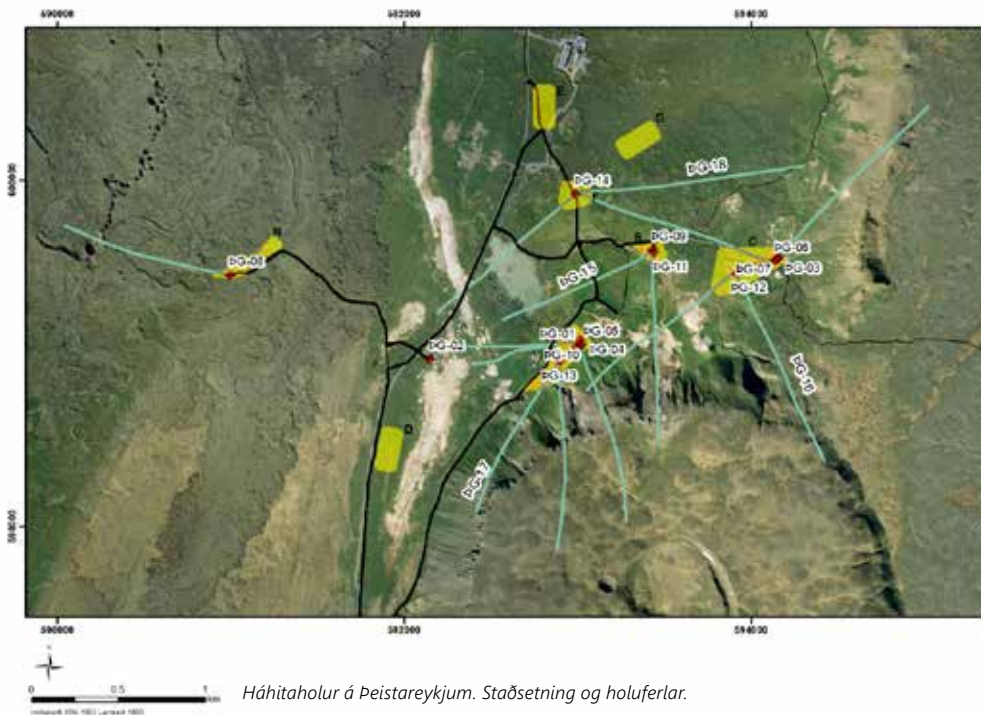
NÝ GUFUAFLSSTÖÐ

Landsvirkjun hefur unnið markvisst undanfarin ár að virkjun Þeistareykja og var síðasta átakið í gufuöflun fyrir Þeistareykjavirkjun unnið á árunum 2016 til 2017. Þá boraði Landsvirkjun níu vinnsluholur á Þeistareykjum en áður höfðu níu holur verið boraðar á árunum 2002 til 2012. Borholurnar eru sumar beinar (lóðréttar) en flestar eru stefnu-

boraðar og dýpi allt að 2800 m. Samhliða borframkvæmdum 2016 og 2017 stóð yfir uppbygging gufuaflsstöðvar á Þeistareykjum og var fyrri 45 MW gufuhverfillinn tekinn í notkun 17. nóvember 2017. Seinni gufuhverfill virkjunarinnar, einnig 45 MW, verður tekinn í notkun vorið 2018.

BORFRAMKVÆMDIR

ÍSOR kom að ýmsum þáttum borframkvæmdanna á Þeistareykjum á árunum 2016 og 2017. Á bortíma voru borholu-jarðfræðingur og borholumælingamenn á Þeistareykjum og sinntu hefðbundinni



Háhitaholur á Peistareykjum. Staðsetning og holuferlar.



rannsóknarvinnu við borun. Áfangaskýrslum var skilað fyrir hverja holu þar sem greint var frá framvindu borverksins í hverjum áfanga, greiningu jarðlaga og ummyndunar og þeim borholumælingum sem gerðar voru við borun. Í skýrslu um lokaáfanga hverrar holu er greint frá prófunum í lok borunar og úrvinnslu þeirra þar sem m.a. er lagt mat á afköst og eiginleika holunnar. Vinnsluhluti holna var mældur með holusjá (e. televiewer) í þeim tilgangi að kortleggja m.a. stefnur og halla á sprungum, til frekari greininga á innviðum jarðhitakerfisins. Í lokaprógrammi hverrar holu voru gerðar sk. flæðimælingar (spinner-mælingar) samhliða hita- og þrýstímælingum. Flæðimælingar gefa nánari og betri upplýsingar um rennsli í holum og með þeim má mæla stærð einstakra vatnsæða. Hjá ÍSOR hefur farið fram talsverð þróunarvinna í tengslum við flæðimælingarnar, m.a. til að koma á stöðluðu verklagi

við mælingarnar og úrvinnslu gagnanna og framsetningu á niðurstöðum mælinganna. Að borun lokinni er holunni lokað og hún látin hitna upp í kjölfar mikillar kælingar við borun. Fylgst er með upphitun og hefur ÍSOR annast upphitunarmælingar þar sem mældur er hiti og þrýstingur. Að jafnaði tekur upphitunartíminn u.þ.b. þrjá mánuði og er þá mælt þrisvar í holunni. Að þessum tíma liðnum er metið hvort holan er „tilbúin“ til upphleypingar og frekari prófana þar sem mæld eru afköst, vermi, efnainnihald jarðhitavökvans o.fl. Að liðnum upphitunartíma er einnig venja að ákvarða berghita og upphafsþrýsting fyrir holuna og jarðhita-kerfið í nærumhverfi hennar.

SJÁLFBÆRNI JARÐVARMVIRKJANA

Á árinu 2017 stóð Landsvirkjun fyrir því að gera úttekt á undirbúningi Þeistareykjavirkjunar út frá hugmyndafræði sjálfbærrar

þróunar þar sem byggt er á drögum að matslykli á sjálfbærni jarðvarmavirkjana (e. Geothermal Sustainability Assessment Protocol GSAP). Þessi nýi matslykill er unninn í samvinnu Orkustofnunar, Landsvirkjunar, Orkuveitu Reykjavíkur, HS Orku og Umhverfisstofnunar. Fyrirmynd aðferðafræðinnar er alþjóðlegur matslykill á sjálfbærni vatnsaflsvirkjana (e. Hydropower Sustainability Assessment Protocol (HSAP)) sem hefur verið nýttur víða um heim til að taka út vatnsaflsvirkjanir, meðal annars hérlandis. Niðurstöður matsins sýna að almennt hefur undirbúningur að Þeistareykjavirkjun fallið vel að alþjóðlegum viðmiðunum um sjálfbæra þróun. Af 17 vísam sem voru metnir fengu 11 vísar hæstu einkunn, þar á meðal vísir sem snýr að jarðhitaauðlindinni og í heildina þykir verkefnið til fyrirmyndar hvað varðar m.a. nýtingu jarðhitaauðlindarinnar og samráð við hagsmunaaðila.



Grunnvatn

ÍSOR vann að fjölbreyttum verkefnum á sviði grunnvatnsrannsókna á árinu. Þar má nefna ráðgjöf vegna neysluvatnsöflunar, leit að ísöltu grunnvatni og jarðsjó og ráðgjöf vegna vatnsverndar og afmörkunar vatnsverndarsvæða. ÍSOR hefur komið að staðsetningu fjölmargra borholna og brunna, prófunum á borholum og afköstum þeirra, sinnt grunnvatns- og neysluvatnseftirliti og efnagreint ferskvatnssýni.

NESJAVELLIR

Frá árinu 2000 hefur Orkuveita Reykjavíkur fengið ÍSOR til að hafa eftirlit með hitadreifingu grunnvatns í Nesjahrauni við Nesjavelli og áhrifum affallsvatns frá Nesjavallavirkjun. Grunnvatnshiti með dýpi er mældur í borholum víðsvegar í hrauninu að vori og hausti. Árlega hafa niðurstöðurnar verið dregnar saman í kort þar sem jafnhitalínur einum metra neðan við grunnvatnsborð sýna dreifingu hitamengunar af affallsvatni. Með aukinni niðurdælingu á undanförunum árum hefur losun affallsvatns minnkað og um leið hafa hitaáhrif affallsvatnsins minnkað.

ÍSOR vinnur að gerð þrívíðs reiknilíkans til að meta með betri hætti en áður hitadreifingu grunnvatns í Nesjahrauni. Það felur í sér

vinnslu jarðfræðilíkans með LeapFrog-Geo hugbúnaði sem síðan er notað með Visual ModFlow til þess að útbúa reiknilíkan. Auk þess að gera grunnvatnseftirlit í Nesjahrauni markvissara mun slíkt líkan gefa tækifæri til að meta árstíðabundnar sveiflur vegna leysinga og spá fyrir um áhrif breytilegs rennslis affallsvatns í hraunið.

REYKJANES

Reiknilíkon, eins og það sem lýst er hér að framan, hafa einnig verið notuð til að skilgreina vatnsverndarsvæði. Nýlega var rannsóknarhola boruð á Vogaheiði, á milli Reykjanesbrautar og Snorrastaðatjarna, en HS Veitur hyggjast afla þar neysluvatns fyrir íbúa í Vogum á Vatnsleysuströnd. Á Reykjanesskaga flýtur ferskt grunnvatn

ofan á söltum jarðsjó en við slíkar aðstæður þarf að umgangast grunnvatnsauðlindina af sérstakri varkárni og að tryggja að ferskvatnið spillist ekki vegna blöndunar við jarðsjó.

Rannsóknarholan á Vogaheiði var boruð til að afla áreiðanlegra gagna um jarðlagaskipan og vatnsleiðni. ÍSOR notaði gögn úr rannsóknarholunni og önnur gögn af svæðinu til að útbúa reiknilíkon sem gefa kost á að meta áhrif dælingar á grunnvatnslinsuna, hættu á blöndun við jarðsjó og til að skilgreina vatnsverndarsvæði. Fyrir HS Veitur var unnin úttekt á framtíðarvatnsbólusvæði fyrir Suðurnesin þar sem farið var yfir fjögur væntanleg vatnstökusvæði.



ÍSOR hefur veitt fiskeldisfyrirtækjunum Matorku og Stofnfiski ráðgjöf um öflun grunnvatns og jarðsjávar. Eftirlit er haft með nýtingu til að fylgjast með viðbrögðum grunnvatnslinsu við dælingu, bæði með sítun á hita og seltu í holum og gjám auk reglubundinna mælinga í eftirlitsholum.

EYJAFJÖRÐUR

Undanfarin þrjú ár hefur verið fylgst reglulega með rennsli frá lindasvæðum Eyfirðinga, Grísarárbotnum, fyrir Norðurorku. Tilgangurinn er að fá mat á heildarrennsli frá þessum vatnsbólasmvæðum og þó sérstaklega á lágmarksrennsli á vetrum.

MÝVATN

Árlegt eftirlit er með grunnvatni í Mývatnsveit fyrir Landsvirkjun í þeim tilgangi að meta áhrif frá affallsvatni frá Kröflu- og Bjarnarflagsvirkjunum. Vöktunin 2017 sýnir engar meiri háttar breytingar frá fyrri árum. Eftirlit með efnasamsetningu grunnvatns síðustu áratugina sýnir að vatn í lindum við Mývatn og grunnvatn vestan Námafjalls hefur ekki orðið fyrir áhrifum frá jarðhitavatni frá Bjarnarflagsvirkjun eða Kröfluvirkjun hvað varðar styrk arsens og áls.

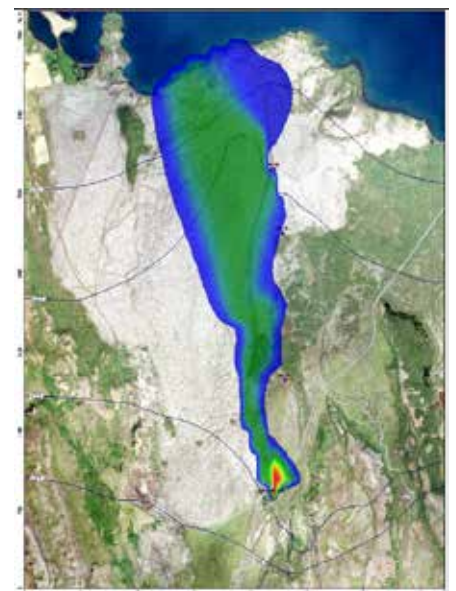
Unnin var greinargerð fyrir Skútustaðahrepp þar sem tillögur voru lagðar fram um að fráveituvatni við Mývatn yrði fargað annaðhvort með niðurrennsli eða niðurdælingu í borholur.

ÖLFUS

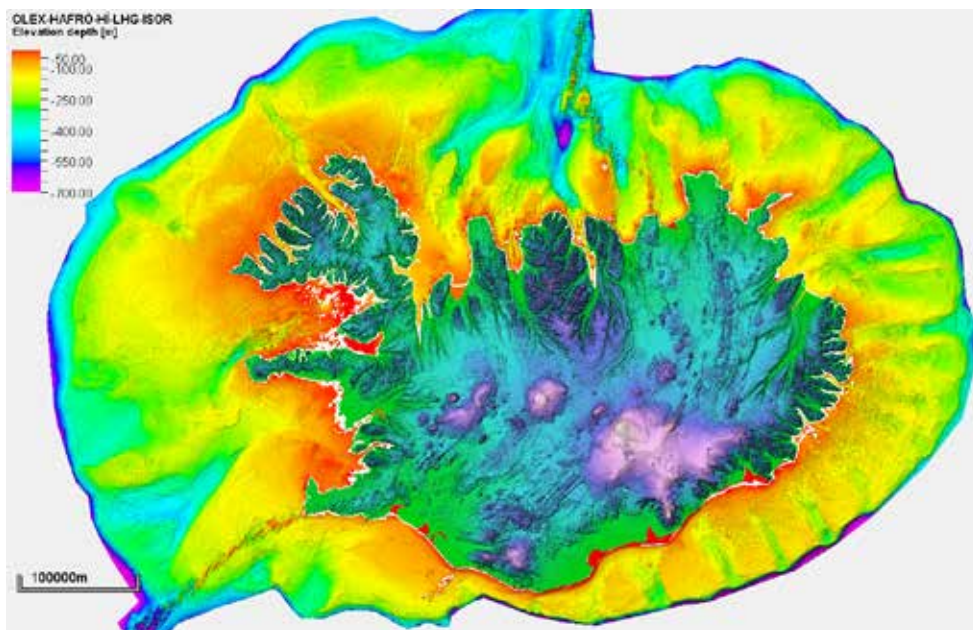
Boruð var ný vinnsluhola ofan við Ölfusborgir fyrir Vatnsveituna Berglindi sem miðlar neysluvatni í Sveitarfélaginu Ölfusi. Áður voru boraðar tvær leitarholur og skar önnur þeirra í mjög vatnsgefandi sprungu, sem tekið var mið af við staðsetningu vinnsluholunnar. Hún heppnaðist afburðavel og við loftdælingu í borlok var rennslið úr henni meira en 25 l/s. Ræktunarsamband Flóa og Skeiða sá um borun.

ÞINGVALLASVEIT

Á Hakinu við vesturbarm Almannagjár var borað eftir neysluvatni fyrir aðstöðu ferðafólks. ÍSOR veitti Framkvæmdasýslu ríkisins ráðgjöf sem fólst í að staðsetja og hanna borholu, fylgja eftir borun og skilgreina vatnsvernd.



Hitadreifing grunnvatns í Nesjahrauni. Blái liturinn táknar lægsta hitastig grunnvatnsins og sá rauði það hæsta.



Ísland og landgrunnið. Dýptargögn frá OLEX og Hafró. Hæðargögn frá Landmælingum Íslands.

Rannsóknir í hafsbotnsjarðfræði

Þekking á jarðfræði og umhverfi hafsbotnsins eru forsendur fyrir skynsamlegri nýtingu auðlinda sem þar finnast, svo sem botndýra, byggingarefna, málma og jarðhita.

EMODNET, SAMVINNUVERKEFNI EVRÓPULANDA UM HAFSBOTNSRANNSÓKNIR

Verkefnið er fjármagnað af Evrópu-sambandinu og því er ætlað að auðvelda aðgang að gögnum og upplýsingum um hafsvæði þátttökulandanna, samræma þau og setja á veraldarvefinn. Þannig hafa verið dregin fram í dagsljósið gögn sem lengi voru torfengin eða hálfgleymd og oft brotakennd og þau gerð aðgengileg, jafnt fyrir einstaklinga sem opinbera aðila. Sjö fagsvið eru skilgreind: sjómælingar, jarðfræði hafsbotnsins, eðlisfræði, efnafræði, líffræði, búsvæði lífvera og mannleg umsvif. ÍSOR sinnir jarðfræðinni en íslenskir þátttakendur eru ekki á öðrum sviðum verkefnisins. Núverandi verkhluti hófst 2017 og lýkur 2019. Gert er ráð fyrir framhaldi verkefnisins 2019–2021. Á vefsvæði verkefnisins <http://www.emodnet.eu/> má nú þegar sjá fjölbreytt safn korta af hafsvæðum Evrópulanda. Hafsvæðin kringum Ísland eru víðáttumikil. Landgrunnið út að 400 m dýptarlínunni er um 190.000 km² en efnahagslögsagan öll nær yfir 764.000 km², þar sem mesta hafdýpið er yfir 3400 m.

Jarðfræðihluta verkefnisins er skipt í fimm flokka sem fjalla um berggrunn og jarðgrunn

hafsbotnsins, botnngerð, strandhegðun, hagnýt jarðefni og jarðvá.

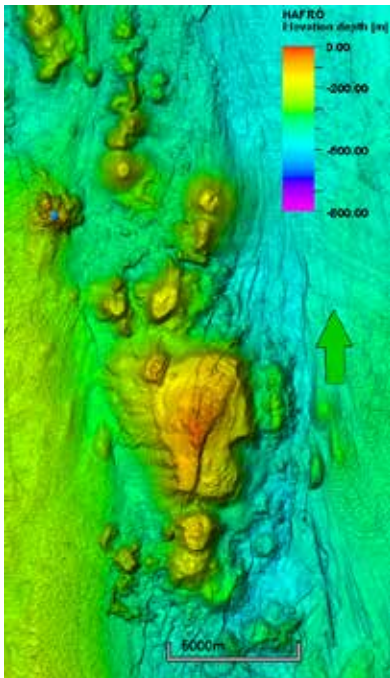
Íslenska várkortið hefur vakið mikla athygli hafsbotnsfræðinganna. Það sýnir eldstöðvakerfi, gossprungur, gosgíga, misgengi og sniðgengi, hraunjaðra í sjó, neðansjávarskriður og framhlaup. Gosstöðvum er skipt í tvennt eftir aldri, þ.e. frá sögulegum eða forsögulegum tíma. Vitað er um 16 gos í sjó síðan land byggðist, flest út af Reykjanesi, og tekist hefur að staðsetja þau flest. Ekki verður komið tölu á forsögulegu gosin. Um 400 vel lagaðir gígar og nokkrir tugir af gossprungum hafa verið kortlagðir. Gígarnir eru flestir tengdir flekamótunum sunnan- og norðanlands og virðast geta myndast á hvaða dýpi sem er. Sumir þeirra eru vafalítið sprengigígar en aðrir gætu verið myndaðir í lok eldgoss þegar þrýstingur fellur í kvikurásinni og kvika sígur niður í hana. Ungleg sæfjöll og gígar finnast einnig langt frá flekamótum og eru hugsanlega vitnisburður um svokallaða innflekavirkni. Hraunjaðrar í sjó eru tvenns konar, bæði hraun sem hafa runnið af landi í sjó fram og svo hraunjaðrar sem myndast hafa við neðan-sjávareldgos. Það er merkilegt að sjá hvernig hraun (líklega bólstrabergshraun) teygja sig marga kílómetra frá gígum sínum. Miklir

misgengisstallar liggja víða samsíða plötu-skilum og mynda lóðréttu klettaveggi allt að 400 m háa og 20 km langa. Almennagjá sýnist lítil í þessum samanburði.

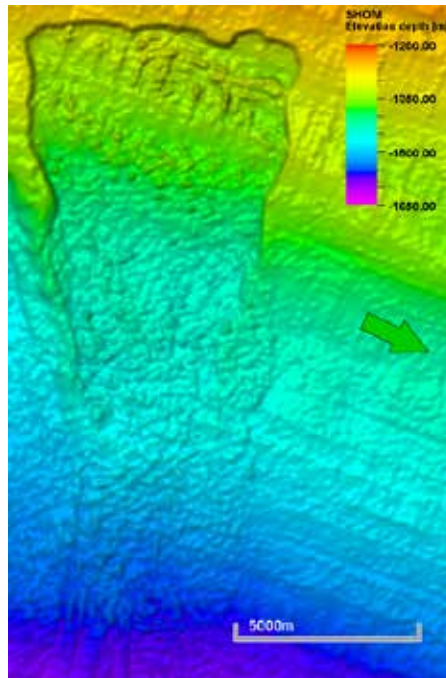
Lengi hefur lítið verið vitað um neðansjávarskriður við landið. Slíkar skriður hafa komið í ljós bæði inni í fjörðum, í landgrunns-hlíðunum og úti á Íslands-Færeyjahryggnum. Stærsta framhlaupið er að finna í landgrunns-hlíðunum úti fyrir Austurlandi. Þar hafa miklar efnisfyllur losnað og skriðið hátt í 20 km frá upptökum sínum og þekja yfir 100 km². Ætla má að flóðbylgjur hafi skolið á ströndinni og sjór gengið á land í þessum atburðum en það eru þó getgátur.

STRÝTUR OG ÖNNUR FYRIRBÆRI Á HAFSBOTNI Í EYJAFIRÐI

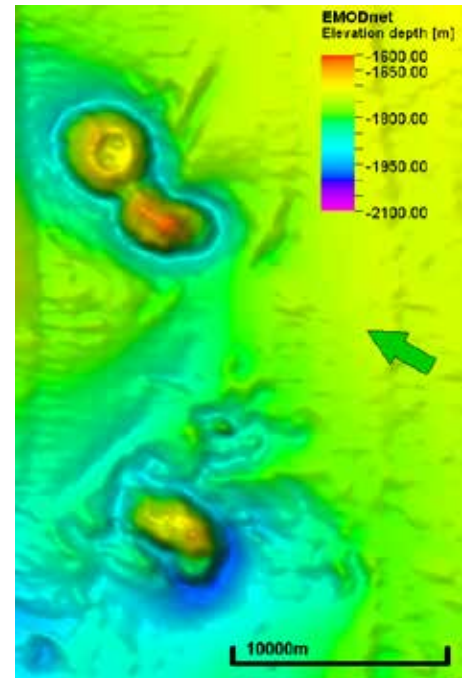
Á síðasta ári var unnið úr fjölgeislamælingum frá Eyjafirði. Margskonar jarðmyndanir sjást, t.d. hverastrýtur og önnur ummerki um virkan og kulnaðan jarðhita, ummerki lægra sjávarborðs, neðansjávarskriður, farvegir, sprungur og misgengi, bergganger, för eftir borgarísjaka og skipsflök. Hverastrýtur og strýturaðir eru sérstæðustu fyrirbrigðin á þessum slóðum enda hefur mikið verið um þær fjallað. Vitað var um tvo slíka staði,



Eldstöðvakerfið Hóllinn norður af Grímsey. Þar gaus 1372 (blár punktur). Fjölgeislamælingar frá Hafró.



20 km löng skriða á Skjaldargrunni. Fjölgeislamælingar frá SHOM



Um 300 m há ungleg sæfjöll, 370 km SSA af Ingólfs-höfða. Gígurinn er 600 m víður og um 50 m djúpur. Fjölgeislamælingar frá Jarðfengi og EMODnet.

Ystuvíkurstýtur og Arnarnesstýtur. Nú hafa fleiri staðir komið í ljós. Óljósar sagnir og vísbendingar hafa lengi verið á kreiki um jarðhita á Hörgárgrunni. Heitir steinar hafa komið upp í veiðarfærum og vök hélst þar á firðinum frostaveturinn mikla 1918 þótt hann væri ísilagður að öðru leyti allt út undir Hrísey. Fjölgeislamælingarnar sýna skýr merki um stýtur í Hörgárgrunnskanti sem líklegt er að séu virkar en engar beinar mælingar hafa enn verið gerðar á því. Þessar stýtur hafa verið nefndar Gásastrýtur eftir Gáseyri.

Fallegar stýtur eru í strandgrunnskantinum út af Bakkaeyri rétt norður af Hörgárgrunni. Þær raðast flestar á línu sem líkist misgengisstalli með stefnu rétt austan við norður. Þær stýtur sem liggja grynnt eru á um 50 m dýpi ofarlega í brekkunni sem myndar kantinn en þær dýpstu liggja neðst í kantinum þar sem sléttur botn Bakkaáls tekur við á 113 m dýpi. Hæstu stýturnar eru 13 m háar, eða sambærilegar við Arnarnesstýtur. Þessar stýtur mætti kalla Gálmastrýtur eftir Gálmaströnd. Ekkert er vitað um hita eða aðra jarðhitavirkni. Eyjafjörður er eini staðurinn við Ísland þar sem svona hverastrýtur hafa fundist þótt þær eigi vafalítið eftir að

finnast víðar á komandi árum. Á heimsmaelli kvarða eru þær einstakar.

Á Hörgárgrunni er sérkennilegt fyrirbrigði sem er eins og farvegur eða skurður utan í kanti grunnsins. Ummerkin byrja á 30–40 m dýpi. Þar er 20 m breiður og áberandi beinn skurður, 500 m langur með ruðninga á báðum bökkum og endar í grunnri, óreglulegri skál með ruðningshauga í kring. Það er eins og risastórt skemmtiferðaskip hafi siglt upp á Hörgárgrunn og strandað. Slíkt hefur þó ekki gerst. Þetta er plógfar eftir borgarísjaka, svokallað jakafar. Slík för sjást víða úti á landgrunninu en eru óalgeng inni á fjörðum. Hér virðist borgarísjaki frá Grænlandi hafi komið siglandi inn Eyjafjörð og farið að kenna botns úti fyrir Hörgárgrunni. Vindur og sjávarföll hafa síðan þrýst honum lengra upp á grunninn þar til hann strandaði endanlega, bráðnaði og brotnaði niður. Það þarf gríðarlegan skriðþunga til að plægja upp 500 m langt far í botnsetið. Eina skýringin er sú að jakinn hafi verið fastur í stórri breiðu af rekis sem hafi borist inn Eyjafjörð undan norðanvindi. Jakafarið virðist unglegt. Borgarísjakar hafa oft sést á reki í Eyjafirði og orðið að fréttæfni. Ekki hafa þó fundist

heimildir um borgarísjaka strandaðan á Hörgárgrunni. Hugsanlega er hann frá hinum miklu hafísárum litlu ísaldar.

Úti af Dalvík eru sérkennilegar dældir eða gígar í botnsetinu, um 2 km frá landi og á rúmlega 40 m dýpi. Þessar dældir eru 20–30 m víðar og dýpt þeirra er á bilinu 2–4 m og barmarnir sums staðar uppverptir. Orsakir dældanna eru óljósar en þær gætu bæði verið náttúrulegar eða af mannavöldum og þær sýnast vera nýlegar. Náttúrulegu orsakirnar gætu verið uppstreymi af einhverju tagi, s.s. gasstreymi eða vökvastreymi eða jafnvel ummerki eftir loftsteina. Ummerki af mannavöldum gætu verið efnistaka í tilraunaskyni þótt dýpið sé fullmikið bæði fyrir malarvinnslu og kalkþörungavinnslu. Einnig koma gígar eftir rannsóknarsprengingar eða jafnvel djúpsprengjur til greina. Ekki er þó kunnugt um nein þannig tilvik.

Önnur verkefni ÍSOR tengd rannsóknum á jarðfræði hafsbotnsins.

- Rannsóknir tengdar Hafréttarsáttmála Sameinuðu þjóðanna.
- Rannsóknir á Jan Mayen svæðinu varðandi hugsanlega olíuleit.
- NAGTEC, fjölþjóðlegt verkefni sem sneri mest um jarðeðlisfræði NA-Atlantshafs.



Verkefni erlendis

Flest verkefnanna eru ráðgjafaverkefni, þjónusta vegna borana og ýmis þróunaraðstoð.

1 – NÍKARAGVA. Tillögur voru gerðar að staðsetningu nýrra borholna fyrir orkufyrirtækið Momotombo Power vegna viðhaldsborana á Momotombo-jarðhitasvæðinu. Einnig var haldið áfram frá fyrra ári við að veita jarðhitaráðgjöf vegna San Jacinto svæðisins sem er í rekstri kanadíska fyrirtækisins Polaris.

2 - GVADELÚP (FRAKKLAND). ÍSOR annaðist rennslismælingar með ferilefnum (TFT) í tveimur vinnsluholum við orkuverið í Boulliante fyrir bandaríska fyrirtæki Ormat.

3 - AZOREYJAR (PORTÚGAL). Ráðgjöf frá fyrra ári við gerð hugmyndalíkans af Pico Alto svæðinu á Terceira hélt áfram og tillögur voru gerðar að staðsetningu nýrra borholna sem til stendur að bora til að tryggja rekstur á nýju orkuveri.

4 – TYRKLAND. ÍSOR vann með Evrópska þróunarbankanum að úttekt á verkefni í Nigde í miðhluta Tyrklands sem bankinn hefur í hyggju að styrkja. Að auki vann ÍSOR að verkefni fyrir orkufyrirtækið ACWA Power sem áætlað að nýta jarðhita umhverfis Nevsehir-svæðið í miðhluta Tyrklands. Unnið verður áfram að þessu verkefni sem felur m.a. í sér verkefnastjórn vegna yfirborðsrannsóknna, gæðaeftirlit við mælingar, úrvinnslu gagna og staðsetningu jarðhitaholna.

5 – TANSANÍA. Á undanförunum tveimur árum hefur ÍSOR unnið að verkefni fyrir þróunarsamvinnuskrifstofu utanríkisráðuneytisins sem tengist eftirliti og rýni á yfirborðsrannsóknnum á þremur svæðum og staðsetningu borholna. Einnig var veitt ráðgjöf við styrkumsókn til jarðhitasjóðsins GRMF (Geothermal Risk Mitigation Facility)

vegna fyrirhugaðra rannsóknarholna. Að auki aðstoði ÍSOR við að ljúka við skýrslu (SEA) varðandi umhverfisúttekt á fyrirhuguðum jarðhitaverkefnum í Mbeya og Songwe.

6 – KENÍA. Haldið var áfram frá fyrra ári að veita sérfræðiráðgjöf við eftirlit og að rýna í gögn um yfirborðsrannsóknir á Suswa-svæðinu. Verkið er á vegum þróunarsamvinnuskrifstofu utanríkisráðuneytisins en var unnið fyrir orkufyrirtækið GDC. Eins var áfram unnið fyrir orkufyrirtækið Olsuswa Energy á Barrier-svæðinu í Turkana-héraði en ÍSOR sá um eftirlit með yfirborðsrannsóknnum og þjálfun starfsfólks. ÍSOR veitti fyrirtækinu Great Wall Drilling Company ráðgjöf við að finna svæði í Kenía til að virkja og aðstoðaði einnig við gerð viðskiptaáætlunar, í samstarfi við verkfræðistofurnar Verkís og Mannvit. ÍSOR tók að sér rýni á skýrslum um Akiira-



jarðhitasvæðið og aðstoðaði Verkís við athuganir á kæliturnum fyrir orkufyrirtækið KenGen.

7 – EPÍÓPÍA. Áframhald var á ráðgjöf um yfirborðsrannsóknir og eftirlit með rannsóknnum og staðsetningu borholna á tveimur svæðum, auk þess sem yfirborðsrannsóknir hófust á þriðja svæðinu. Verkið var unnið fyrir þróunarsamvinnuskrifstofu utanríkisráðuneytisins. Einnig aðstoðaði ÍSOR fyrir-tækið Corbetti Geothermal í undirbúningi á borunum í Corbetti, sem og Reykjavík Geothermal vegna rannsókna og undirbúnings í Tulu Moye.

8 – DJÍBÚTÍ. Starfsmenn ÍSOR héldu áfram vinnu frá fyrra ári við hugmyndalíkan á Assal og Lake-Abhé svæðinu. Einnig var veitt ráðgjöf varðandi umsókn til GRMF-jarðhita-

sjóðsins vegna fyrirhugaðra borana og úttekt vegna kaupa á bortæki til Djíbútí. Unnið var fyrir þróunarsamvinnuskrifstofu utanríkisráðuneytisins.

9 – FILIPPSEYJAR. ÍSOR seldi gagnasöfnunarbúnað (DDL) sem settur var saman sérstaklega til að afkastamæla háhitaholur til fyrirtækisins EDC. Uppsetning og kennsla á kerfið fylgdi með.

10 – FÍDJÍEYJAR. Alþjóðabankanum (ESMAP) var veitt ráðgjöf við að skilgreina þarfir vegna viðnámsmælinga á Fídjíeyjum. Í því felst gerð rannsóknaráætla, val á verktaka, eftirlit með mælingum og rýni á niðurstöðum.

11 – EL SALVADOR. ÍSOR vinnur að úttekt, í samstarfi við verkfræðistofurnar Eflu og Mannvit, á tveimur jarðhitasvæðum í El

Salvador, San Vicente og Chinameca. Í því felst úttekt á forðafræði, borholum, fjármálum, verkfræði og umhverfismati svæðanna. Verkið var unnið fyrir Alþjóðabankann (ESMAP).

12 – BELGÍA. ÍSOR hefur, ásamt Verkís, komið að ráðgjöf um jarðhitanýtingu í Balmatt síðustu árin og hélt sú ráðgjöf áfram á árinu 2017. ÍSOR sá jafnframt um ráðgjöf fyrir Verkís í tengslum við borun tveggja borholna í Beersee og prófanir á þeim. Holurnar verða boraðar árið 2018.

13 – PÓLLAND. Gerð var forathugun á fjórum stöðum í Póllandi vegna jarðhitanýtingar. Verkefnið er styrkt af þróunarsjóði EFTA (EEA Grants) og unnið með Orkustofnun, Verkís og Alvarr.



Frá Surtsey. Kjarnaborun fór fram á vegum SUSTAIN-verkefnisins.

Rannsóknarverkefni

ÍSOR leggur ríka áherslu á rannsóknir og þróunarstarf, sem er eitt af grunnskilyrðum þess að viðhalda sérfræðipækkingu ÍSOR. Þetta starf eykur bæði færni sérfræðinga og styrkir tengslanet innanlands og utan. Eins lítur ÍSOR á það sem samfélagslega ábyrgð að afla grunnþekkingar á sviði jarðvísinda og jarðhita. Rannsóknarverkefnin eru ýmist fjármögnuð af ÍSOR, innlendum orkufyrirtækjum og innlendum og erlendum rannsóknarsjóðum, eins og sjóðum Evrópusambandsins og rannsóknarklasanum GEORG sem ÍSOR er aðili að. Mörg verkefnanna eru unnin í samstarfi við erlendar jarðvísinda- og rannsóknarstofnanir.

Listi yfir rannsóknarverkefni. Nánari upplýsingar eru á vef ÍSOR.

Jarðfræðikortlagning á Austur-gosbelti landsins

2015-2018

Fjármögnun hjá ÍSOR en styrkt af Landsvirkjun. Markmiðið er að gefa út tvö jarðfræðikort af Austurgosbeltinu í mælikvarðanum 1:100 000.

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 Evrópusambandsins, Horizon 2020, og yfirvöldum í Mexíkó. Tilgangurinn er að þróa rannsóknaraðferðir og vinnslu úr heitum og örvuðum (EGS) og ofurheitum (SHGS) jarðhitakerfum.

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

2016-2019

7 þátttakendur.

Styrkt af rannsóknaráætlun Evrópu-

sambandsins, Horizon 2020. Verkefnið miðar að því að þróa áreiðanlegar, hagkvæmar og umhverfisvænar aðferðir við frágang og mælingar á borholum.

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

2016-2019

12 þátttakendur.

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

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

2016-2019

9 þátttakendur.

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

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

2016-2019

10 þátttakendur.

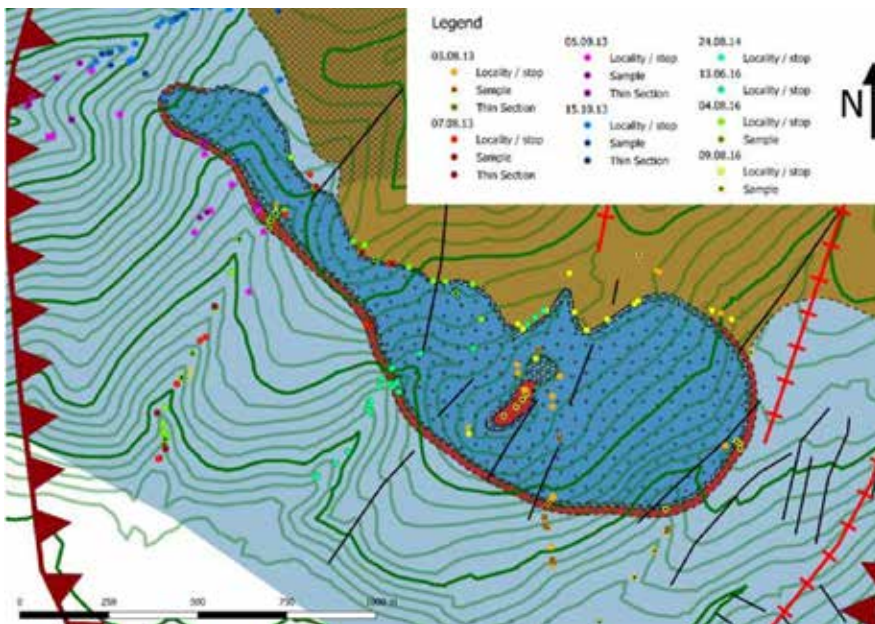
Styrkt af rannsóknaráætlun Evrópusambandsins, Horizon 2020. Markmið verkefnisins er að bora dýpra í jarðhitasvæðin, allt niður á 4–5 km dýpi, og athuga möguleikana á að nýta orkuna af mun meira dýpi en áður hefur verið gert.

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

2017-2019

Þátttakendur frá níu löndum.

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



Jarðfræðikort af Hrossatungugabbroir og umhverfi ásamt rannsóknar- og sýnatökustöðum.



Opna í jaðar Hrossatungugabbrois, þar sem vísbendingar eru um beint samband kviku og vatns.

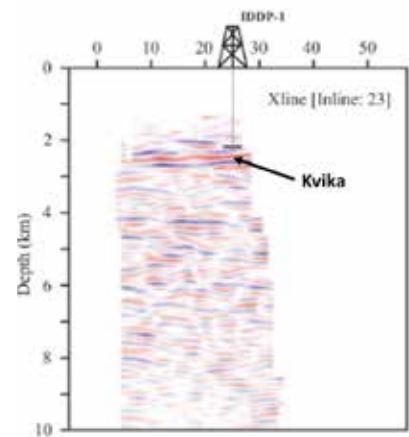


Hitaumyndað hornfels belti við suðurjaðar Hrossatungugabbrois.

RANNSÓKNARVERKEFNI

DEEP ROOTS GEOTHERMAL

Grunnhugmyndin um eðli háhitakerfa hefur ekki breyst mikið síðustu hálfa öldina og almennt er gert ráð fyrir að hitagjafir þeirra séu heit innskot djúpt í jörðu. Hitastreymið frá þeim upp á minna dýpi hefur þó ekki verið vel skilgreint. Jarðhitaauðlindir djúpt í jörðu ættu að vera afkastameiri en þær sem eru grynri, vegna hærri hita og þrýstings og jafnvel yfirkritíks ástands, auk þess sem þær ættu að hafa minni umhverfisáhrif (áhrifasvæði á yfirborði lítið). Þá styðja framfarir í yfirborðs- og borholurannsóknunum, auk framfara í bortækni, sókn á meira dýpi. Íslenska djúpborunarverkefnið (IDDP) er dæmi um aukinn áhuga í þessa átt (sjá <http://iddp.is/>).



Töluverð rannsóknarvinna er í gangi á Íslandi í þeim tilgangi að auka skilning á rótum háhitakerfanna. DRG-verkefnið (Deep Roots Geothermal), var styrkt af GEORG-rannsóknarhópnum, þremur stærstu orku-fyrirtækjum landsins (Landsvirkjun, Orkuveitu Reykjavíkur og HS Orku), Orkustofnun, ÍSOR, Háskóla Íslands, Háskólanum í Reykjavík og Verkfræðistofunni Vatnaskil. Verkefnið var víðfeðmt með áherslu á rætur háhitakerfa. Það stóð yfir frá miðju ári 2014 til loka árs 2017 og hafði eftirfarandi markmið:

- Rannsókn á jarðfræðilegri byggingu útdauðra jarðhitakerfa í rofnum eldstöðvakerfum.
- Jarðeðlisfræðilegar rannsóknir á virkum kerfum með alhliða túlkun skjálftavirkni.
- Vöktun á jarðskorpuhreyfingum og gasútstreymi á háhitasvæðum.
- Framfarir við líkanreikninga á aðstæðum í rótum háhitakerfa og endurbætur aðferða

til líkanreikninga við stýringu jarðvarmanýtingar.

- Efnisval og hönnun mismunandi hluta djúpra jarðhitaholna (holutoppar, fóðringar, o.s.frv.) vegna hærri hita, þrýstings og flæðis en í hefðbundnum jarðhitaholum.
- Hönnun á nýtingarrás og tengdri efnaframleiðslu fyrir gufu með hátt orkuinnihald (yfirhitaða gufu).

ÍSOR vann aðallega við þrjá af ofangreindum þáttum og voru meginniðurstöður þeirra eftirfarandi:

Rannsókn á tengslum grunnvatns og bráðins, grunnstæðs gabbroinnskots í rótum Hafnarfjallseldstöðvarinnar sýnir að kvikan einangrar sig með hornfels hitaummyndun ef vatnsgengd er takmörkuð en veldur beinni tengingu vatns og kviku ef grunnvatnslekt er há.

- Nýjustu tækni var beitt við skjálfta-

mælingar sem leiddi til nýrra aðferða við að greina grunnstæð kvikuinnskot.

- Ný viðbót var þróuð fyrir TOUGH2-forrita-pakkann sem mikið er notaður í jarðhita-geiranum til líkanreikninga. Viðbótin fólst í að uppfæra ástandsjöfnu forritsins upp í þann hita og þrýsting sem ríkir í rótum háhitakerfanna (yfirkritískt, þ.e. hiti yfir 374°C og þrýstingur yfir 221 bar-a). Notagildi TOUGH2, með þessari viðbót, auk forritapakanna HYDROTHERM og CSMP++ var jafnframt staðfest með ýmsum sýnidæmum.

DRG-verkefnið fól í sér samstarf við hið alþjóðlega rannsóknarsamfélag, bæði í Evrópu og Bandaríkjunum, eins og t.d. svissneska COTHERM-verkefnið, IPGT samstarfið, Krafla Magma Testbed (KMT) og H2020 verkefni styrkt af ESB: t.d. IMAGE, DEEPEGS, FUTUREVOLC og DESCRAMBLE.



RANNSÓKNARVERKEFNI

IMAGE

Integrated Methods for Advanced Geothermal Exploration

Fjögurra ára rannsóknarverkefni, IMAGE, lauk í byrjun október með fjölsótttri alþjóðlegri tveggja daga jarðhitaráðstefnu á Akureyri. Þar voru niðurstöður verkefnisins kynntar með framsögum og á veggspjöldum. Sérstakt rit með helstu niðurstöðum var gefið út og má nálgast það ásamt dagskrá ráðstefnunnar og ágripahefti á vefsíðu IMAGE (www.image-fp7.eu). Verkefnið var styrkt af 7. rammaáætlun Evrópusambandsins.

Þátttakendur komu frá fimmtán rannsóknarstofnunum í Evrópu auk níu fyrirtækja sem koma að rekstri jarðvarmavera eða annarri jarðhitanýtingu. Þátttökuaðilarnir voru frá Íslandi, Hollandi, Þýskalandi, Ítalíu, Frakklandi, Sviss, Noregi, Tékklandi og Portúgal. Auk ÍSOR tóku tvö íslensk fyrirtæki þátt í verkefninu, HS Orka og Landsvirkjun.

Markmiðið var að þróa nýjar aðferðir til að rannsaka jarðhitakerfi og auka skilning á eðli þeirra. Annars vegar var fjallað um jarðhita tengdum gosbergi, einkum á Íslandi, Ítalíu og Azorejum og hins vegar jarðhita tengdum setlögum á meginlandi Evrópu. Niðurstöður sýna að hægt er að nota sérsniðnar aðferðir á sviði jarð- og jarðeðlisfræði til þess að fá betri mynd af jarðhitakerfum og auka í leiðinni árangur borana. ÍSOR hefur gefið út fjölda skýrsla með niðurstöðum. Margar þeirra hafa birst í ritrýndum tímaritsgreinum og í sérhefti *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (JVGR) um Reykjanes. Í verkefninu voru margar aðferðanna þróaðar áfram og í lokin liggur fyrir fjöldi gagna sem eru opin til frekari rannsókna. Það má segja að jarðhitageirinn hafi færst enn einu skrefi

nær því að staðsetja borholur með árangursríkum hætti sem bæði dregur úr umhverfisáhrifum og lækkar kostnað.

Það var mikill ávinningur fyrir jarðhitarannsóknir á Íslandi að fá þetta verkefni auk þess sem það veitti vísindafólki hér á landi á sviði jarðhita tækifæri til rannsóknarvinnu í samstarfi við ýmsar helstu rannsóknarstofnanir á sviði jarðhita í Evrópu. Í verkefninu var lögð sérstök áhersla á aðkomu vísindafólks úr hópi ungra kvenna og gekk það eftir. Gott samstarf milli allra þátttakenda er ein meginástæða þess hve góður árangur náðist í verkefninu. Þetta góða samstarf er ávöxtur fyrri Evrópusamstarfsverkefna, mikilvæg samvinna sem heldur áfram næstu árin.

MEÐAL HELSTU NIÐURSTAÐNA IMAGE-VERKEFNISINS MÁ NEFNA:

■ Með skjálftamælingum í borholum (VSP) er hægt að skoða innviði háhitasvæða. Samkvæmt mælingum sem gerðar voru í Kröflu koma meiriháttar jarðlagamót fram og líkur eru til þess að sjá megi mót kviku og fasts bergs.

■ Á einu og hálfu ári var safnað miklu magni jarðskjálftagagna frá rúmlega 2000 skjálftum með mælum á Reykjanesi og hafsbotninum umhverfis nesið (OBS-mælum). Þar með fæst betri upplausn jarðskjálfta (áreiðanlegra hraðalíkan) og betri dýptarskynjun skjálfta sem verða neðansjávar út af Reykjanesi. Staðfest var í fyrsta sinn að dýpra er á mörk deigrar og brotgjarnrar skorpu suðvestur af neginu (hitastig milli 650 og 800°C). Brotlausnir skjálfta voru breytilegar með dýpi. Hlutfallið milli hraða P- og S-bylgna (V_p/V_s) sýnir að umtalsverð kvika er ekki til staðar í efstu 6–7 km undir kerfinu.

■ Hægt er að nota ljósleiðara til að nema jarðskjálftabylgjur með góðum árangri. Tilraunir voru gerðar í fyrsta sinn hér á landi, svo vitað sé. Þar með opnast ótalmargir nýir möguleikar.

■ Útkulnaðar og rofnar eldstöðvar geta veitt mikilvægar upplýsingar. Eitt af því sem rannsakað var voru borholukjarnar af nokkurra metra dýpi úr eldstöðinni við Geitafell í Hornafirði. Þeir gáfu mikilsverðar upplýsingar um við hverju mætti búast í hjarta virkra

háhitakerfa, m.a. varðandi rennislisleiðir jarðhitavökvans. Eins var varpað nýju ljósi á ýmislegt sem viðvíkur vökva við yfirmarksástand.

■ Safnað var gögnum um mismunandi bergtegundir, uppruna þeirra og eiginleika. Gagnagrunnurinn er opinn og aðgengilegur. Rafleiðni (viðnám) og hljóðhraði borholukjarna frá Reykjanesi, Nesjavöllum og víðar var mældur við yfirmarksaðstæður þegar hiti fer yfir 374°C og þrýstingur yfir 218 loftþyngdir (atm). Með þessu öðlaðist aukin þekking á því hvað viðnám í skorpunni merkir jarðhitafræðilega.

■ Próaðar voru aðferðir til að áætla mjög háan hita sem byggist á að framkalla vökvabólur í steindum sem slakað er niður eftir borholunni. Athuganir voru í borholu í Larderello á Ítalíu við 250°C og í Kröflu við 320°C og voru þær í samræmi við hefðbundnar hitamælingar. Niðurstöður á tilraunastofu sýndu að beita má aðferðinni til að mæla hitastig allt að 424°C.

■ Spennusviðskort af Íslandi var gefið út þar sem m.a. var notast við upplýsingar um aflögun borholna við borun og togspennsprungur í borholum, auk brotlausna úr jarðskjálftum.

■ PFC-ferilefni (kolvetnishringir með perflúorsamböndum), sem notuð eru í olíuiðnaðinum til að rekja rennislisleiðir vökva í jörðu, voru prófuð við háan hita og voru stöðug við yfirmarksástand vatns (374°C, 218 atm) í meira en tvo mánuði á tilraunastofu.

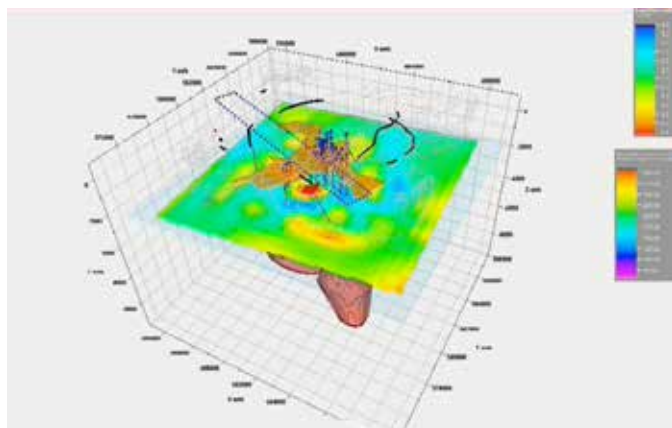
■ Próaðar voru nýjar aðferðir við túlkun viðnámsmælinga. Aðferðin gengur út á að skorða viðnámslíkön með upplýsingum úr borholum og frá skjálftum.

Vinnuferli við gerð privíðra jarðfræðilíkana var endurbætt. Samhliða því var jarðfræðilíkan fyrir Kröflusvæðið uppfært og nýtt líkan gert af jarðhitakerfi Terceira-eyju á Asoreyjum. Aðferðafræði við gerð privíðra jarðfræðilíkana var endurbætt samhliða því að gert var nýtt og uppfært líkan fyrir Kröflu. Þeirri aðferðafræði var síðan beitt á gögn frá jarðhitakerfi á Terceira-eyju sem tilheyrir Asoreyjum.

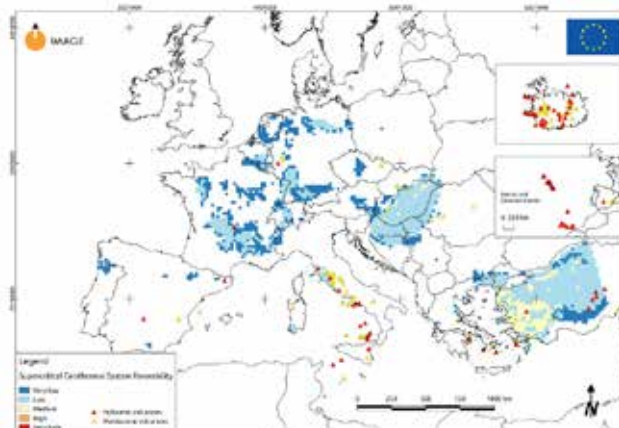
■ Kortlögð voru svæði í Evrópu þar sem jarðhiti í yfirmarksástandi gæti verið til staðar í jarðskorpunni. Sem dæmi má gera ráð fyrir að finna megi svæði hér á landi í yfirmarksástandi, á 4–5 km dýpi, á þeim 32.000 km² sem gosbelti landsins þekur.



Um borð í varðskipi Landhelgisgæslunnar. Jarðskjálftamælum komið fyrir á hafsbotni umhverfis Reykjanes.



Privítt líkan af Kröflu, niðurstöður jarðfræði- og jarðeðlisfræðirannsóknna.



Svæði þar sem jarðhitakerfi í yfirmarksástandi kunna að leynast.



Kennsla og þjálfun

Stór þáttur í starfsemi ÍSOR er miðlun jarðhitapekkingar 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 á reglubundnum námskeiðum skólans. Eins hefur ÍSOR tekið þátt í að þjálfá sérfræðinga ýmissa landa fyrir þróunarsamvinnuskrifstofu utanríkisráðuneytisins.

JARÐHITASKÓLI HÁSKÓLA SAMEINUÐU ÞJÓÐANNA Ísland

Þjálfun 23 nema frá 10 löndum á árlegu sex mánaða þjálfunarnámskeiði Jarðhitaskólans. Sérsviðin sem sérfræðingar ÍSOR sáu um voru jarðhitafræði, jarðhitabortækni, efnafræði vatns, forðafræði og borholumælingar auk jarðhitanytingar.

Rúmenía

Námskeið í forðafræði lág- og miðlungsheitra jarðhitakerfa styrkt af Þróunarsjóði EFTA, haldið í Oradea fyrir háskólafolk og opinbera starfsmenn.

El Salvador

Kennsla í forðafræði og líkanreikningum á árlegu þjálfunarnámskeiði fyrir þátttakendur frá Rómönsku-Ameríku og Karíbahafi (Diploma Course) sem haldið er í samvinnu LaGeo og Háskólans í San Salvador og m.a. styrkt af Norræna þróunarbbankanum.

Kenía

Þriggja vikna námskeið fyrir aðila frá Austur-Afríkulöndunum, í samvinnu Jarðhitaskólans og orkufyrirtækjanna KenGen og GDC, um jarðhitarannsóknir, einkum yfirborðsrannsóknir, og hlutverk þeirra í þróun jarðhitanytingar.

ÞRÓUNARSAMVINNUSKRIFSTOFA UTANRÍKISRÁÐUNEYTISINS

ÍSOR skipulagði fjögurra vikna sérhæft námskeið fyrir breiðan hóp sérfræðinga frá orkufyrirtækinu GDC í Kenía. Tuttugu sérfræðingar sóttu námskeiðið sem fór fram hér á landi. Fyrstu dagana var allur hópurinn í fyrirlestrum hjá ÍSOR en síðar var hópnunum skipt upp og var eftir það í þjálfun hjá ÍSOR, Matis, Verkís, Mannviti og Verkfræðistofunni Vatnaskil. Einnig var farið í vettvangsferðir til Háskóla Íslands, í Jarðböðin við Mývatn og í Bláa Lónið.

ÖNNUR NÁMSKEIÐ ÍSOR

ÍSOR skipulagði og hélt í húsakynnum sínum vikulengt borþjálfunarnámskeið fyrir starfsmenn orkufyrirtækisins GDC í Kenía. Á námskeiðinu var fléttað saman fyrirlestrum og vettvangsferðum.

Í gegnum mörg þau verkefni sem unnin eru fyrir erlend orkufyrirtæki eða stjórnvöld fer einnig fram þjálfun heimamanna í tilheyrandi aðferðafræði. Á árinu 2017 má nefna slíka þjálfun aðila í Kenía í gerð hugmynda- og reiknilíkana af jarðhitakerfum og þjálfun aðila í Níkaragva í túlkun ferilprófana.

HÁSKÓLINN Í REYKJAVÍK – ICELAND SCHOOL OF ENERGY

Tvö jarðhitanámskeið við Iceland School of Energy (HR) voru í umsjá sérfræðinga ÍSOR. Annars vegar námskeið um forðafræðirannsóknir í jarðhitarannsóknunum og vegna vinnslu jarðhita og hins vegar hagnýtt námskeið í gerð forðafræðilíkana af jarðhitakerfum.

Útgefið efni

Andri Arnaldsson, Lárus Þorvaldsson, Sigríður Sif Gylfadóttir, Valdís Guðmundsdóttir og Guðni Axelsson (2017). **Provision of Consultancy Services for Undertaking of Reservoir Model Maintenance for the Greater Olkaria Geothermal Field and Training of Staff – Report 6. Revision of the Numerical Model of the Greater Olkaria Geothermal System 2015–16 Phase.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/027, Vatnaskil 17.03. Unnið fyrir KenGen. 208 s. Lokuð skýrsla.

Anett Blischke, Þorsteinn Egilson, Ingvar Þór Magnússon, Sigurður Garðar Kristinsson, Ólafur G. Flóvenz, Bjarni Gautason (2017). **Árskógsströnd - Hóla ÁRS-32. Forrannsóknir, borun og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/091. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Anett Blischke, Ögmundur Erlendsson, Gunnlaugur M. Einarsson, Víkingur L. Ásgeirsson og Sigurveig Árnadóttir (2017). **The Jan Mayen Microcontinent Project Database and Seafloor Mapping of the Dreki Area. Input Data, Geological and Geomorphological Mapping and Analysis.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/055. Unnið fyrir Orkustofnun. 79 s. + viðaukar. Lokuð skýrsla til september 2020.

Arnar Már Vilhjálmsson og Hörður Tryggvason (2017). **Segulmælingar við Ytri-Vík.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/068. Unnið fyrir Norðurorku. 27 s.

Arnar Már Vilhjálmsson og Ólafur G. Flóvenz (2017). **Geothermal Implications from a Resistivity Survey in the Volcanic Rift Zone of NE-Iceland and Comparison with Seismic Data.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/065. Unnið fyrir GEORG (Geothermal Research Group).

Auður Agla Óladóttir, Finnþogi Óskarsson, Heimir Ingimarsson og Sigurður G. Kristinsson (2017). **Reykjanes Geothermal Area. Observations on Surface Activity in 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/026. Unnið fyrir HS Orku hf. 30 s. Lokuð skýrsla.

Árni Hjartarson (2017). **Jarðhitaleit á Tjörnesi. Hitastigulsboranir við Hallbjarnarstaða.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/077. Unnið fyrir Tjörneshrepp. 18 s.

Árni Hjartarson (2017). **Seyðisfjörður. Skriðurannsóknir árið 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/001. Unnið fyrir Veðurstofu Íslands. 26 s.

Árni Hjartarson og Kristján Sæmundsson (2017). **Áshildarmýri á Skeiðum. Vinnsluhólan KH-11.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/072. Unnið fyrir Hitaveitu Kílbrauns. 27 s.

Árni Hjartarson, Ögmundur Erlendsson og Bjarni Gautason (2017). **Hafsbotsnjarðfræði í Eyjafirði. Fjölgeislamælingar, hverastrýtur, höggun, skriður, farvegir, jakaför og flök.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/053. Unnið fyrir Norðurorku. 37 s.

Ásdís Benediktsdóttir og Knútur Árnason (2017). **Hengill – Skarðsmýrarfjall Area. 3D Inversion of Resistivity Data.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/045. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 155 s.

Ásdís Benediktsdóttir og Knútur Árnason (2017). **Hengill – Skálafell Area. 3D Inversion of Resistivity**

Data. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/029. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 125 s.

Bastien Poux, Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, Hörður Tryggvason, Bjarni Steinar Gunnarsson og Sigurjón Vilhjálmsson (2017). **Þeistareykir – Well PG-15. Phase 2: Drilling for Production Casing down to 920 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/015, LV-2017-029. Unnið fyrir Landsvirkjun. 88 s.

Bjarni Gautason, Gunnar Skúlason Kaldal, Hörður Tryggvason og Ólafur G. Flóvenz (2017). **Borun holu HJ-21 á Hjalteyri. Verk- og útboðslýsing.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/074. Unnið fyrir Norðurorku. 25 s. Lokuð skýrsla.

Bjarni Gautason, Þorsteinn Egilson og Hörður H. Tryggvason (2017). **Norðurorka. Eftirlit með jarðhitavæðum og orkubúskapur hitaveitu fyrir Akureyri og nágrenni 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/052. Unnið fyrir Norðurorku. 42 s.

Daði Þorbjörnsson, Gylfi Páll Hersir, Bjarni Richter og Iwona Monika Gałeczka (2017). **Lake Assal – Djibouti. A Preliminary Conceptual Model.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/089. Unnið fyrir ODDEG með styrk frá ICEIDA.

Daði Þorbjörnsson, Ninik Suryantini, Bjarni Richter, Magnús Á. Sigurgeirsson, Helga Margrét Helga-dóttir, Þorsteinn Egilson, Ester Inga Eyjólfssdóttir og Gylfi Páll Hersir (2017). **Montelago. Revised Conceptual Model.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/010. Unnið fyrir Emerging Power Inc. 48 s. Lokuð skýrsla.

Egill Árni Guðnason, Kristján Ágústsson og Karl Gunnarsson (2017). **Seismic Activity on Reykjanes December 2016 to November 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/093. Unnið fyrir HS Orku hf. Lokuð skýrsla.

Finnþogi Óskarsson (2017). **Skagafjarðarveitur. Efnaeftirlit með jarðhitavæðum árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/067. Unnið fyrir Skagafjarðarveitur. 27 s.

Finnþogi Óskarsson og Iwona Monika Gałeczka (2017). **Reykjanes Production Field. Geochemical Monitoring in 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/020. Unnið fyrir HS Orku. 116 s. Lokuð skýrsla.

Finnþogi Óskarsson og Iwona Monika Gałeczka (2017). **Svartsengi Production Field. Geochemical Monitoring in 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/021. Unnið fyrir HS Orku. 47 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson (2017). **Analysis and Modelling of Tracer Test Data from the San Jacinto Geothermal System, Nicaragua, Plus Training.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/041. Unnið fyrir Polaris Geothermal. 35 s. + viðaukar II og III. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson (ÍSOR), Ari Ingimundarson (Mannvit), Benedikt Steingrímsson (ÍSOR), Ingi Ingason (EFLA) og Ólafur Árnason (EFLA) (2017). **Technical Assistance for an Expert Review and Gap Analysis of the Feasibility Study of the Chinameca Geothermal Field Development Project in El Salvador. Inception Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/075. Unnið í samvinnu

ÍSOR, Eflu og Mannvits fyrir LaGeo. 17 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson (ÍSOR), Ari Ingimundarson (Mannvit), Benedikt Steingrímsson (ÍSOR), Ingi Ingason (EFLA) og Ólafur Árnason (EFLA) (2017). **Technical Assistance for an Expert Review and Gap Analysis of the Feasibility Study of the San Vicente Geothermal Field Development Project in El Salvador. Inception Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/076. Unnið í samvinnu ÍSOR, Eflu og Mannvits fyrir LaGeo. 17 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson og Þorsteinn Egilson (2017). **Jarðhitakerfið á Hjalteyri. Skoðun á niðurdrætti þrýstings og mögulegum áhrifum hans.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/050. Unnið fyrir Norðurorku. 25 s.

Guðni Axelsson, Andri Arnaldsson, Halldór Ármannsson, Knútur Árnason, Gunnlaugur Einarsson, Hjalti Franzson, Valdís Guðmundsdóttir, Sæunn Halldórsdóttir, Gylfi Páll Hersir og Finnþogi Óskarsson (2017). **Provision of Consultancy Services for Undertaking of Reservoir Model Maintenance for the Greater Olkaria Geothermal Field and Training of Staff: Revision of the Conceptual Model of the Greater Olkaria Geothermal System. 2015–16 Phase.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/011, Vatnaskil 17.03. Unnið fyrir KenGen. 96 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson, Andri Arnaldsson, Halldór Ármannsson, Knútur Árnason, Gunnlaugur Einarsson, Valdís Guðmundsdóttir, Gylfi Páll Hersir, Hjalti Franzson, Steinþór Níelsson og Finnþogi Óskarsson (2017). **Provision of Consultancy Services for Undertaking of Reservoir Model Maintenance for the Greater Olkaria Geothermal Field and Training of Staff – Report 7. Training Assessment Report 2.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/083, Vatnaskil 17.14. Unnið fyrir KenGen. 23 s. Lokuð skýrsla.

Guðni Axelsson, Magnús Ólafsson, Knútur Árnason og Vilborg Yrsa Sigurðardóttir (2017). **Kitreli-Cömlekçi & Bozköy-Narköy Geothermal Prospects. Geothermal Development Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/080, VERKÍS-17-1523. Unnið fyrir European Bank for Reconstruction & Development. 74 s. Lokuð skýrsla.

Gunnar Þorgilsson, Finnþogi Óskarsson og Valdís Guðmundsdóttir (2017). **Svartsengi in Svartsengi - Well SV-26. Discharge Testing on May 17th 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/043. Unnið fyrir HS Orku hf. 38 s. Lokuð skýrsla.

Gunnar Þorgilsson, Guðni Axelsson og Vigdís Harðardóttir (2017). **Ferilprófun á jarðhitavæðinu í Eskifirði. Tulkun og vatnshitaspár.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/085. Unnið fyrir Hitaveitu Eskifjarðar. 37 s.

Hanna Blanck, Kristján Ágústsson og Karl Gunnarsson (2017). **Seismic Monitoring in Krafla. November 2015 to November 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/008, LV-2017-015. Unnið fyrir Landsvirkjun. 20 s.

Hanna Blanck, Kristján Ágústsson og Karl Gunnarsson (2017). **Seismic Monitoring in Þeistareykir, Krafla and Námafjall. November 2016 to March 2017.** Íslenskar orkurannsóknir,

ÍSÖR-2017/032, LV-2017-046. Unnið fyrir Landsvirkjun. 13 s.

Hanna Blanck, Kristján Ágústsson og Karl Gunnarsson (2017). **Seismic Monitoring in Krafla, Námafjall and Peistareykir. April to August 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/056, LV-2017-086. Unnið fyrir Landsvirkjun. 13 s.

Hanna Blanck, Kristján Ágústsson og Karl Gunnarsson (2017). **Seismic Monitoring in Krafla, Námafjall and Peistareykir. November 2016 to November 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/095, LV-2017-128. Unnið fyrir Landsvirkjun. 25 s.

Heimir Ingimarsson, Sigurður G. Kristinnsson, Sigurveig Árnadóttir, Magnús Ólafsson og Friðgeir Pétursson (2017). **Hoffell í Nesjum. Borun holna ASK-129 og ASK-130 og staðsetning næstu holu.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/006. Unnið fyrir RARIK. 34 s.

Heimir Ingimarsson, Þórólfur H. Hafstað og Ögmundur Erendsson (2017). **Jarðhitaleit við Ölfusá á Selfossi – Hóla SE-34. Borsaga, mælingar og dæluþrófun.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/079. Unnið fyrir Selfossveitur bs. 44 s.

Helga Margrét Helgadóttir (ÍSÖR), Giovanni Ruggieri (CNR-IGG) og Valentina Rimondi (CNR-IGG) (2017). **IMAGE – Task 3.1. Geitafell Cores - Alteration Minerals and Fluid Inclusions in Garnet.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/022. Unnið fyrir IMAGE. 55 s.

Helga Margrét Helgadóttir, Ragnheiður St. Ásgeirsdóttir, Sigurður Sveinn Jónsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Tobias B. Weisenberger, Steinþór Níelsson, Hörður Tryggvason, Helga Tulinius, Egill Árni Guðnason og Bjarni Steinar Gunnarsson (2017). **Well Report – RN-35. Drilling of Well RN-35 in Reykjanes from Surface down to 2800 m and Geothermal Studies during the Drilling of the Well.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/064. Unnið fyrir HS Orku hf. 136 s. + dagskýrslur. Lokuð skýrsla.

Helga Tulinius og Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir (2017). **Jarðhitasvæðið að Bakka í Ölfusi. Vinnslusaga og einfaldir líkanreikningar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/039. Unnið fyrir Veitur ohf. 34 s.

Helga Tulinius, Gunnar Þorgilsson og Guðni Axelsson (2017). **Jarðhitakerfið í Hrolleifsdal. Afkastageta samkvæmt vinnslueftirliti, dæluþrófunum og líkanreikningum.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/049. Unnið fyrir Skagafjarðarveitur. 32 s.

Hjalti Franzson (2017). **Svartsengi – Eldvörp. Conceptual Model of the Geothermal System Based on Geological Data.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/017. Unnið fyrir HS Orku hf. 69 s. Lokuð skýrsla.

Hörður Tryggvason (2017). **Mælingaeftirlit á Bitru árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/069. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 28 s.

Hörður Tryggvason (2017). **Mælingaeftirlit á Nesjavöllum árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/081. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 36 s.

Hörður Tryggvason og Vigdís Harðardóttir (2017). **Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitasvæðinu við Urriðavatn árin 2011–2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/040. Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella. 25 s.

Hörður Tryggvason, Benedikt Steingrímsson og Þorsteinn Egilson (2017). **Mælingaeftirlit í**

Hverahlíð árið 2017. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/087. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 26 s.

Ingólfur Örn Þorbjörnsson, Pálmar Sigurðsson, Bjarni Steinar Gunnarsson, Gunnar Skúlason Kaldal og Sigurður Sveinn Jónsson (ÍSÖR), Bente Cecilie Krogh (Statoil), Bjarni Pálsson, Sigurður H. Markússon og Kristján Einarsson (LV) og Ásbjörn Einarsson (Ásbjörn Einarsson Verkfræðipjónusta) (2017). **Material Investigation from IDDP-1 Well Head. Study of Materials Retrieved from Production and Anchor Casing.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/044. Unnið fyrir DEEPEG. 40 s. + viðauki. Lokuð skýrsla.

Knútur Árnason, Sigurður G. Kristinnsson, Magnús Ólafsson og Helga Tulinius (2017). **Geothermal Project in Nevşehir, Turkey. Phase 1 - Review of Data and Suggestions for Additional Data Collection.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/073. Unnið fyrir ACWAPOWER Enerji A.Ş. 32 s. Lokuð skýrsla.

Knútur Árnason, Sigurður G. Kristinnsson, Magnús Ólafsson og Helga Tulinius (2017). **Geothermal Project in Nevşehir, Turkey. Preliminary Results for Main Concession. Gap Analyses on Geothermal Data (Phase 1).** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/066. Unnið fyrir ACWAPOWER Enerji A.Ş. 28 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Heimir Ingimarsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-14. Phase 2: Drilling for Production Casing down to 944 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/009, LV-2017-016. Unnið fyrir Landsvirkjun. 107 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H. Tryggvason og Halldór Örvar Stefánsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-15. Phases 0 and 1: Drilling for Surface Casing down to 100 m and Anchor Casing down to 300 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/014, LV-2017-028. Unnið fyrir Landsvirkjun. 83 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Þorsteinn Egilson, Valdís Guðmundsdóttir, Bjarni Steinar Gunnarsson, Sigurjón Vilhjálmsson, Heimir Ingvarsson, Friðgeir Pétursson og Halldór Ingólfsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-15. Phase 3: Drilling for a 7" Perforated Liner down to 2260 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/036, LV-2017-047. Unnið fyrir Landsvirkjun. 162 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Friðgeir Pétursson, Þorsteinn Egilson, Halldór Örvar Stefánsson og Björn Már Sveinbjörnsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-18. Phase 2: Drilling for Production Casing down to 997 m Depth.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/058, LV-2017-087. Unnið fyrir Landsvirkjun. 93 s.

Mannvit, ÍSÖR, Vatnaskil og Verkís (2017). **Provision of Consultancy Services for Undertaking of Reservoir Model Maintenance for the Greater Olkaria Geothermal Field and Training of Staff – Report 7. Training Assessment Report 2.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/083. Unnið fyrir KenGen.

Maryam Khodayar, Steinþór Níelsson and Ragna Karlsdóttir (2017). **Recommended Platforms for Drilling Permit in Stampar, Reykjanes, SW Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/030. Unnið fyrir HS Orku hf. 20 s. Lokuð skýrsla.

Maryam Khodayar, Steinþór Níelsson, Sveinbjörn Björnsson og Egill Árni Guðnason (2017). **Structural Targets and Drilling Choices for Well RN-35 Based on Selected Data.** Reykjanes, Southwest Iceland. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/007. Unnið fyrir HS Orku hf. 32 s. Lokuð skýrsla.

Ólafur Rögnvaldsson (2017). **Establishing Operational Capacity for Building, Deploying and Using Numerical Weather and Seasonal Prediction Systems in SIDs in Africa. Final Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/028. Unnið fyrir UNECA. 23. + viðauki 2.

Ragnheiður Ásgeirsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Valdís Guðmundsdóttir, Hörður Tryggvason, Þorsteinn Egilson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Friðgeir Pétursson, Halldór Ingólfsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Sigurveig Árnadóttir, Halldór Örvar Stefánsson, Bjarni Kristinnsson og Björn Már Sveinbjörnsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-13. Phase 3: Drilling for a 7" Perforated Liner down to 2500 m Depth.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/012, LV-2017-020. Unnið fyrir Landsvirkjun. 89 s. + dagskýrslur.

Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Magnús Á. Sigurgeirsson, Friðgeir Pétursson, Sigurjón Vilhjálmsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Þorsteinn Egilson og Björn Már Sveinbjörnsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-16. Phase 2: Drilling for Production Casing down to 855 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/038, LV-2017-050. Unnið fyrir Landsvirkjun. 95 s.

Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson og Hörður H. Tryggvason (2017). **Hverahlíð – Hóla HE-60. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsföðringu í 80 m, öryggisföðringu í 292 m og vinnsluföðringu í 850 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/071. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 125 s.

Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Halldór Örvar Stefánsson, Halldór Ingólfsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir. **Peistareykir – Well ÞG-16. Phases 0 and 1: Drilling for Surface Casing down to 120 m and Anchor Casing down to 306 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/025, LV-2017-039. Unnið fyrir Landsvirkjun. 89 s.

Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Friðgeir Pétursson, Sigurjón Vilhjálmsson, Þorsteinn Egilson, Halldór Ingólfsson, Heimir Ingimarsson og Björn Már Sveinbjörnsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-17. Phase 2: Drilling for Production Casing down to 980 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/047, LV-2017-068. Unnið fyrir Landsvirkjun. 95 s.

Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Þorsteinn Egilson, Valdís Guðmundsdóttir, Friðgeir Pétursson, Sigurjón Vilhjálmsson, Halldór Ingólfsson og Halldór Örvar Stefánsson. (2017). **Peistareykir – Well ÞG-17. Phase 3: Drilling for 7" Perforated Liner down to 2500 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/062, LV-2017-092. Unnið fyrir Landsvirkjun. 183 s.

Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir (2017). **Hitaveita Egilsstaða og Fella. Efnaeftirlit árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSÖR-2017/082. Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella. 14 s.

Sigurður G. Kristinnsson og Friðgeir Pétursson (2017). **Jarðhitakerfið á Reykhólum. Afkastamát núverandi holna.** Íslenskar orku-



rannsóknir, ÍSOR-2017/024. Unnið fyrir Orkubú Vestfjarða. 21 s.

Sigurður G. Kristinsson, Finnbogi Óskarsson, Magnús Ólafsson og Auður Agla Óladóttir (2017). **Háhitasvæðin í Kröflu, Námafjalli og á Peistareykjum. Vöktun á yfirborðsvirkni og grunnvatni árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/086, LV-2017-123. Unnið fyrir Landsvirkjun. 178 s.

Sigurður G. Kristinsson, Heimir Ingimarsson, Helga M. Helgadóttir, Sigurveig Árnadóttir, Halldór Ö. Stefánsson, Friðgeir Pétursson og Magnús Ólafsson (2017). **Hoffell í Nesjum – Hóla HF-4. Borsaga, jarðlagaskipan, afköst og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/063. Unnið fyrir RARIK ohf. 71 s.

Sigurveig Árnadóttir, Anett Blischke, Friðgeir Pétursson, Þorsteinn Egilsson og Hörður Tryggvason (2017). **Eyjafjörður, North Iceland. Results of Borehole Televiewer Logging in Wells LA-8 and YT-2.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/057. Unnið fyrir Norðurorku og IMAGE. 39 s. + viðauki 2.

Sigurveig Árnadóttir, Friðgeir Pétursson, Halldór Ingólfsson, Hörður H. Tryggvason, Mauricio A. T. Millachine og Sigvaldi Thordarson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-11. Results of Borehole Televiewer Logging.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/002, LV-2017-005. Unnið fyrir Landsvirkjun. 49 s. + viðauki 2.

Sigurveig Árnadóttir, Ragnheiður Steinunn Ásgeirsdóttir, Þorsteinn Egilsson, Bjarni Gautason, Felix Kästner, Hörður H. Tryggvason, Friðgeir Pétursson, Halldór Ingólfsson og Halldór Ö. Stefánsson (2017). **Well HN-13 in Botn Low-temperature Geothermal Field in Eyjafjörður, N-Iceland.**

Drilling, Logging and Testing. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/092. Unnið fyrir Norðurorku.

Sigurveig Árnadóttir, Þorsteinn Egilsson og Sigvaldi Thordarson (2017). **Holusjarmæling í holu ST-16 við Sigtún í Eyjafjarðarsveit.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/037. Unnið fyrir Norðurorku. 22 s. + viðauki 2.

Svanbjörg Helga Haraldsdóttir og Benedikt Steingrímsson (2017). **Mælingaefitirlit á vinnslu-svæðum Hellsheiðarvirkjunar árið 2017.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/088. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 90 s.

Sylvía Rakel Guðjónsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Valdis Guðmundsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Þorsteinn Egilsson, Friðgeir Pétursson, Bjarni Steinar Gunnarsson, Halldór Ingólfsson, Sigurjón Vilhjálmsson og Björn Már Sveinbjörnsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-16. Phase 3: Drilling for a 7" Perforated Liner down to 2702 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/046, LV-2017-066. Unnið fyrir Landsvirkjun. 213 s.

Sylvía Rakel Guðjónsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Þorsteinn Egilsson, Valdis Guðmundsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Friðgeir Pétursson, Halldór Ingólfsson, Halldór Örvar Stefánsson, Björn Már Sveinbjörnsson, Haraldur Jónasson, Heimir Ingimarsson og Sigurjón Vilhjálmsson. (2017). **Peistareykir – Well ÞG-18. Phase 3: Drilling for a 7" Perforated Liner down to 2644 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/078, LV-2017-105. Unnið fyrir Landsvirkjun. 109 s. + viðaukar B og C (dagskýrslur).

Sylvía Rakel Guðjónsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður

H. Tryggvason, Friðgeir Pétursson og Þorsteinn Egilsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-18. Phases 0 and 1: Drilling for Surface Casing down to 100 m and Anchor Casing down to 298 m Depth.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/054, LV-2017-081. Unnið fyrir Landsvirkjun. 71 s.

Sylvía Rakel Guðjónsdóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Hörður H. Tryggvason, Halldór Ingólfsson og Heimir Ingimarsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-17. Phases 0 and 1: Drilling for Surface Casing (A) down to 43 m, Surface casing (B) down to 137 m and Anchor Casing down to 308 m Depth.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/042, LV-2017-059. Unnið fyrir Landsvirkjun. 125 s.

Sylvía Rakel Guðjónsdóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H. Tryggvason og Bjarni Steinar Gunnarsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-14. Phases 0 and 1: Drilling for Surface Casing down to 100 m and Anchor Casing down to 300 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/005, LV-2017-012. Unnið fyrir Landsvirkjun. 79 s.

Sylvía Rakel Guðjónsdóttir, Valdis Guðmundsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Halldór Ö. Stefánsson, Halldór Ingólfsson, Friðgeir Pétursson, Bjarni Steinar Gunnarsson og Þorsteinn Egilsson (2017). **Peistareykir – Well ÞG-14. Phase 3: Drilling for a 7" Perforated Liner down to 2500 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/023, LV-2017-038. Unnið fyrir Landsvirkjun. 163 s.

Sæunn Halldórsdóttir (2017). **Krafla - Research and Development Plan for the Next 5 Years.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/094. LV-2017-129. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Tobias B. Weisenberger, Björn S. Harðarson, Felix Kästner, Sveinborg H. Gunnarsdóttir, Helga Tulinius, Valdís Guðmundsdóttir, Gunnlaugur M. Einarsson, Friðgeir Pétursson, Sigurjón Vilhjálmsson, Halldór Örvar Stefánsson og Steinþór Nielsson (2017). **Well Report – RN-15/IDDP-2. Drilling of Well RN-15/IDDP-2. Drilling in Reykjanes – Phases 4 and 5 from 3000 m down to 4659 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/016. Unnið fyrir DEEPEGs. 276 s. + dagskýrslur. Lokuð skýrsla.

Unnur Þorsteinsdóttir, Anett Blischke, Gylfi Páll Hersir og Helga Margrét Helgadóttir (2017). **3D Geological Static Field Model of the Krafla Geothermal Area, NE-Iceland. Constructing a Workflow.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/059. Unnið fyrir IMAGE. 103 s.

Unnur Þorsteinsdóttir, Anett Blischke, Gylfi Páll Hersir og Helga Margrét Helgadóttir (2017). **3D Geological Static Field Model of Pico Alto Geothermal Field on Terceira Island, Azores.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/060. Unnið fyrir IMAGE. 41 s.

Vaiva Čypaitė (2017). **Reykir at Reykjabraut. 3D Visualization of Geothermal Reservoir Limits and Feed Zones.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/096. Unnið fyrir RARIK. 17 s.

Valdís Guðmundsdóttir (2017). **Svartsengi – Reykjanes. Temperature and Pressure Logging in 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/031. Unnið fyrir HS Orku hf. Lokuð skýrsla.

Vigdís Harðardóttir (2017). **Hitaveita RARIK á Blönduósi og Skagatrönd. Efnaræðilegt vinnslu-eftirlit árið 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/035. Unnið fyrir RARIK. 16 s.

Vigdís Harðardóttir (2017). **Hitaveita RARIK á Siglufirði. Efnaræðilegt vinnslueftirlit árið 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/034. Unnið fyrir RARIK. 16 s.

Vigdís Harðardóttir (2017). **Hitaveitur Húnaþings vestra. Efna- og vinnslueftirlit árið 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/033. Unnið fyrir Húnaþing vestra. 19 s.

Vigdís Harðardóttir og Bjarni Gautason (2017). **Hitaveita Eskifjarðar. Eftirlit með vinnslu árin 2015 og 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/013. Unnið fyrir Hitaveitu Fjarðabyggðar. 18 s.

Vigdís Harðardóttir og Finnþógi Óskarsson (2017). **Reykjanes Power plant. Steam and Water Quality in 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/018. Unnið fyrir HS Orku. 38 s. Lokuð skýrsla.

Vigdís Harðardóttir og Finnþógi Óskarsson (2017). **Svartsengi Power Plant. Steam and Water Quality in 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/019. Unnið fyrir HS Orku. 38 s. Lokuð skýrsla.

Vignir Demusson og Baldur Gylfason (2017). **Factory Acceptance Test Inspection of PM 225 Rig at Petrotek.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/090. Unnið fyrir ODDEG með styrk frá utanríkisráðuneytinu. 33 s. Lokuð skýrsla.

Þorsteinn Egilson (2017). **Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/003, LV-2017-006. Unnið fyrir Landsvirkjun. 35 s.

Þorsteinn Egilson (2017). **Krafla – Hóla KG-26. Borholumælingar og prepapróf í september**

2017. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/061, LV-2017-090. Unnið fyrir Landsvirkjun. 30 s.

Þorsteinn Egilson, Hörður H. Tryggvason, Halldór Ingólfsson og Halldór Ö. Stefánsson (2017).

Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 2017. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/084, LV-2017-118. Unnið fyrir Landsvirkjun. 41 s.

Þorsteinn Egilson, Vigdís Harðardóttir og Hörður Tryggvason (2017). **Norðurorka. Vinnslueftirlit með jarðhitasvæðum og orkubúskapur hitaveitu fyrir Akureyri og nágrenni 2014–2015 og efnaeftirlit til 2016.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/051. Unnið fyrir Norðurorku. 76 s.

Þórólfur H. Hafstað (2017). **Langhús í Fljótum. Boranir við Dælslaug.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/048. Unnið fyrir Skagafjarðarveitur. 23 s.

Þórólfur H. Hafstað og Vaiva Čypaitė (2017). **Vogar á Vatnsleysuströnd. Könnunarhóla á áformuðu vatnsbólavæði og þörf á vatnsvernd.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/070. Unnið fyrir HS Veitur. 20 s.

Ögmundur Erlendsson, Anett Blischke, Sigurveig Árnadóttir, Friðgeir Pétursson, Halldór Ingólfsson, Haraldur Jónasson og Heimir Ingimarsson (2017). **Laugaland í Holtum. Holusjarmælingar í holum LL-3, LL-2 og GA-1.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/004. Unnið fyrir Veitur ohf. 46 s.+ 2 viðaukar.

RITRÝNDAR GREINAR

Finnþógi Óskarsson og Ragnheiður St. Ásgeirsdóttir (2017). Radon in Icelandic Cold Groundwater and Low-Temperature Geothermal Water. **Procedia Earth and Planetary Science** 17, 229–232.

Fridleifsson, G.O., Elders, W.A., Zierenberg, R.A., Stefánsson, A., Fowler, A.P.G., Weisenberger, T.B., Hardarson, B.S. og Mesfin, K.G. (2017). The Iceland Deep Drilling Project 4.5 km deep well, IDDP-2, in the seawater- recharged Reykjanes geothermal field in SW Iceland has successfully reached its supercritical target. **Scientific Drilling** 23, 1–12.

Kim, D., Brown, L. D., Árnason, K., Ágústsson, K. og Blanck, H. (2017). Magma reflection imaging in Krafla, Iceland, using microearthquake sources. **Journal of Geophysical Research** 122, 5228–5242.

Lichoro, C. M., Árnason, K. og Cumming, W. (2017). Resistivity imaging of geothermal resources in northern Kenya rift by joint 1D inversion of MT and TEM data. **Geothermics** 68, 20–32.

Polajnar, M., Kalin, M., Thorbjörnsson, I., Thorgrímsson, J.T., N Valle, N. og Botor-Probierz, A. (2017). Friction and wear performance of functionally graded ductile iron for brake pads. **Wear** 382–383, 85–94.

Price, R.E., Boyd, E., Hoehler, T.M., Wehrmann, L.M., Bogason, E., Valtýsson, H., Örlygsson, J., Gautason, B. og Amend, J. (2017). Alkaline vents and steep Na⁺ gradients from ridge-flank basalts – Implications for the origin and evolution of life. **Geology** 45(12), 1135–1138.

Zierenberg, R. A., Fowler, Andrew P. G., Fridleifsson, G.O., Elders, W.A. og Weisenberger, T.B. (2017). Preliminary Description of Rocks and Alteration in IDDP-2 - Drill Core Samples Recovered from the Reykjanes Geothermal System, Iceland. **GRC Transactions** 41, 1599–1614.

BÓKARKAFLAR

Árni Hjartarson (2017). Jarðfræði höfuðborgarinnar og náttúruvá. Í: Bjarni Reynarsson (ritstj), **Reykjavík á tímamótum.** Skrudda, Reykjavík, 31–41.

Flóvenz, Ó. G. og Jónsdóttir, B. (2017). The Icelandic Experience on Intergrated Geothermal Utilization. In: **Perspectives for Geothermal Energy in Europe.** World Scientific Publishing Europe Ltd., 2017, 77–126.

Eftirfarandi greinar birtust í bókinni:

Péron Pinvidic, G., Hopper, J.R., Stoker, M.S., Gaina, C., Doornenbal, J.C., Func, T. og Árting U.E. (eds.), (2017). **The NE Atlantic Region: A Reappraisal of Crustal Structure, Tectonostratigraphy and Magmatic Evolution.** Geological Society, London, **Special Publications 477.** ISBN: 9781786202789.

Á Horni, J., Hopper, J.R., Blischke, A., Geisler, W.H., Stewart, M., McDermott, K., Judge, M., Erlendsson, Ö. og Árting, U. (2017). Regional distribution of volcanism within the North Atlantic Igneous Province, **105–125.**

Blischke, A., Gaina, C., Hopper, J. R. , Péron-Pinvidic, G., Brandsdóttir, B., Guarnieri, P., Erlendsson, Ö. og Gunnarsson, K. (2017). The Jan Mayen microcontinent: an update of its architecture, structural development and role during the transition from the Ægir Ridge to the mid-oceanic Kolbeinsey Ridge, **299–337.**

Func, T., Geissler, W. H., Kimbell, G. S., Gradmann, S., Erlendsson, Ö., McDermott, K., Petersen, U. K. (2017). Moho and basement depth in the NE Atlantic Ocean based on seismic refraction data and receiver functions, **207–231.**

Func, T., Erlendsson, Ö., Geissler, W.H., Gradmann, S., Kimbell, G. S., McDermott, K. , Uni, K. og Petersen, U. K. (2017). A review of the NE Atlantic conjugate margins based on seismic refraction data, **171–205.**

Gaina, C., Blischke, A., Geissler, W.H., Kimbell, G.S. og Erlendsson, Ö. (2017). Seamounts and oceanic igneous features in the NE Atlantic: a link between plate motions and mantle dynamics, 419–442.

Gaina, C., Nasuti, A., Kimbell, G. S. og Blischke, A. (2017). Break-up and seafloor spreading domains in the NE Atlantic, 393–417.

Geissler, W.H., Gaina, C., Hopper, J.R., Func, T., Blischke, A., Arting, U., Á Horni, J., Péron-Pinvidic, G. og Abdelmalak, M.M. (2017). Seismic volcanostratigraphy of the NE Greenland continental margin, **149–170.**

Hjartarson, Á., Erlendsson, Ö. og Blischke, A. (2017). The Greenland–Iceland–Faroe Ridge Complex. **127–148.**

Stoker, M.S., Stewart, M.A., Shannon, P.M., Bjerager, M., Nielsen, T., Blischke, A., Hjelstuen, B.O., Gaina, C., McDermott, K. og Ólavsdóttir, J. (2017). An overview of the Upper Palaeozoic– Mesozoic stratigraphy of the NE Atlantic region, **11–68.**

www.jardfraedikort.is

JARÐFRÆÐIKORTAVEFSJÁ OG PRENTGRIPIR





AÐALSKRIFSTOFA

Grensásvegur 9
108 Reykjavík
Iceland
Sími: 528 1500
isor@isor.is

ÚTIBÚ

Rangárvöllum við Hlíðarfjallsveg
603 Akureyri
Iceland
Sími: 528 1500

www.isor.is