

LV-2019-034



Landsvirkjun



Þeistareykir

Eftirlitsmælingar árið 2018

LV-2019-034



Þeistareykir Eftirlitsmælingar árið 2018



ÍSOR-2019/029

Verknr. 18-0126

Apríl 2019

Lykilsíða



Skýrsla LV nr.: LV-2019-034

Dags: Apríl 2019

Fjöldi síðna: 38

Upplag: 3

Dreifing:

- Birt á vef LV
 Opin
 Takmörkuð til

Titill: Þeistareykir. Eftirlitsmælingar árið 2018.

Höfundar/fyrirtæki: Þorsteinn Egilson

Verkefnisstjóri: Egill Júlíusson f.h. LV Sigvaldi Thordarson f.h. ÍSOR

Unnið fyrir: Unnið af Íslenskum orkurannsóknum fyrir Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____


Útdráttur: Eftirlitsmælingar árið 2018 á jarðhitasvæði Landsvirkjunar á Þeistareykjum voru gerðar 16.–18. júlí og 31. október. Mælingarnar marka upphaf eftirlits með vinnslu í jarðhitakerfinu á Þeistareykjum en stöðug vinnsla til 90 MWe raforkuframleiðslu hófst fyrir á árinu. Teknar eru saman allar vinnslutölur úr holunum á Þeistareykjum frá borun þeirra, þ.m.t. vinnsluprófanir til lengri og skemmri tíma. Holur ÞG-1, ÞG-2, ÞG-8, ÞG-11, ÞG-15 og ÞG-18 hafa verið valdar sem eftirlitsholur en ekki verður mælt árlega í holum ÞG-2 og ÞG-8. Hóla ÞG-11 hefur fyrirstöðu á 750 m dýpi og getur ekki nýst áfram til eftirlits. Það kann að kalla á endurskoðun skipulags á eftirlitsmælingum á Þeistareykjum. Vatnsborð er nú mælt reglulega í holum utan vinnslusvæðisins og er fjallað um þær mælingar.

Lykilorð:

Þeistareykir, jarðhitakerfi, borholur, eftirlitsmælingar, hita-
mælingar, þrýstimælingar, vatnsborð, niðurdráttur, niður-
dæling, toppþrýstingur, vermi, þrýstijafnvægi, ÞG-1, ÞG-2,
ÞG-3, ÞG-4, ÞG-5/5b, ÞG-6, ÞG-7, ÞG-8, ÞG-9, ÞG-11, ÞG-12,
ÞG-13, ÞG-14, ÞG-15, ÞG-16, ÞG-17, ÞG-18

ISBN nr.:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Undirskrift verkefnisstjóra 	Yfirfarið Magnús Ólafsson
--	------------------------------

Efnisyfirlit

1 Inngangur	7
2 Eftirlitsmælingar á Peistareykjum	7
2.1 Dagbók mælingamanna	8
2.2 Hola ÞG-1	17
2.3 Hola ÞG-11	19
2.1 Hola ÞG-15	21
2.2 Hola ÞG-18	23
2.3 Vatnsborðsmælingar.....	25
2.4 Heildarvinnslusaga háhitaholna á Peistareykjum.....	28
3 Niðurstöður og íhuganir	37
4 Heimildir	38

Töflur

Tafla 1. Yfirlit um hita- og þrýstimælingar í Peistareykjaholum 2018.....	8
Tafla 2. Yfirlit um vinnslu úr holum á Peistareykjum.....	29

Myndir

Mynd 1. Yfirlit um holustaðsetningu og holuferla stefnuboraðra holna á Peistareykjum.....	9
Mynd 2. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-1 þann 16. júlí eftir að hún hafði staðið lokuð í 14 daga.....	10
Mynd 3. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-15 þann 17. júlí eftir að hún hafði staðið lokuð í 77 daga.....	11
Mynd 4. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-11 þann 17. júlí eftir að hún hafði staðið lokuð í 71 dag	12
Mynd 5. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-18 þann 18. júlí, eftir að hún hafði staðið lokuð í 77 daga.....	13
Mynd 6. Nýtt aðgengi að holutoppi var kynnt fyrir mælingamönnum ÍSOR	14
Mynd 7. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-15 þann 31. október 2018 ásamt tilsvorandi suðumarksferli og metnum berghitaferli	15
Mynd 8. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-18 þann 31. október 2018 ásamt tilsvorandi suðumarksferli og metnum berghitaferli	16
Mynd 9. Vinnslusaga holu ÞG-1 frá upphafi.....	17
Mynd 10. Valdar hita- og þrýstimælingar frá 2011 til 2018 í holu ÞG-1 ásamt metnum berghitaferli og upphafsþrýstingi.	18
Mynd 11. Vinnslusaga holu ÞG-11 frá upphafi.....	19
Mynd 12. Valdar hita- og þrýstimælingar frá 2016 til 2018 í holu ÞG-11 ásamt metnum berghitaferli og upphafsþrýstingi.	20
Mynd 13. Vinnslusaga holu ÞG-15 frá upphafi.....	21
Mynd 14. Valdar hita- og þrýstimælingar frá 2016 til 2018 í holu ÞG-15 ásamt metnum berghitaferli og upphafsþrýstingi.	22
Mynd 15. Vinnslusaga holu ÞG-18 frá upphafi.....	23

Mynd 16. Valdar hita- og þrýstimælingar frá 2016 til 2018 í holu ÞG-18 ásamt metnum berghitaferli og upphafsþrýstingi.	24
Mynd 17. Yfirlitsmynd sem sýnir staðsetningu holna þar sem vatnsborð er skráð með reglu bundnum hætti.	26
Mynd 18. Vatnsborð í holum ÞR-1, ÞR-2, ÞR-7, ÞR-8, ÞR-9, ÞR-10/10b og ÞR-15 í metrum yfir sjávarmáli.	27
Mynd 19. Vatnsborðbreytingar í holum ÞR-1, ÞR-2, ÞR-7, ÞR-8, ÞR-9, ÞR-10/10b og ÞR-15 m.v. vatnsborð þeirra í fyrstu mælingu	27
Mynd 20. Samanlögð vinnsla á Þeistareykjum færð að vatnsborðsmælingum í holu ÞR-7	28
Mynd 21. Vinnslusaga ÞG-1 frá október 2002 til september 2018	29
Mynd 22. Vinnslusaga ÞG-3 frá nóvember 2006 til september 2018	30
Mynd 23. Vinnslusaga ÞG-4 frá nóvember 2007 til september 2018	30
Mynd 24. Vinnslusaga ÞG-5 frá nóvember 2008 til september 2018	31
Mynd 25. Vinnslusaga ÞG-6 frá nóvember 2008 til september 2018	31
Mynd 26. Vinnslusaga ÞG-7 frá janúar 2012 til september 2018	32
Mynd 27. Vinnslusaga ÞG-9 frá janúar 2013 til september 2018	32
Mynd 28. Vinnslusaga ÞG-11 frá október 2016 til september 2018	33
Mynd 29. Vinnslusaga ÞG-12 frá desember 2016 til september 2018	33
Mynd 30. Vinnslusaga ÞG-13 frá febrúar 2017 til september 2018	34
Mynd 31. Vinnslusaga ÞG-14 frá maí 2017 til janúar 2018	34
Mynd 32. Vinnslusaga ÞG-15 frá október 2017 til maí 2018	35
Mynd 33. Vinnslusaga ÞG-16 frá nóvember 2017 til ágúst 2018	35
Mynd 34. Vinnslusaga ÞG-17 frá desember 2017 til september 2018	36
Mynd 35. Vinnslusaga ÞG-18 frá janúar 2018 til maí 2018	36

1 Inngangur

Nú þegar vinnsla til raforkuframleiðslu er hafin úr jarðhitasvæðinu á Þeistareykjum er verið að hanna skipulag vinnslueftirlits. Fyrstu formlegu eftirlitsmælingar voru gerðar í júlí og október 2018. Í fyrstu eru eftirlitsmælingar miðaðar við að fylgjast með hitastigi og þrýstingi í holum ÞG-1, ÞG-11 og ÞG-15, sem eru vinnsluholur, og holum ÞG-2, ÞG-8 og ÞG-18 sem ekki eru nýttar til vinnslu. Reynsla af þessu skipulagi mun síðan hafa áhrif á það hvernig vinnslueftirlit innan jarðhitasvæðisins á Þeistareykjum mun þróast. Eftirlitsmælingar fyrir árið 2018 voru skipulagðar með þeim hætti að þá skyldu holur ÞG-1, ÞG-11, ÞG-15 og ÞG-18 mældar tvisvar, fyrst í júlí og síðan nærri mánaðamótum október/nóvember. Mælt var í þeim öllum í júlí en fyrirstaða reyndist í holu ÞG-11 í um 750 m þannig að hún er væntanlega farin af dag-skrá sem eftirlitshola. Þegar til átti að taka í október var vinnsla í ÞG-1 ekki stöðvuð eins og lagt var upp með þannig að einungis holur ÞG-15 og ÞG-18 voru mældar í seinni mælingaferð ársins. Greint er frá framkvæmd mælinganna í kaflanum um dagbók mælingamanna og þar eru birt gröf sem sýna þær.

Til framtíðar munu niðurstöður eftirlitsmælinganna birtast sem tímaröð þar sem skoðaðar verða breytingar í hita og þrýstingi í tímans rás. Á rannsóknarstigi hefur verið lögð mikil vinna í að kortleggja upphafsástand innan jarðhitasvæðisins sem viðmiðunargrunn en ítarlegar rannsóknir hafa verið gerðar á holum á flestum borteigum í gegnum árin (Þorsteinn Egilson og Sigríður Sif Gylfadóttir, 2013; Þorsteinn Egilson, 2011a, b). Þær holur sem nýttar eru til vinnslu á Þeistareykjum eru listaðar í töflu 2 sem sýnir heildarorkuvinnslu þeirra frá fyrstu prófunum fram í september 2018 en gröf sem sýna vinnslu, vermi, toppþrýsting og mældan þrýsting á tilteknum dýptarbilum (dýpi jafnvægisþrýstings í upphitun) eru birt í kafla 2.4.

Vatnsborðsmælingar hafa verið gerðar í holum á Þeistareykjum frá árinu 1975, fyrst afar stopult en síðan 2004/2005 hafa þær verið mjög markvissar og er meginþorri þeirra birtur í skýrslunni og um þær fjallað.

Borholusvæðið á Þeistareykjum og ferlar stefnuboraðra holna eru sýndir á mynd 1.

2 Eftirlitsmælingar á Þeistareykjum

Um fyrirkomulag eftirlitsmælinga á Þeistareykjum var fjallað á fundi ÍSOR með Landsvirkjun (15. júní 2018) og var niðurstaðan sem hér segir:

- Eftirlitsholur á Þeistareykjum (hvaða holur, hvenær og hvernig mældar):
 - Eftirlit í byrjun júlí og nóvember (sætum færiss með veður).
 - Hola ÞG-18 alltaf lokuð og mæld árlega (tvisvar á þessu ári).
 - Holur ÞG-15 og ÞG-11 lokaðar um óákveðinn tíma og mældar árlega (tvisvar á þessu ári).
 - ÞG-1 lokað í 2 vikur árlega og mæld í lokin (tvisvar á þessu ári).
 - Holur ÞG-2 og ÞG-8 mældar þegar hentar, þ.e. ef símælinganemi er tekinn upp.

Upphaf mælinga til eftirlits með vinnslu á Þeistareykjum er miðað við tvær mæliferðir sem farnar voru í júlí og október 2018 og er gerð grein fyrir þeim ferðum og tilsvarendi mælingum hér á eftir og er yfirlit um þær birt í töflu 1.

Tafla 1. Yfirlit um hita- og þrýstímælingar í Þeistareykjaholum 2018.

Hóla	2018			
	Dags.	Dýpi [m]	Dags.	Dýpi [m]
ÞG-1	16/7	1913	-	-
ÞG-11	17/7	750	-	-
ÞG-15	17/7	2244	31/10	2244
ÞG-18	18/7	2614	31/10	2613

2.1 Dagbók mælingamanna

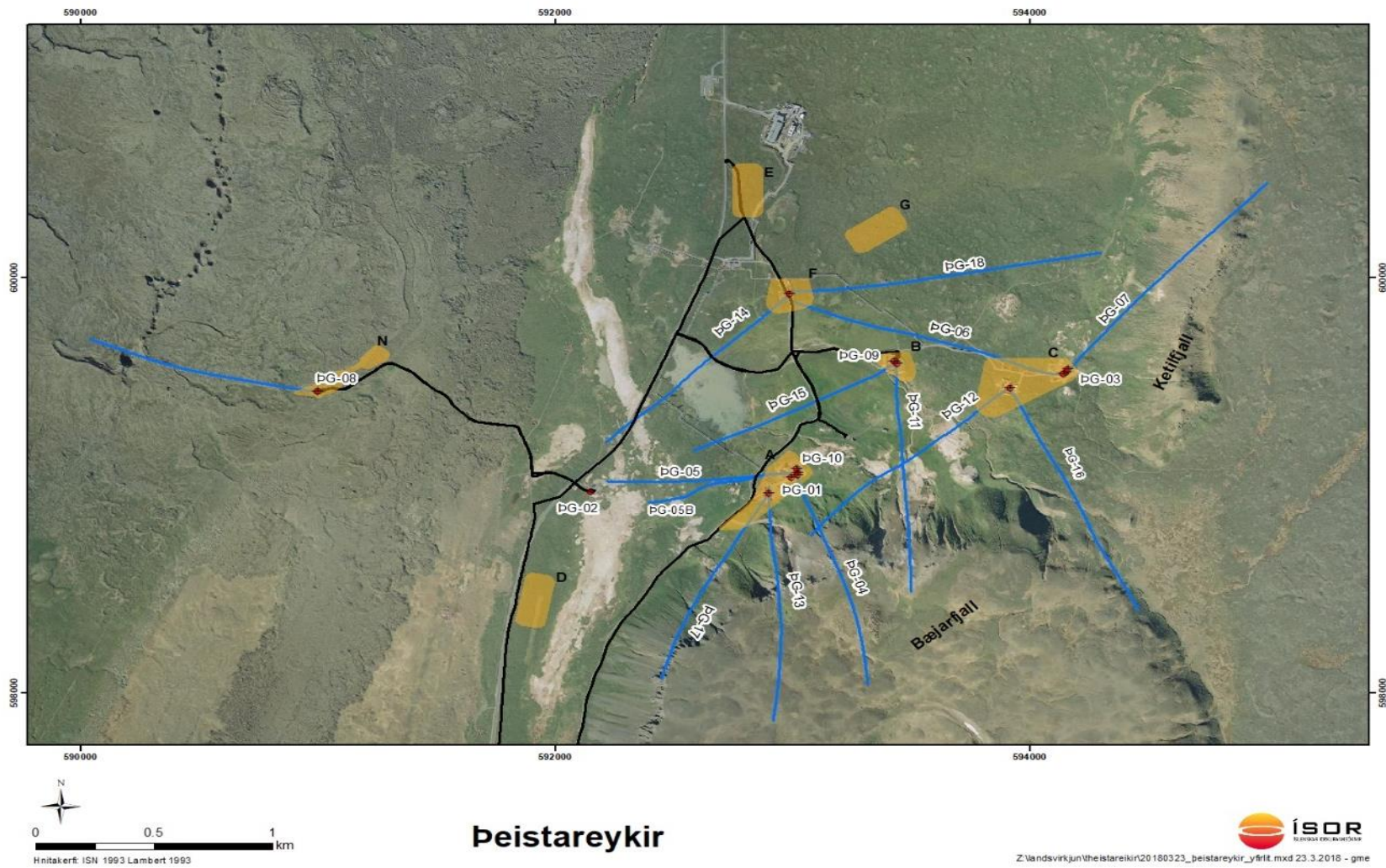
Fyrri ferð, 16.–18. júlí 2018

Mælingamaður (ÞEg) keyrði Econoline-mælingabíl ÍSOR frá Akureyri en annar mælingamaður HÖS) kom með flugi frá Reykjavík til Húsavíkur og hittust þeir á Þeistareykjum um hádegisbili þann 16. júlí. Kranamaður (AA) frá Vélsmiðjunni Grími á Húsavík var einnig mættur á staðinn til að hífa og slaka mæliröri á og af holutoppi. Hann kom reyndar sjálfur með mælirörið en það var í yfirhalingu og geymslu hjá Grími á Húsavík. Hóla ÞG-1 var mæld 16. júlí, 14 dögum eftir að henni var lokað, og gengu mælingar í henni vel. Mynd 2 sýnir hita og þrýsting þennan dag ásamt tilsvarendi suðumarksferli og metnum berghitaferli holunnar.

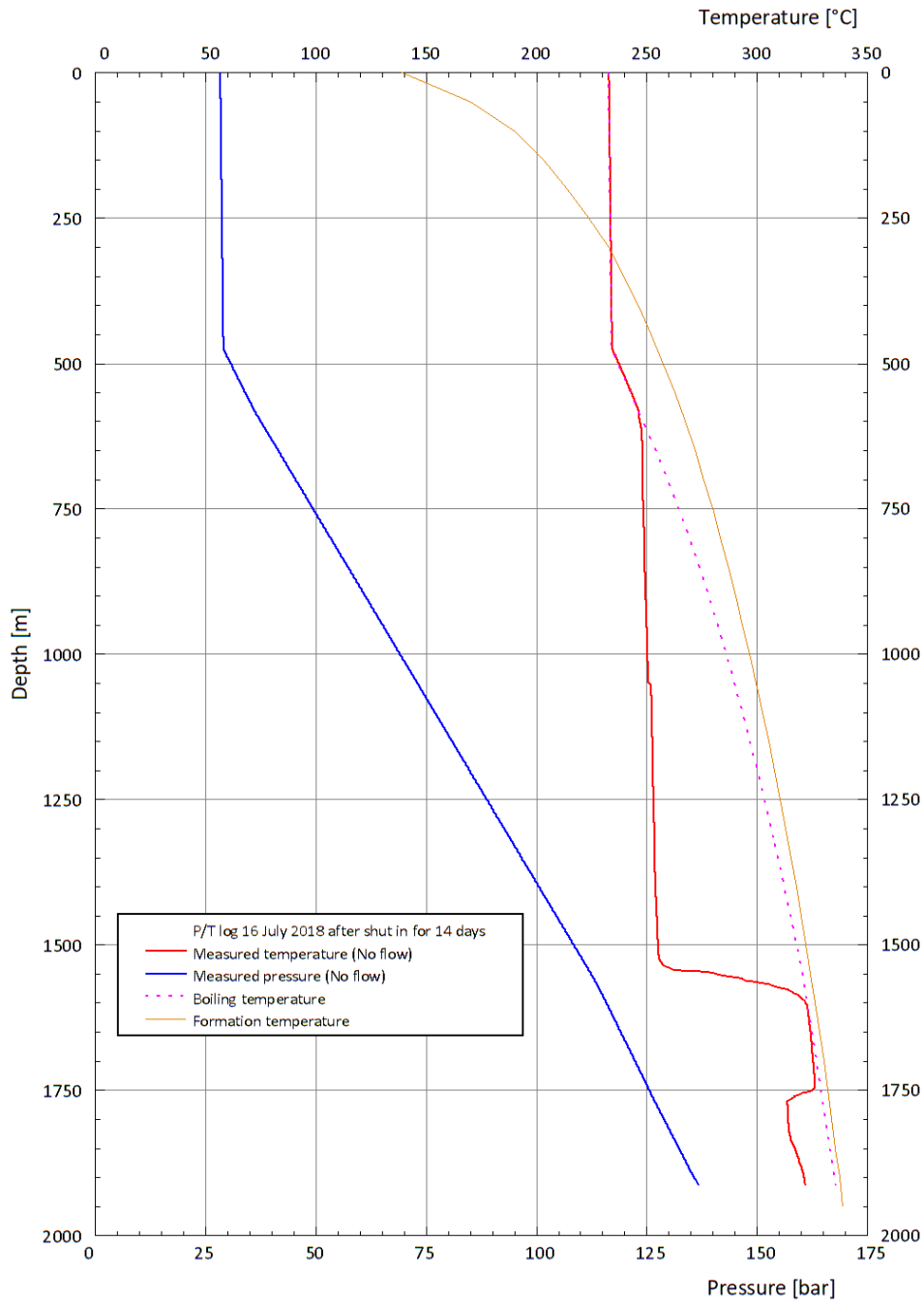
Þann 17. júlí voru hólur ÞG-11 og ÞG-15 mældar. Byrjað var á hólunni ÞG-15 og gengu mælingar í henni samkvæmt áætlun og eru þær sýndar á mynd 3 ásamt tilsvarendi suðumarksferli og metnum berghitaferli. Hólan hafði staðið lokað í 77 daga áður en mælingin var gerð. Síðan var farið í hólunni ÞG-11, 71 degi eftir að henni var lokað. Topploki (3") holunnar var mjög stífur og holutoppurinn ekki einangraður. Í mælingunni bar svo við að mælir stöðvaðist á 750 m dýpi og rifjaðist þá upp að það hafði einnig gerst í mælingu þann 6. desember 2016, í fyrstu mælingu eftir upphleypingu. Leiðaratoppurinn var settur á um 750 m dýpi og hefur líklegast gengið til við upphleypingu með þeim hætti að mælirinn fer ekki lengur þar niður fyrir. Mælirinn var vel miðjustilltur til að komast hjá hættu við að hann settist við hengistykki leiðarans. Mælingin ásamt metnum berghitaferli er sýnd á mynd 4.

Þann 18. júlí var síðasta hólan í mæliferðinni, hóla ÞG-18, mæld, 77 dögum eftir að henni var lokað. Gengu mælingar í henni samkvæmt áætlun og eru þær sýndar á mynd 5 ásamt tilsvarendi suðumarksferli og metnum berghitaferli.

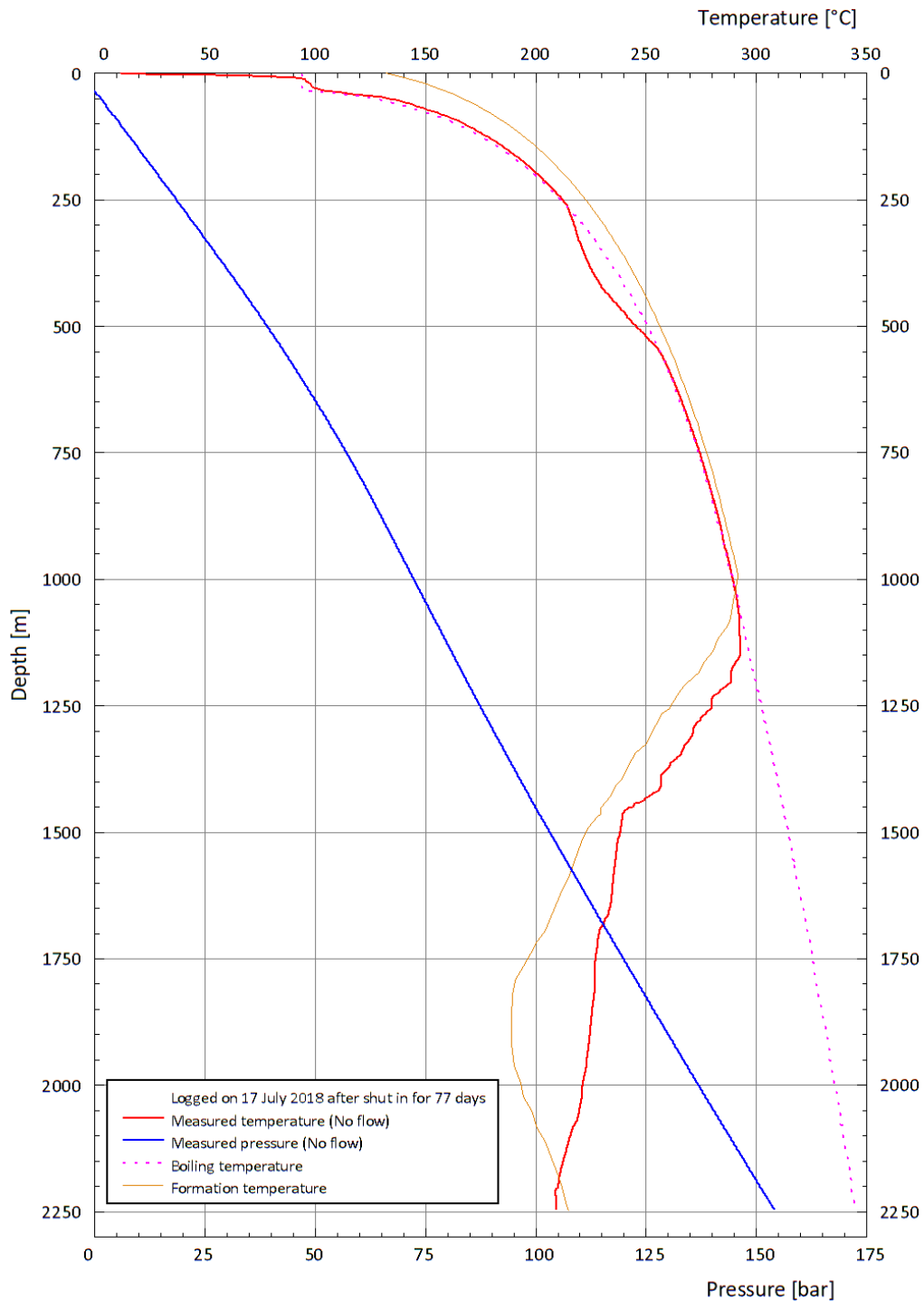
Í þessari mæliferð fengu mælingamenn ÍSOR að kynna liprum og færanlegum stiga með vinnupalli sem markar nýtt og betra aðgengi að holutoppum og fá þeir starfsmenn Landsvirkjunar sem stóðu fyrir hönnun og gerð vinnupallsins gott hrós fyrir (mynd 6).



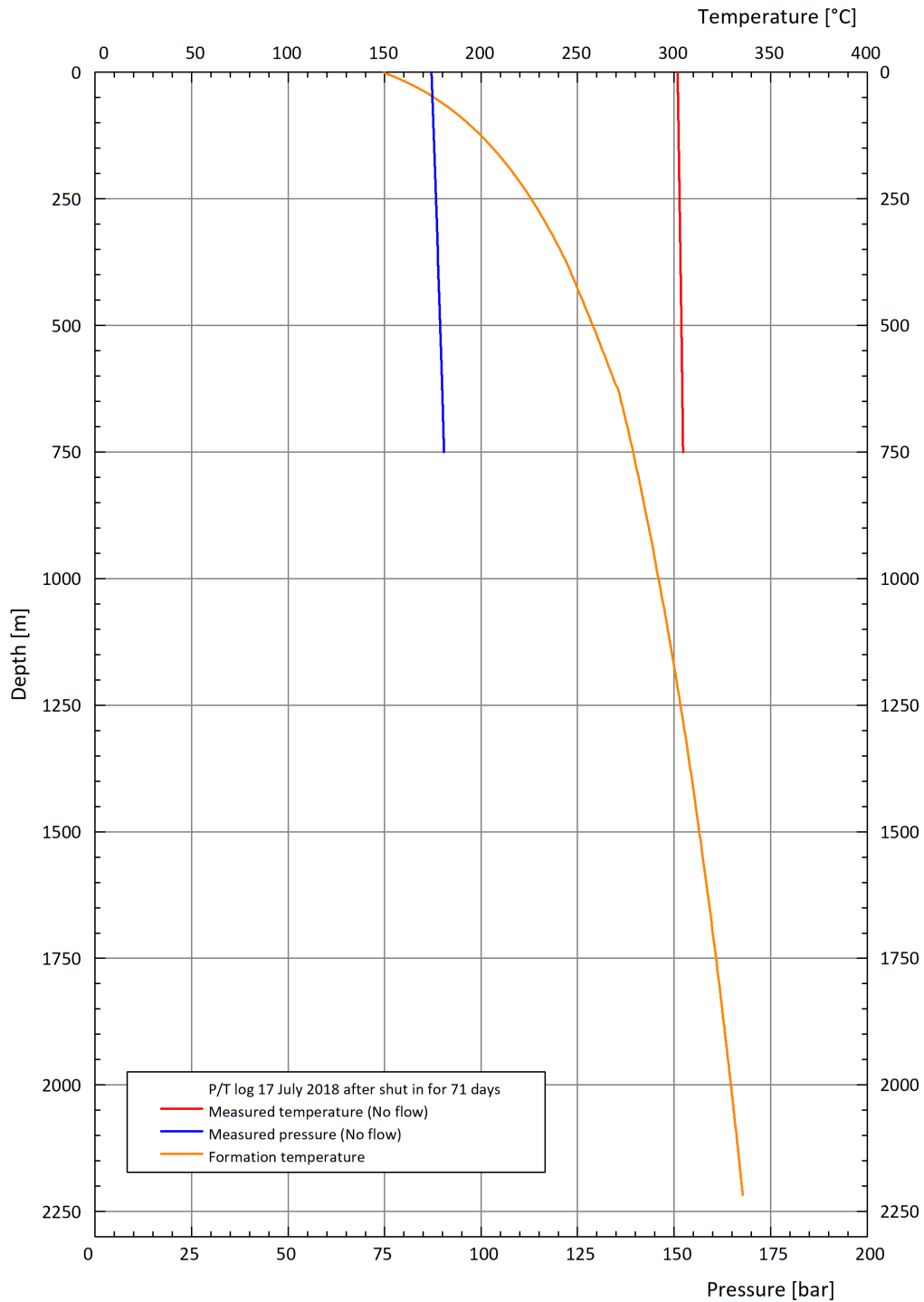
Mynd 1. Yfirlit um holustaðsetningu og holuferla stefnuboraðra holna á Peistareykjum.



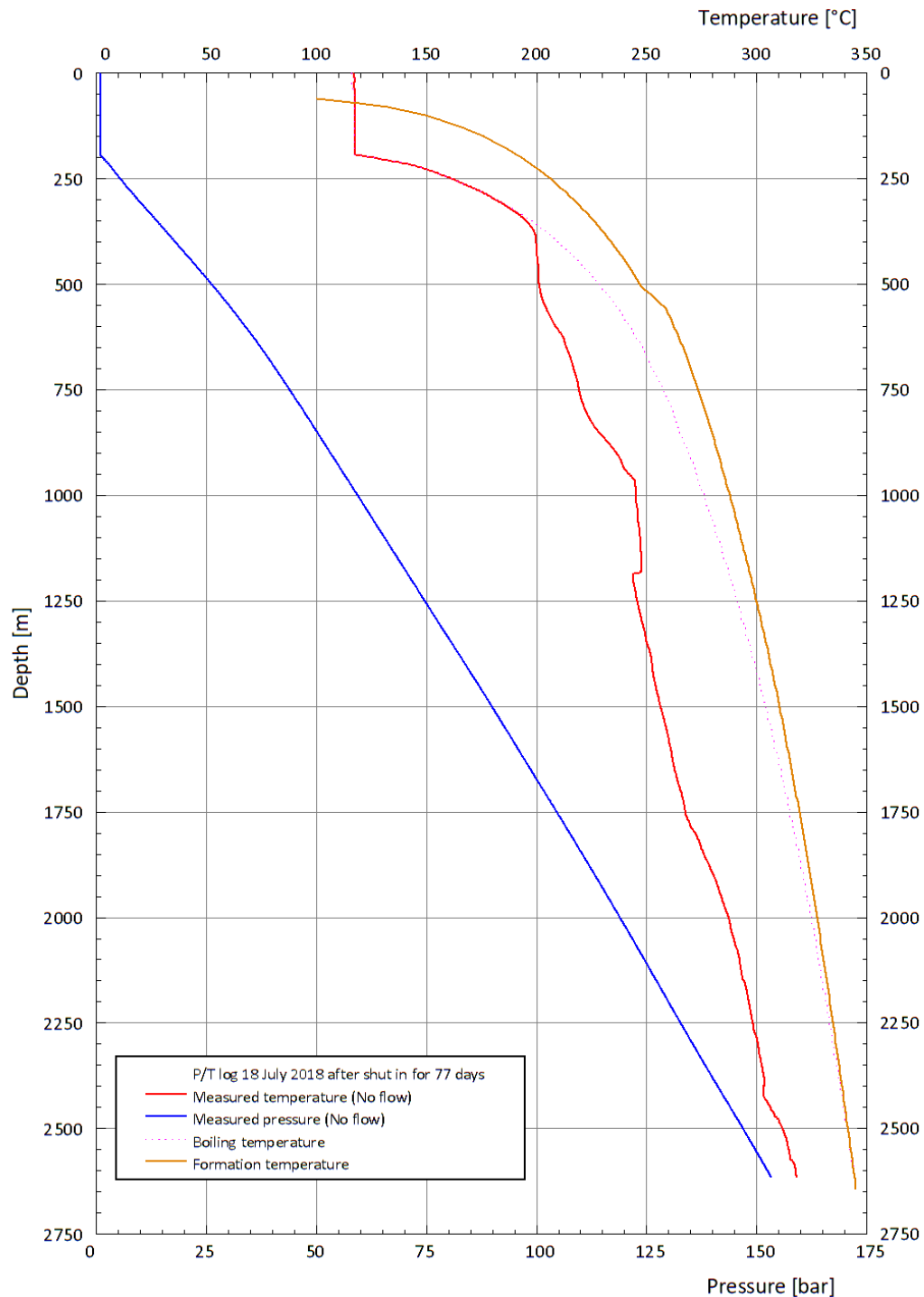
Mynd 2. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-1 þann 16. júlí eftir að hún hafði staðið lokuð í 14 daga, ásamt tilsovarandi suðumarksferli og metnum berghitaferli.



Mynd 3. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-15 þann 17. júlí eftir að hún hafði staðið lokuð í 77 daga, ásamt tilsvorandi suðumarksferli og metnum berghitaferli.



Mynd 4. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-11 þann 17. júlí eftir að hún hafði staðið lokuð í 71 dag, ásamt tilsovarandi suðumarksferli og metnum berghitaferli.



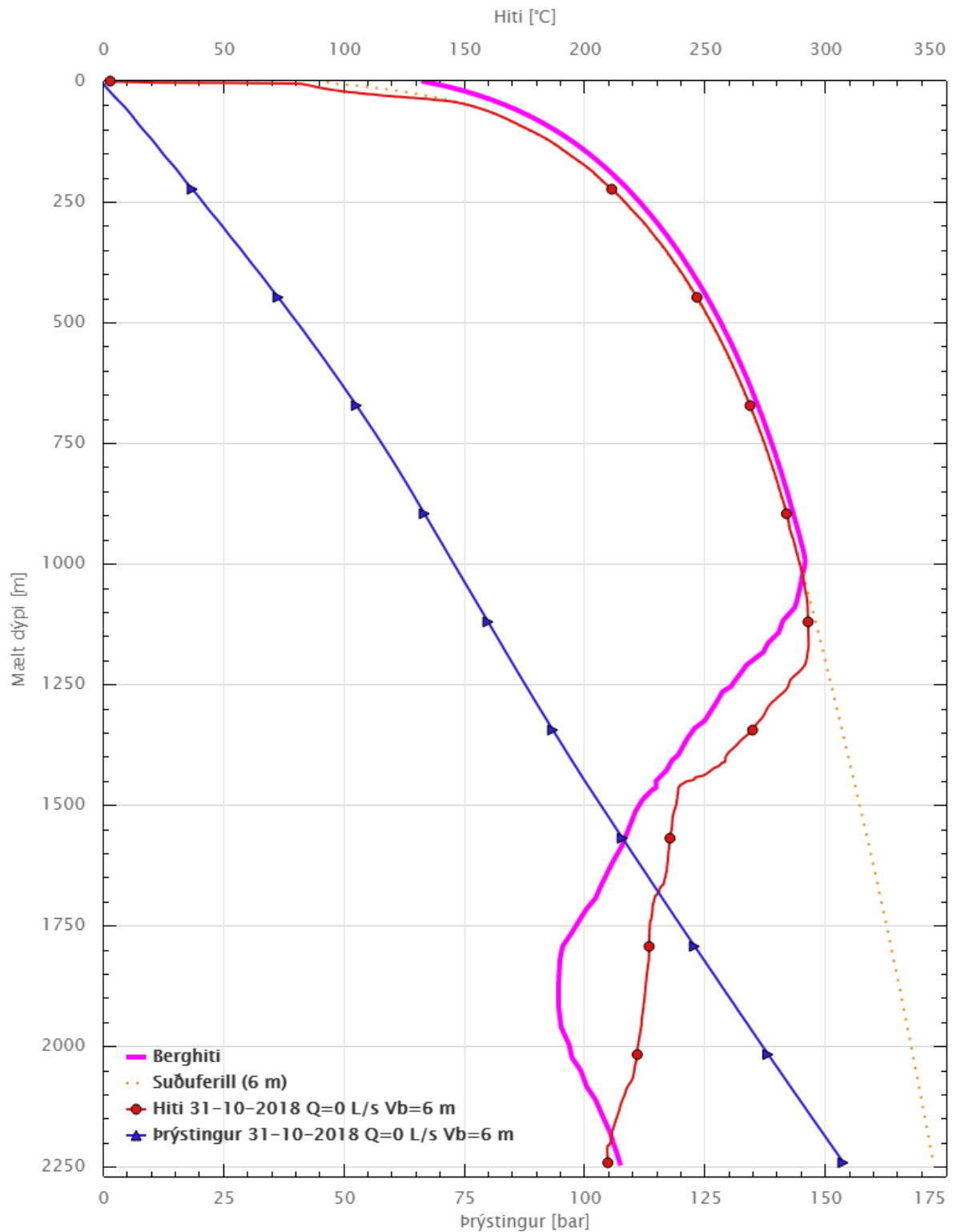
Mynd 5. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-18 þann 18. júlí, eftir að hún hafði staðið lokuð í 77 daga, ásamt tilsovarandi suðumarksferli og metnum berghitaferli.



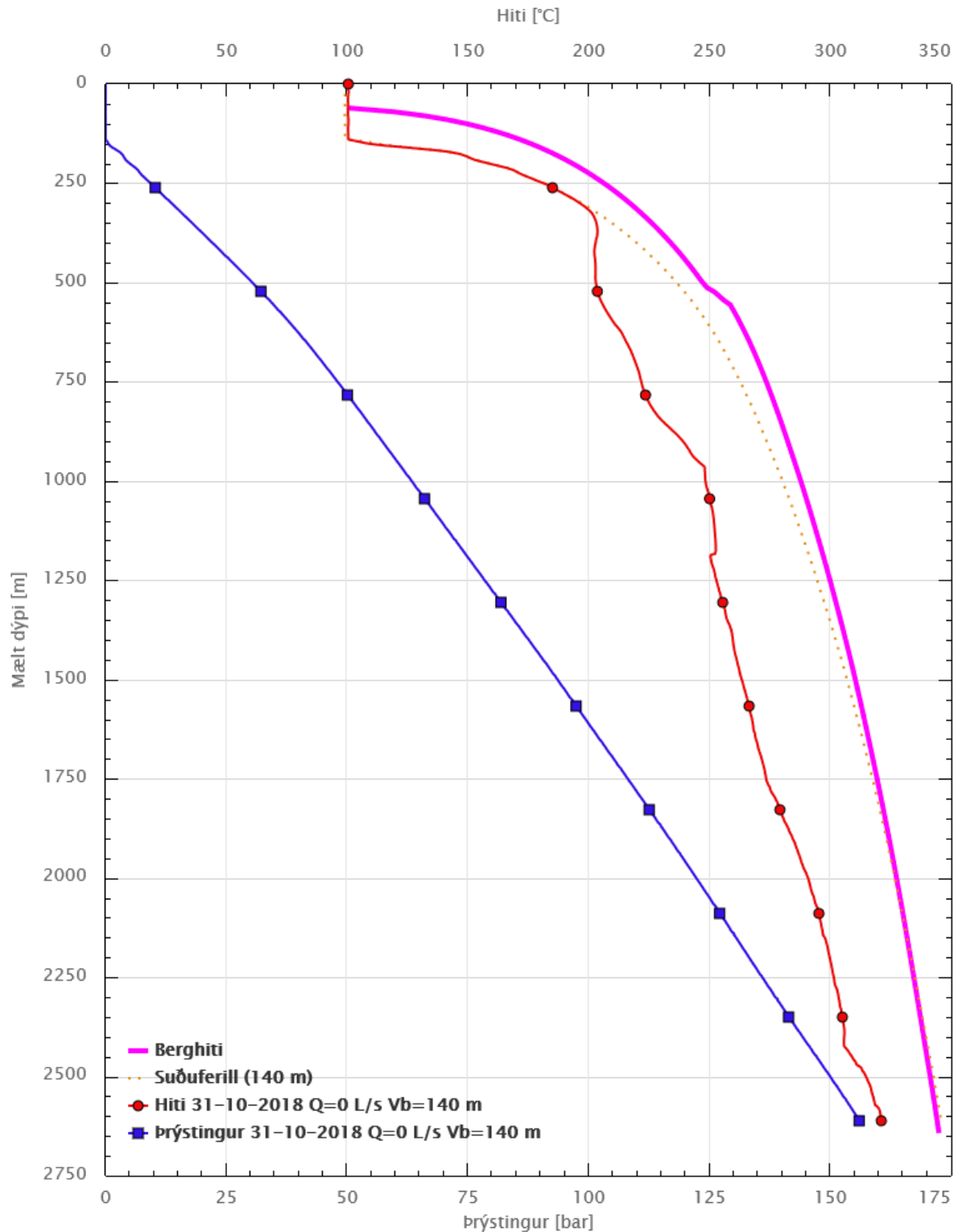
Mynd 6. Nýtt aðgengi að holutoppi var kynnt fyrir mælingamönnum ÍSOR í mæliferðinni 16.–18. júlí. Lipur og færarlegur stigi með vinnupalli (ljósmynd: HÖS).

Seinni ferð, 31. október 2018

Mælingamenn ÍSOR voru komnir á Þeistareyki með Econoline-mælingabíl (PEg) og Hilux-aðstoðarbíl (AMV) að kvöldi 30. október til að geta hafist handa snemma morguns daginn eftir og ná þannig að ljúka mælingum í þeim holum sem fyrirhugað var að mæla, ÞG-15 og ÞG-18, á skikkanlegum tíma, fyrst og fremst með væntanlega heimferð í huga. Kranamaður (AA) frá Vélsmiðjunni Grími á Húsavík var á sínum stað til að hífa og slaka mæliröri á og af holutoppi. Hóla ÞG-15 var mæld fyrst en ÞG-18 þar á eftir og gengu mælingar sem best var vænst og var þeim lokið um kl. 18. Báðar holurnar höfðu staðið lokaðar frá síðustu mælingum.



Mynd 7. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-15 þann 31. október 2018 ásamt tilsvorandi suðumarksferli og metnum berghitaferli.

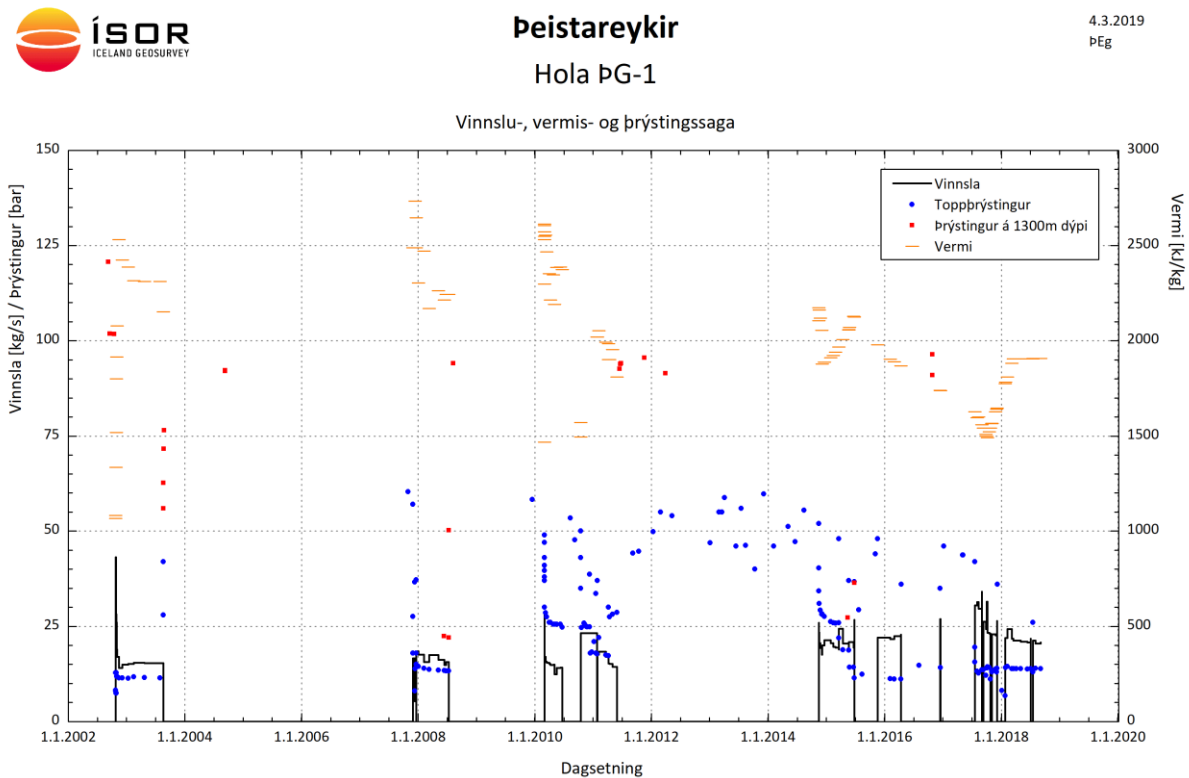


Mynd 8. Eftirlitsmælingar í holu ÞG-18 þann 31. október 2018 ásamt tilsvorandi suðumarksferli og metnum berghitaferli.

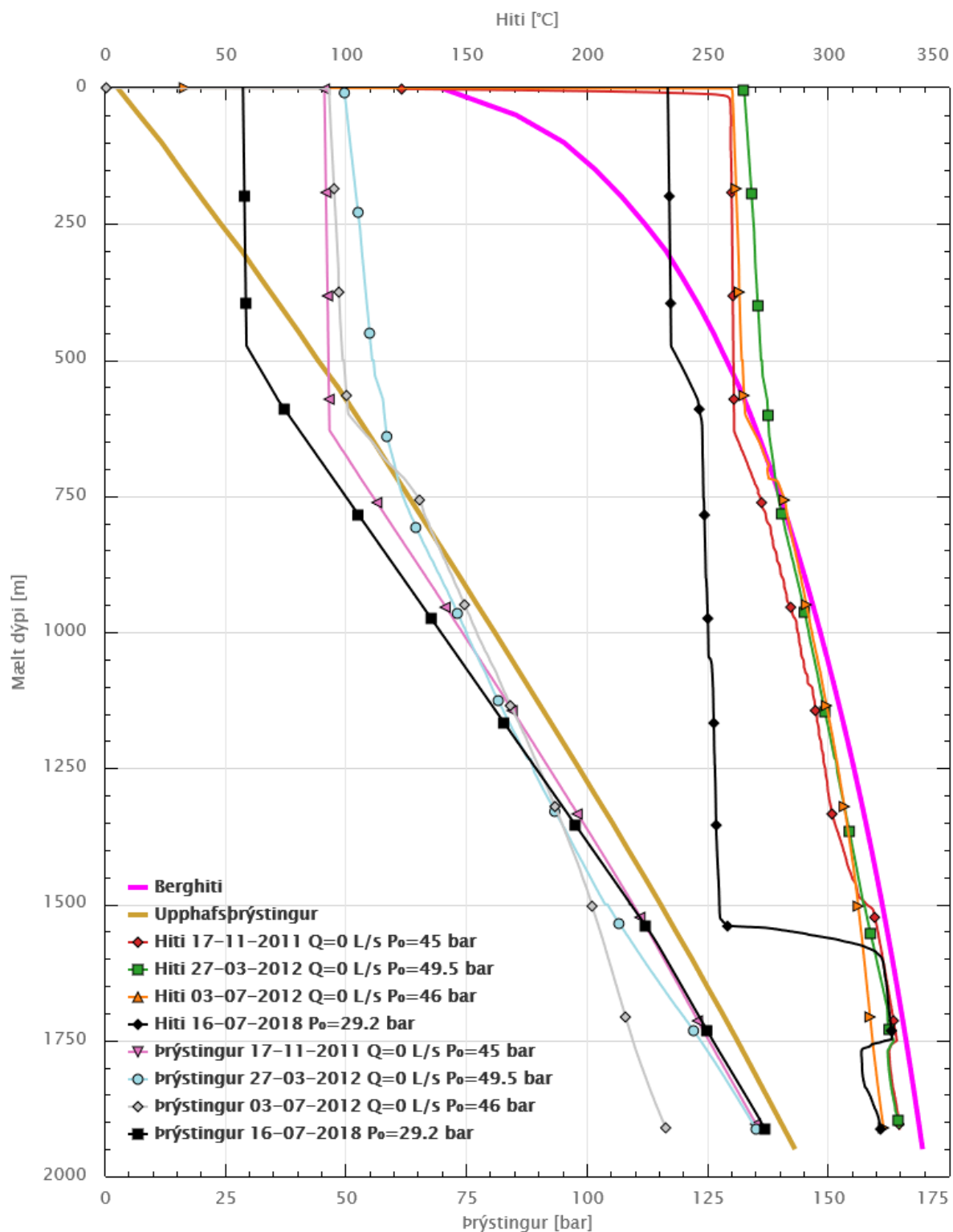
2.2 Hola ÞG-1

Hola ÞG-1 var boruð í 1953 m árið 2002 og voru borlok 7. september. Holan er lóðrétt með vinnsluhluta frá 613 m. Í þrepaprófi eftir örvunaraðgerðir mældist ádælingarstuðull holunnar vera 3,5 (l/s)/bar (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 2002). Vinnsla úr holunni er um 20 kg/s við um 13,5 bar toppþrýsting og 1900 kJ/kg vermi.

Hola ÞG-1 er hugsuð sem eftirlitshola þ.a. hún verði mæld í vinnslustoppi a.m.k. einu sinni á ári þ.a. sambærilegur tími líði á milli þess sem holunni er lokað þar til hún er mæld. Sumarið 2018 var hún mæld eftir 14 daga lokun en þegar til átti að taka við mælingar á holunni í lok október 2018 var hætt við að loka henni og fyrirhuguð mæling slegin af. Mynd 9 sýnir vinnslusögu holunnar frá upphafi, vinnsla, vermi og toppþrýstingur er úr skráningarkerfi Landsvirkjunar og auk þess sýnir myndin mældan þrýsting á 1300 m dýpi sem var jafnvægisstaður þrýstings við upphitun (Þorsteinn Egilson o.fl., 2004). Mynd 10 sýnir valdar hita- og þrýstingarmælingar frá 2011 til 2018 í holu ÞG-1 ásamt metnum berghitaferli og upphafsþrýstingi og marka þessi gögn ákveðna upphafsstöðu kerfisins við upphaf langtíma vinnslu svæðisins.



Mynd 9. Vinnslusaga holu ÞG-1 frá upphafi. Vinnsla, vermi og toppþrýstingur er úr skráningarkerfi Landsvirkjunar. Auk þess sýnir myndin mældan þrýsting á 1300 m dýpi sem var jafnvægisstaður þrýstings við upphitun holunnar.



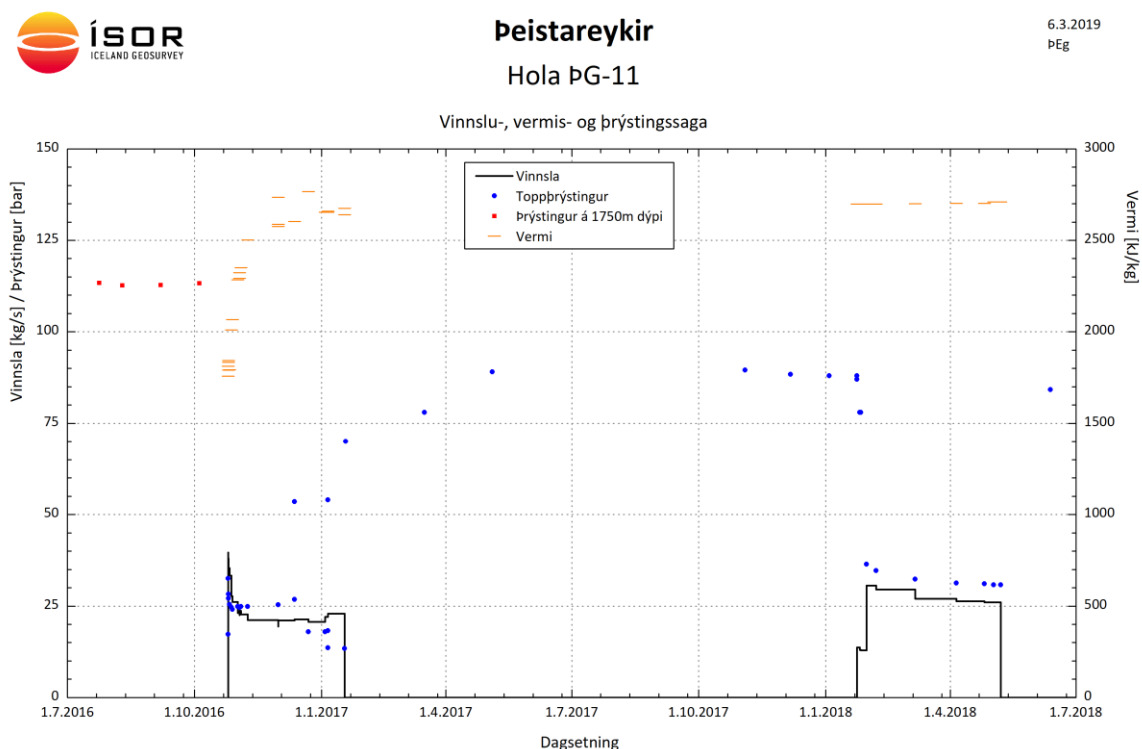
Mynd 10. Valdar hita- og þrýstimælingar frá 2011 til 2018 í holu ÞG-1 ásamt metnum berghitaferli og upphafsprýstingi.

2.3 HOLA ÞG-11

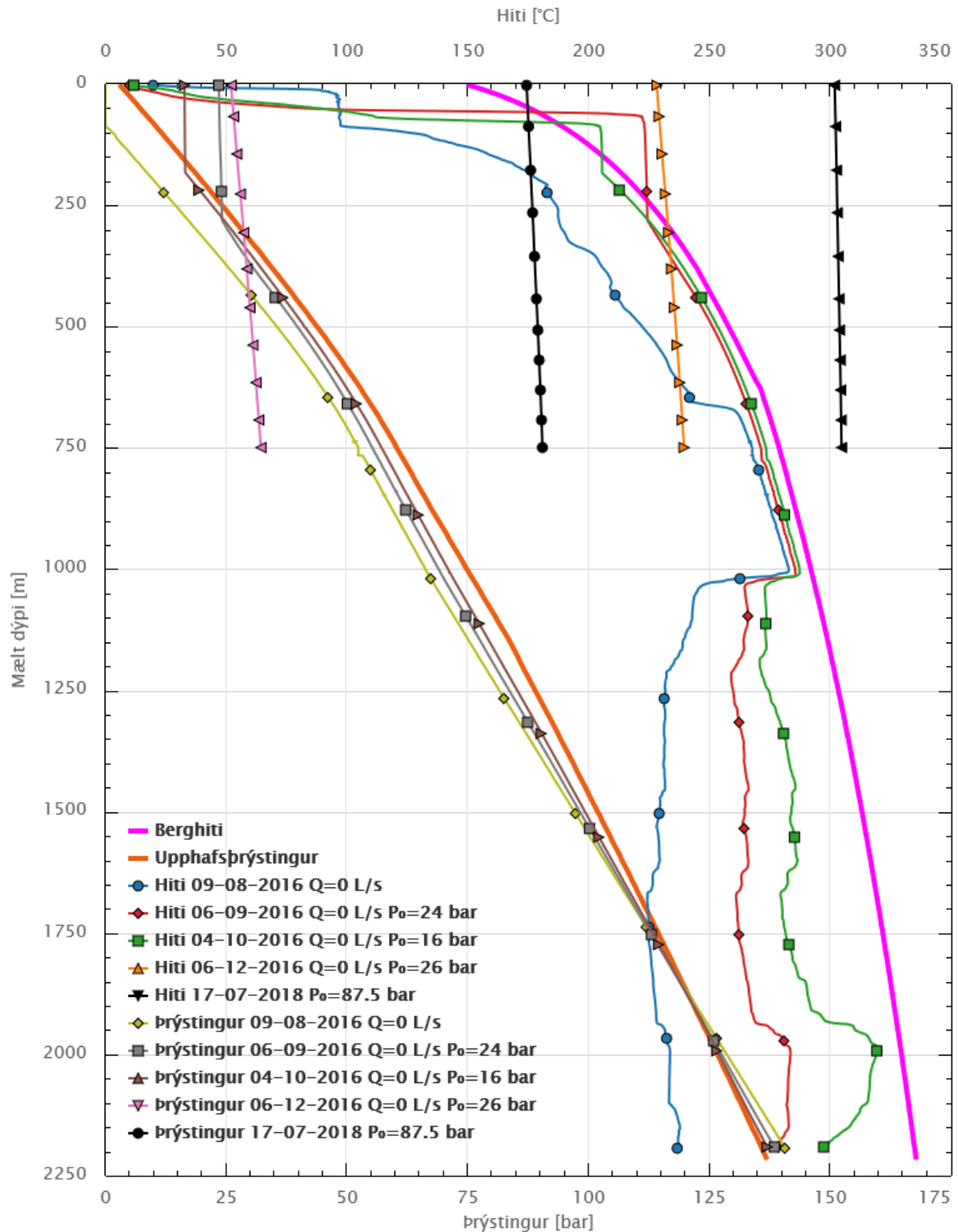
Hola ÞG-11 var boruð árið 2016 og lauk borun 20. júlí á 2224 m dýpi miðað við borþall Sleipnis. Holan stefnir í hásuður af borplani B og undir Bæjarfjall. Í þrepaprófi við borlok mældist ádælingarstuðull holunnar 5,3 (l/s)/bar (Bastien Poux o.fl., 2016). Vinnslan úr holunni hefur verið um 26 kg/s við 30 bar toppþrýsting og 2700 kJ/kg vermi.

Hola ÞG-11 var hugsuð sem eftirlitshola þ.a. hún yrði mæld í vinnslustoppi a.m.k. einu sinni á ári og sambærilegur tími liði á milli þess sem holunni yrði lokað þar til hún yrði mæld. Sumarið 2018 var hún mæld eftir 71 dags lokun en þegar til kom var fyrirstaða á um 750 m dýpi sem ekki reyndist unnt að koma mæli framhjá. Þetta kom einnig upp í mælingu sem gerð var 6. desember 2016, í fyrstu mælingu eftir upphleypingu. Leiðaratoppurinn var settur á 754 m dýpi m.v. borplan (Bastien Poux o.fl., 2016) og hefur líklegast gengið til við upphleypingu með þeim hætti að mælir fer ekki lengur þar niður fyrir þrátt fyrir góða miðjustillingu til að komast hjá hættu við að hann setjist við hengistykki leiðara. Mynd 11 sýnir vinnslusögu holunnar frá upphafi, vinnsla, vermi og toppþrýstingur er úr skráningarkerfi Landsvirkjunar og auk þess sýnir myndin mældan þrýsting á 1750 m dýpi sem var jafnvægisstaður þrýstings við upphitun. Mynd 12 sýnir valdar hita- og þrýstimælingar frá 2011 til 2018 í holu ÞG-11 ásamt metnum berghitaferli og upphafsþrýstingi.

Ljóst er að hola ÞG-11 getur ekki nýst sem eftirlitshola á meðan ekki er unnt að mæla hana niður undir vinnsluæðar hennar og því þarf að finna aðra holu til að fylgjast með hinu mikilvæga vinnslusvæði undir Bæjarfjalli.



Mynd 11. Vinnslusaga holu ÞG-11 frá upphafi. Vinnsla, vermi og toppþrýstingur er úr skráningarkerfi Landsvirkjunar. Auk þess sýnir myndin mældan þrýsting á 1750 m dýpi sem var jafnvægisstaður þrýstings við upphitun.



Mynd 12. Valdar hita- og þrýstimælingar frá 2016 til 2018 í holu ÞG-11 ásamt metnum berghitaferli og upphafsprýstingi.

2.1 Hóla ÞG-15

Hóla ÞG-15 var boruð árið 2017 og lauk borun á 2260 m dýpi þann 11. mars. Hólan liggur til suðvesturs af borplani B. Í þrepprófi við borlok mældist ádælingarstuðull holunnar 3,9 (l/s)/bar (Magnús Á. Sigurgeirsson o.fl., 2017). Við vinnsluprófun á holunni náðist um 14 kg/s við um 8,7 bar og 950 kJ/kg vermi.

Hóla ÞG-15 liggur í átt að svæði sem holur ÞG-5b og ÞG-14 vinna einnig úr og er hugsuð sem eftirlitshóla fyrir það vinnslusvæði og verði mæld a.m.k. einu sinni á ári því þótt hiti í holum ÞG-14 og ÞG-15 sé lægri en í holu ÞG-5b er gert ráð fyrir þrýstisambandi á milli holnanna. Þá eiga reglulegar mælingar í holu ÞG-2 einnig að gefa upplýsingar um hugsanlegar þrýstibreytingar sem vinnsla úr holum ÞG-5b, ÞG-14 og ÞG-15 valda. Svo virðist sem hóla ÞG-14 muni ekki valda miklu álagi á vinnslusvæðið en prófun á henni leiddi í ljós að við um 20 kg/s vinnsla af vökva með 950 kJ/kg vermi var toppþrýstingur um 4 bar þegar vel lét en það er tæplega nægur þrýstingur til að hólan verði nýtanleg fyrir virkjunina.

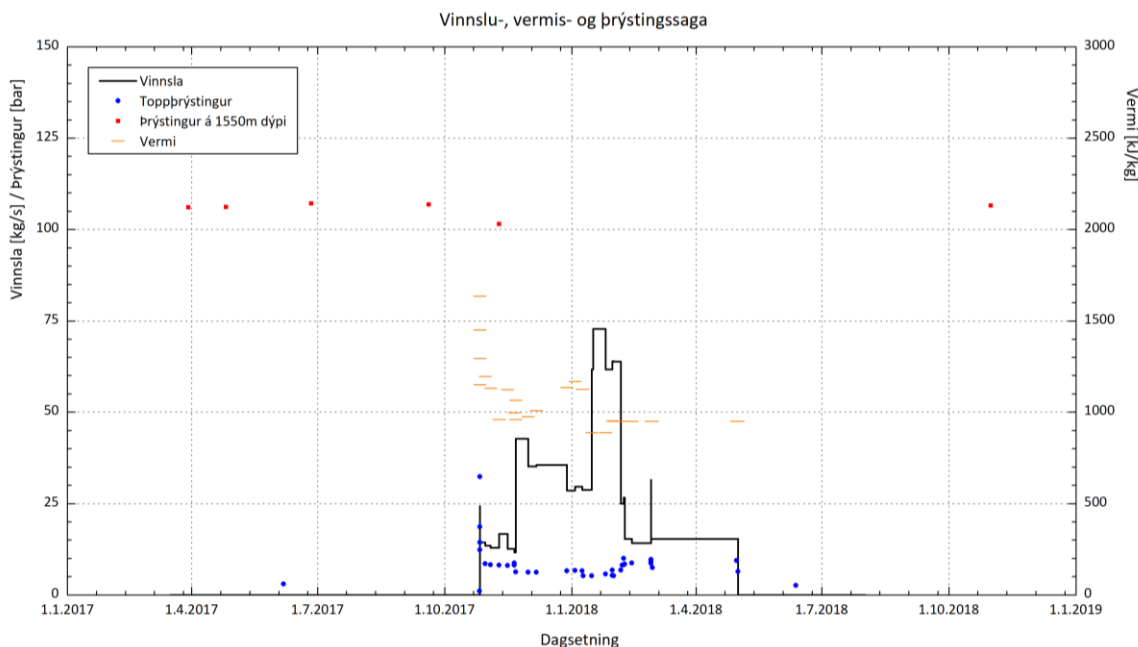
Mynd 13 sýnir vinnslusögu holu ÞG-15 frá upphafi, vinnsla, vermi og toppþrýstingur er úr skráningarkerfi Landsvirkjunar og auk þess sýnir myndin mældan þrýsting á 1550 m dýpi sem var jafnvægisstaður þrýstings við upphitun. Mynd 14 sýnir valdar hita- og þrýstismælingar frá 2016 til 2018 í holu ÞG-15 ásamt metnum berghitaferli og upphafsþrýstingi og marka þessi gögn ákveðna upphafsstöðu kerfisins við upphaf langtímavinnslu svæðisins.



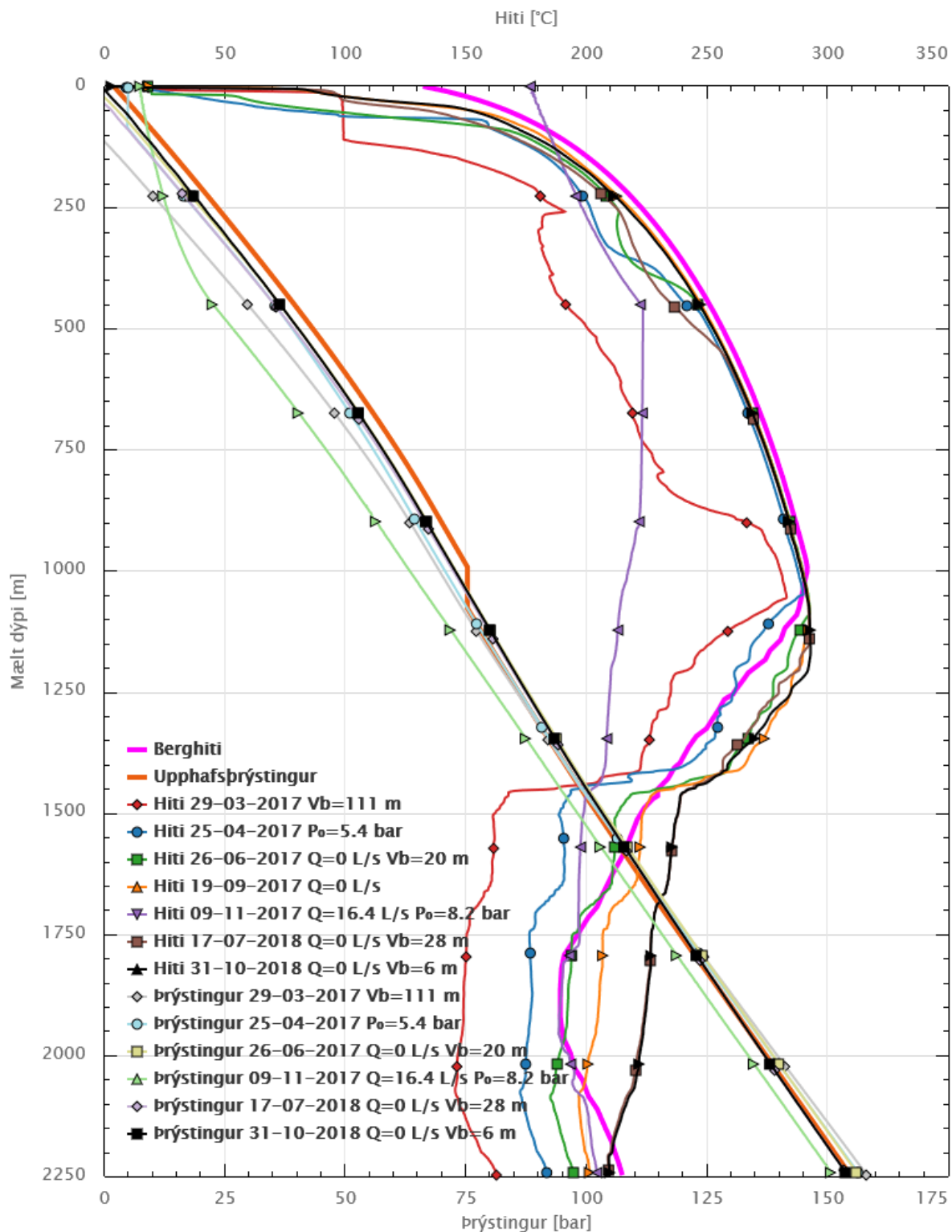
Þeistareykir

6.3.2019
ÞEg

Hóla ÞG-15



Mynd 13. Vinnslusaga holu ÞG-15 frá upphafi. Vinnsla, vermi og toppþrýstingur er úr skráningarkerfi Landsvirkjunar. Auk þess sýnir myndin mældan þrýsting á 1550 m dýpi sem var jafnvægisstaður þrýstings við upphitun.



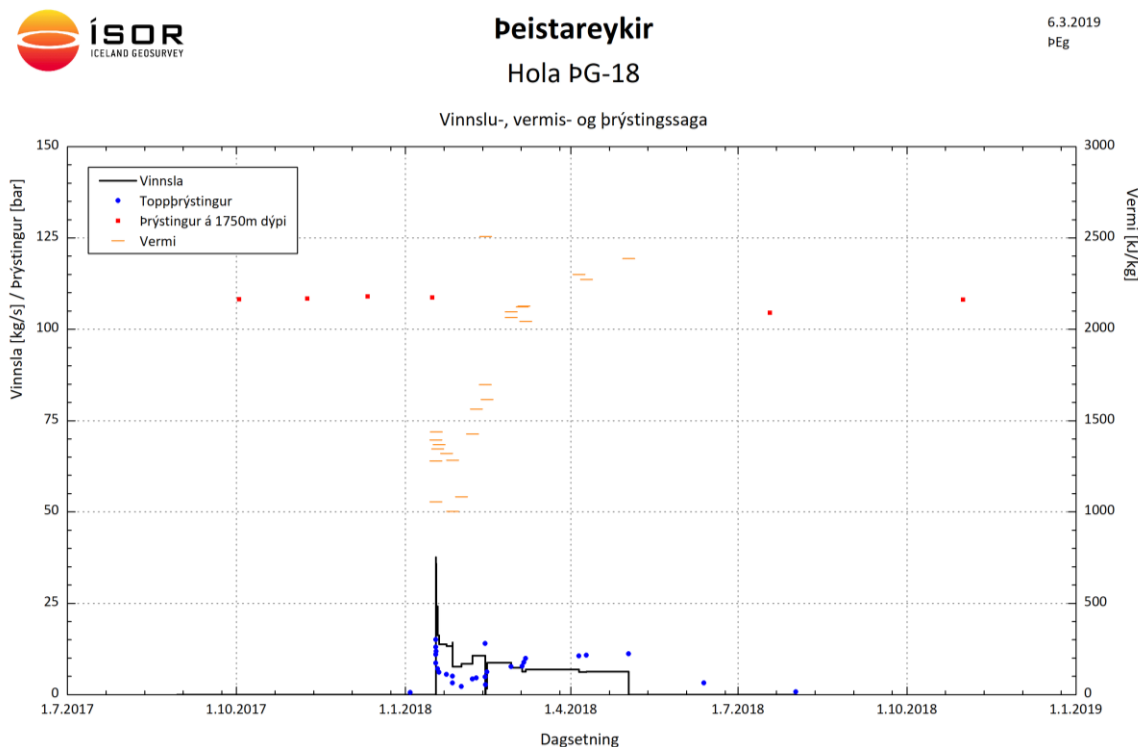
Mynd 14. Valdar hita- og þrýstimælingar frá 2016 til 2018 í holu ÞG-15 ásamt metnum berghitaferli og upphafsprýstingi.

2.2 Hola ÞG-18

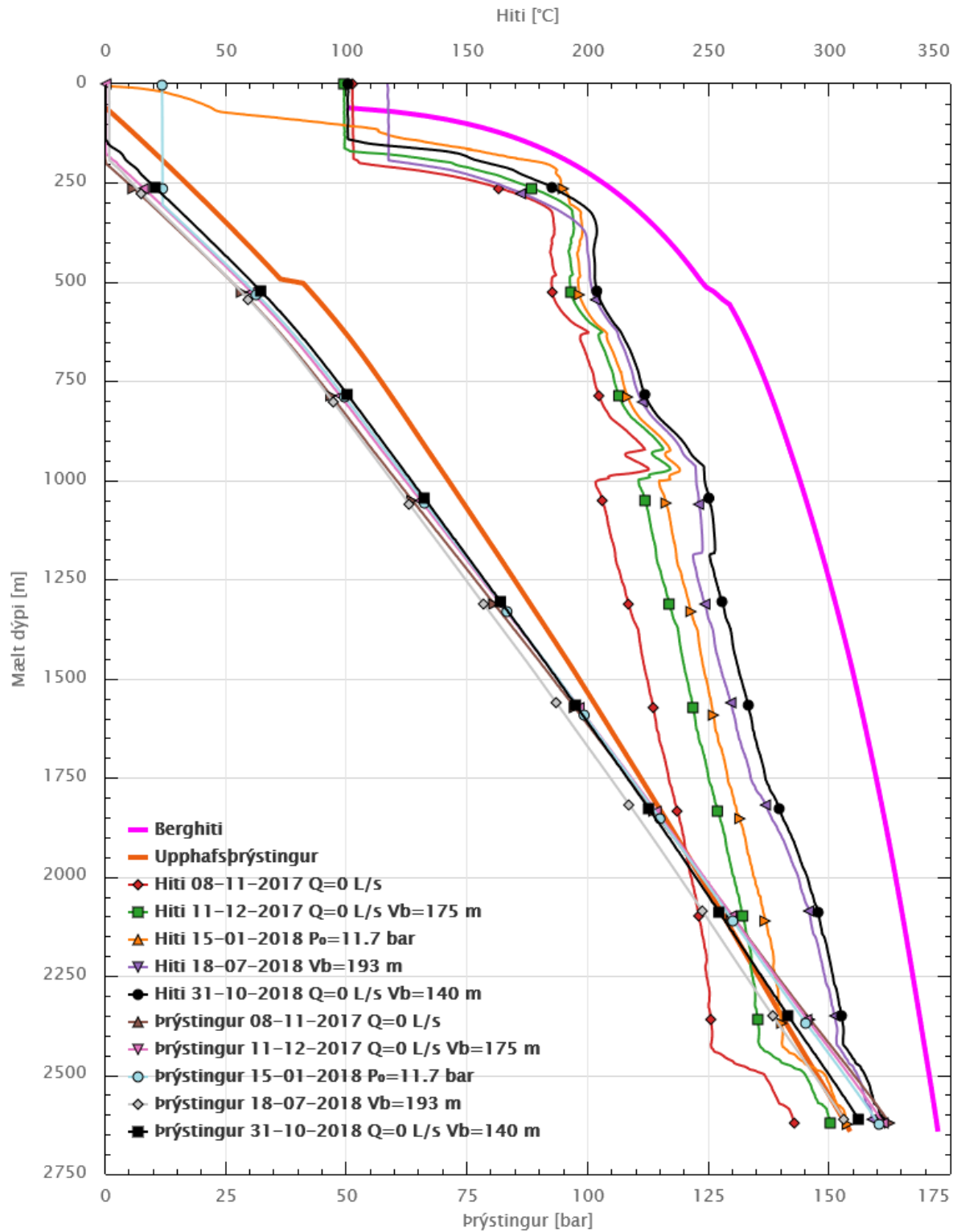
Hola ÞG-18 var boruð árið 2017 og lauk borun á 2644 m dýpi þann 21. ágúst. Í þrepaprófi við borlok mældist ádælingarstuðull holunnar 0,7 (l/s)/bar en eftir blossaörvun var ádælingarstuðullinn nærri 1 (l/s)/bar. Túlkun þrepaprófanna leiðir í ljós bæði lága lekt og lektarþykkt (Sylvía Raket Guðjónsdóttir o.fl., 2017). Við vinnsluprófun gaf holan um 6,2 kg/s við um 10 bar toppþrýsting og 2390 kJ/kg vermi.

Holan liggur til austurs af borplani F í áttina að Ketilfjalli þar sem er vinnslusvæði fyrir holur ÞG-3, ÞG-6 og ÞG-7 og er holan hugsuð sem eftirlitshola fyrir það vinnslusvæði og verði mæld a.m.k. einu sinni á ári.

Mynd 15 sýnir vinnslusögu holunnar frá upphafi, vinnsla, vermi og toppþrýstingur er úr skráningarkerfi Landsvirkjunar og auk þess sýnir myndin mældan þrýsting á 1750 m dýpi sem var jafnvægisstaður þrýstings við upphitun. Mynd 16 sýnir valdar hita- og þrýstimælingar árin 2017 og 2018 í holu ÞG-18 ásamt metnum berghitaferli og upphafsþrýstingi og marka þessi gögn ákveðna upphafsstöðu kerfisins við upphaf langtíma vinnslu svæðisins.



Mynd 15. Vinnslusaga holu ÞG-18 frá upphafi. Vinnsla, vermi og toppþrýstingur er úr skráningarkerfi Landsvirkjunar. Auk þess sýnir myndin mældan þrýsting á 1750 m dýpi sem var jafnvægisstaður þrýstings við upphitun.



Mynd 16. Valdar hita- og þrýstimælingar frá 2016 til 2018 í holu ÞG-18 ásamt metnum berghitaferli og upphafsprýstingi.

2.3 Vatnsborðsmælingar

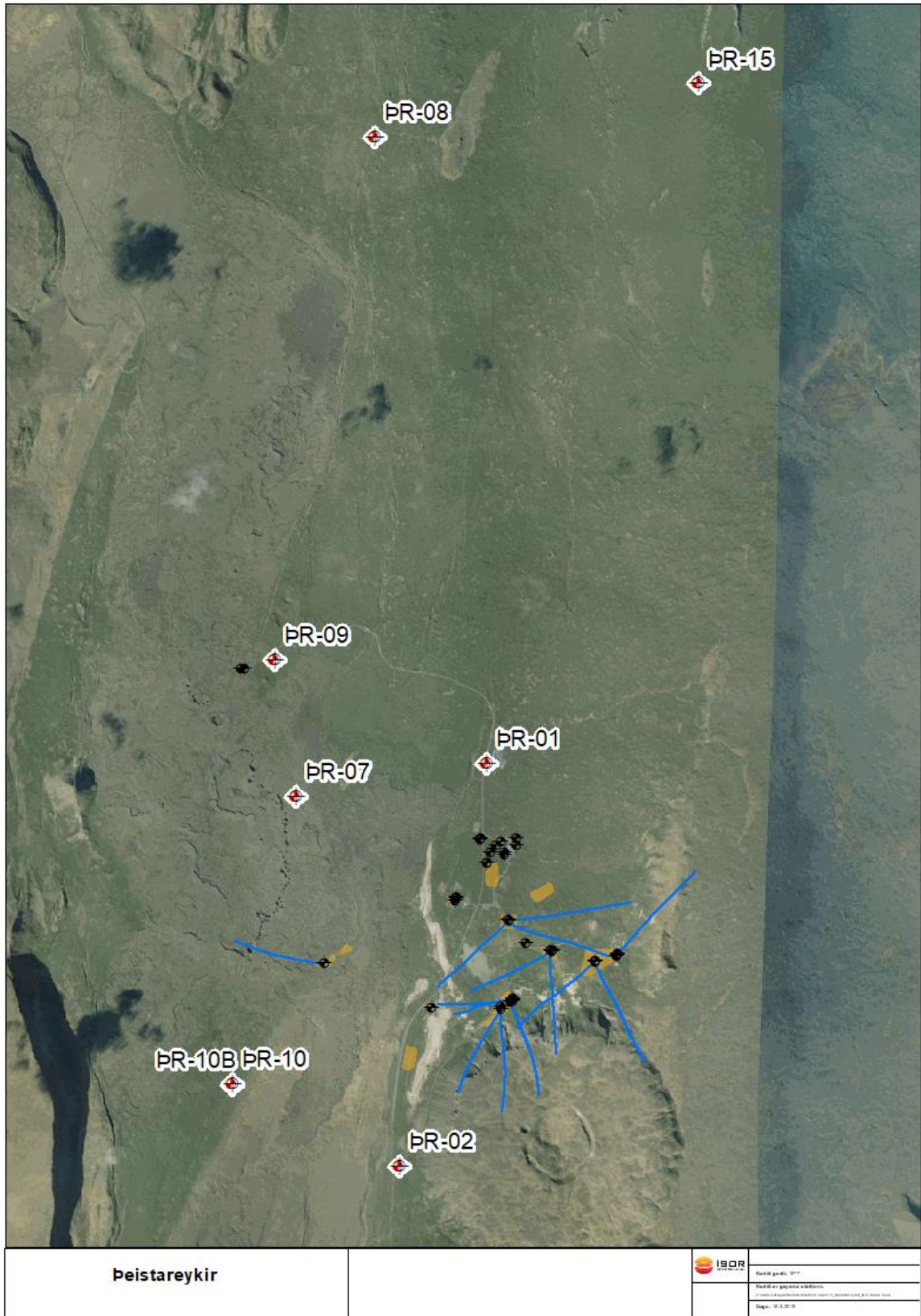
Vatnsborð hefur verið mælt í holum á Þeistareykjum frá 1975, fyrst afar stopult en frá 2004 hefur vatnsborð verið mælt reglulega og með tímanum hefur fjöldi holna aukist þar sem fylgst er með vatnsborði. Mynd 17 sýnir afstöðu holna ÞR-1, ÞR-2, ÞR-7, ÞR-8, ÞR-9, ÞR-10/10b og ÞR-15 til vinnslusvæðisins en þetta eru þær holur þar sem reglulegar vatnsborðsmælingar eru fyrirbyggjandi og mælt vatnsborð í þeim er sýnt með mynd 18. Grunnvatnsborð á Þeistareykjavæðinu liggur því á 80–120 m dýpi í þessum holum en mynd 19 sýnir vatnsborðsbreytingar í þeim þar sem miðað var við fyrstu vatnsborðsmælingu í hverri þeirra.

Holur ÞR-8 og ÞR-15 eru í mestri fjarlægð frá vinnslusvæðinu, 8,95 km og 9,46 km í norður frá borplani B, og er staðsetning holnanna í þessari umfjöllun miðuð við það. Hóla ÞR-1 er næst vinnslusvæðinu, 2,15 km í norður, hóla ÞR-2 2,81 km í suðsuðvestur, hóla ÞR-7 er 3,22 km í norðvestur, hóla ÞR-10/10b er 3,73 km í suðvestur og hóla ÞR-9 er 4,35 km norðnorðvestur frá borplani B.

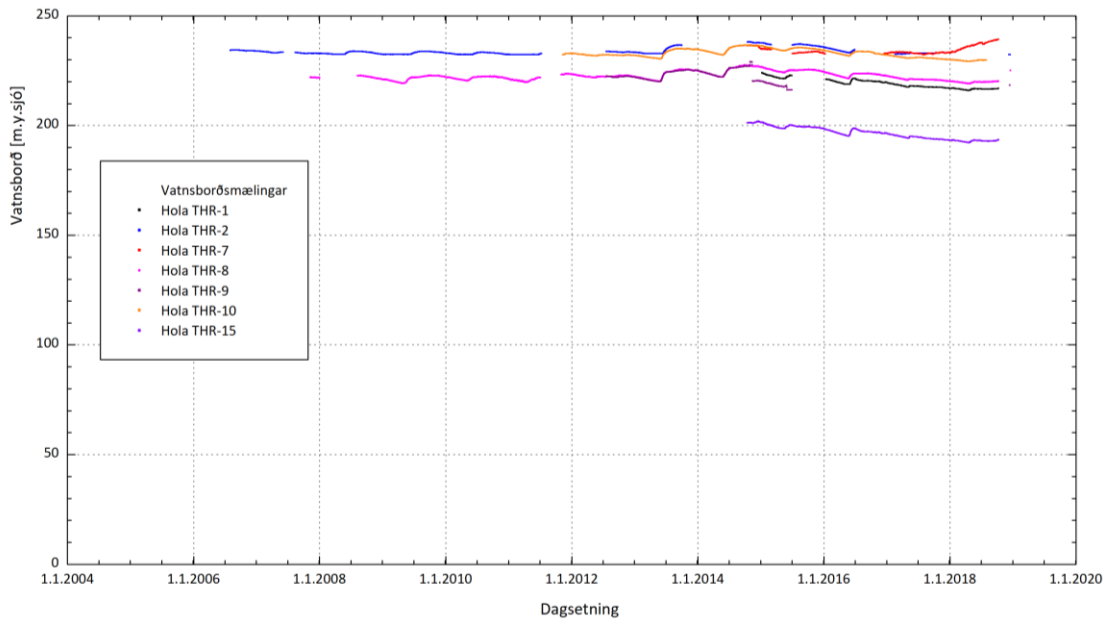
Árleg sveifla í vatnsborði er sjáanleg í öllum vatnsborðsholunum með lægstu stöðu um og eftir miðjan maí, um það leyti sem leysingarvatn síast niður í jarðveginn, en með hæsta stöðu eftir sumarlok, í september til október. Frá 2006/2007 og fram til 2012 eru tiltæk gögn úr holum ÞR-2 og ÞR-8 en svo virðist sem vatnsborðsmælir í holu ÞR-2 sé, eða hafi verið, á um 101 m dýpi og lendi á þurru þegar vatnshæð í holunni verður lægri en 232,5 m y.s. Hóla ÞR-10/10b kemur inn í nóvember 2011, hóla ÞR-9 í júlí 2012, holur ÞR-7 og ÞR-15 eru með gögn frá í október 2014 og síðast kemur inn hóla ÞR-1 í janúar 2015.

Vatnsborðsbreytingar fylgja að miklu leyti sama mynstri í öllum holum fram í janúar 2018 en þá verður eðlisbreyting á vatnsborði í holu ÞR-7 sem ekki sést í gögnum úr öðrum holum, enn sem komið er. Af því tilefni var heildarvinnslan úr Þeistareykjakerfinu samræmd vatnsborðinu í holunni og er niðurstaðan sýnd á mynd 20. Augljóst er að hækkandi vatnsborð í holu ÞR-7 samræmist ekki þeirri vinnslu sem er í gangi og því líklegast að vatnsborðshækkunin tengist niðurrennsli í holur ÞN-1, ÞN-2 og ÞR-12 sem eru í 2,07 km fjarlægð frá holu ÞR-7. Samkvæmt upplýsingum frá Landsvirkjun verða niðurdælingargögn úr þessum holum tiltæk um miðjan apríl 2019 en lauslega áætlað er þessi niðurdæling um 200 l/s af 95°C heitu vatni (190 kg/s) eftir að báðar vélasamstæður virkjunarinnar voru teknar í notkun í apríl 2018 en um 100 l/s frá nóvember 2017 til apríl 2018 á meðan aðeins önnur vélin var komin í gagnid. Þessum upplýsingum hefur verið komið fyrir á mynd 20. Nánari greining á samhengi niðurdælingar og vatnsborðs í holu ÞR-7 verður gerð þegar lengri vinnslu-, niðurdælingar- og vatnsborðs-saga liggur fyrir.

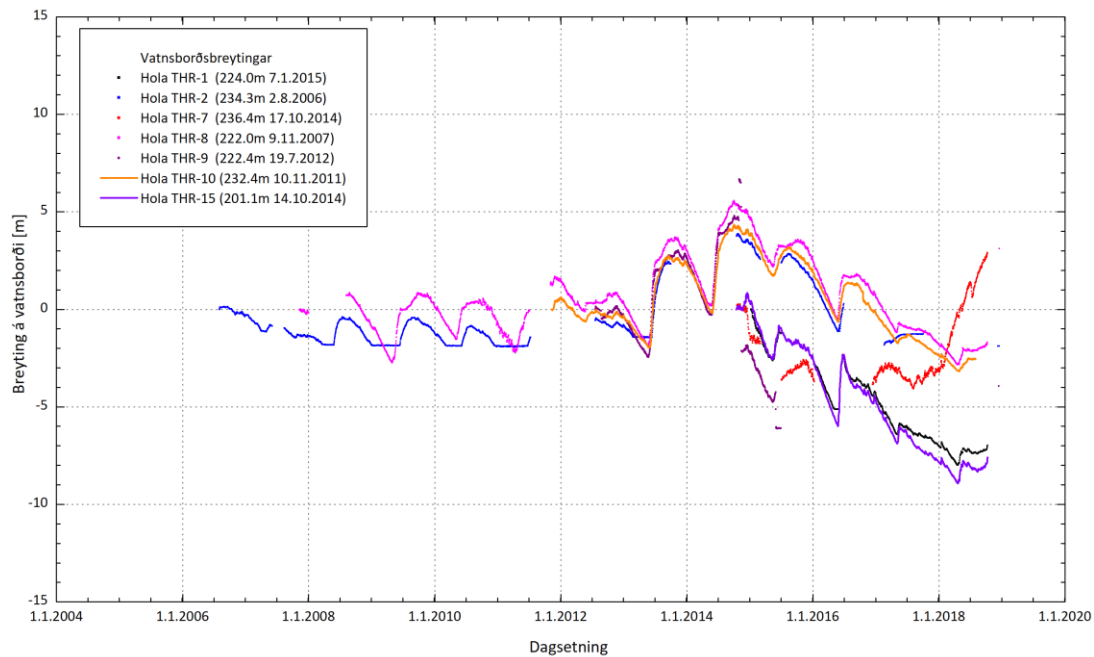
Víðtækar vatnsborðsmælingar í holum umhverfis vinnslusvæðið mynda góðan grunn fyrir mat á áhrifum langtíma vinnslu úr jarðhitakerfinu á Þeistareykjum en velta þarf upp þeirri spurningu hvort æskilegt geti verið að bæta við vatnsborðsholu nærri Ketilfjalli austur eða austsuðaustur af holu ÞR-1.



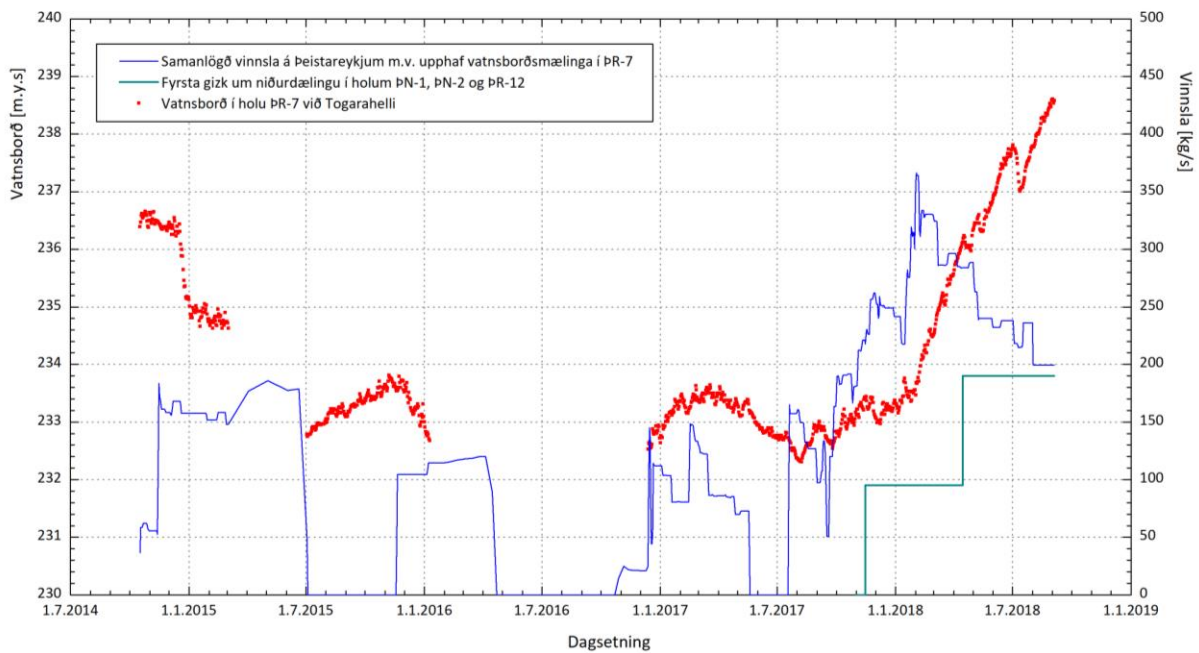
Mynd 17. Yfirlitsmynd sem sýnir staðsetningu holna þar sem vatnsborð er skráð með reglubundnum hætti.



Mynd 18. Vatnsborð í holum ÞR-1, ÞR-2, ÞR-7, ÞR-8, ÞR-9, ÞR-10/10b og ÞR-15 í metrum yfir sjávarmáli.



Mynd 19. Vatnsborðsbreytingar í holum ÞR-1, ÞR-2, ÞR-7, ÞR-8, ÞR-9, ÞR-10/10b og ÞR-15 m.v. vatnsborð þeirra í fyrstu mælingu. Jákvæð vatnsborðsbreyting jafngildir hækkun vatnsborðs í holunum.



Mynd 20. Samanlögð vinnsla á Þeistareykjum færð að vatnsborðsmælingum í holu ÞR-7 sem, enn sem komið er, sýnir mestar breytingar eftir að stöðug vinnsla hófst. Einnig er sýnd ágiskun um niðurdælingu í holur ÞN-1, ÞN-2 og ÞR-12 eftir að rafmagnsframleiðsla hófst.

2.4 Heildarvinnslusaga háhitaholna á Þeistareykjum

Í þessum kafla eru birt línurit yfir vinnslusögu allra háhitaholnanna á Þeistareykjum, nema holu ÞG-2, frá því að þær voru fyrst prófaðar og fram í september 2018 en þar lýkur gagnaskránni sem liggur til grundvallar þessari skýrslu. Vinnslusögunni tilheyrir heildarvinnsla, heildarvermi og holutoppsþrýstingur. Myndirnar sýna einnig þrýsting úr mælingum í holunum nærri þeim dýptarbilum þar sem þrýstijafnvægi (pressure pivot depth) var í þeim meðan á upphitun þeirra stóð. Allar myndirnar spanna sama tímabil og hafa allar sama skala fyrir vinnslu, þrýsting og vermi til að auðvelda samanburð. Í myndatexta er getið um heildar- og orkutöku hvernar holu fyrir sig í ktonn og TWst og yfirlit um holurnar birt í töflu 2.

Þegar fram líða stundir þarf að endurskoða hvaða þætti er best að skoða saman m.t.t. langtíma-vinnslu, t.d. hvort skoða beri þrýsting á tilteknu dýpi m.v. sjávarmál.

Tafla 2. Yfirlit um vinnslu úr holum á Þeistareykjum frá því þær voru boraðar, prófaðar og nýttar til vinnslu. Dýpi miðast við yfirborð jarðar.

Hola	Heildarorkuvinnsla [TWst]	Heildar-massavinnsla [ktonn]	Boruð	Dýpi [m MD]
ÞG-1	1445	2605	2002	1949
ÞG-3	1395	2175	2006	2652
ÞG-4	2845	3800	2007	2232
ÞG-5/5b	2715	7455	2007/2009	1903/2492
ÞG-6	975	1335	2009	2792
ÞG-7	635	910	2011	2501
ÞG-9	240	320	2012	2187
ÞG-11	295	405	2016	2205
ÞG-12	210	295	2016	2703
ÞG-13	245	400	2016	2498
ÞG-14	50	190	2016-2017	2493
ÞG-15	120	435	2017	2253
ÞG-16	120	235	2017	2693
ÞG-17	500	720	2017	2493
ÞG-18	40	75	2017	2637

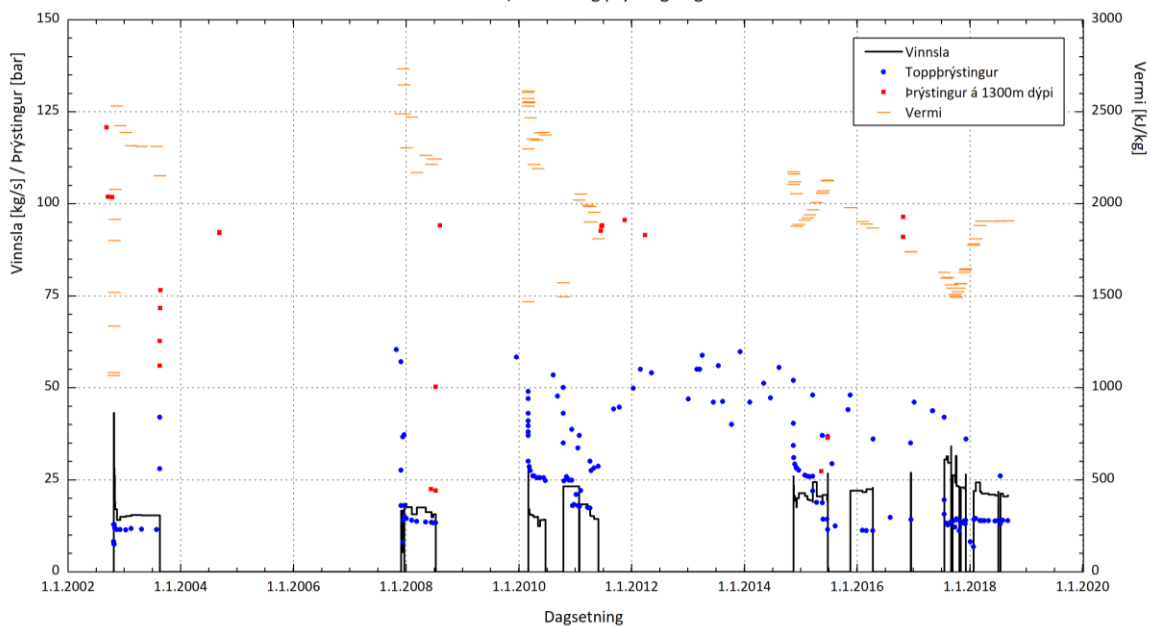


Þeistareykir

4.3.2019
ÞEg

Hola ÞG-1

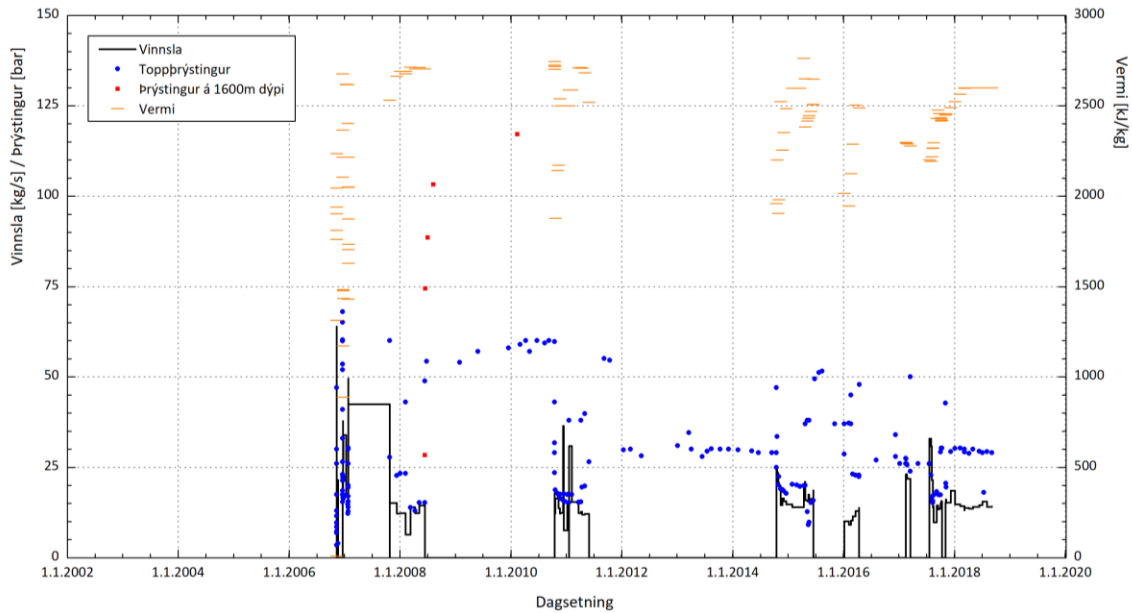
Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



Mynd 21. Vinnslusaga ÞG-1 frá október 2002 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 2605 ktonn og 1445 TWst.

Hola ÞG-3

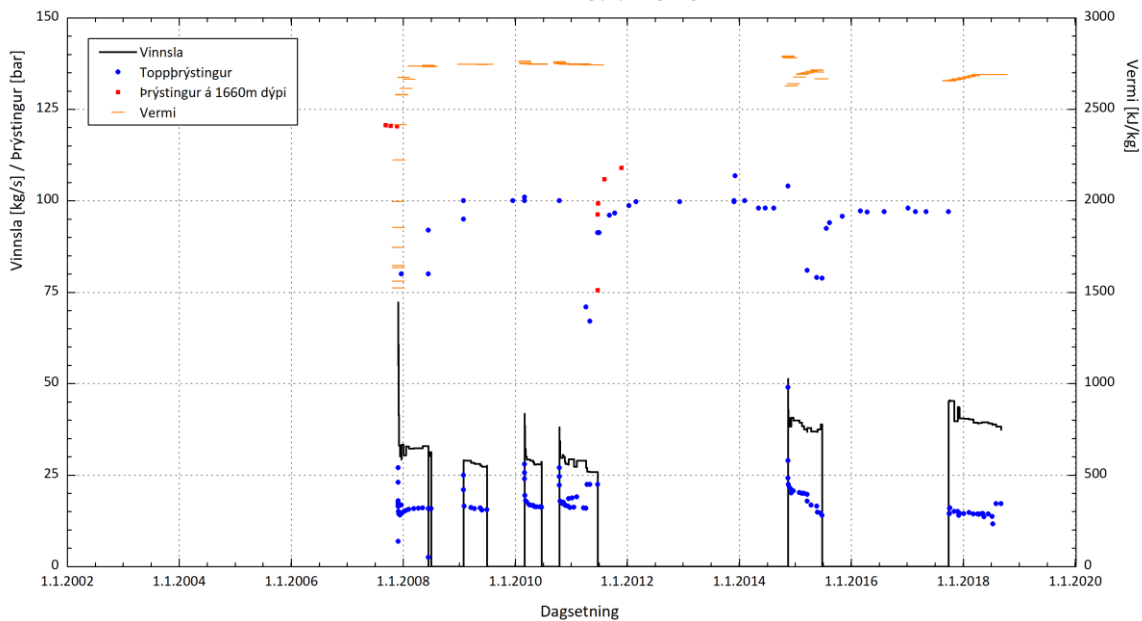
Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



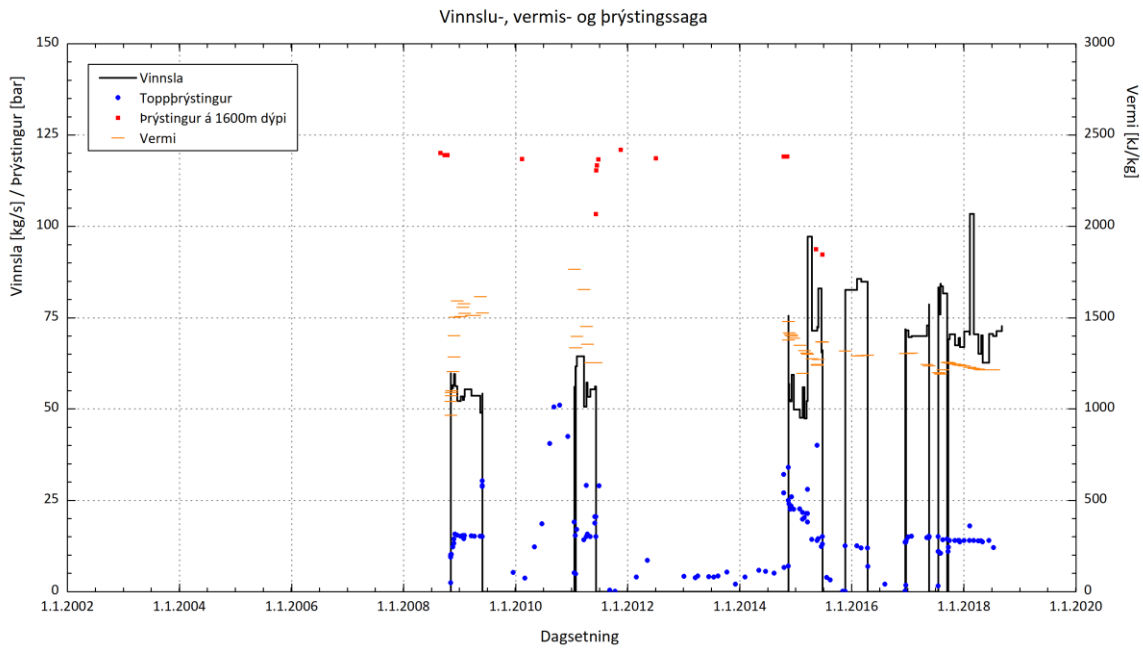
Mynd 22. Vinnslusaga ÞG-3 frá nóvember 2006 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 2175 ktonn og 1395 TWst.

Hola ÞG-4

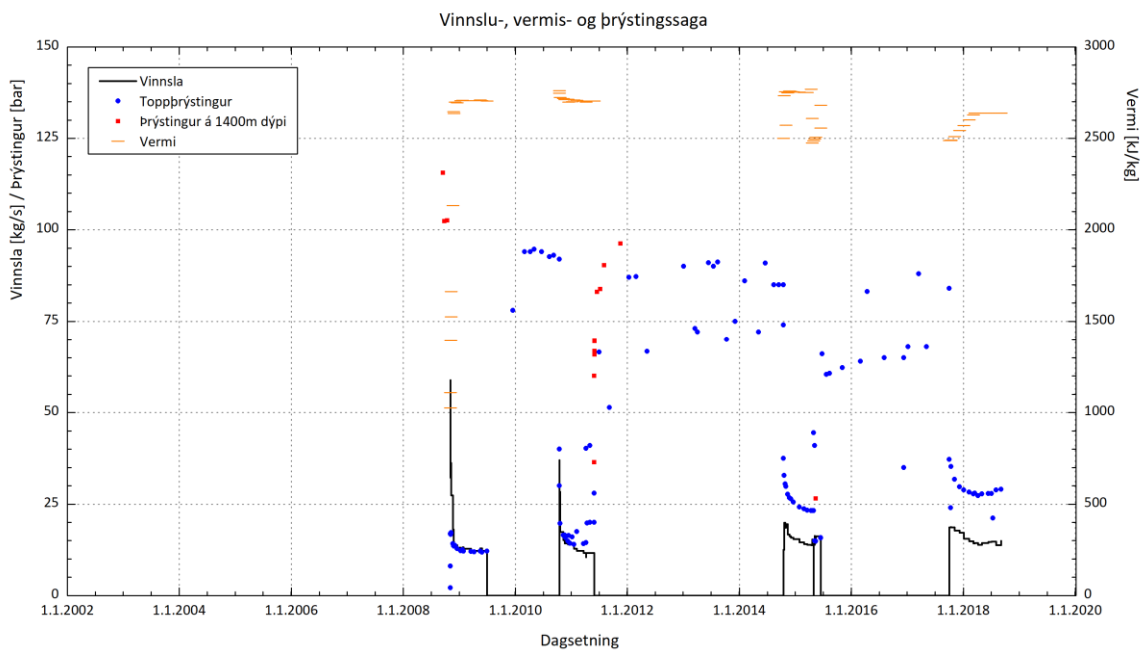
Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



Mynd 23. Vinnslusaga ÞG-4 frá nóvember 2007 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 3800 ktonn og 2845 TWst.

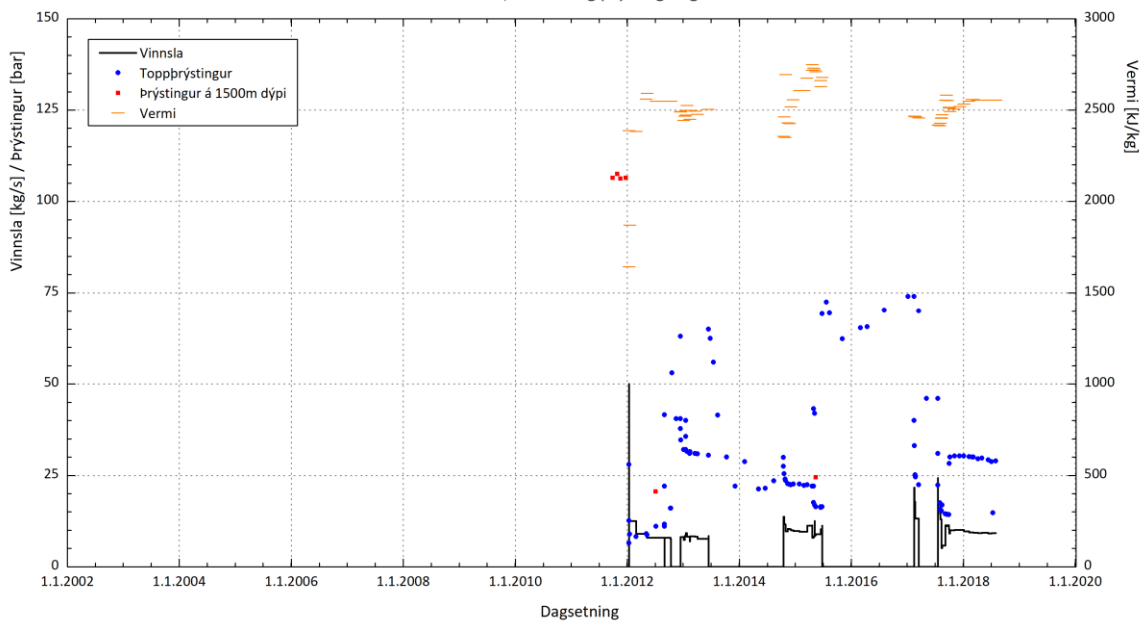


Mynd 24. Vinnslusaga ÞG-5b frá nóvember 2008 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 7455 ktonn og 2715 TWst.



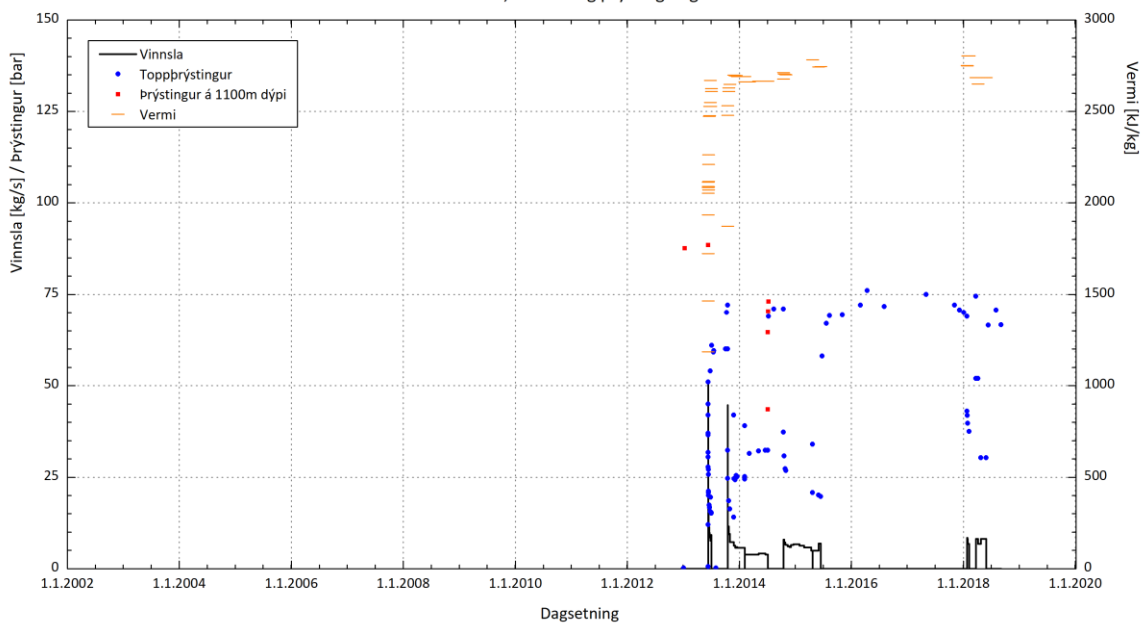
Mynd 25. Vinnslusaga ÞG-6 frá nóvember 2008 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 1335 ktonn og 975 TWst.

Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



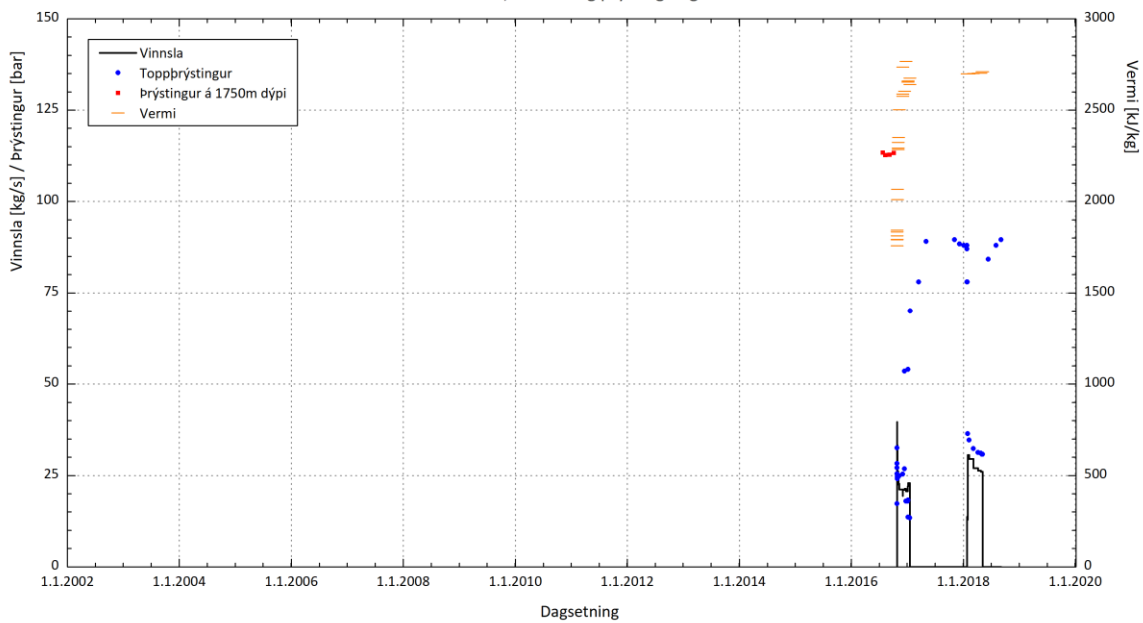
Mynd 26. Vinnslusaga ÞG-7 frá janúar 2012 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 910 ktonn og 635 TWst.

Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



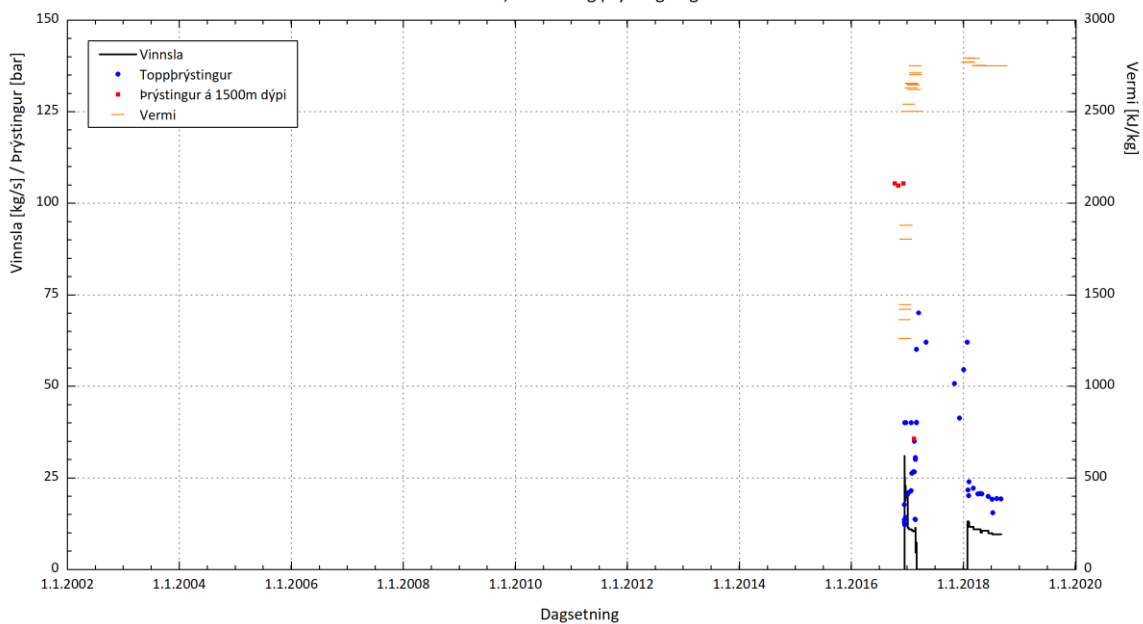
Mynd 27. Vinnslusaga ÞG-9 frá janúar 2013 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 320 ktonn og 240 TWst.

Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



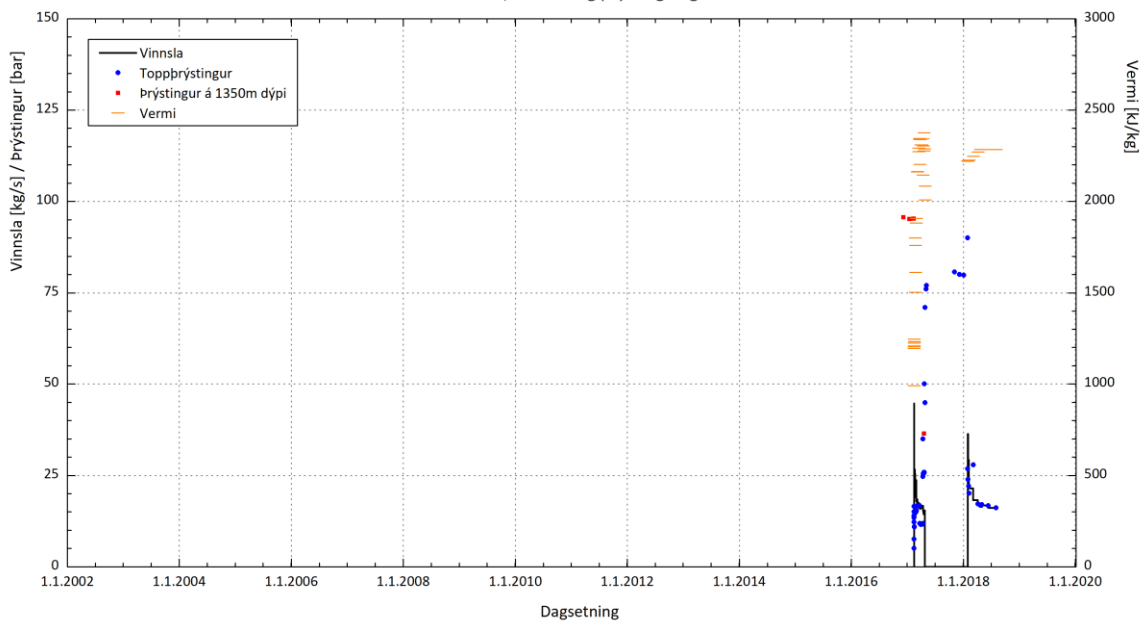
Mynd 28. Vinnslusaga ÞG-11 frá október 2016 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 405 ktonn og 295 TWst.

Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



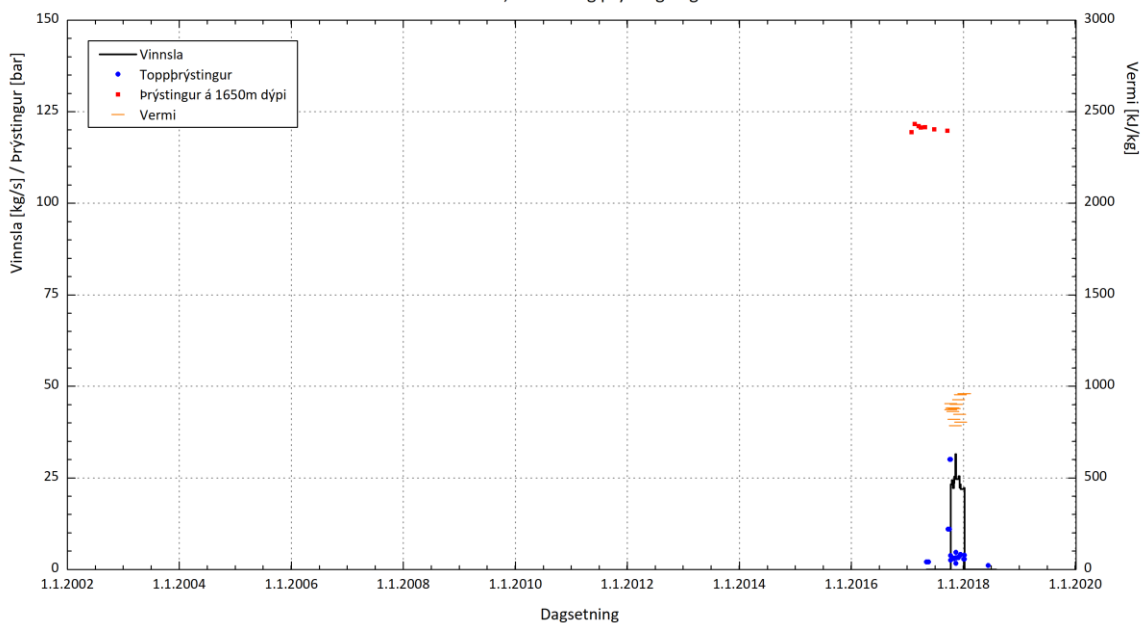
Mynd 29. Vinnslusaga ÞG-12 frá desember 2016 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 235 ktonn og 120 TWst.

Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



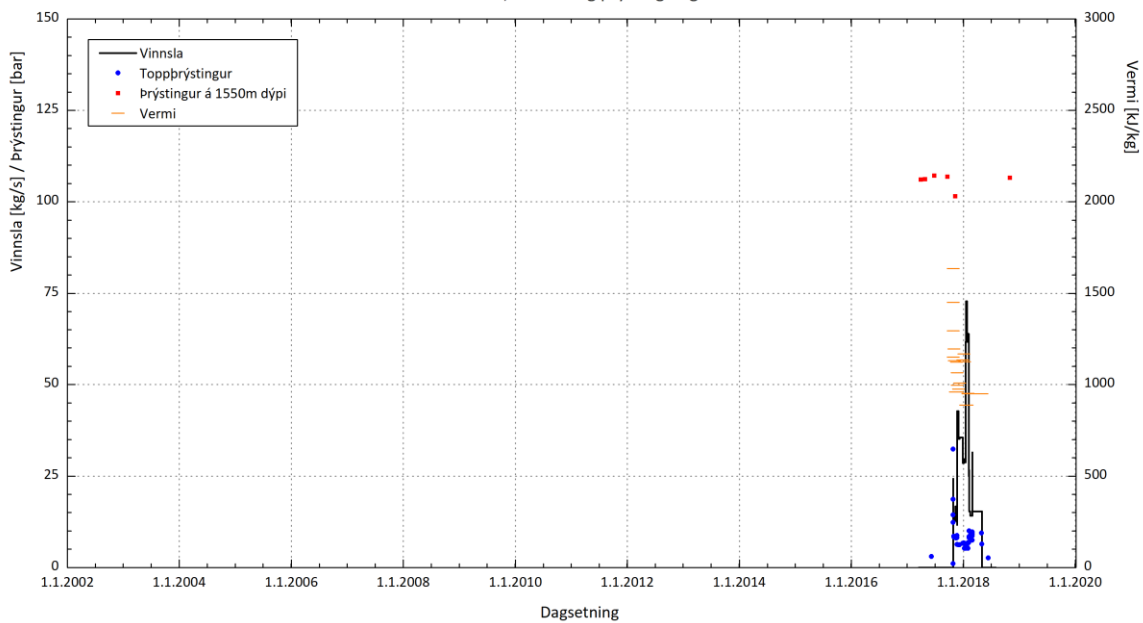
Mynd 30. Vinnslusaga ÞG-13 frá febrúar 2017 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 400 ktonn og 245 TWst.

Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



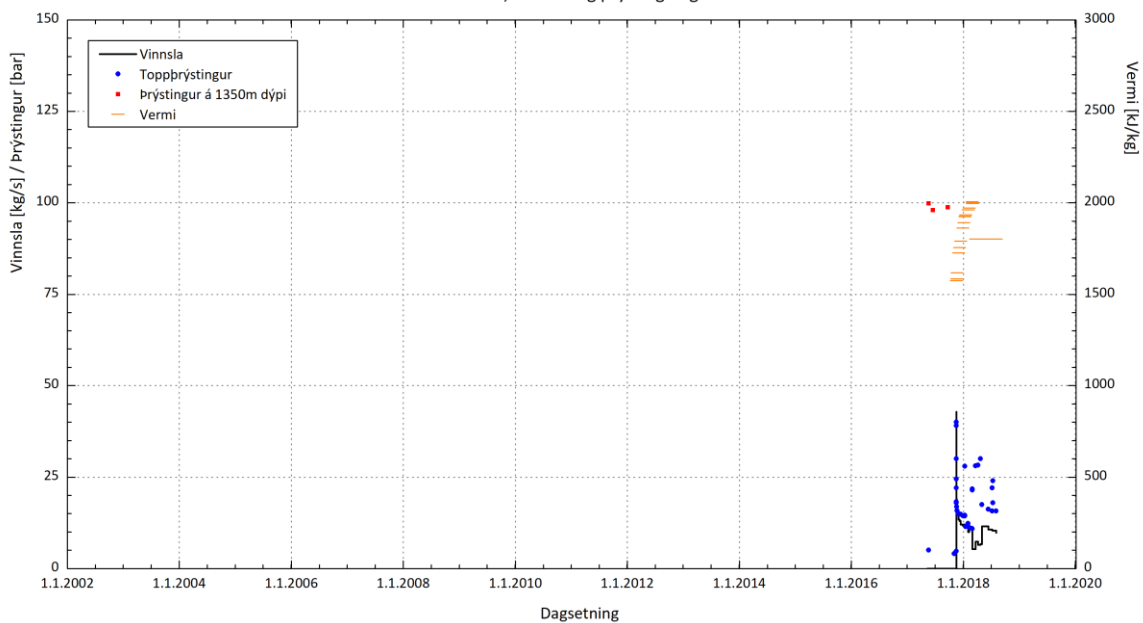
Mynd 31. Vinnslusaga ÞG-14 frá maí 2017 til janúar 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 190 ktonn og 50 TWst.

Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga

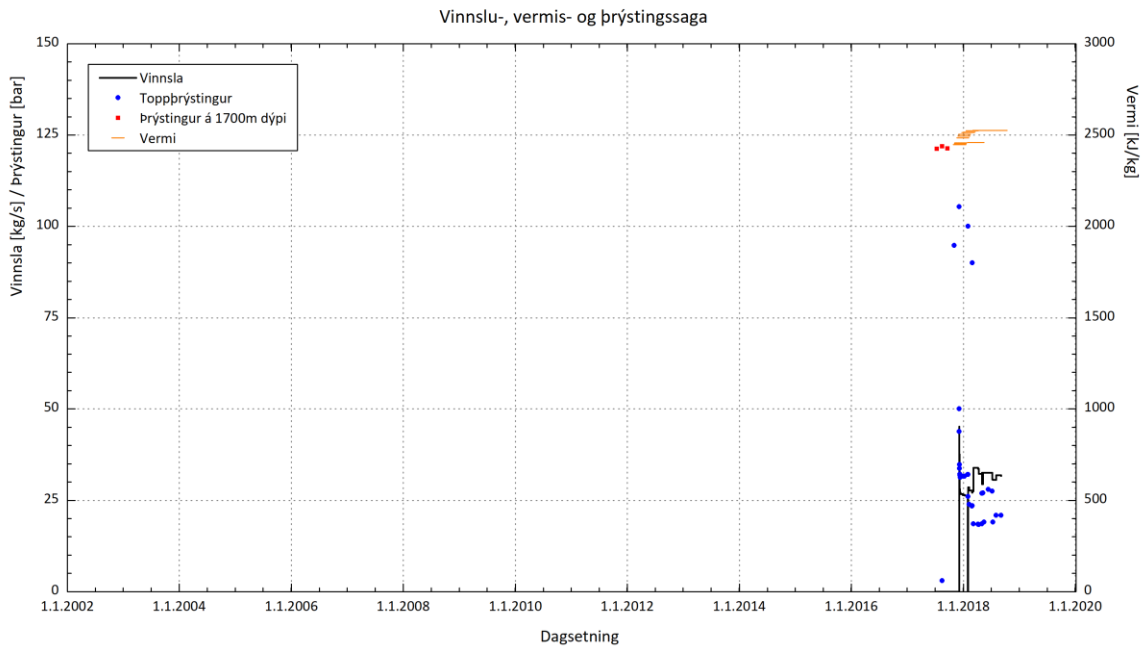


Mynd 32. Vinnslusaga ÞG-15 frá október 2017 til maí 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 435 ktonn og 120 TWst.

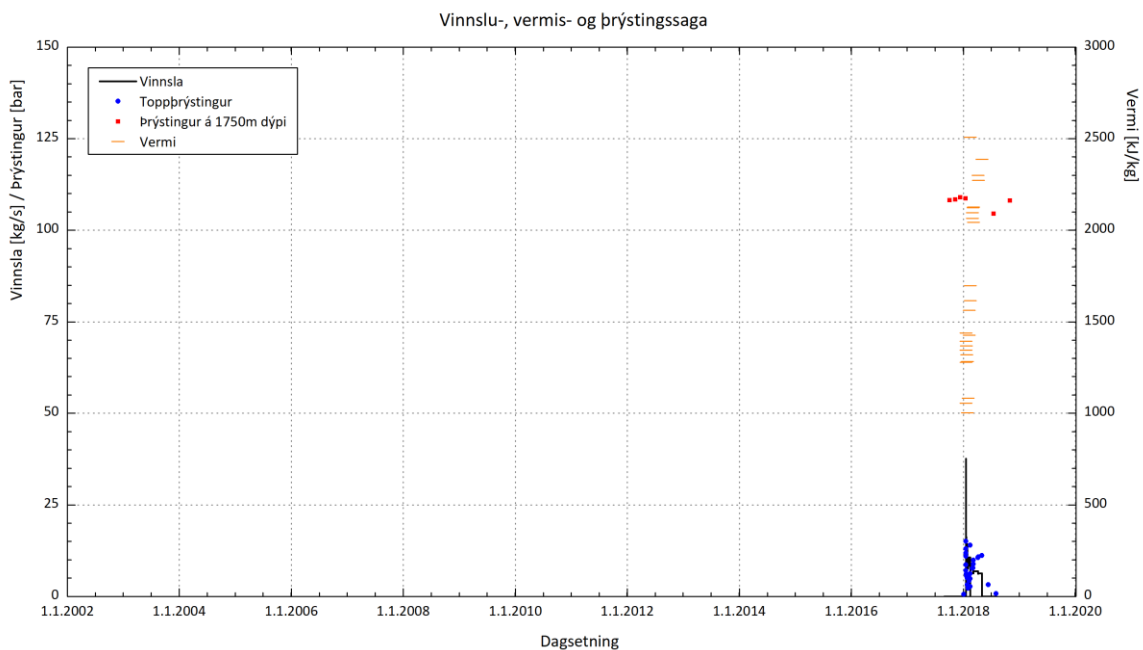
Vinnslu-, vermis- og þrýstingssaga



Mynd 33. Vinnslusaga ÞG-16 frá nóvember 2017 til ágúst 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 235 ktonn og 120 TWst.



Mynd 34. Vinnslusaga ÞG-17 frá desember 2017 til september 2018. Massa- og orkutaka úr holunni á þessum tíma er um 720 tonn og 500 TWst.



Mynd 35. Vinnslusaga ÞG-18 frá janúar 2018 til maí 2018. Massa- og orkutaka ú holunni á þessum tíma er um 75 tonn og 40 TWst.

3 Niðurstöður og íhuganir

- Fyrstu reglulegu mælingar sem marka upphaf eftirlits með jarðhitasvæðinu á Þeistareykjum voru gerðar í júlí og október 2018. Mælt var í holum ÞG-1, ÞG-11, ÞG-15 og ÞG-18.
- Viðmiðunardýpi þrýstings í eftirlitsholum verður nærri því dýpi þar sem þrýstijafnvægi sást við upphitun á þeim: 1300 m í ÞG-1, 1750 m í ÞG-11, 1550 m í ÞG-15 og 1750 m í holu ÞG-18.
- Önnur nálgun á viðmiðunardýpi þrýstings getur einnig verið að velja tiltekna stöðu innan kerfisins sem er í sömu hæð yfir sjávarmáli.
- Hóla ÞG-11 hefur fyrirstöðu á 750 m dýpi og er ónothæf sem eftirlitshola.
- Birtar eru ítarlegar upplýsingar um vinnslu úr öllum holum frá því þær voru boraðar, þ.m.t. massa- og orkutaka í vinnsluprófunum á þeim.
- Valdar hita- og þrýstimælingar árið 2018 í vinnslueftirlitsholum marka ákveðið upphafsástand kerfisins við upphaf langtímavinnslu svæðisins.
- Víðtækar vatnsborðsmælingar í holum utan við vinnslusvæðið mynda góðan grunn fyrir mat á áhrifum langtímavinnslu úr jarðhitakerfinu á Þeistareykjum.
- Fyrirliggjandi gögn leiða líkum að áhrifum niðurdælingar í holur ÞN-1, ÞN-2 og ÞR-12 á hækkingu vatnsborðs í holu ÞR-7 við Togarahelli.
- Engin vatnsborðsholnanna sýnir, enn sem komið er, merki um niðurdrátt vegna vinnslu úr jarðhitakerfinu á Þeistareykjum.
- Leggja þarf mat á hvort, og þá hvernig, breyta þurfi skipulagi eftirlitsmælinga þegar hola ÞG-11 er útilokuð sem slík.
- Hóla ÞG-13 er vinnsluhola með um 15 kg/s við 16 bar toppþrýsting og 2200 kJ/kg vermi. Hún liggur inn undir Bæjarfjall á milli holna ÞG-4 og ÞG-17, sem eru þær öflugustu á Þeistareykjum, og gæti því verið betri eftirlitshola en ÞG-1 sem er lóðrétt og óvíst hversu vel hún er tengd vinnslusvæðinu undir Bæjarfjalli.
- Hóla ÞG-9 er lóðrétt hola á borplani B sem gefur 7–8 kg/s af hreinni gufu við um 30 bar toppþrýsting. Hún vinnur úr svipuðum svæðum og hola ÞG-6 tengist en sú hola er öflug með um 14 kg/s við 29 bar toppþrýsting og 2640 kJ/kg hávermi og því ætti hola ÞG-9 að koma til álita sem eftirlitshola.
- Þegar fram líða stundir verður hægt að byggja upp einföld þjöppuð líkön til að herma vatnsborðs- og/eða þrýstibreytingar sem endurspeglar áhrif vinnslu til lengri og styttri tíma.
- Ef farið verður að tillögu um að ÞG-9 og ÞG-13 verði notaðar til vinnslueftirlits þarf að setja upp áætlun þar að lútandi.
- Vatnsborðsmælingar eru í góðu horfi og mikilvægt að viðhalda því verkefni af kostgæfni og meta hvort og hvar er æskilegt að bæta við vatnsborðsholum.
- Gæta þarf að skráningu á allri niðurdælingu frá virkjuninni og að hafa þau gögn aðgengileg.

4 Heimildir

- Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Gautason, Sigvaldi Thordarson, Þorsteinn Egilson og Sveinbjörn Þórisson (2002). *Rannsóknarborun á Þeistareykjum. Hóla ÞG-1: 3. áfangi: Borun vinnsluhluta í 1953 m.* Orkustofnun, OS-2002/079.
- Bastien Poux, Ragnheiður Ásgeirsdóttir, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Bjarni Gautason, Þorsteinn Egilson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Friðgeir Pétursson, Heimir Ingimarsson, Mauricio Teke Millachine, Halldór Örvar Stefánsson og Sigvaldi Thordarson (2016). *Þeistareykir – Well ÞG-11. Phase 3: Drilling for the Production Section for a 7" Liner from 802 m to 2224 m Depth.* Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2016/065, 148 bls.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Þorsteinn Egilson, Valdís Guðmundsdóttir, Bjarni Steinar Gunnarsson, Sigurjón Vilhjálmsson, Heimir Ingimarsson, Friðgeir Pétursson og Halldór Ingólfsson (2017). *Þeistareykir – Well ÞG-15. Phase 3: Drilling for a 7" Perforated Liner down to 2260 m.* Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/036, 165 bls.
- Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnheiður S. Ásgeirsdóttir, Þorsteinn Egilson, Valdís Guðmundsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Friðgeir Pétursson, Halldór Ingólfsson, Halldór Örvar Stefánsson, Björn Már Sveinbjörnsson, Haraldur Jónasson, Heimir Ingimarsson og Sigurjón Vilhjálmsson (2017). *Þeistareykir – Well ÞG-18. Phase 3: Drilling for a 7" Perforated Liner down to 2644 m.* Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/078, 123 bls.
- Þorsteinn Egilson (2011a). *Upphitunar-og þrýstijöfnunarmælingar á Þeistareykjum 2004–2008.* Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/014, 64 bls.
- Þorsteinn Egilson (2011b). *Upphitunar-og þrýstijöfnunarmælingar í holum ÞG-1, ÞG-3, ÞG-4, ÞG-5b og ÞG-6 á Þeistareykjum í maí–ágúst 2011.* Íslenskar orkurannsóknir, greinargerð, ÍSOR-11075, 31 bls.
- Þorsteinn Egilson og Sigríður Sif Gylfadóttir (2013). *Þeistareykir. Afkastamat 2010–2012.* Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/033, 48 bls.
- Þorsteinn Egilson, Halldór Ármannsson, Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson og Hreinn Hjartarson (2004). *Þeistareykir - Hóla ÞG-1. Mælingar í upphitun og blæstri 2002–2003.* Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2004/040. 29 bls.



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

