

Staða jarðhitaleitar við Ísafjarðarbæ, Bolungarvík, Flateyri og Patreksfjörð

Samantekt og rannsóknartillögur

Auður Agla Óladóttir
Steinunn Hauksdóttir
Magnús Ólafsson
Sigurður G. Kristinsson

Unnið fyrir Orkubú Vestfjarða

ÍSOR-2019/059

ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Reykjavík: Orkuáæður, Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1699
Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Ak. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1599
isor@isor.is – www.isor.is

Staða jarðhitaleitar við Ísafjarðarbæ, Bolungarvík, Flateyri og Patreksfjörð

Samantekt og rannsóknartillögur

Auður Agla Óladóttir
Steinunn Hauksdóttir
Magnús Ólafsson
Sigurður G. Kristinsson

Unnið fyrir Orkubú Vestfjarða

Skýrsla nr. ÍSOR-2019/059	Dags. Nóvember 2019	Dreifing <input checked="" type="checkbox"/> Opín <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Staða jarðhitaleitar við Ísafjarðarbæ, Bolungarvík, Flateyri og Patreksfjörð. Samantekt og rannsóknartillögur.	Upplag 3	Fjöldi síðna 39
	Verkefnisstjóri Sigurður G. Kristinsson	
Höfundar Auður Agla Óladóttir, Steinunn Hauksdóttir, Magnús Ólafsson og Sigurður G. Kristinsson	Verknúmer 19-0180	
Gerð skýrslu / Verkstig		
Unnið fyrir Orkubú Vestfjarða		
Samvinnuaðilar		
Útdráttur Tilefni skýrslunnar er að greina möguleika á því að finna heitt eða volgt vatn til beinnar húshitunar eða með varmadælu nærri þéttbýliskjörnum á Vestfjörðum, þar sem Orkubú Vestfjarða rekur fjarvarmaveitur. Mest áhersla er lögð á Ísafjarðarbæ en sjónum er einnig beint að Bolungarvík, Flateyri og Patreksfirði. Skýrsla þessi er byggð á fyrri skýrslu um stöðu jarðhitaleitar á Vestfjörðum en hér eru einnig settar fram niðurstöður þeirra rannsókna sem farið hafa fram á árinu 2019. Í skýrslunni eru teknar saman upplýsingar um stöðu jarðhitaleitar við nokkra þéttbýlisstaði á Vestfjörðum. Settar eru fram tillögur um næstu skref jarðhitaleitar, hvort sem er til beinnar nýtingar í hitaveitu eða með varmadælu. Verkið er unnið að beiðni Orkubús Vestfjarða.		
Lykilorð Jarðhiti, jarðhitanyting, rannsóknartillögur, hitaveitur, varmadælu, fjarvarmaveitur, jarðhitaleit, boranir, Ísafjarðarbær, Bolungarvík, Flateyri, Patreksfjörður, Orkubú Vestfjarða, ÍSOR	ISBN-númer	
	Undirskrift verkefnisstjóra <i>Sigurður G. Kristinsson</i>	
	Yfirlit Heimir Ingimarsson	

Efnisyfirlit

1 Inngangur	7
2 Jarðhitasvæði við þéttbýlisstaði	8
2.1 Ísafjarðarbær	9
2.1.1 Samantekt gagna.....	9
2.1.2 Staða jarðhitaleitar	12
2.1.3 Næstu skref og lausleg kostnaðaráætlun	15
2.1.4 Kostnaðaráætlun.....	16
2.2 Bolungarvík.....	17
2.2.1 Samantekt gagna.....	17
2.2.2 Staða jarðhitaleitar	19
2.2.3 Nýjustu jarðhitarannsóknir við Bolungarvík.....	19
2.2.4 Nýjustu niðurstöður og framtíðarhorfur.....	20
2.3 Flateyri	24
2.3.1 Samantekt gagna.....	24
2.3.2 Staða jarðhitaleitar	26
2.3.3 Nýjustu jarðhitarannsóknir í Önundarfirði	26
2.3.4 Nýjustu niðurstöður og framtíðarhorfur.....	27
2.4 Patreksfjörður	31
2.4.1 Samantekt gagna.....	31
2.4.2 Staða jarðhitaleitar	33
2.4.3 Næstu skref og lausleg kostnaðaráætlun	34
2.4.4 Kostnaðaráætlun.....	34
3 Samantekt	35
4 Heimildir	36
Viðauki: Efnagreiningar á vatni úr holum í Tungudal og útreiknaður efnahiti	38

Töflur

Tafla 1. Áætlaður kostnaður við borun mismunandi holna.	8
Tafla 2. Upplýsingar um holur í Tungudal og nærri Ísafirði.....	10
Tafla 3. Borholur í og nærri Bolungarvík.....	17
Tafla 4. Helstu upplýsingar um holurnar sem boraðar voru vorið 2019.	21
Tafla 5. Borholur nærri Flateyri.	24
Tafla 6. Hitastigulsholur í Önundarfirði, boraðar sumarið 2019.	27
Tafla 7. Yfirlit um borholur á Patreksfirði.	31

Myndir

Mynd 1. Yfirlitskort af Vestfjörðum og þá þéttbýlisstaði sem hér eru til umfjöllunar	9
Mynd 2. Staðsetning borholna við Skutulsfjörð	11
Mynd 3. Staðsetning borholna í Tungudal	12
Mynd 4. Hitastigull í Tungudal og hitastigulsfrávik við Valhöll og Bræðratungu.....	13
Mynd 5. Jafnhitalínur út frá hitastigli í borholum í Tungudal	14
Mynd 6. Staðsetning borholna í og nærri Bolungarvík	18
Mynd 7. Staðsetning þriggja holna sem lagðar voru til vorið 2019	20
Mynd 8. Hitamælingar úr holu MD-1. Hitastigull er 47°C/km	21
Mynd 9. Hitamælingar úr holu GI-3. Hitastigull er 38°C/km	22
Mynd 10. Hitamælingar úr GI-4. Hitastigull er 66°C/km	23
Mynd 11. Staðsetning borholna nærri Flateyri	25
Mynd 12. Hitastigulsfrávik í Breiðadal fremri.....	26
Mynd 13. Staðsetning þriggja holna sem lagt var til að bora vegna áframhaldandi jarðhitaleitar í Öfundarfirði	27
Mynd 14. Hitamælingar úr holu GA-1.....	28
Mynd 15. Hitamælingar úr holu SK-1	29
Mynd 16. Hitamælingar úr holu NB-1.....	30
Mynd 17. Staðsetning borholna við Patreksfjörð	32
Mynd 18. Gangar, yfirborðsjarðhiti og misgengi við Mikladalsá	34

1 Inngangur

Að beiðni Orkubús Vestfjarða (OV) hefur ÍSOR tekið saman gögn um niðurstöður jarðhitaleitar við nokkra þéttbýlisstaði á Vestfjörðum. Fyrir liggur samantekt Sölva Sólbergssonar, framkvæmdastjóra orkusviðs OV (pers. uppl. frá Sölva Sólbergssyni, mars 2018), sem grunnur að umfjöllun fyrir hvern stað og bætt hefur verið inn ýmsum gögnum sem varðveitt eru í gagnasafni ÍSOR. Stór hluti þeirra upplýsinga sem hér eru settar fram komu fram í skýrslu Auðar Öglu Óladóttur o.fl. (2018) en frá því að hún kom út hefur frekari jarðhitaleit farið fram á nokkrum stöðum og verða niðurstöður þeirrar leitar gerð skil hér.

Orkubú Vestfjarða rekur rafkyntar fjarvarmaveitur á eftirfarandi fjórum þéttbýlisstöðum auk þess að reka hitaveitu á Suðureyri (mynd 1).

- Ísafjarðarbær – tvær veitur, á Eyrinni og í Skutulsfirði
- Bolungarvík
- Flateyri
- Patreksfjörður

Á Suðureyri var upphaflega jarðhitaveita með einfalt kerfi og hófst rekstur hennar árið 1977. Rúmum áratug síðar var kerfið tvöfaldað og byggð kyndistöð og hefur síðan þá verið að hluta jarðhitaveita og að hluta rafkynt fjarvarmaveita. Með borunum í Súgandafirði á árinu 2019 hefur fundist nægjanlegt vatn og stefnt er að því að gera þessa veitu alfarið að jarðhitaveitu og leggja af rafkynta hluta hitaveitunnar. Þar af leiðandi er ekki fjallað frekar um Suðureyri í þessari samantekt.

Á þeim tíma þegar rafkyntar fjarvarmaveitur voru reistar fólst fjárhagslegur grundvöllur þeirra í að nýta/kaupa afgangorku, eða skerta raforku, til upphitunar í kyndistöð. Forsendur voru þær að verð á raforku til kyndistöðva væri verulega lægra en orkuverð til rafkyndingar í hvert hús. Niðurstöður athugana sem gerðar voru á árunum 1977 og 1978 sýndu að heildarorkuverð til kyndistöðva mætti aðeins vera um þriðjungur af endalegu söluverði til notenda. Á þessum tíma var verð á skerðanlegri raforku frá Landsvirkjun um 15% af verði forgangorku miðað við 5000 stunda nýtingartíma. Rafkyntar veitur gerðu samninga við Landsvirkjun um kaup á skerðanlegri raforku og gekk rekstur þeirra ágætlega. Á árinu 2010 sagði Landsvirkjun upp samningum um skerðanlega raforku og raforkuverð til fjarvarmaveitna hækkaði verulega. Þar með brast að stórum hluta fjárhagslegur grundvöllur fyrir rekstri þeirra.

Í skýrslu starfshóps til iðnaðarráðherra (2016) var farið ítarlega yfir uppkominn rekstrarvanda fjarvarmaveitna og bent á nokkrar leiðir til að tryggja áframhaldandi rekstur þeirra. Ljóst má vera að miklar fjárfestingar liggja í kyndistöðvunum og dreifikerfum þeirra sem æskilegt er að nýta áfram.

Það er tilefni þessarar skýrslu að kanna möguleika á að finna annaðhvort nýtanlegt heitt vatn til beinnar húshitunar eða volgt vatn, t.d. á varmadælur, nærri þeim þéttbýliskjörnum á Vestfjörðum þar sem OV rekur fjarvarmaveitur.

Á undanförmum árum hefur Orkusjóður ekki nýst aðilum til jarðhitaleitar þar sem helstu forgangsmál hjá honum hafa snúið að vistvænum orkusamgöngum. Vonast er til að markviss sókn veitufyrirtækja til jarðhitaleitar á þéttbýlissvæðum sem nýta fjarvarmaveitur muni vekja athygli stjórnvalda á mikilvægi þess að skoða og meta möguleika svæða eins og á Vestfjörðum til að nýta sér jarðhita til húshitunar.

Við jarðhitaleit á Vestfjörðum hefur aðallega verið beitt tvenns konar aðferðum við jarðhitaleit, auk kortlagningar á laugum og volgrum. Á áttunda áratugnum voru viðnámsmælingar helsta leitaraðferðin en síðustu áratugi hafa hitastigulsboranir verið aðalaðferðin. Þær fela í sér borun á grunnnum holum, oftast 50–100 m djúpum. Hiti er mældur í þeim og hitastigull (þ.e. hitaaukning með dýpi) er reiknaður. Á Vestfjörðum má reikna með að hitastigull þar sem jarðhita gætir ekki (bakgrunnshitastigull) sé 40–60°C/km. Hitastigull sem er hærri en 100°C/km á Vestfjörðum ber því skýr merki um jarðhita í grennd við holuna en segir lítið til um hve heitt jarðhitavatnið kann að vera.

Í þessari skýrslu eru teknar saman upplýsingar um stöðu jarðhitaleitar við nokkra þéttbýlisstaði á Vestfjörðum og lagðar fram tillögur um næstu skref jarðhitaleitar og er þar hugsað til leitar á heitu vatni til beinnar nýtingar en einnig á volgu vatni fyrir varmadælur. Kostnaður fyrir þessi næstu skref hefur verið lauslega áætlaður að undaskyldum borunum.

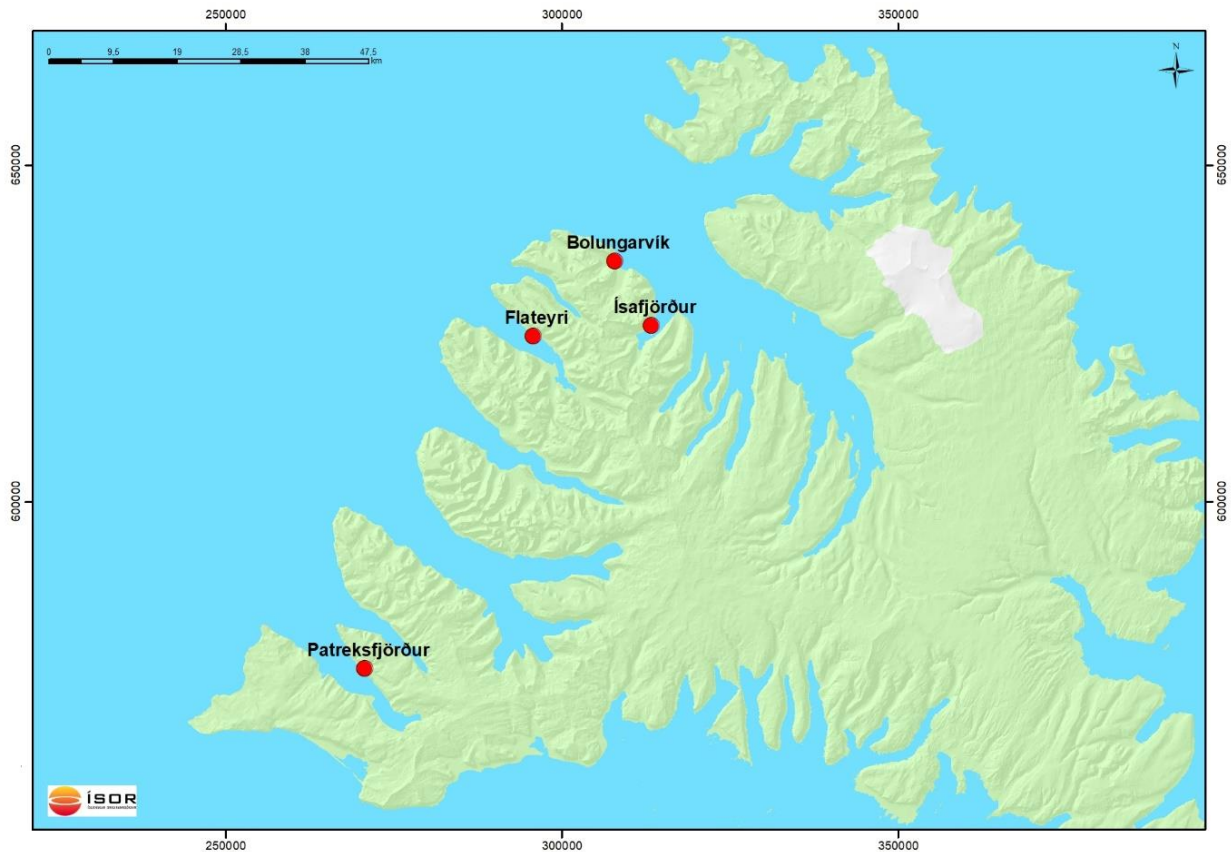
Lauslega áætlaður kostnaður við mismunandi borholur við jarðhitaleit og virkjun jarðhita gæti verið eins og sýnt er í töflu 1. Þar er áætlaður kostnaður við borun á lóðréttum holum, án flutnings, vegagerðar/borplans, húsnæðis og uppihalds, öflunar skolvatns og ýmissa fleiri staðbundinna þátta og án vsk. Hér á eftir er vísað í að næstu skref jarðhitaleitar geti verið boranir. Þar er ekki tilgreindur kostnaður við þær en vísað í töflu 1.

Tafla 1. Áætlaður kostnaður við borun mismunandi holna.

Holugerð	Verð
50 m hitastigulshola	1 m.kr.
100 m hitastigulshola	1,5-1,8 m.kr.
500 m vinnsluhola	18-22 m.kr.
700 m vinnsluhola	22-25 m.kr.
1500 m vinnsluhola	90-120 m.kr.

2 Jarðhitasvæði við þéttbýlisstaði

Á undanförunum áratugum hefur farið fram talsverð jarðhitaleit á Vestfjörðum en með takmörkuðum árangri. Hitaveita hefur verið rekin á Suðureyri við Súgandafjörð en illa hefur gengið að finna nýtanlegt, heitt vatn við aðra þéttbýlisstaði. Jarðhiti finnst þó nokkuð víða á Vestfjörðum. Upplýsingar og gögn eru til um jarðlög og brotakerfi á Vestfjörðum sem safnað hefur verið við jarðhitaleit, kaldavatnsöflun, almenna jarðfræðikortlagningu, jarðgangagerð o.fl. Í skýrslunni verður rakið á nokkuð kerfisbundinn hátt hvaða upplýsingar eru til um jarðhita á hverjum þeirra staða sem nefndir eru í inngangi, s.s. um borholur, hitastig og hitastigull. Einnig verða lagðar til lauslegar áætlanir um næstu skref jarðhitaleitar og kostnað við slíkt. Á mynd 1 er sýnt yfirlit um þá þéttbýlisstaði sem fjallað er um.



Mynd 1. Yfirlitskort af Vestfjörðum og þá þéttbýlisstaði sem hér eru til umfjöllunar.

2.1 Ísafjarðarbær

Í Ísafjarðarbæ rekur Orkubú Vestfjarða tvær rafkyntar fjarvarmaveitur, annars vegar á Eyrinni og hins vegar í Skutulsfirði (Holtahverfi).

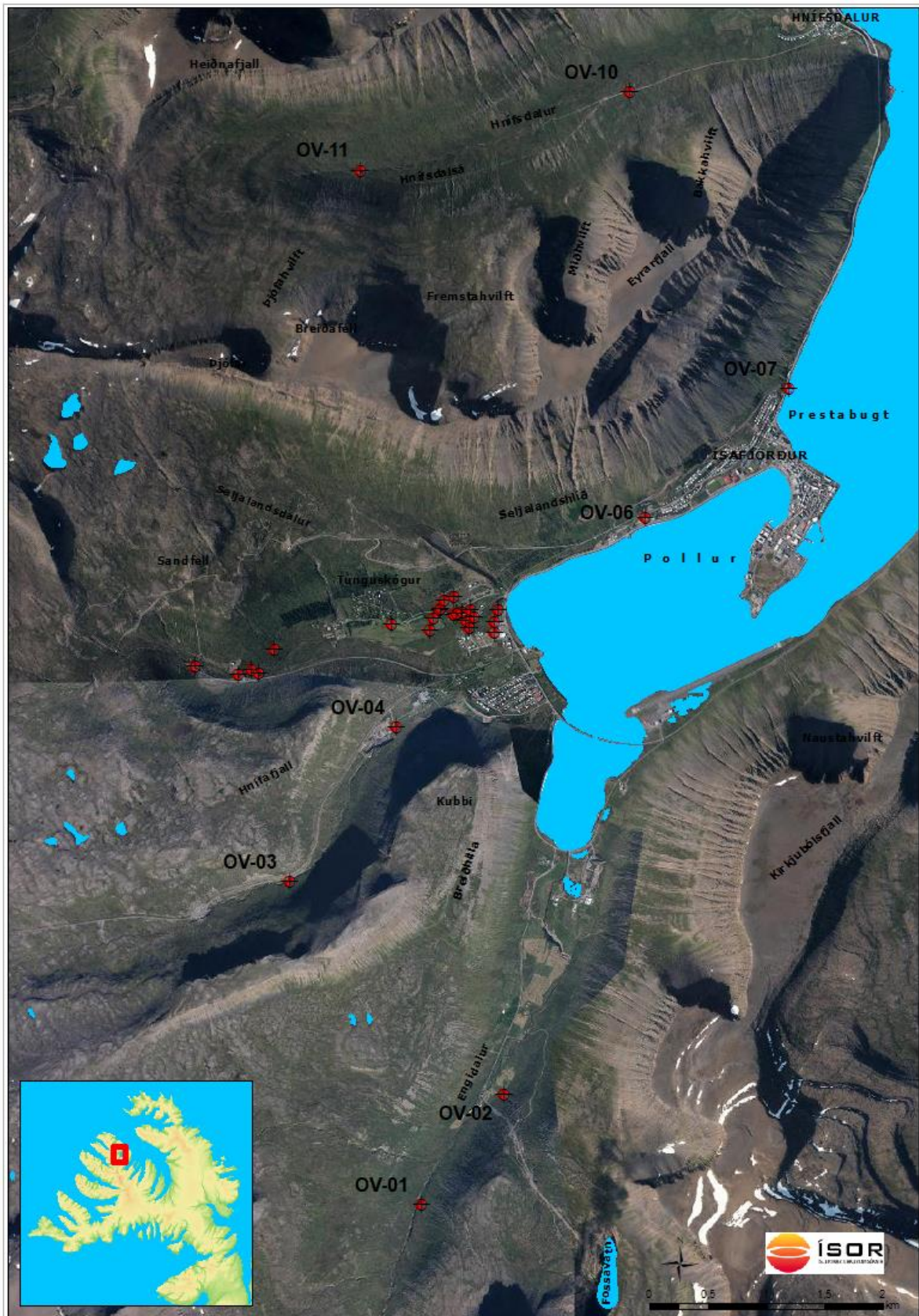
2.1.1 Samantekt gagna

Í Tungudal í Skutulsfirði hafa verið boraðar margar holur vegna jarðhitaleitar. Sú fyrsta var boruð árið 1963. Flestar þessara holna eru leitarholur en fjórar eru djúpar rannsóknarholur. Í töflu 2 koma fram helstu upplýsingar um holurnar í Tungudal og nærri Ísafirði. Staðsetning þeirra er sýnd á myndum 2 og 3. Í greinargerð Hauks Jóhannessonar frá 2013 eru birtar upplýsingar um holurnar og myndir af holutoppum (Haukur Jóhannesson, 2013a).

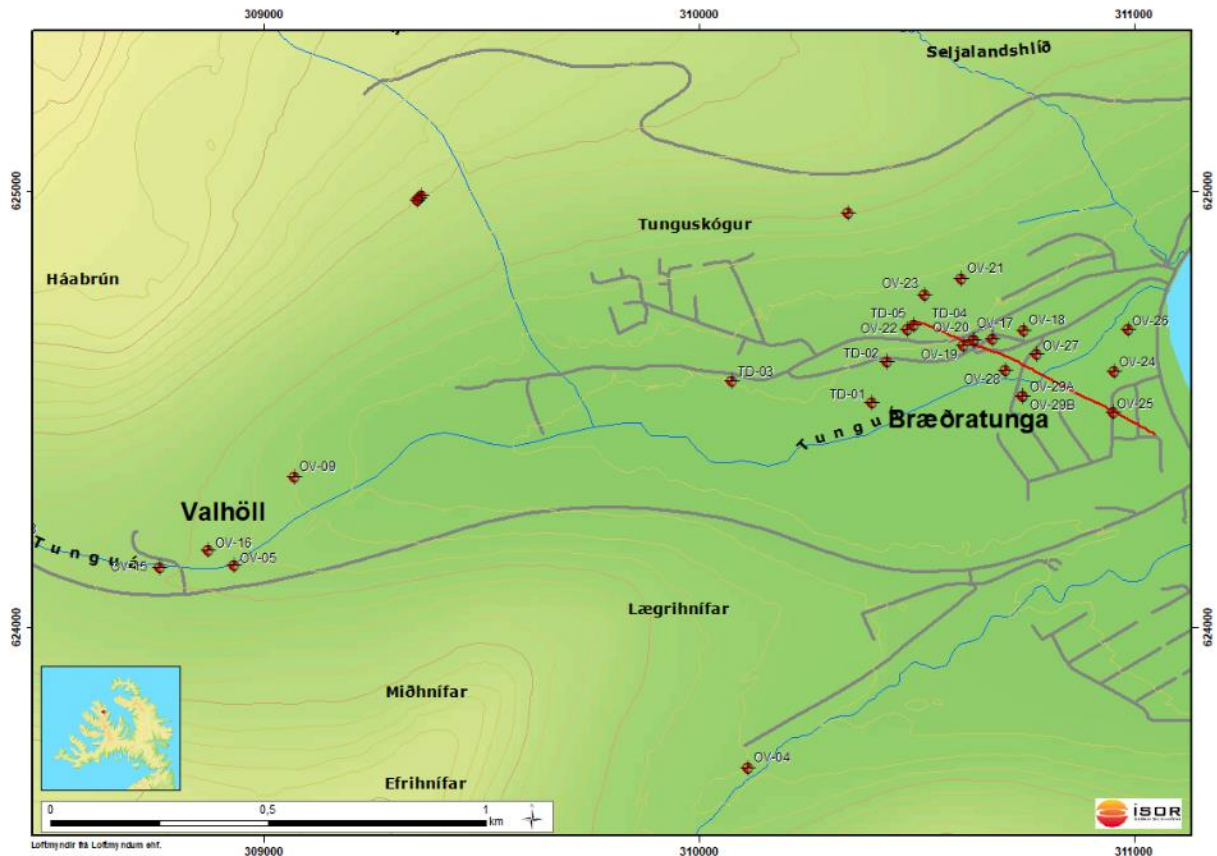
Í viðauka má sjá þær efnagreiningar sem til eru af jarðhitavatni úr holunum og sýna útreikningar á efnahita að líklegt hitastig í undirliggjandi jarðhitakerfi í Tungudal geti verið 70–80°C.

Tafla 2. Upplýsingar um holur í Tungudal og nærri Ísafirði.

Borhola	Staðar-númer	Borár	Dýpi (m)	Stigull (°C/km)	Athugasemdir og gæði stiguls	Fóðringardýpi	Holuviðd mest (mm)	Holuviðd minnst (mm)
TD-1	34971	1963 & 1964	111		stöllóttur hitaferill		engar upplýsingar	
TD-2	34972	1975/76 & 1977	1110			4	200,025	143,875
TD-3	34973	1977	985	100		15,8	381	165,1
TD-4	34974	1999	1256			201,4	355,6	215,9
TD-5	34975	2008	1618			833	533,4	215,9
OV-1	35001	1997	101,5	78	vont fitt ofan 60 m		engar upplýsingar	
OV-2	35002	1997	101,5	69	ágætt fitt að hitaferli		engar upplýsingar	
OV-3	35003	1997	131,5	59	gott samræmi við hitaferil		engar upplýsingar	
OV-4	35004	1997	101,5	58	gott fitt við feril		engar upplýsingar	
OV-5	35005	1997	133	96	niðurrennsli, slæmt fitt		engar upplýsingar	
OV-6	35006	1997	131,5	87	gott neðan 100 m (v Pollinn)		engar upplýsingar	
OV-7	35007	1997	104	67-77	gott ef 4°C á yfirb. (utanvið)		engar upplýsingar	
OV-8	35008	1997	101,5	66-86	gott ef 5°C á yfirborði		engar upplýsingar	
OV-9	35009	1997	138	110	afleitt fitt að ferli		engar upplýsingar	
OV-10	35010	1997	101,5	62	slæmur ferill botnhiti á 100 m		engar upplýsingar	
OV-11	35011	1997	141	77	meðalgóður ferill		engar upplýsingar	
OV-14	35014	1997	104	77	meðalgóður ferill		engar upplýsingar	
OV-15	35015	1998	144	91	gott neðan við 115 m		engar upplýsingar	
OV-16	35016	1998	213	130	gott neðan við 190 m	3	168,275	114,3
OV-17	35017	1998	117	270	max í 100, viðsnúið	9	168,275	139,7
OV-18	35018	1998	117	151	max í 120	6	168,275	114,3
OV-19	35019	1998	129	180		9	168,275	139,7
OV-20	35020	1998	150	240	uppstreymi; æð í 100 m	9	168,275	107,95
OV-21	35021	1998	102	120	fittar vel neðan 85 m/4°C	3	168,275	139,7
OV-22	35022	1998	102	124	fittar vel neðan 85 m/4°C	6	168,275	139,7
OV-23	35023	1998	102	142	slæmt; botnhitatúlkun	6	168,275	139,7
OV-24	35024	1998	102	131	slæmt; botnhitatúlkun	12	168,275	139,7
OV-25	35025	1998	135,5	120	óviss túlkun á hitastigli	21	168,275	139,7
OV-26	35026	1998	111	132	miðað er við æð á +100 m	15	168,275	139,7
OV-27	35027	1998	102	170	miðað er við æð á 90 m	9	168,275	139,7
OV-28	35028	1998	135	187	miðað er við æð á 100 m	6	168,275	139,7
OV-29A	35029	1998	12		engar mælingar til		ónýt hola	
OV-29B	35030	1998	102	159	hitamæling nær í 135 m	12	168,275	139,7



Mynd 2. Staðsetning borholna við Skutulsfjörð. Holurnar í Tungudal og heiti þeirra eru sýnd á mynd 3.



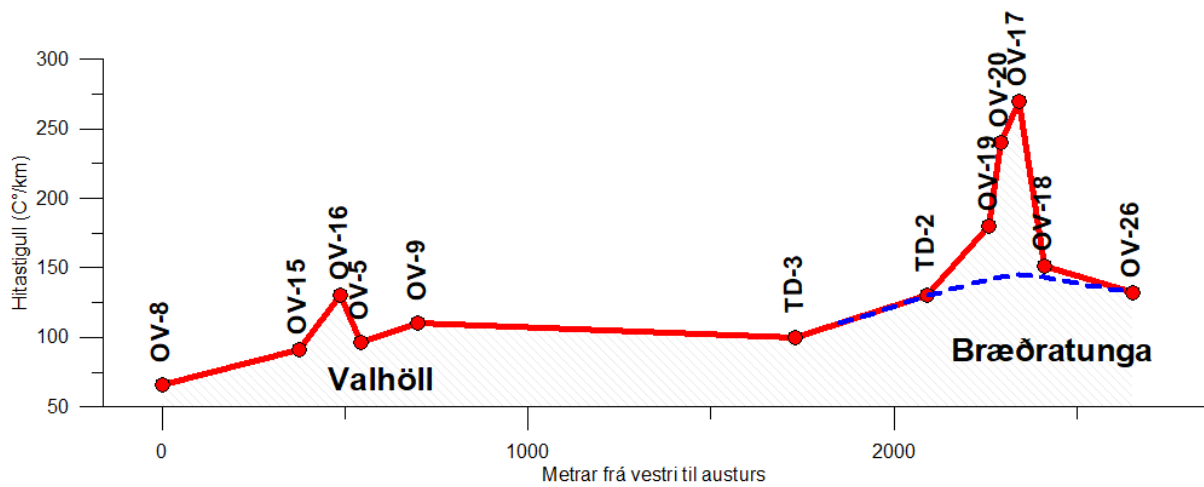
Mynd 3. Staðsetning borholna í Tungudal.

2.1.2 Staða jarðhitaleitar

Á undanförunum áratugum hafa farið fram töluverðar rannsóknir á jarðhita í nágrenni Ísafjarðar. Fyrstu athuganir eru frá 1962 (Jón Jónsson, 1962) en niðurstöður þeirra athugana þóttu ekki benda til þess að miklar líkur væru á að finna nýtanlegan jarðhita á svæðinu. Þó var boruð ein hitastigulshola (TD-1) sem staðsett var á flatanum við Tunguá, þar sem golfvöllur er nú. Að borun lokinni seytlaði um 15°C heitt vatn af um 77 m dýpi úr holunni. Tvær holur til viðbótar voru boraðar á svipuðum slóðum á árunum 1975 og 1977 (TD-2 og TD-3). Í tengslum við staðsetningu þeirra voru gerðar bæði viðnáms- og segulmælingar sumarið 1976 (Ólafur Flóvenz o.fl., 1976). Þessar holur voru báðar rétt um 1000 m djúpar en báru ekki tilætlaðan árangur. Af þessum borunum loknum varð þó ljóst að efst í berggrunninum er til staðar volgt vatnskerfi, um 20–30°C á um 150–300 m dýpi (Ólafur Flóvenz o.fl., 1976; Ragna Karlsdóttir, 1998).

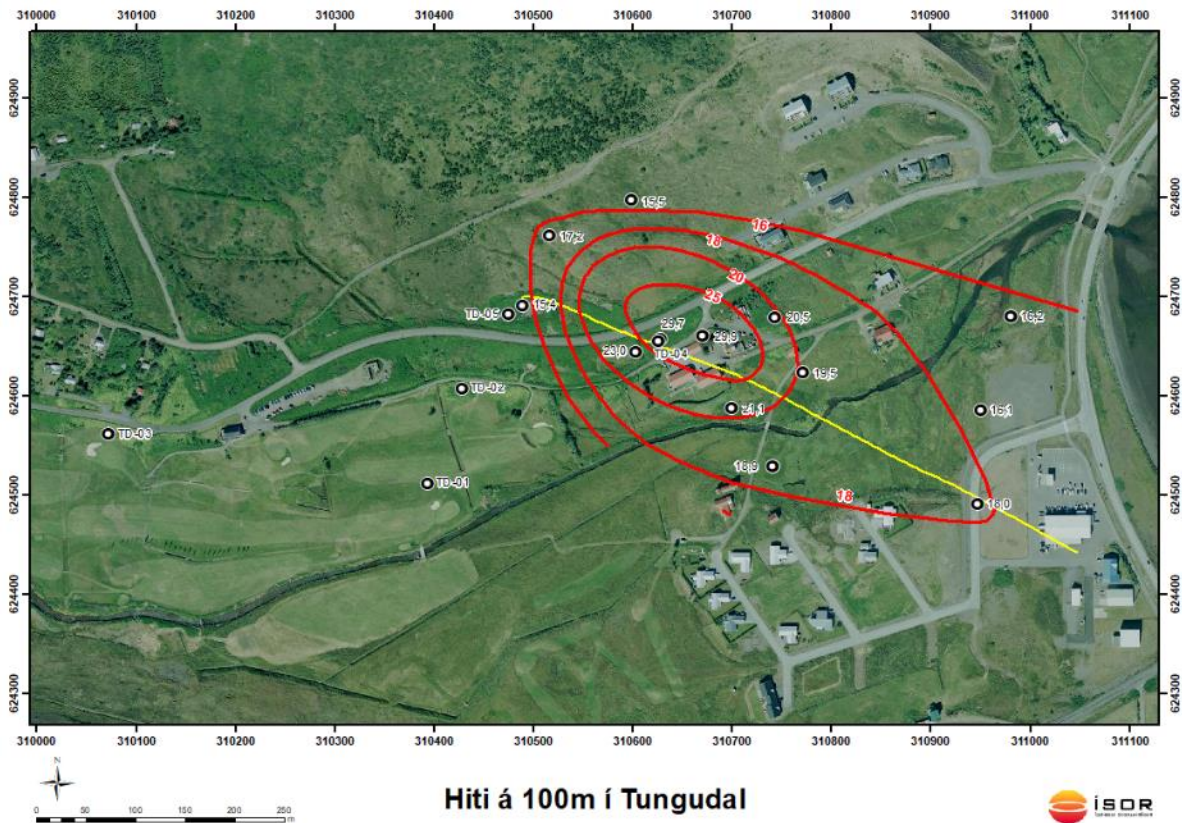
Á árunum 1997 og 1998 voru boraðar allmargar hitastigulsholur (OV-holur) vegna jarðhitaleitar í nágrenni Ísafjarðar. Í fyrstu voru boraðar 15 hitastigulsholur sem staðsettar voru í Engidal, Tungudal, Eyrarhlíð og Óshlíð. Þessar holur eru flestar á bilinu 100–140 m djúpar og gáfu niðurstöður þeirra til kynna að ótruflaður hitastigull á svæðinu væri 60–70°C/km. Í ljós komu jafnframt tvö hitastigulsfrávik þar sem hitastigull var hærri en bakgrunnshitastigullinn. Niðurstöðurnar bentu til þess að uppstreymissvæðin gætu því verið tvö, annars vegar innarlega í Tungudal, þ.e. við Valhöll, og hins vegar yst í Tungudal, við Bræðratungu (mynd 4). Þótti ástæða til að bora fleiri hitastigulsholur til að afmarka þessi svæði betur. Við Valhöll var

fjórum hitastigulsholum bætt við og gaf hæsti hitastigull úr þeim um 150°C/km (Ragna Karlsdóttir, 1998; Ragna Karlsdóttir og Kristján Sæmundsson, 1998).



Mynd 4. Hitastigull í Tungudal og hitastigulsfrávik við Valhöll og Bræðratungu.

Í Bræðratungu var 13 hitastigulsholum bætt við, auk þess sem til voru hitamælingar úr holum TD-2 og TD-3 sem var hægt að nýta til kortlagningar á hitastigi í berggrunni. Hitastigull í holunum við Bræðratungu var hæstur í holu OV-20 þar sem hann reiknaðist 240°C/km. Kortlagning á hitastigli holnanna sýndi ílangt hitafrávik við Bræðratungu með norðvestlæga stefnu (eins og sýnt er á mynd 4) sem fellur nokkurn veginn í sömu stefnu og misgengi sem kortlögð hafa verið í fjöllum beggja vegna fjarðarins (Hjalti Franzson, 1972). Uppstreymisrásin virtist vera þröng og talið líklegt að hún væri nálægt holu OV-20. Hitastigulinn við Bræðratungu má skýra sem annars vegar lágt og breitt frávik sem á sér djúpar rætur og hins vegar sem víðáttumikið, grunnt flatrennsli. Upp úr breiða frávikinu rís annað mjótt og skarpt sem bendir til upprennslis af litlu dýpi.



Mynd 5. Jafnhitalínur út frá hitastigli í borholum í Tungudal. Jafnhitalínurnar eru byggðar á mælingunum sem sýndar eru í töflu 2. Hitahámarkið á 100 m dýpi við Bræðratungu virðist samkvæmt hitastigulsholum (OV-holum) hafa afgerandi norðvestlæga stefnu. Myndin er byggð á mælingum í 100–120 m djúpum borholum. Gula línan sýnir holuferil holu TD-5.

Í kjölfarið beindust rannsóknir að Bræðratungu vegna nálægðar við Ísafjörð, hærri hitastiguls og vegna meiri upplýsinga um það svæði. Var lagt til að bora djúpa holu nærri OV-20. Sú hola (TD-4) var staðsett sem næst hæsta hitahámarkinu við Bræðratungu, rétt við holu OV-20. Holan var boruð árið 1999 í 1256 m og skar ágætlega gjöfular æðar á um 150–300 m dýpi og reyndist hitinn í þeim vera um 40°C (Grímur Björnsson o.fl., 1999). Sýni voru tekin til efna- greiningar og reyndist niðurstaðan úr þeim benda til um 70°C upprunahita vatnsins. Á um 700–820 m dýpi var borað í gegnum mjög óstöðug jarðlög sem talin eru vera mjúkur surtar- brandur og set. Fljótlega eftir borun seig holan saman á þessu dýptarbili. Í greinargerð eftir Kristján Sæmundsson o.fl. (1999) er talið að þessi lög samsvari Botnssetinu í Súgandafirði (Breiðhillulaginu, eins og það er stundum kallað) og bent á að TD-2 og TD-3 hafi einnig stíflast á svipuðu dýptarbili. Niðurstöður hitamælinga úr holu TD-4 þóttu benda til að holan væri eitthvað til hliðar við uppstreymið en ómögulegt væri að túlka hitaferlana úr Tungudals- holunum öðruvísi en með rúmlega 60°C heitu vatnskerfi sem hrærist á þessu svæði í nær lóð- réttu sprungukerfi.

Árið 2008 var dýpsta holan í Tungudal boruð, TD-5. Út frá fyrri reynslu af óstöðugum setlögum á um 700 m dýpi var ákveðið að fódra þessa holu niður fyrir 800 m til að koma í veg fyrir að hún lokaðist. Holan var stefnuboruð og stefnan sett til SA þannig að holan skæri bæði NV-stefnu hitafráviksins og sprungna og einnig alla þekkta ganga og misgengi í og við Tungudal, með norðlæga stefnu. Borun gekk eins og lagt var upp með og holan varð 1618 m

djúp. Í lok borunar gaf holan örfáa lítra á mínútu í loftdælingu með mjög miklum niðurdrætti. Farið var í örvunaraðgerðir en þær skiluðu engum árangri. Hola TD-5 var síðast hitamæld í desember 2008 og þá stoppaði mælir á 900 m dýpi og er líklegt að holan hafi sigið saman eins og holur TD-2, TD-3 og TD-4. Frá því að hola TD-5 var boruð hefur lítið sem ekkert verið gert varðandi jarðhitamál í Tungudal og lítið sem ekkert er vitað um ástand holnanna.

2.1.3 Næstu skref og lausleg kostnaðaráætlun

Ljóst er að niðurstöður borunar holu TD-5 voru ekki alveg í samræmi við skilning manna á svæðinu og má vera að niðurstöður hitastigulsborana sem lágu til grundvallar áður en farið var í borun TD-5 gefi einhverra hluta vegna villandi niðurstöður, hugsanlega vegna láréttis rennslis vatns. Niðurstöðum borunarinnar var aldrei fylgt eftir né reynt að draga ályktanir af þeim um legu eða eðli dýpra jarðhitakerfisins. Vitað er með vissu af volga vatnskerfinu á litlu dýpi (20–40°C í 150–300 m) og hægt væri að miða næstu skref við að afla þess en jafnframt yrði búið í haginn fyrir frekari leit að því nær 70°C heitu vatnskerfi sem enn er talið nær víst að sé til staðar í eða nærri Tungudal. Volga vatnskerfið hefur komið fram í mörgum holum og útlit fyrir að um sé að ræða vatnsmikið kerfi með 30–40°C heitu vatni á um 200–400 m dýpi.

Rannsóknir hingað til hafa að mestu snúist um að afla vatns af meira dýpi og freista þess að ná upp heitara vatni. Sú leit hefur reynst erfiðari en búist var við og hefur ekki borið árangur en enn standa eftir opnir möguleikar. Hér á eftir verður lögð til jarðhitaleit sem miðast að því að skilja dreifingu og uppstreymi jarðhitans í Tungudal og þannig hámarka líkur á að hægt sé að afla heits vatns. Hingað til hefur meginþungi leitarinnar verið við Bræðratungu en í þeim holum sem eru við Valhöll hefur líka komið fram hár hitastigull. Í raun er ekki enn ljóst hvaðan aðaluppstreymi jarðhitans er í Tungudal, hvort uppstreymið fylgir NV-SA sprungustefnunni sem víða er ríkjandi á norðan og norðvestanverðum Vestfjörðum, hvort líta beri á Valhöll og Bræðratungu sem tvö aðskilin uppstreymi, þar sem uppstreymi á báðum stöðum er mjög þröngt, og/eða hvort til staðar er lárétt streymi sem skekkir þá sviðsmynd sem fengist hefur út frá hitamælingum í borholum.

Við upphaf slíkrar vinnu og áður en frekari ákvarðanir eru teknar þarf að fara yfir öll gögn sem til eru og skoða vandlega hitamælingar úr öllum holunum. Jafnframt þarf að fara yfir sprungukortlagningu svæðisins og tína saman allt sem þekkt er um svæðið og víkka út rannsóknarsvæðið til að reyna að fá betri heildarsýn á jarðhitann í Skutulsfirði. Þessar hugmyndir hafa áður verið settar fram í minnisblaði (Auður Agla Óladóttir og Sigurður G.Kristinsson, 2018b).

Til er nokkuð góð sprungukortlagning á gömlu korti frá 1971. Þetta kort er ekki tiltækt í landfræðilegu upplýsingakerfi og er fyrsta verk að koma því þangað. Því til viðbótar má nýta loftmyndagrunn frá Loftmyndum ehf. til frekari kortlagningar eftir þörfum. Til viðbótar má afla gagna um sprungur og sprungustefnur með því að nota holusjá og mynda vel valdar borholur í Tungudal. Þannig má fá betri heildarsýn yfir sprungur og lekt í Tungudal en það er grundvallaratriði til að skilja hvernig ná má til jarðhitans sem þarna er.

Þegar þessi gögn liggja fyrir þarf að velta upp nokkrum möguleikum:

- a) Lítið er vitað um hitastigul á svæðinu milli holnanna í Bræðratungu annars vegar og við Valhöll hins vegar. Upplýsandi væri að fá 1–2 hitastigulsholur í þessa eyðu til að varpa skýrara ljósi á hitauppstreymi í dalnum.

- b) Til greina kemur að bora dýpri holu í Valhallarsvæðið en þar er, eða dýpka holu OV-16. Þar hafa verið boraðar holur sem gefa um og yfir 100°C/km hitastigul en dýpsta holan þar er 213 m (OV-16).
- c) Eftir stendur að líklega er tiltölulega auðvelt að ná í 20–40°C heitt vatn úr volga vatnskerfinu sem liggur grunnt í Tungudal. Kanna mætti með djúpdælu hvort unnt er að dæla upp volgu vatni (20–40°C) úr einhverri holu nærri Bræðratungu og þá hve miklu. Fylgjast þarf með niðurdrætti (vatnsborði), rennsli og hita.

2.1.4 Kostnaðaráætlun

Í þeirri lauslegu kostnaðaráætlun sem hér er sýnd er ekki gert ráð fyrir vinnu við gerð útboðsgagna eða verklýsinga við boranir né kostnað við boranir. Hér er heldur ekki tekið tillit til samlegðaráhrifa sem gætu orðið af skoðun á fleiri en einu svæði samtímis.

- A. Skoðun gagna, sprungukortlagning og boranir í grunna jarðhitakerfið. Áætlaður kostnaður án borana er 11,8 m.kr.
 - Skoðun gagna um hitamælingar.
 - Fara yfir sprungukortlagningu og teikna upp með fyrirbyggjandi gögnum.
 - Borun 300–500 m vinnsluholu í grynna jarðhitakerfið (sjá kostnað í töflu 1). Hanna holu þannig að hana megi dýpka.
 - Borun tveggja hitastigulsholna (milli Valhallar og Bræðratungu); vinna við undirbúning og túlkun. Kostnaður við borun er sýndur í töflu 1.
 - Afkastaprófun á borholum. OV annast prófun með leiðsögn og verklýsingu ÍSOR.
 - Efnasýnataka og efnagreining á vatni til nýtingar
 - Holusjármæling og úrvinnsla, u.þ.b. 1000 m.
- B. Lagt er til að boraðar verði þrjár borholur (í eftirfarandi röð). Gefin er upp lauslega áætlaður kostnaður án flutnings, vegagerðar/borplans, húsnæðis og uppihalds, öflunar skolvatns og ýmissa fleiri staðbundinna þátta og án vsk.:
 - 1) Lóðrétt hitastigulshola á milli Valhallar og Bræðratungu. Þessari holu er ætlað að afla upplýsinga um uppstreymi heita vatnsins í Tungudal og fylla í eyðuna sem er milli Valhallar og Bræðratungu. Bora skal 7" holu, fyrst í 100–200 m dýpi og ef hitastigull er yfir svæðisbundnum stigli skal dýpka holuna í allt að 500 m dýpi. Áætlaður kostnaður er ~1,8–22 m.kr.
 - 2) Skáboruð (með 10°C halla), 500 m djúp rannsóknarhola í Valhöll. Tilgangur þessarar holu er að afla upplýsinga um hitastig neðan 200 m dýpis á Valhallarsvæðinu og jafnframt að bora gegnum misgengi sem liggur norðan við Valhöll og kortlagt var í tengslum við gerð Vestfjarðarganganna. Stefna þess misgengis er um NNA-SSW og þessi stefna kemur fyrir á nokkrum stöðum í nágrenninu. Áætlaður kostnaður er ~22 m.kr.
 - 3) Skáboruð (með 10° halla), 500 m djúp rannsóknarhola við nyrsta hluta Bræðratungusvæðisins. Þessari holu er ætlað að fara til norðurs, í gegnum báða gangana sem segulmældir voru á 8. áratugnum og vonast til að með þessari holu megi fá mynd á það hvort uppstreymi jarðhitans megi rekja til norðvesturs frá Bræðratungu og komast í heitara vatn í þá átt. Áætlaður kostnaður er ~22 m.kr.

2.2 Bolungarvík

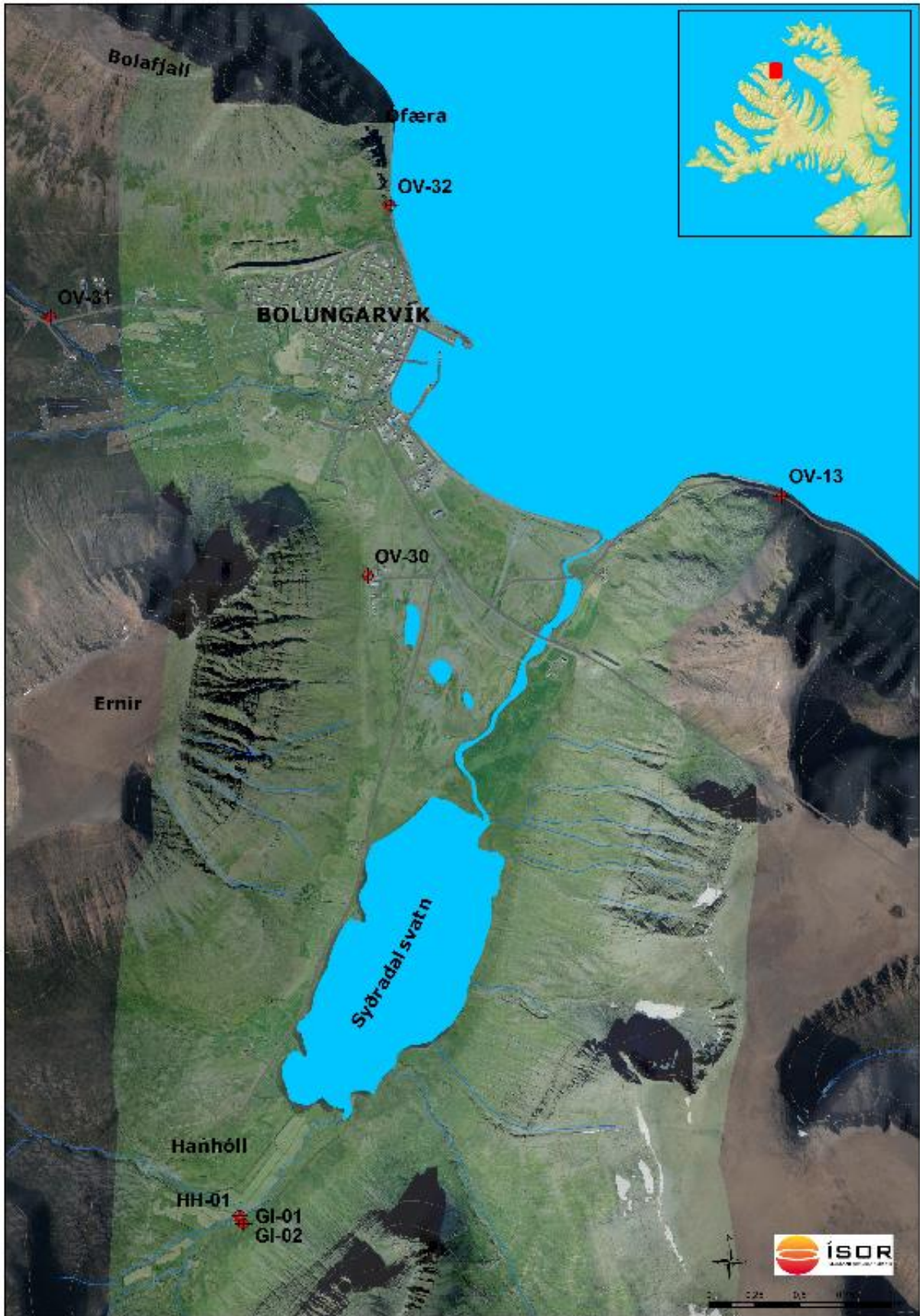
Í Bolungarvík rekur Orkubú Vestfjarða rafkynta fjarvarmaveitu sem þjónar húshitun í þéttbýlinu.

2.2.1 Samantekt gagna

Í og nærri Bolungarvík voru boraðar 8 holur vegna jarðhitaleitar fram til ársins 2018 og er yfirlit um þær í töflu 3 og staðsetning þeirra er sýnd á mynd 6. Niðurstöður hafa ekki enn sýnt nein merki um nýtanlegan jarðhita og hitastigull í holunum liggur nærri ótrufluðum, svæðislægum hitastigli. Í greinagerð Hauks Jóhannessonar (2013b) eru birtar upplýsingar um holurnar.

Tafla 3. Borholur í og nærri Bolungarvík.

Borhola	Staðar-númer	Lögbýli	Borár	Dýpi (m)	Stigull (°C/km)	Athugasemdir og gæði stiguls	Fóðringar-dýpi	Holuvídd mest (mm)	Holuvídd minnst
GI-1	35341	Gil	1964	56	-		engar upplýsingar		
GI-2	35342	Gil	1966	163	-	engar mælingar	11	228,6	107,95
HH-1	35351	Hanhóll	1976	864	30	djúpstigull	15,6	381	171,45
OV-12	35012	Bolungarvík	1997	101	60	A	engar upplýsingar		
OV-13	35013	Bolungarvík	1997	101	40	A	engar upplýsingar		
OV-30	35031	Bolungarvík	2006	90	40	A	12	76,2	76,2
OV-31	35032	Minnihlíð	2006	60	40	A	12	76,2	76,2
OV-32	35033	Bolungarvík	2006	51	54	A	9	76,2	76,2



Mynd 6. Staðsetning borholna í og nærri Bolungarvík.

2.2.2 Staða jarðhitaleitar

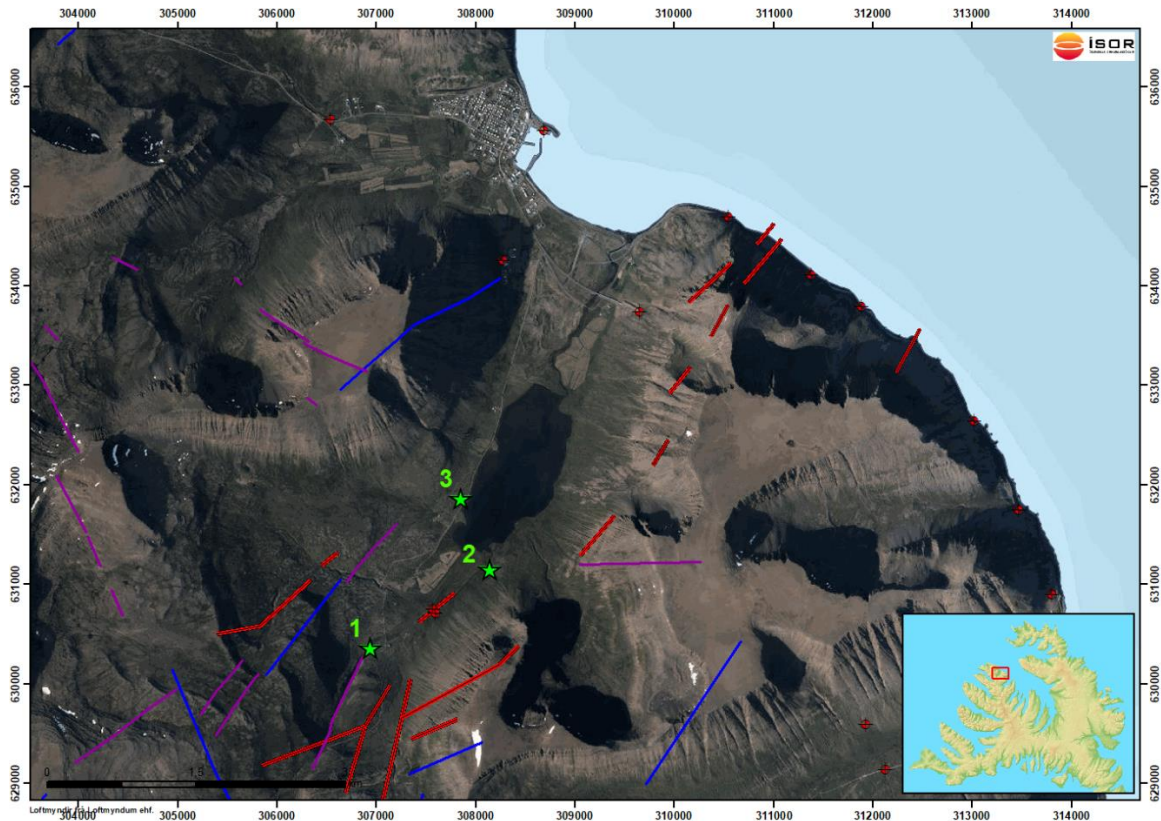
Töluverðar jarðhitarannsóknir liggja fyrir í Bolungarvík og niðurstöður þeirra má finna í nokkrum skýrslum og greinargerðum (t.d. Haukur Jóhannesson, 2006, 2013b). Þar er þekktur jarðhiti á yfirborði á einum stað, 27°C heit laug í landi Gils. Við laugina voru boraðar tvær holur á árunum 1964–1966, 56 og 163 m djúpar. Úr dýpri holunni mátti dæla um 6 sekúndulítrum af 23,5°C heitu vatni. Efnagreiningar eru til af vatni úr þessari holu en niðurstöður þeirra gefa ekki vísbendingu um að heitara vatn kunni að fást á meira dýpi. Sumarið 1976 voru gerðar þrjár viðnámsmælingar við Bolungarvík en engin þessara mælinga gefur vísbendingu um jarðhita (Ólafur G. Flóvenz, 1977). Til að kanna nánar uppstreymisrás volgrunnar á Gili var segulmælt í grennd við hana og kom í ljós syrpa af göngum með norðaustlæga stefnu og talið var að volga vatnið kæmi upp við brot í einum þessara ganga (Ólafur G. Flóvenz, 1977). Seint þetta sama ár var boruð djúp hola að Hanhóli, hola HH-1 sem er 864 m djúp, en sú hola bar ekki árangur. Þó var skorin æð á um 250 m dýpi sem var um 28°C.

Sumarið 1997 voru gerðar 6 TEM-mælingar til að mæla viðnám í nágrenni Bolungarvíkur og bentu niðurstöður þeirra mælinga til tveggja svæða þar sem viðnám var lægst, við Gil og í Hlíðardal, en þar eru engin merki um jarðhita á yfirborði (Ragna Karlsdóttir og Kristján Sæmundsson, 1998). Við Gil kom fram lágt viðnám á um 200–300 m dýpi sem þótti benda til hugsanlegs láréttis rennslis og því ber saman við hitaferil holunnar (HH-1) sem er viðsnúinn.

Árið 2006 var farið í frekari jarðhitaleit með hitastigulsborunum. Boraðar voru þrjár holur á vegum Orkubús Vestfjarða (OV-30, OV-31, OV-32) og var ein þeirra, OV-31, staðsett í Hlíðardal þar sem þekkt var lágviðnámssvæði. Hitastig í holunum er lágt og hitastigull 40–50°C/km, sem er nærri bakgrunnshitastigli á Vestfjörðum. Niðurstöður þóttu ekki gefa tilefni til frekari jarðhitaleitar í nágrenni Bolungarvíkur en að rétt væri að líta betur til Syðridals (Haukur Jóhannesson, 2006).

2.2.3 Nýjustu jarðhitarannsóknir við Bolungarvík

Í ljósi þeirra upplýsinga sem fyrir lágu þóttu ekki miklar líkur á að finna nýtilegan jarðhita í næsta nágrenni Bolungarvíkur (Haukur Jóhannesson, 2006). Helstu vonir voru bundnar við Syðridal þar sem jarðhiti er þekktur á yfirborði. Farið var yfir öll fyrirbyggjandi gögn árið 2018 og var í ljósi þeirrar athugunar talin ástæða til að kortleggja sprungur og sprungustefnur í kringum Syðridal svo rekja mætti leiðandi brot sem gætu haft áhrif á lekt í berggrunninum og þá hugsanlega á streymi heits vatns. Einnig var lagt til að bora nokkrar 70–100 m djúpar hitastigulsholur í Syðridal (Haukur Jóhannesson, 2006; Auður Agla Óladóttir og Sigurður G. Kristinsson, 2018c) í þeim tilgangi að reyna að afmarka hitauppstreymið sem kemur fram í lauginni við Gil og í holum GI-1, GI-2 og HH-1. Farið var í þessar hitastigulsboranir sumarið 2019. Lagt var til að boraðar yrðu 2–3 hitastigulsholur, 100 m djúpar. Staðsetning holnanna (sem merktar eru 1, 2 og 3) er sýnd á mynd 7. Þær voru boraðar í maí 2019 og gekk borunin eftir áætlun. Holurnar voru hitamældar og eru hitamælingarnar sýndar á myndum 8–10 en í töflu 4 má finna helstu upplýsingar.



Mynd 7. Staðsetning þriggja holna sem lagðar voru til vorið 2019 (grænar stjörnur). Bláar línur tákna brot og misgengi sem kortlögð hafa verið í tengslum við eldri verkefni á svæðinu, rauðar línur tákna ganga og fjólubláar línur eru nýlega kortlögð brot út frá loftmyndum.

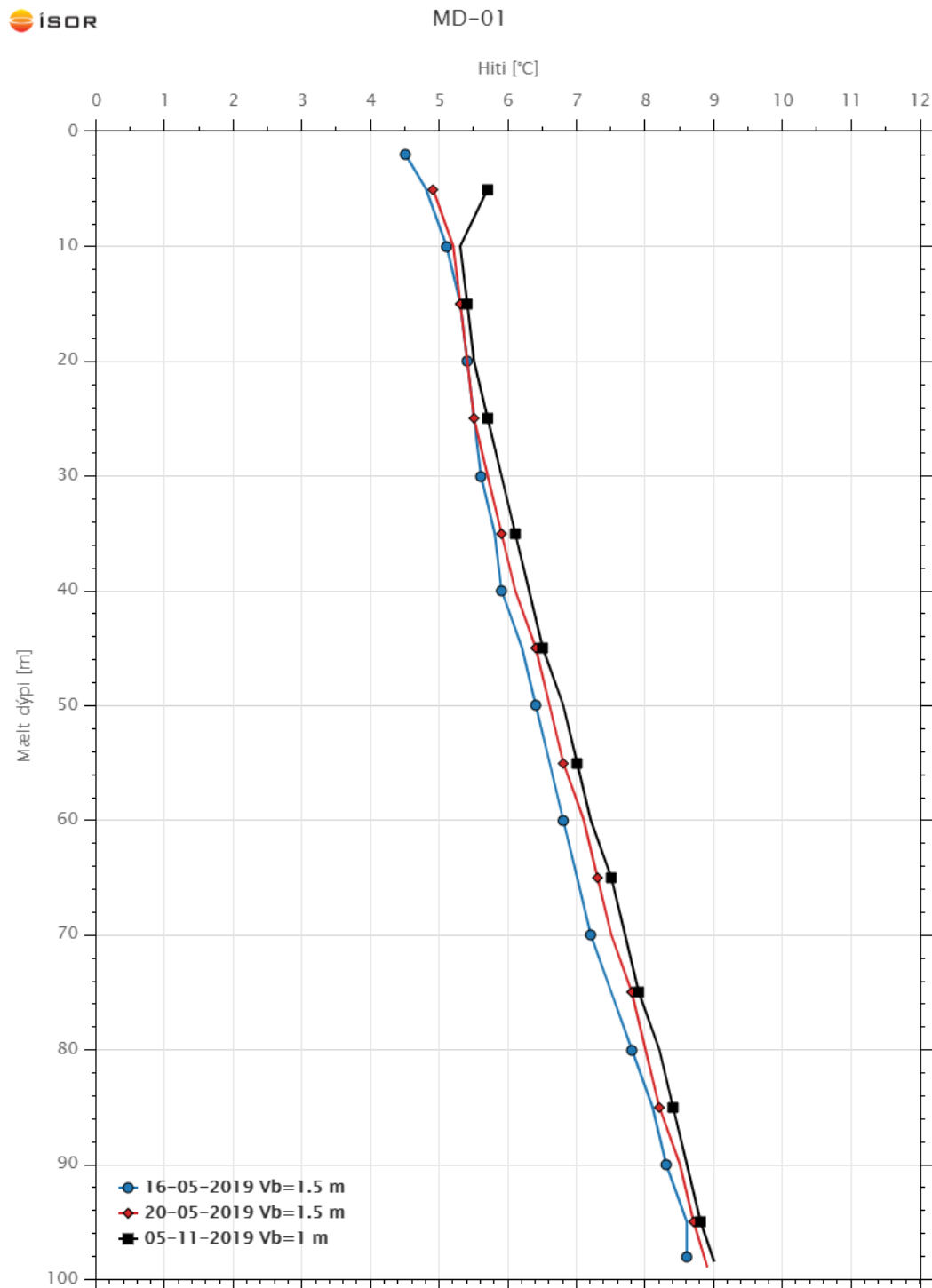
2.2.4 Nýjustu niðurstöður og framtíðarhorfur

Í stuttu máli má segja að hitastigulsboranirnar í Syðridal vorið 2019 hafi ekki gefið neinar sérstakar vonir um heitavatnsöflun í Bolungarvík að svo stöddu. Holurnar GI-3 og GI-4 eru báðar í landi Gils þar sem áður var þekktur jarðhiti á yfirborði og þær eru staðsettar út frá brotum sem kortlögð hafa verið og tekin saman en hitastigull í holunum er ekki sérlega hár. Hóla GI-3 er við veginn upp að Reiðhjallavirkjun og er hitastigull í henni um $38^{\circ}\text{C}/\text{km}$ sem er mjög lágt og vekur ekki neinar vonir um að volgt vatn sé að fá úr þeirri átt. Hóla GI-4 er mun nærri þeim stað þar sem fyrri holur á Gili og Hanhóli voru boraðar og er hitastigull hennar sýnu hærri, eða um $66^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Sá hitastigull er þó aðeins rétt um bakgrunnshitastigul á Vestfjörðum og hann einn og sér gefur ekki tilefni til áframhaldandi jarðhitaleitar á því svæði. Hóla MD-1 var staðsett út frá kortlögðum brotum og einnig vegna þess að engar holur höfðu verið boraðar vestan við Syðradalsvatn, á svæðinu milli Hanhóls í suðri og OV-30 í Múrhúsalandi að norðan. Hitastigull þeirrar holu passar mjög vel við bakgrunnshitastigulinn á Vestfjörðum en sýnir ekki merki um áhrif frá jarðhita.

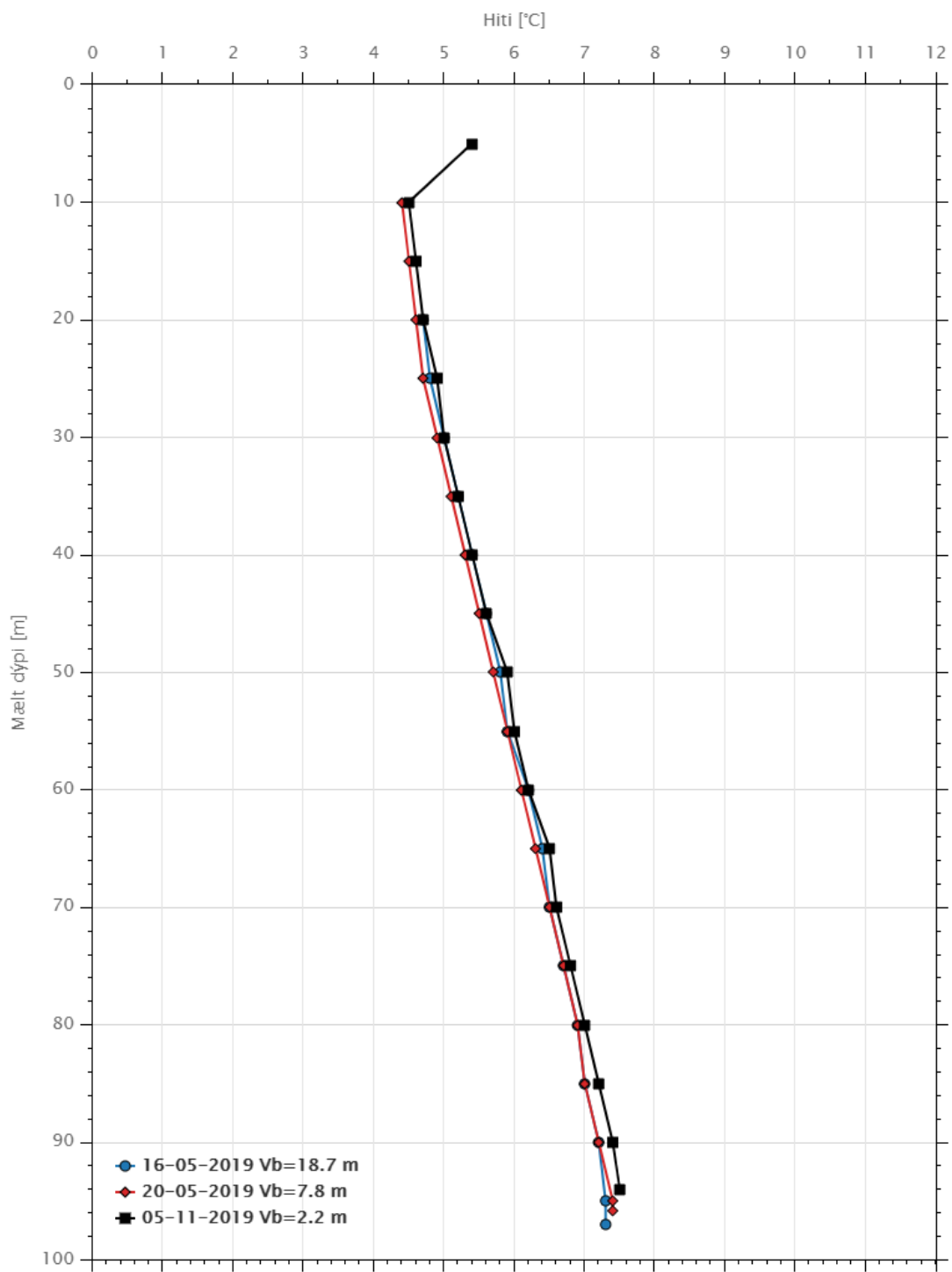
Út frá þessum hitastigulsborunum í Syðridal er ljóst að ekki tókst að nálgast uppstreymi þess jarðhita sem var á yfirborði á Gili eða varpa neinni skýringu á tilvist laugar þar. Upphaflega stóðu vonir til þess að hægt væri að staðsetja GI-4 örlítið norðar og austar en það gekk ekki vegna legu vega og deigs undirlags. Í raun má segja að athyglin nú beinist helst til austurs og norðausturs og inn undir fjöllin en þar er mjög óhægt um vik og erfitt aðgengi með bortæki.

Tafla 4. Helstu upplýsingar um holurnar sem boraðar voru vorið 2019.

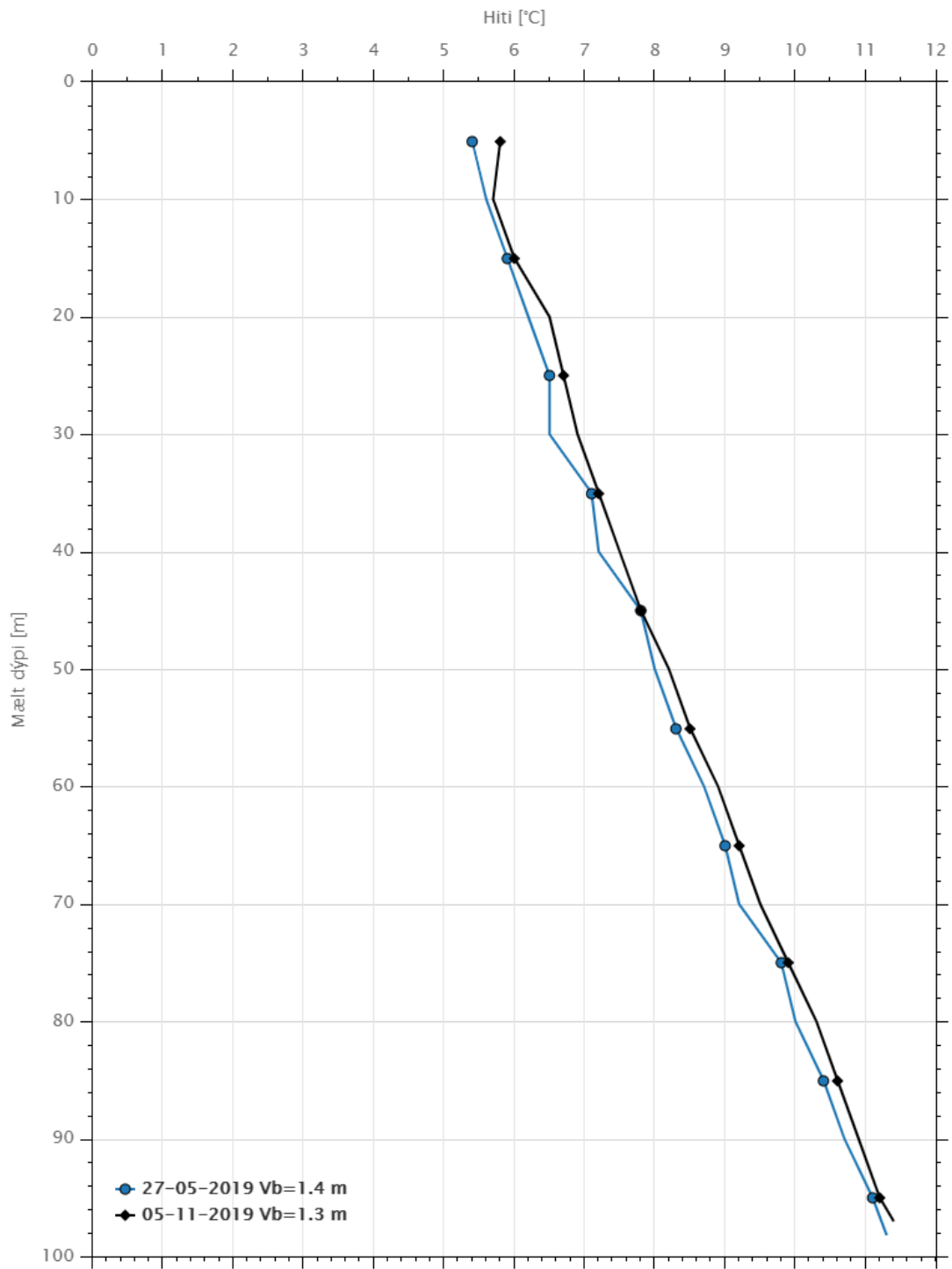
Borhola	Staðarnúmer	Lögbýli	Borár	Dýpi (m)	Stigull (°C/km)	Gæði stiguls
MD-1	35356	Miðdalur	2019	99	47	A
GI-3	35343	Gil	2019	96	38	A
GI-4	35344	Gil	2019	98	66	A



Mynd 8. Hitamælingar úr holu MD-1. Hitastigull er 47°C/km.



Mynd 9. Hitamælingar úr holu GI-3. Hitastigull er 38°C/km.



Mynd 10. Hitamælingar úr GI-4. Hitastigull er 66°C/km.

2.3 Flateyri

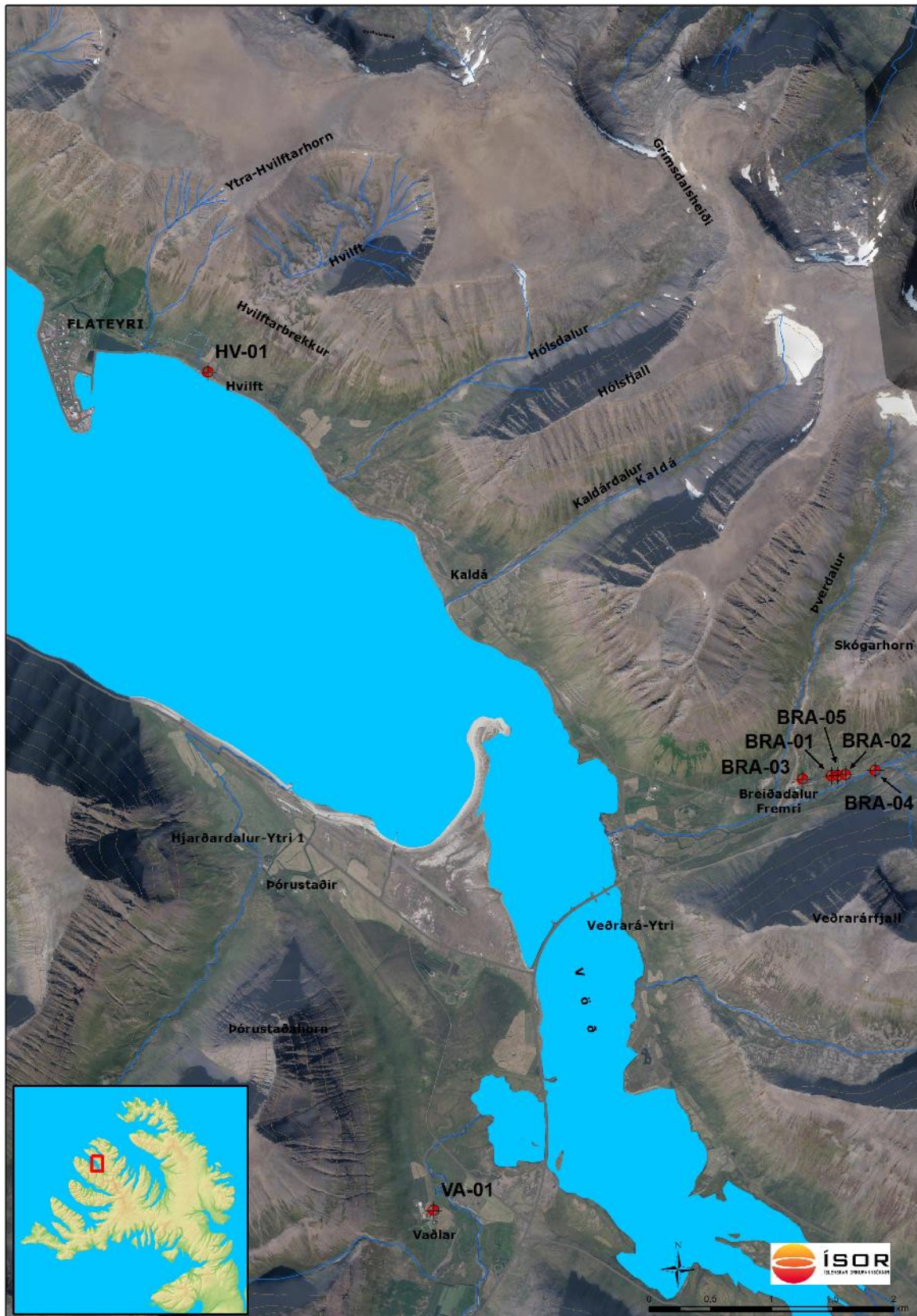
Á Flateyri rekur Orkubú Vestfjarða rafkynta fjarvarmaveitu sem þjónar upphitun í þéttbýlinu.

2.3.1 Samantekt gagna

Lítið hefur verið borað á eða nærri Flateyri í þeim tilgangi að kanna hitastigul eða jarðhita enda engar vísbendingar á yfirborði. Eina hola er við Hvilft frá 1977 og síðan voru boraðar 5 hitastigulsholur í Breiðadal árið 1998. Yfirlit um holurnar er sýnt í töflu 5 og staðsetning þeirra á mynd 11.

Tafla 5. Borholur nærri Flateyri.

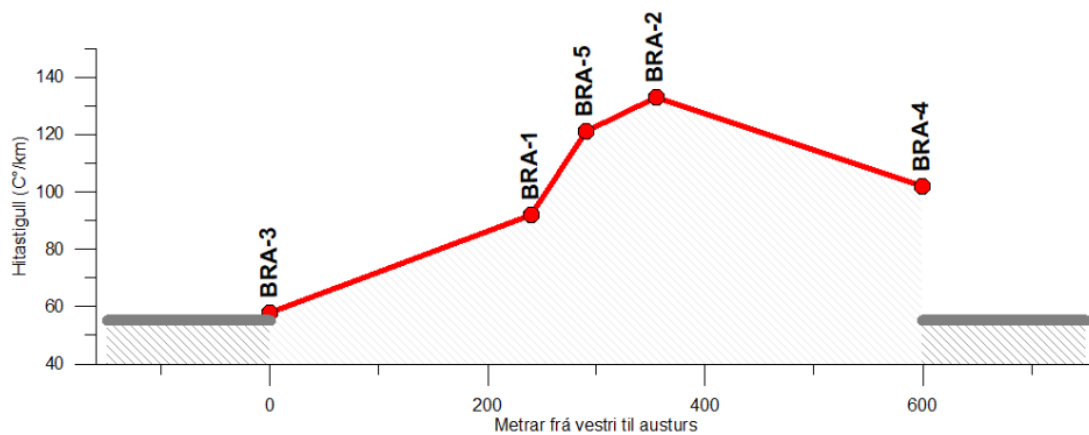
Borhola	Staðar-númer	Lögbýli	Borár	Dýpi (m)	Stigull (°C/km)	Fóðringar-dýpi	Holuvídd mest (mm)	Holuvídd minnst
BRA-1	38831	Breiðadalur fremri	1998	60	92	3	168,275	139,7
BRA-2	38832	Breiðadalur fremri	1998	60	133	9	168,275	139,7
BRA-3	38833	Breiðadalur fremri	1998	59	58	15	168,275	139,7
BRA-4	38834	Breiðadalur fremri	1998	59	102	18	168,275	139,7
BRA-5	38835	Breiðadalur fremri	1998	60	121	15	168,275	139,7
HV-1	38811	Hvilft, Öndarfirði	1977	156	45	engar mælingar		
YV-1	38851	Ytri-Veðrará				engar mælingar		



Mynd 11. Staðsetning borholna nærri Flateyri.

2.3.2 Staða jarðhitaleitar

Ekki liggja fyrir miklar jarðhitarannsóknir í Önundarfirði en þó hafa verið gerðar viðnámsmælingar og 6 hitastigulsholur verið boraðar. Árið 1976 var gerð umfangsmikil jarðhitaleit á Vestfjörðum (Ólafur G. Flóvenz, 1977) og voru við það tækifæri gerðar viðnámsmælingar á svæðinu frá Kálfeyri að Innri-Veðrará, meðfram norðurströnd Önundarfjarðar. Niðurstöðurnar bentu til að viðnámið væri í stórum dráttum svipað og annars staðar á Vestfjörðum en þó var ein athyglisverð undantekning þar sem fram kom lágviðnámslag á um 800 m dýpi við Hvilft (sem er um 1 km VSV af þorpinu á Flateyri). Í kjölfarið var boruð 156 m djúp hitastigulshola (HV-1) við Hvilft en upplýsingar úr holunni gáfu ekki til kynna annað en bakgrunnshitastigul. Innarlega í Önundarfirði, í landi Breiðadals fremri, í rúmlega 7 km fjarlægð frá þorpinu á Flateyri, hafa verið boraðar 5 hitastigulsholur, allar um 60 m djúpar, og gefa þær til kynna töluvert hærri hitastigul en almennt á Vestfjörðum, eða um 90–130°C/km, og eru niðurstöður sýndar á mynd 12. Þeirri vísbendingu hefur ekki verið fylgt frekar eftir.



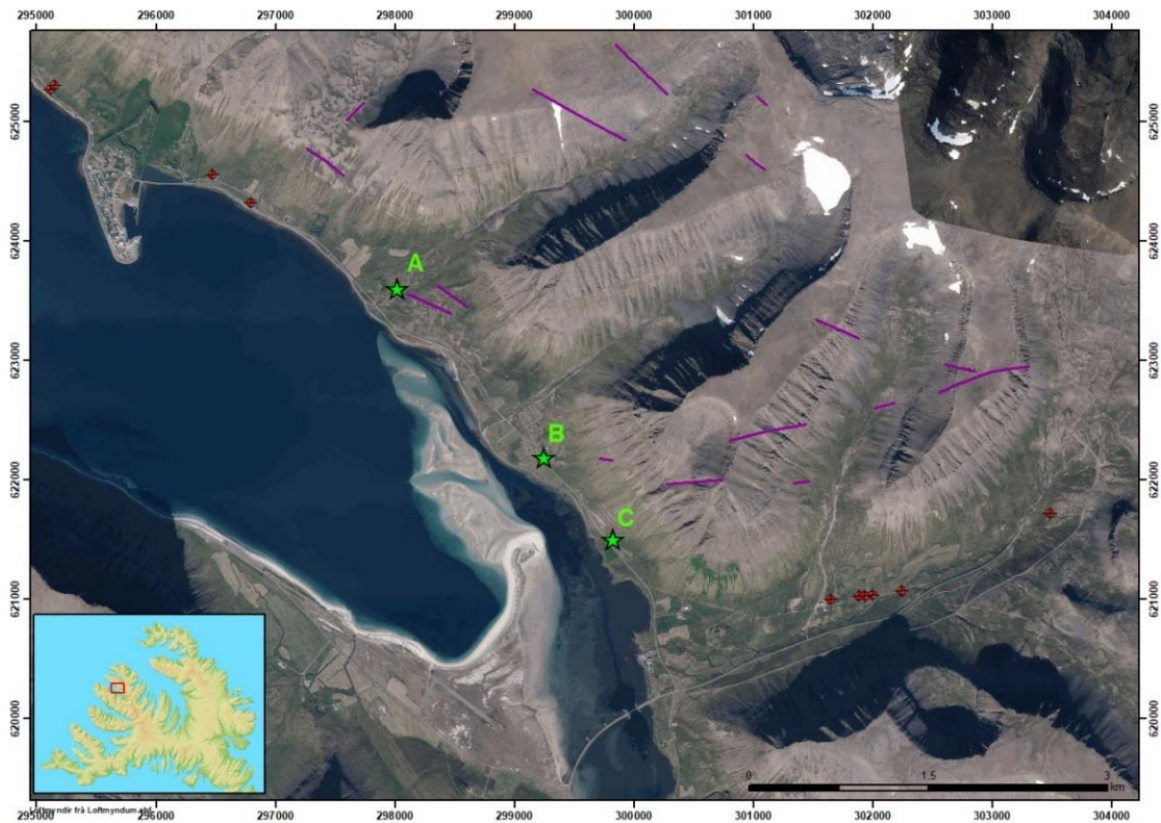
Mynd 12. Hitastigulsfrávik í Breiðadal fremri þar sem hitastigull reiknast hæstur í holu BRA-2, rúmlega 130°C/km. Svæðislægur stigull er um 55°C/km.

Árið 2001 var lagt til, af hálfu ÍSOR (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 2001), að bora 3 hitastigulsholur í grennd við Flateyri, milli Breiðadals og Hvilftar, og ef það gæfi engin merki um jarðhita væri eina von Flateyrar um heitt vatn fólgin í frekari leit í Breiðadal. Í þessar tillögur var ekki ráðist.

2.3.3 Nýjustu jarðhitarannsóknir í Önundarfirði

Engar jarðhitarannsóknir voru gerðar í Önundarfirði frá aldamótum og fram til ársins 2018 svo fyrri tillögur frá ÍSOR stóðu enn þegar verið var að skoða málin árið 2018, þ.e. að bora þrjár leitarholur milli Hvilftar og Breiðadals. Ef engar vísbendingar fengjust úr þeim um hugsanlegan jarðhita stæði eftir sá möguleiki að athuga með nánari rannsóknir í Breiðadal fremri þar sem jarðhitastigullinn vakti vonir um nýtanlegan jarðhita. Lögð var fram tillaga að staðsetningu þessara holna (Auður Agla Óladóttir og Sigurður G. Kristinsson, 2018a). Staðsetningin var sett fram með það að leiðarljósi að fá upplýsingar um svæðið milli Hvilftar og Breiðadals fremri en engar borholur voru á þessu svæði. Við þetta tækifæri voru kortlögð brot út frá loftmyndum og einnig tekin saman eldri kortlagning sem gerð hafði verið við önnur tækifæri, s.s. gangagerð og grunnvatnsleit (Hjalti Franzson, 1972; Ágúst Guðmundsson, 1991). Ljóst er að svæðið frá fjöru að fjallsbrún er víða fremur lítið á þessu svæði og ekki víða hægt

að fara með bortæki en reynt var að dreifa holunum þremur um svæðið og jafnframt að staðsetja þær við kortlögð brot. Holurnar voru boraðar sumarið 2019. Lagt var til að boraðar yrðu 2–3 hitastigulsholur, 100 m djúpar. Staðsetning þeirra er sýnd á mynd 13Mynd 7. Þær voru boraðar í byrjun júní 2019 og gekk borunin eftir áætlun. Holurnar voru hitamældar og eru hitamælingarnar sýndar á myndum 14–16.



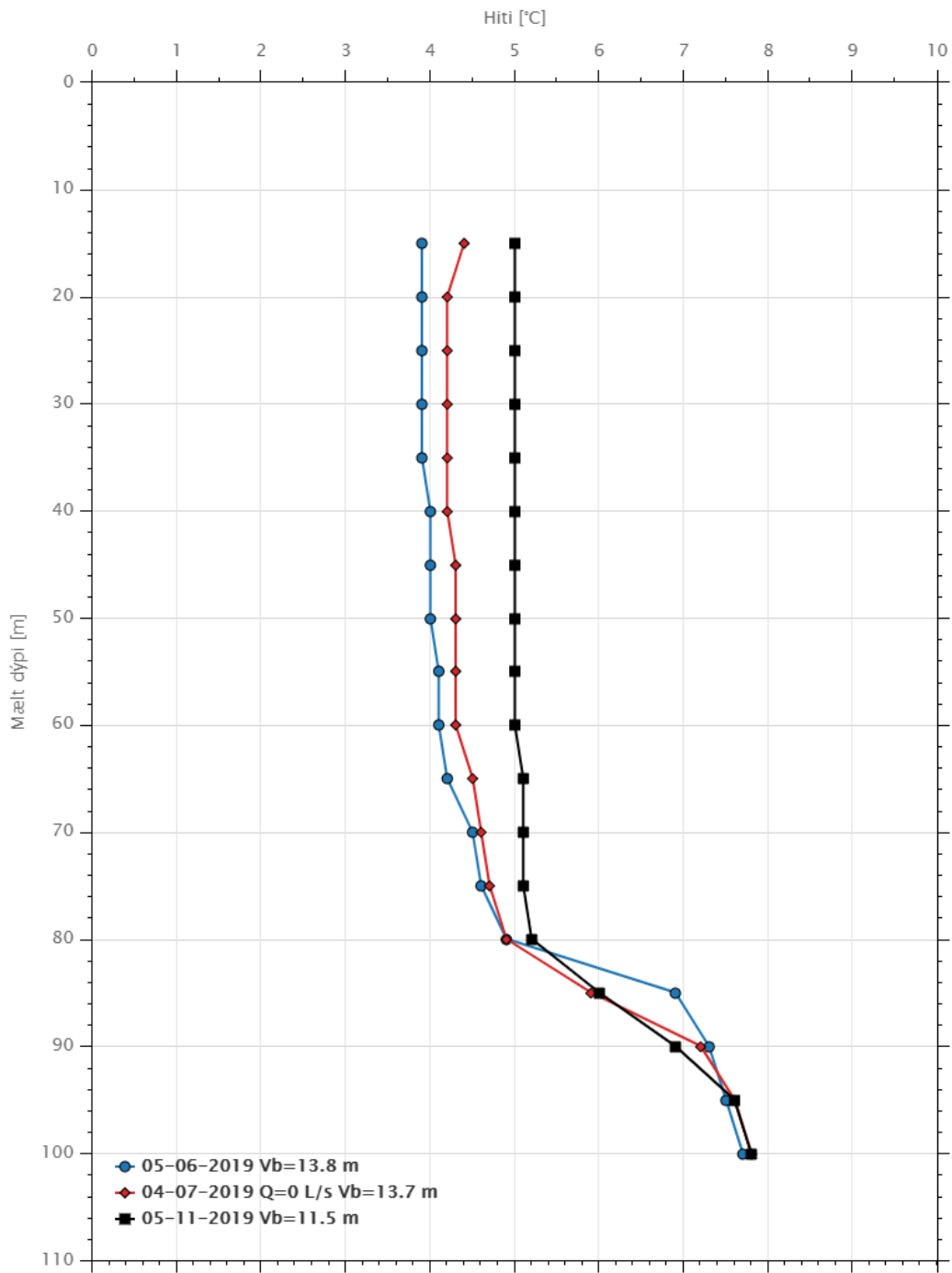
Mynd 13. Staðsetning þriggja holna sem lagt var til að bora vegna áframhaldandi jarðhitaleitar í Öfundarfirði (grænar stjörnur). Fjólubláar línur eru nýlega kortlögð brot út frá loftmyndum.

2.3.4 Nýjustu niðurstöður og framtíðarhorfur

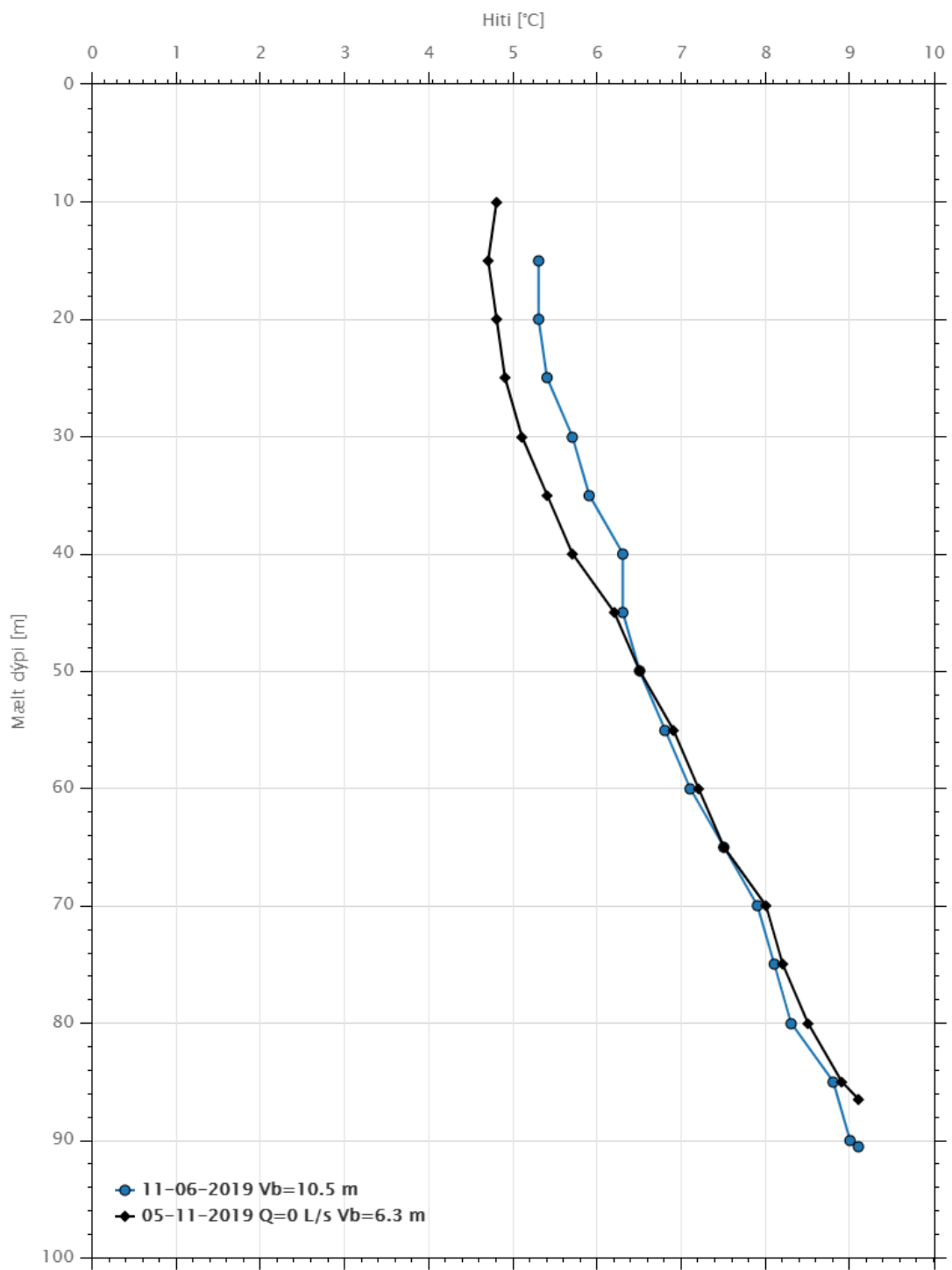
Upplýsingar um holurnar sem boraðar voru í Öfundarfirði sumarið 2019 eru sýndar í töflu 6 og niðurstöður hitamælinga á myndum 14–16. Hitamælingarnar í þeim sýna lágan hitastigul, sem samsvarar nokkurn veginn bakgrunnshitastigli á Vestfjörðum, og þessar holur gefa ekki tilefni til neinnar sérstakrar jarðhitaleitar á ströndinni milli þorpsins á Flateyri og inn að Breiðadal neðri. Þá stendur eftir sá möguleiki sem áður var nefndur og felst í frekari athugunum á jarðhitafrávikinu sem fram kom í holunum í Breiðadal fremri. Á því svæði þarf að skoða betur legu misgengja og brota og beita frekari hitastigulsborunum til að ganga úr skugga um möguleika þess svæðis.

Tafla 6. Hitastigulsholur í Öfundarfirði, boraðar sumarið 2019.

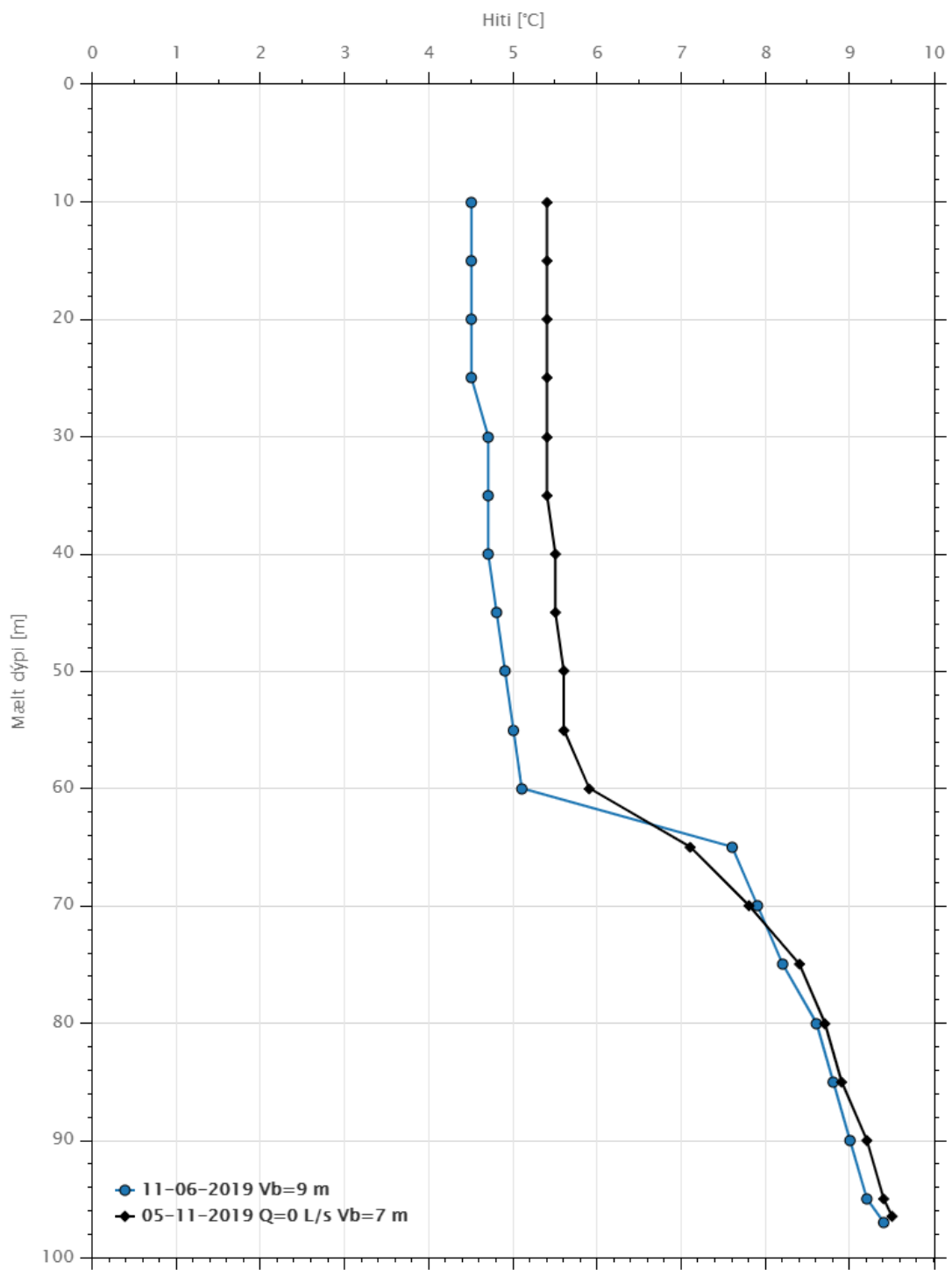
Borhola	Staðarnúmer	Lögbýli	Borár	Dýpi (m)	Stigull (°C/km)	Gæði stiguls
GA-1	38711	Garðar við Öfundarfjörð	2019	100	40	C
SK-1	38721	Sela-Kirkjuból	2019	90	70	A
NB-1	38731	Breiðadalur neðri	2019	97	51	C



Mynd 14. Hitamælingar úr holu GA-1. Niðurrennsli er í holunni niður í 80 m og er holan ekki góð hitastigulshola. Hitastigul er metinn 40°C/km.



Mynd 15. Hitamælingar úr holu SK-1. Hitastigull er metinn 70°C/km.



Mynd 16. Hitamælingar úr holu NB-1. Niðurrennsli er í holunni niður í 60 m. Holan er því ekki góð hitastigulshola. Hitastigull er metinn 51°C/km.

2.4 Patreksfjörður

Orkubú Vestfjarða rekur rafkynta fjarvarmaveitu á Patreksfirði.

2.4.1 Samantekt gagna

Borun í leit að jarðhita við Patreksfjörð hófst 1976. Í og við bæinn hafa verið boraðar 15 holur og er yfirlit um þær sýnt í töflu 7 og staðsetning þeirra á mynd 17.

Tafla 7. Yfirlit um borholur á Patreksfirði.

Borhola	Staðar-númer	Borár	Dýpi (m)	Stigull (°C/km)	Athugasemdir og gæði stiguls	Fóðringar-dýpi	Holuvídd mest (mm)	Holuvídd minnst (mm)
GE-1	36801	1976/78	400/630	44		-	200,025	142,875
GE-2	36802	1986	450	40	Léleg gæði	6,5	311,15	171,45
GE-3	36803	1987	267	-		5,9	311,15	149,225
GE-4	36804	2012	102	86	Léleg gæði	2,8	76,2	76,2
GE-5	36805	2012	63	-		3,5	76,2	76,2
GE-6	36806	2012	93	86	Botnhiti	3,5	76,2	76,2
GE-7	36807	2012	93	86		3,1	76,2	76,2
GE-8	36808	2012	9	-	Ónýt, engar mælingar	3,1	76,2	76,2
GE-9	36809	2012	93	80	Litla-Eyri, léleg gæði	12,1	76,2	76,2
GE-10	36810	2012	27	-	Ónýt	9,2	76,2	76,2
GE-11	36811	2012	93	487/ 260	Efstu 30 m / hiti í 80 m	42,6	76,2	76,2
GE-12	36812	2013	60	-	Hitamæling 25 m djúp	6	152,4	139,7
GE-13	36813	2013	100	200	C, botnhiti -4,5°C	49	152,4	114,3
VB-01	36521	1978	104	51	Góð gæði	-	200,025	165,1
VE-01	36851	2012	72	-	Fjósadalur	12,2	76,2	76,2

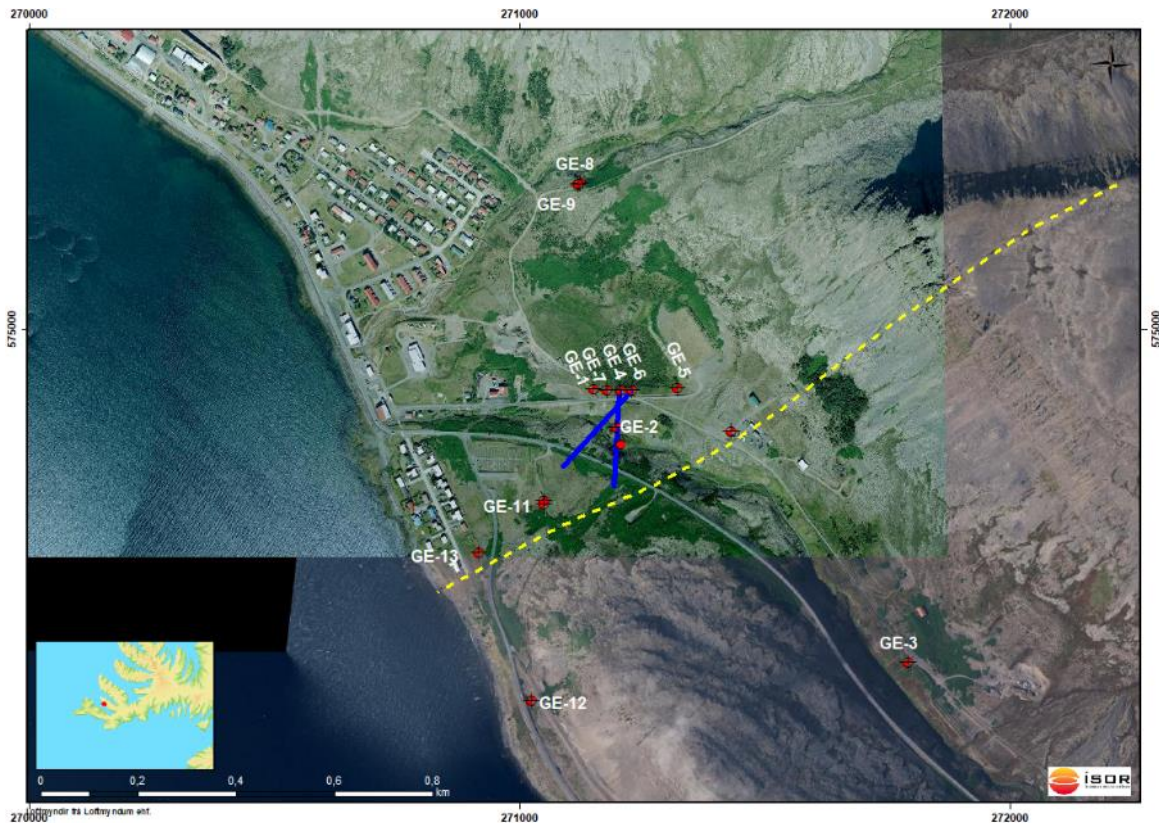


Mynd 17. Staðsetning borholna við Patreksfjörð.

2.4.2 Staða jarðhitaleitar

Jarðhiti er óverulegur á yfirborði í nágrenni við Patreksfjörð en þó eru þekktir tveir jarðhita-staðir með vissu, volgrur sem mest hafa mælst 13,8°C heitar. Volgrurnar eru báðar í Mikladal í landi Geirseyrar, í útjaðri byggðarinnar á Patreksfirði (Jón Benjamínsson, 1981; Kristján Sæmundsson, 2000; Haukur Jóhannesson, 2009, 2010). Þessar volgrur eru taldar vera tvö aðskilin kerfi þar sem önnur volgran tengist misgengi og er kennd við Hjördísarlund og hin tengist berggangi inn á Mikladal. Jarðhitamöguleikar voru kannaðir í nágrenni þéttbýlis Patreksfjarðar á áttunda og níunda áratug síðustu aldar með þremur meðaldjúpum rannsóknarholum (GE-1, GE-2 og GE-3). Holurnar voru boraðar við volgrurnar og fengist hefur um 40°C heitt vatn við Hjördísarlund en efnahiti bendir til að hiti í djúpkerfinu geti verið um 50°C (Haukur Jóhannesson, 2012). Augljóst er að mikið er af grunnvatni í jarðlagastaflanum og myndar það þykkt, kalt lag sem allt að því kæfir uppstreymið (Haukur Jóhannesson, 2012). Vísbendingar hafa komið fram um jarðhita á sjávarbotni utarlega í norðanverðum firðinum (Haukur Jóhannesson, 2014) en frekari eftirgrennslan hefur ekki leitt til staðfestingar á að um jarðhitauppstreymi sé að ræða (pers. uppl. frá Sölva Sólbergssyni, mars 2018; pers. uppl. frá Ögmundi Erlendssyni, apríl 2018).

Árin 2012 og 2013 var farið í frekari hitastigulsboranir. Fyrst voru boraðar holur GE-4 til GE-7 ofan við Drengjaholt til viðbótar við fyrri holur, í beinni línu þvert yfir bæði misgengi og berggang. Síðan voru boraðar tvær holur (GE-8 og GE-9) við Litladalsá og ein hola utan við Fjósa-dal (VE-1) en hitamælingar gefa ekki vísbendingar um jarðhita þar. Boranirnar gengu erfiðlega vegna mikils hruns en efst í hverju hraunlagi komu fram þykkir gjallkargar, algjörlega óum-myndaðir og lausir í sér og vatnsæðar víða. Holur GE-10 og GE-11 voru staðsettar undir Geirs-eyrarmúla til þess að rekja legu misgengisins (Haukur Jóhannesson, 2012). Ekki gekk að bora þá fyrri en GE-11 er næst hitauppstreyminu af öllum holum sem boraðar hafa verið á svæðinu. Að síðustu voru holur GE-12 og GE-13 boraðar 2013 til þess að skoða svæðið austar áður en einblínt yrði um of á svæðið í kringum GE-11 (Haukur Jóhannesson, 2013c). Hóla GE-12 var staðsett við þjóðveginn, hálfa leið til móts við Þúfnaeyri og var hún köld. GE-13 var staðsett í stefnu við sama berggang og GE-11 var boruð við. Hitamælingar í holu GE-13 sýna að volgt vatn (~25°C) streymir upp holuna og fer út úr henni neðan við fóðringarenda á 50 m dýpi (Haukur Jóhannesson, 2013c). Nánari staðsetningu borholna, ganga og misgengis á Patreksfirði er sýnd á mynd 18.



Mynd 18. Gangar, yfirborðsjarðhiti og misgengi við Mikladalsá. Bláu strikin eru þekktir gangar, gula línan er misgengi sem sést í farvegi Mikladalsár, rauði depillinn er yfirborðsjarðhiti í Herðísarlundi og rauðir punktar með svörtum krossi eru borholur. Myndin er endurgerð eftir mynd frá Hauki Jóhannessyni (2012).

2.4.3 Næstu skref og lausleg kostnaðaráætlun

Út frá fyrirbyggjandi gögnum um jarðhita í Patreksfirði má telja ólíklegt að finna megi jarðhita til beinnar nýtingar en góðir möguleikar virðast vera á að afla vatns fyrir varmadælukerfi og fyrirbyggjandi upplýsingar gefa tilefni til bjartsýni þar að lútandi. Fyrsta verk er að athuga hversu mikið er hægt að fá úr þeim holum sem búið er að bora. Nærtækast væri að athuga með holu GE-13, setja niður dælu og láta á það reyna hvort holan geti gefið eitthvert verulegt vatnsmagn og hver hiti þess er. Út frá niðurstöðum dæluþrófs mætti taka ákvörðun um framhaldið. Til greina kemur að dýpka holu GE-13 úr 100 m í 200–300 m og/eða bora dýpri og víðari holu á svipuðum slóðum og GE-11.

2.4.4 Kostnaðaráætlun

Í þeirri lauslegu kostnaðaráætlun sem hér kemur fram er ekki gert ráð fyrir vinnu við gerð útboðsgagna eða verklýsinga við boranir né kostnað við boranir. Hér er heldur ekki tekið tillit til samlegðaráhrifa sem gætu orðið af skoðun á fleiri en einu svæði.

Ráðgjöf og þjónusta ÍSOR - Áætlaður kostnaður, án borana, er 7 m.kr.

- Sprungukortlagning svæðisins og teikna upp með fyrirbyggjandi gögnum.
- Vettvangsferð til mælinga (segulmælingar og hitamælingar) og jarðfræðikortlagning til að ákveða hvar skuli borað. Sannreyna sprungukort.
- Afkastaprófun GE-13. OV sér um prófun undir leiðsögn og verklýsingu ÍSOR.
- Dýpkun holu GE-13 eða staðsetning og borun 700 m vinnsluholu. Jarðvísindaleg vinna, ráðgjöf, mælingar o.fl. Kostnaður við borun er sýndur í töflu 1.
- Tilfallandi borholumælingar, holusjá o.fl.
- Efnasýnataka og efnagreining á vatni til nýtingar.

3 Samantekt

Hér hafa verið teknar saman allar helstu rannsóknir á jarðhita í nágrenni Bolungarvíkur, Ísafjarðarbæjar, Flateyrar og Patreksfjarðar. Einu nýju rannsóknirnar, frá 2019, eru frá Bolungarvík og Flateyri og á báðum svæðum er ljóst að nýtanlegs jarðhita verður ekki aflað nema með töluverðum tilkostnaði og meiri leit. Á báðum stöðum eru bestu möguleikarnir í töluverðri fjarlægð frá þéttbýlinu. Á Patreksfirði eru athuganir í farvatninu á holu GE-13 og verða næstu skref ákveðin út frá niðurstöðum þeirra athugana. Ljóst er að mestu hagsmunirnir felast í jarðhitaöflun fyrir Ísafjarðarbæ og þrátt fyrir að leit hingað til hafi ekki borið árangur er talið að þar séu enn möguleikar á vinnanlegum jarðhita sem þarf að rannsaka betur.

4 Heimildir

- Auður Agla Óladóttir og Sigurður G. Kristinsson (2018a). *Jarðhitaleit á Flateyri*. Íslenskar orkurannsóknir, minnisblað, 10. desember 2018. Fyrir Orkubú Vestfjarða.
- Auður Agla Óladóttir og Sigurður G. Kristinsson (2018b). *Jarðhitaleit í Tungudal við Skutulsfjörð*. Íslenskar orkurannsóknir, minnisblað, 1. nóvember 2018. Fyrir Orkubú Vestfjarða.
- Auður Agla Óladóttir og Sigurður G. Kristinsson (2018c). *Jarðhitaleit í Bolungarvík*. Íslenskar orkurannsóknir, minnisblað, 4. desember 2018. Fyrir Orkubú Vestfjarða.
- Auður Agla Óladóttir, Steinunn Hauksdóttir og Magnús Ólafsson (2018). *Jarðhiti við þéttbýli á Vestfjörðum. Samantekt og rannsóknartillögur*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2018/031, 35 s. Unnið fyrir Orkubú Vestfjarða.
- Ágúst Guðmundsson, 1991. *Breiðdals- og Botnsheiði Tunnel. Geological report*. Vegagerð ríkisins. Orkustofnun, OS-91006/VOD-02.
- Grímur Björnsson, Kristján Sæmundsson og Ragna Karlsdóttir (1999). *Um árangur af borun holu TD-04 í Tungudal í maí til júlí 1999*. Orkustofnun, greinargerð, GrB-KS-RK-99-01A, 5 s.
- Haukur Jóhannesson (2006). *Hitastigulsboranir í Bolungarvík vorið 2006*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-06262. 19 s.
- Haukur Jóhannesson (2009). *Jarðhitaleit fyrir Patreksfjörð og Bíldudal í Vesturbyggð 2009. Yfirborðsjarðhiti*. Íslenskar orkurannsóknir, greinargerð, ÍSOR-09075.
- Haukur Jóhannesson (2010). *Vesturbyggð. Valkostir vegna heitavatnsöflunar fyrir Patreksfjörð, Bíldudal og Barðaströnd*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2010/072. 42 s.
- Haukur Jóhannesson (2012). *Hitastigulsboranir á Patreksfirði 2012*. Jarðfræðiþjónusta Hauks Jóhannessonar ehf., greinargerð, JHJ-2012/017, 54 s.
- Haukur Jóhannesson (2013a). *Borholur í Eyrarhreppi hinum forna og Ísafjarðarbæ*. Greinargerð JHJ-2013/034, 38 s.
- Haukur Jóhannesson (2013b). *Borholur í Hólshreppi – Bolungarvík*. Jarðfræðiþjónusta Hauks Jóhannessonar ehf., greinargerð, JHJ-2013/031, 12 s.
- Haukur Jóhannesson (2013c). *Borun holna GE-12 og GE-13 á Patreksfirði*. Jarðfræðiþjónusta Hauks Jóhannessonar ehf., greinargerð, JHJ-2013/010, 15 s.
- Haukur Jóhannesson (2014). *Yfirskyggðir jarðhitastaðir í Patreksfirði*. Jarðfræðiþjónusta Hauks Jóhannessonar ehf., greinargerð, JHJ-2014/022, 10 s.
- Hjalti Franzson (1972). *Neysluvatn fyrir Bolungarvík*. Reykjavík. Orkustofnun. 12 bls.
- Jón Jónsson (1962). *Skýrsla um jarðhitaathuganir við Ísafjörð*. Raforkumálastjóri Jarðhitadeild, 6 s.
- Kristján Sæmundsson, Grímur Björnsson, Ragna Karlsdóttir (1999). *Heitavatnsleit á Ísafirði*. Orkustofnun, Greinargerð 99/24, 9 s.
- Kristján Sæmundsson (2000). *Forgangsröðun jarðhitarannsókna á Vestfjörðum*. Orkustofnun, greinargerð, KS-2000-13, 6 s.
- Ólafur G. Flóvenz (1977). *Jarðhitaleit á Vestfjörðum 1976*. Orkustofnun OS JHD 7701, 94 s.

- Ólafur G. Flóvenz, Kristján Sæmundsson, Ragna Karlsdóttir og Grímur Björnsson (2001). *Tillögur að útfærslu jarðhitaleitar á Vestfjörðum árið 2001*. Orkustofnun, greinargerð, ÓGF-KS-RK-GrB-01/01, 9 s.
- Ragna Karlsdóttir (1998). *Hitastigulsboranir við Ísafjörð. Staða verkefnis í janúar 1998*. Orkustofnun, greinargerð, RK-98-01, 5 s.
- Ragna Karlsdóttir og Kristján Sæmundsson (1998). *Jarðhitaleit við Ísafjörð og Bolungarvík 1997–98*. Orkustofnun, OS-98062, 28 s.
- Skýrsla starfshóps til iðnaðarráðherra (2016). *Framtíð kyntra veitna og möguleikar til nýtingar varmadæla*. 20 bls.

Viðauki: Efnagreiningar á vatni úr holum í Tungudal og útreiknaður efnahiti

Sýni til efnagreininga hafa verið tekin úr nokkrum af holunum í Tungudal. Fimm sýni voru tekin úr holu TD-2 á árunum 1975 til 1978 og eru niðurstöður sýndar í töflu V1. Þrjú djúpsýni voru tekin 1978 úr holu TD-3 á 150, 770 og 880 m dýpi og eru niðurstöður sýndar í töflu V2. Eitt sýni var tekið úr holu TD-4 við holutopp til greininga á styrk kísils og eru niðurstöður sýndar í töflu V3. Loks voru tekin sýni úr holum OV-17 og OV-20. Úr holu OV-20 var tekið sýni 1998, og eingöngu mældur styrkur kísils, en sýni var tekið til heildargreiningar á vatni holu OV-17 í mars 2016. Dæla er í holu OV-17 og er vatnið notað til upphitunar.

Efnahiti hefur verið reiknaður á grundvelli kalsedónhitamælis með WATCH-forriti og er hann sýndur í neðstu línu hverrar töflu. Í sumum tilvikum hefur þurft að áætla sýrustig og styrk klóríðs.

Tafla V1. Efnasamsetning vatns úr holu TD-2 (styrkur efna í mg/L).

Hola	TD-2	TD-2	TD-2	TD-2	TD-2
Staður	B-34972	B-34972	B-34972	B-34972	B-34972
Sýnanúmer	19750185	19760023	19760293	19770218	19780088
Dagsetning	01.12.1975	29.02.1976	05.09.1976	21.08.1977	16.12.1978
Rennsli (L/s)	1,5		1,03		
Hiti (°C)	12	26,9	25,2	24,8	-
Sýrustig (pH/°C)	9,61 / 21	9,9 / 19	9,97 / 20	9,87 / 20	9,51 / 24
Leiðni við 25°C	444	461	490	461	490
Karbónat (CO ₂)	7,8	9,6	6,5	11,6	17,5
Kísill (SiO ₂)	59	59	59	58	60
Natríum (Na)	90,2	90,3	91,9	96,9	96,9
Kalíum (K)	0,5	0,6	0,48	0,5	0,45
Magnesíum (Mg)	0,01	0	0	0,01	0,01
Kalsíum (Ca)	3,2	4,2	3,24	3,4	3,47
Flúoríð (F)	2,17	1,92	1,85	1,75	1,49
Klóríð (Cl)	77,8	77,4	79,2	79,6	81,3
Súlfat (SO ₄)	55,1	53,4	63,5	64,6	68,4
Uppleyst efni (UE)	319	327	330	358	339
Kalsedónhiti (°C)	64	54	50	53	64

Tafla V2. Efnasamsetning vatns úr holum TD-3 og TD4 (styrkur efna í mg/L).

Hola	TD-3	TD-3	TD-3	TD-4
Staður	B-34973	B-34973	B-34973	B-34974
Sýnanúmer	19780085	19780087	19780086	19990190
Dagsetning	14.12.1978	15.12.1978	14.12.1978	06.07.1999
Dýpi (m)	150	770	870	
Rennsli (L/s)				6,5
Hiti (°C, áætlaður)	-	-	-	-
Sýrustig (pH)	8,76 / 23	9,3 / 23	9,89 / 23	-
Leiðni við 25°C	1299	1563	1587	-
Karbónat (CO ₂)	41,4	20	5,9	-
Kísill (SiO ₂)	43	55	34	74,2
Natríum (Na)	232	239	237	-
Kalíum (K)	4,8	2,0	2,2	-
Magnésíum (Mg)	0,06	0,052	0,036	-
Kalsíum (Ca)	47,1	91,3	105,1	-
Flúoríð (F)	1,22	0,29	0,15	-
Klóríð (Cl)	297	382	403	-
Súlfat (SO ₄)	175,7	189,1	186,1	-
Uppleyst efni (UE)	835	1047	1062	-
Kalsedónhiti (°C)	60	65	23	~63 ¹⁾

¹⁾: Gert ráð fyrir pH=9,8; pH-hiti 23°C; Cl=300 mg/L

Tafla V3. Efnasamsetning vatns úr holum OV-17 og OV-20 (styrkur efna í mg/L).

Hola	OV-17	OV-20
Staður	B-35017	B-35020
Sýnanúmer	20160086	19980326
Dagsetning	01.03.2016	01.06.1998
Hiti	-	30,5
Sýrustig (pH)	9,54 / 21,2	
Leiðni við 25°C	481	
Karbónat (CO ₂)	8,87	
Bór (B)	-	
Kísill (SiO ₂)	85,1	76,8
Natríum (Na)	95,8	
Kalíum (K)	1,28	
Magnésíum (Mg)	0,008	
Kalsíum (Ca)	1,92	
Flúoríð (F)	0,465	
Klóríð (Cl)	67,8	
Súlfat (SO ₄)	66,1	
Uppleyst efni (UE)	337	
Súrefnissamsætur (δO ¹⁸ ‰SMOW)	-	
Tvívetni (δD ‰SMOW)	-	
Kalsedónhiti (°C)	85	~80 ¹⁾

¹⁾: Gert ráð fyrir pH=9,5; pH-hiti=21°C; Cl=70 mg/L