

Greinargerð nr. 2019-0010

4. desember 2019



Gerlamengun í Grábrókarveitu

Niðurstöður rannsókna í kjölfar gerlamengunar í október 2019

**Sigrún Tómasdóttir, Sverrir Guðmundsson, Bjarni Reyr
Kristjánsson, Guðmundur Brynjúlfsson, Olgeir Örlygsson og
Arndís Ósk Ólafsdóttir**

Orkuveita Reykjavíkur og Veitur

Útgefandi: Orkuveita Reykjavíkur
Umsjón og ábyrgð: Sigrún Tómasdóttir

Efnisyfirlit

1	Almennar upplýsingar	1
2	Atburðir sem leiddu til suðutilmæla í Borgarbyggð og viðbrögð við þeim	3
3	Niðurstöður athugana.....	5
3.1	Veðurfarslegar aðstæður.....	5
3.2	Sýnataka í vatnstöku- og dreifikerfi Borgarbyggðar	9
3.3	Skilvirkni lýsingartækis í Dæluhúsi í Grábrók.....	11
3.4	Rannsóknarholur	12
3.4.1	Samanburður á örverugreiningum í rannsóknar- og vinnsluholum	12
3.4.2	Kolefni og næringarsölt	15
3.5	DNA greiningar	18
3.6	Mengunarálag á vatnsbólíð	19
3.7	Áframhaldandi rannsóknir.....	19
4	Samantekt niðurstaða	20
	Heimildir	21

Myndir

Mynd 1	Kort af Grábrókarsvæðinu sem sýnir staðsetningu rannsóknar- og vinnsluhola (Loftmyndin er úr loftmyndasafni Veitna).....	2
Mynd 2	Mældur hiti í Litla-Skarði og mæld sólarhringsúrkoma á Hvanneyri frá ársbyrjun 2018 (Gögn frá Veðurstofu Íslands).....	5
Mynd 3	Vatnsstaða í Hreðavatni 26.ágúst 2019 þegar það var í sem lægstu stöðu (Ljósmynd: Guðmundur Brynjúlfsson).	6
Mynd 4	Vatnsstaða í Hreðavatni 25. september 2019 þegar hækkað hafði í því og vatnið var komið á yfirfall út í Hrauná. Myndin er tekin á sama stað og mynd 3 (Ljósmynd: Guðmundur Brynjúlfsson).	6
Mynd 5	Rennsli úr holum GB-12 og GB-13 (Q [L/s]), grugg í samanlögðu rennsli holanna [NTU], vatnsborð í holu GB-10 sem liggur við vinnsluholurnar (en er ekki nýtt í vinnslu) ásamt úrkomu á Hvanneyri yfir tímabilið 15.05.2019-27.11.2019. Skráning gruggmælinga mettast við NTU=2 og fara því gildin á grafinu aldrei yfir þau mörk. Úrkomugögn eru frá Veðurstofu Íslands.	7
Mynd 6	Aðstæður sunnan við veginn að Birkihvammi þann 20. september 2019 (Ljósmynd: Helga Lára Guðmundsdóttir).	8
Mynd 7	Aðstæður við veginn að Birkihvammi þann 20. september 2019 (Ljósmynd: Helga Lára Guðmundsdóttir).	8
Mynd 8	Niðurstöður greininga á vatnssýnum úr Dæluhúsi í Grábrók og Lokahúsi í Hamarslandi (sjá einnig tafla 2). Niðurstöðurnar sýna i) grugginnihald, ii) heildar örverufjölda í hverjum mL	

samanborin við bakgrunnsgildi fyrir óblandað hraunsíað grunnvatn í Grábrókarveitu, iii) ræktanlega jarðvegsgerla í hverjum mL og vi) ræktanlega kólígerla í hverjum 100 mL. Niðurstöður eru settar fram í tímaröð og í samhengi við dagsetningar gerlaatburða (rauðmerktar), lengd suðutilmæla Veitna (rauðar örvar) og gangsetningu og rekstur lýsingabúnaðar (græn ör). Sýnatökudagar eru afmarkaðir með hornklofa og tilsvarendi mánaðardegi. Engir stöplar jafngilda 0 ræktanlegum gerlum.	10
Mynd 9 Sýnataka úr holu GB-04. Sigrún Tómasdóttir bograr yfir verkfæratösku í leit að rétta skiptilyklinum.	12
Mynd 10 Niðurstöður heildarörverugreininga í sýnunum teknum 16. og 23. október. Örvar sem sýna rennslisstefnu grunnvatns við há- og lágstöðu grunnvatnsyfirborðsins eru fengnar frá Þórólfi H. Hafstað og Bjarna Reyr Kristjánssyni (2005). Undir sýnanafninu er TCC gildið sýnt en stærð hringjanna fer eftir hlutfalli örverufjölda miðað við þann fjölda sem mældist í Hreðavatni. Nánari gildi má sjá í töflu 4.	14
Mynd 11 Niðurstöður greininga á heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) í sýnunum teknum 16. og 23. október. Örvar sem sýna rennslisstefnu grunnvatns við há- og lágstöðu grunnvatnsyfirborðsins eru fengnar frá Þórólfi H. Hafstað og Bjarna Reyr Kristjánssyni (2005). Nánari gildi má sjá í töflu 5.	16
Mynd 12 Niðurstöður greininga á magni nitrats í sýnunum teknum 16. og 23. október. Örvar sem sýna rennslisstefnu grunnvatns við há- og lágstöðu grunnvatnsyfirborðs eru fengnar frá Þórólfi H. Hafstað og Bjarna Reyr Kristjánssyni (2005). Nánari gildi má sjá í töflu 5.	17
Mynd 13 Hlutfallslegt magn örvera í ákveðnum fylkingum fyrir sýnin fjögur (Stephen Knobloch o.fl., 2019).	18
Mynd 14 Rotþrær í nágrenni við vatnsbólið í Grábrókarhrauni (gulir punktar). Upplýsingar um staðsetningu eru fengnar frá Heilbrigðiseftirliti Vesturlands. Staðsetning skolphreinsistöðvarinnar við Bifröst er sýnd með stórum appelsínugulum punkti. Gamla rotþróin sem nú er notuð sem neyðaryfirfall frá skolphreinsistöðinni er sýnd með grænum punkti.	19

Töflur

Tafla 1 Lykilstærðir og upplýsingar um vatnsveitur Veitna í Borgarbyggð (Arndís Ósk Ólafsdóttir, 2015; Úrvinnsla á mælingum Veitna og Orkuveitu Reykjavíkur).	3
Tafla 2 Niðurstöður greininga á vatnssýnum úr Dæluhúsi í Grábrók, Lokahúsi í Hamarslandi og Seleyri. Útskýringar á mæligildum er gefnar í myndatexta við Mynd 8. Niðurstöðurnar eru settar fram í tímaröð og í samhengi við sýni sem stóðust ekki neysluvatnsreglugerð 536/2001 (rauðmerkt sýni og dagsetningar). Grænmerkt sýni uppfylla reglugerðina.	11
Tafla 3 Fjöldi ræktanlegra jarðvegsgerla við 22°C í hverjum mL í borholunum GB-12 og GB-13 og í sameiginlegu flæði þeirra eftir lýsingu. Eins og sjá má á mynd 5 er rennslí að jafnaði töluvert meira úr GB-13 en GB-12.	11
Tafla 4 Örverugreiningar. TCC er heildarörverufjöldi mældur með Bactosense, HNAP er hlutfall örvera sem eru með stórar og virkar kjarnsýru af heildar örverufjölda, %TCC Hreðavatn sýnir TCC gildi í samanburði við gildið sem fékkst í Hreðavatni, Gerlaf. stendur fyrir gerlafjölda; annars vegar greindur með hefðbundinni aðferð og hins vegar R2A aðferð.	13

Tafla 5 Niðurstöður greininga á heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) og næringarsöltunum nítрати (NO_3), nítратnitri ($\text{NO}_3\text{-N}$) og nítрíti (NO_2).....	15
---	----

1 Almennar upplýsingar

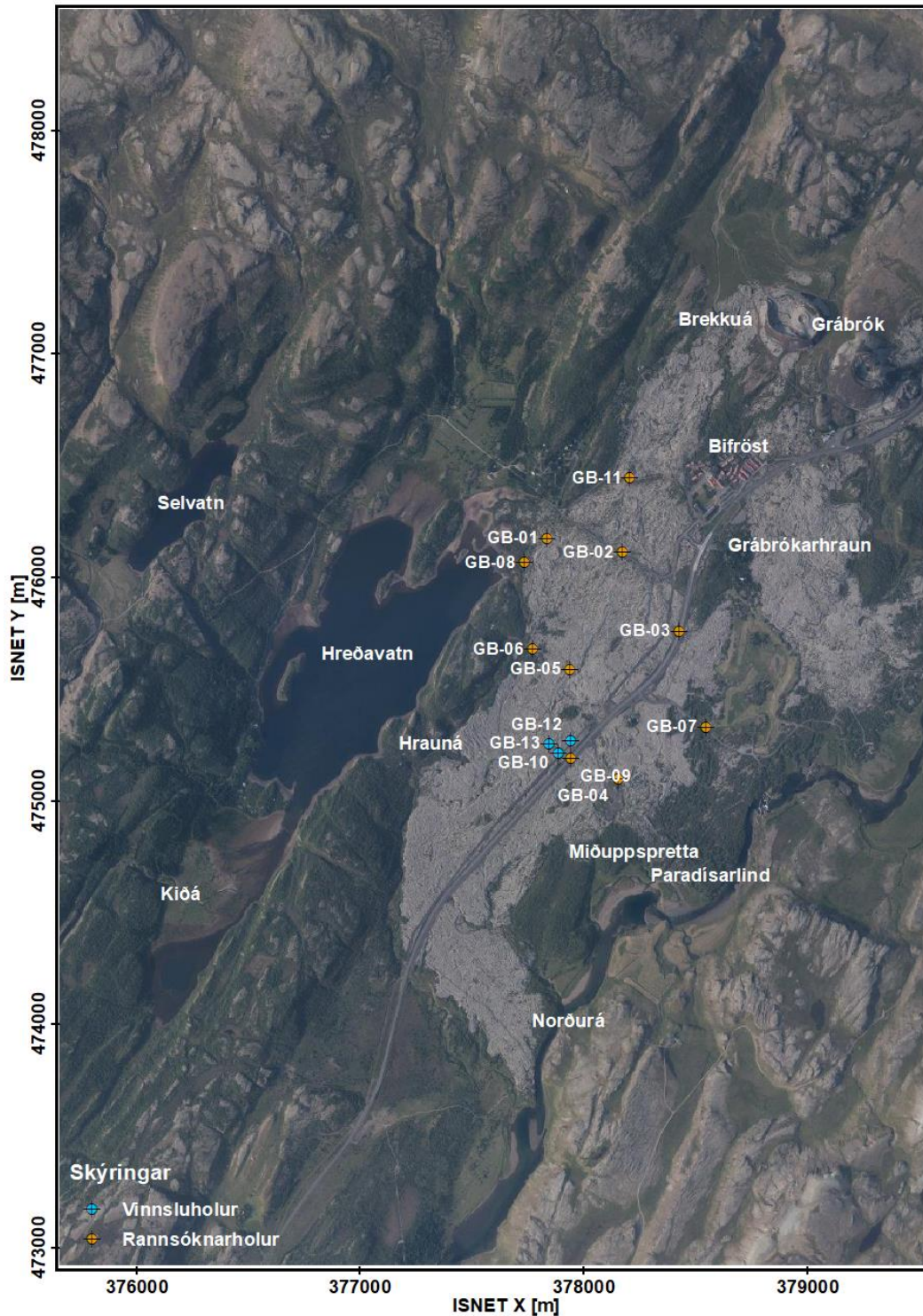
Grábrókarhraun er talið hafa myndast í eldgosi fyrir um 3600 árum síðan (t.d. Þórólfur H. Hafstað, 2003). Hraunið stíflaði bæði Norðurá og eina af þverám hennar og myndaði með því tvö uppistöðulón. Setframburður Norðarárinnar fyllti með tíma upp í annað þeirra en hitt þeirra, nú Hreðavatn, er enn nokkurs konar uppistöðulón. Grunnvatn sem rennur í gegnum Grábrókarhraun er blanda af afrennsli úr Hreðavatni, úrkomu sem á hraunið fellur og rennsli úr Brekkuá sem hverfur ofan í hraunið ofan við Bifröst en í streyminu gæti einnig leynst eitthvað vatn úr eldri sprungum (Þórólfur H. Hafstað, 2003). Rannsóknarboranir í Grábrókarhrauni hófust 2. febrúar 2004 með það að markmiði að finna heppilegan stað fyrir framtíðarvatnsból í hrauninu. Gropið hraunið þótti vænlegur kostur þar sem berggrunnur í lágsveitum Borgarbyggðar er almennt þéttur og illa vatnsgengur og því ekki vænlegur til umfangsmikillar vatnsöflunar. Bróðurpartur grunnvatnsflæðis í gegnum hraunið virðist fara eftir kargakafli neðst í hrauninu og síðan koma fram í lindum niðri við Norðurá. Þessar megin rennislisleiðir fara hugsanlega saman við fyrrum árfarvegi og aðrar lægðir sem fyrir voru í berggrunninum undir Grábrókarhrauni (Þórólfur H. Hafstað, 2003; Þórólfur H. Hafstað & Bjarni Reykr Kristjánsson, 2005). Boraðar voru tíu 24-43 m djúpar rannsóknarholur víðs vegar um hraunið og voru þær nefndar GB-01 til GB-09 og GB-11. Markmiðið var að varpa ljósi á helstu drætti í vatnajarðfræði svæðisins til að geta í kjölfarið valið vatnsöflunarholum stað. Niðurstöður þessara rannsókna leiddu til þess að þrjár 30-36 m djúpar vinnsluholur voru boraðar í hrauninu, GB-10, GB-12 og GB-13. Tvær fyrri holurnar voru boraðar í október 2004 en sú síðastnefnda í febrúar 2006. Hóla GB-11 er rannsóknarhóla ofarlega í hrauninu. Staðsetningu borhóla í hrauninu má sjá á Mynd 1. Staðsetning vinnsluhólanna var valin þannig að þær vinni einungis vatn sem á uppruna sinn í afrennsli Hreðvatns og staðbundinni úrkomu, en verða hvorki fyrir áhrifum frá Brekkuá né mögulegu afrennsli frá Bifröst (Þórólfur H. Hafstað & Bjarni Reykr Kristjánsson, 2005).

Grábrókarveita var tekin í gagnið árið 2007. Hugsunin hafði verið að aftengja þá vatnsbólið við Seleyri sem hafði verið notað fram að því, en vegna gruggvandamála sem komu upp í vatninu frá Grábrókarveitu, var ákveðið að halda Seleyri inni og hreinsidæla vinnsluholurnar í Grábrókarhrauni. Seleyri ein annar ekki vatnspörf í Borgarbyggð (sjá töflu 1). Gruggvandamál í Grábrókarveitu hefur þrátt fyrir hreinsidælingar verið þrálátt. Gruggið er frábrugðið gruggi úr öðrum vatnsveitum. Það er mjög fínt, gefur sterkan lit og og stíflar síur ört (Arndís Ósk Ólafsdóttir, 2015). Flutningsæðin er skoluð á 4 mánaða fresti og er þá tankurinn á Stóru Skógum einnig hreinsaður. Síubúnaður var settur upp haustið 2015, en rekstur hans reyndist erfiður. Vinna hóst sumarið 2019 við uppsetningu á nýjum og mun öflugri síubúnaði í dælustöðinni Grábrók. Vegna viðvarandi gruggvandamála hafa vatnstökuholur í Seleyri verið fullnýttar og vatnstöku í Grábrók jafnframt haldið í lágmarki.

Sumarið 2019 er eitt þurrasta sumar í áratugi. Þeir sem fylgst hafa með Hreðavatni og aðliggjandi lækjum í áratugi hafa aldrei séð jafn lítinn vatnsbúskap né vatnsborð í Hreðavatni svo lágt. Í ljósi þessa hefur þurft að takmarka vatnstöku í Grábrókarveitu eins og frekast er unnt, m.a. með því að keyra dælur í Seleyri á fullum afköstum (20-23 L/s) og beina þeim tilmælum til rekstraraðila ípróttá- og gólfvalla að vökva að næturlægi. Þannig hefur tekist að draga úr mestu álagstoppum og halda dælingu inn í Borgarnes frá Grábrókarveitu innan við 10 L/s frá síðasta sumri og það sem af er árinu.

Heilbrigðiseftirlit Vesturlands hefur eftirlit með vatnsgæðum í veitunni. Sýni sem ákvarða gerlainnihald í vatninu eru tekin sex sinnum á ári. Þau eru ýmist tekin í dælustöðinni Grábrókarhrauni eða á öðrum stöðum í dreifikerfinu. Vatnsgæði í Grábrókarveitu eru almennt góð

en áður en mengun mældist í sýnum teknum nú í október 2019 höfðu öll sýni nema 2 staðist gæðakröfur neysluvatnsreglugerðar 536/2001. Í hvorugt skiptanna mældist mengun í endurtekinni sýnatöku skömmu eftir og var því í hvorugt skipti gefin út suðutilkynning. Fyrra skiptið var í september 2008 og seinna skiptið var í desember 2017. Lykilstærðir og upplýsingar um vatnsveitur Veitna í Borgarbyggð má sjá í töflu 1.



Mynd 1 Kort af Grábrókarsvæðinu sem sýnir staðsetningu rannsóknar- og vinnsluhola (Loftmyndin er úr loftmyndasafni Veitna).

Tafla 1 Lykilstærðir og upplýsingar um vatnsveitur Veitna í Borgarbyggð (Arndís Ósk Ólafsdóttir, 2015; Úrvinnsla á mælingum Veitna og Orkuveitu Reykjavíkur).

Vatnstaka og vatnspörf:	
Framleitt magn fyrir Borgarnes, Bifröst og Munaðarnes	46 L/s að jafnaði á ári
Vatnspörf í Borgarnesi	20-22 L/s eftir árstíma
Álagstoppur í Borgarnesi	30 til 34 L/s árið 2019
Minnsta næturrennsli í Borgarnesi	12,5-14 L/s
Áætlaðir lekar í Borgarnesi	10-20 %
Afkastageta:	
Grábrók (getur þjónað öllum veitusvæðum)	60 L/s að hámarki en fór niður í 30 L/s við óvenju lága grunnvatnsstöðu sumarið 2019
Seleyri (takmörkuð afköst)	23 L/s að hámarki en fór niður í 20 L/s við lága grunnvatnsstöðu 2019
Háumelalindir (lítil afköst)	7 L/s að hámarki en ekki í notkun vegna hættu á gerlamengun
Vatnsvernd:	
Grábrók (almennt góð)	Þjóðvegur neðanstraums og því ágætlega varið gagnvart mengunarslysum. Óaðgengilegt og nokkuð vel varið fyrir ágangi. Annmarkar: Lítil frístundabyggð fyrir ofan vatnsból
Seleyri (óæskileg staða)	Þjóðvegur ofanstraums sem veldur mengunarógn. Svæðið opið, auðvelt yfirferðar og illa varið fyrir ágangi og óhöppum
Háumelalindir (óæskileg staða)	Viðkvæm vatnsból, opið svæði, auðvelt yfirferðar og illa varið fyrir ágangi
Vatnsgæði:	
Grábrók (góð með bættum síubúnaði og lýsingu)	Grugg frábrugðið gruggi úr öðrum vatnsveitum; meinlaust en er fínt og gefur lit. Örverumengun hefur mælst þrisvar sinnum síðan veitan var gangsett (önnur sýni hafa staðist neysluvatnsreglugerð 536/2001)
Seleyri (góð)	Lítið grugg og öll neysluvatnssýni hafa staðist gæðakröfur neysluvatnsreglugerðar 536/2001
Háumelalindir (óæskileg staða)	Hætta á gerlamengun í virkjuðum lindum

2 Atburðir sem leiddu til suðutilmæla í Borgarbyggð og viðbrögð við þeim

Greining á vatnssýni felur í sér ræktun á sýkjandi örverum með stöðluðum aðferðum á viðurkenndri rannsóknarstofu (ræktun við 22°C og staðlað æti fyrir gerlana). Við ræktun sýkjandi örvera getur myndast vísir að E.coli mengun degi eftir að sýni er tekið til greiningar. Komi fram slíkur vísir felur það í sér óstaðfestan grun um E.coli mengun. Í kjölfarið er gerð áframhaldandi ræktun á sýninu til staðfestingar (sem tekur einn dag til viðbótar, samtals tveir dagar til staðfestingar) og jafnframt tekið viðbótarsýni til að útiloka mögulega krossmengun við sýnatökuna sjálfa. Til viðbótar þarf svo þrjú daga frá upphafi greiningar til að lesa af heildar fjölda jarðvegsgerla. Heildargreining vatnssýna tekur því 3 daga. Skv. neysluvatnsreglugerð 536/2001 mega neysluvatnssýni hvorki innihalda E.coli né kóligeril og mega jarðvegsgerlar ekki fara yfir 100 stk í hverjum millilítra (mL).

Hér er farið yfir þá atburðarás sem leiddi til tilmæla Veitna um suðu á neysluvatni í Borgarbyggð í október 2019:

2. október: Vatnssýni tekið af Heilbrigðiseftirliti Vesturlands í Lokahúsi í Hamarslandi þann 2.október 2019. Lokahús í Hamarslandi er staðsett þar sem vatn frá Grábrók kemur inn í dreifikerfi í Borgarnesi.

3. október: Óstaðfestur grunur vaknar um E.coli mengun í sýni sem tekið var í reglubundinni sýnatöku daginn áður (2. október). Í ljósi þessa ákveða Veitur að senda út fréttatilkynningu með suðutilmælum og heyra sérstaklega í viðkvæmum notendum. Þetta er í fyrsta sinn sem slík tilkynning er send út til íbúa og ferðamanna á veitusvæði Veitna í Borgarbyggð. Bæði Veitur og Heilbrigðiseftirlit Vesturlands endurtaka sýnatöku til staðfestingar. Til viðbótar eru sýni til DNA tegundagreininga og greininga á heildar örveruinnihaldi tekin úr Hreðavatni, Dælustöðinni Grábrók, Lokahúsi í Hamarslandi og Seleyri.

4. október: Staðfest að um E.coli var að ræða í sýni teknu 2. október. Niðurstöður greininga á sýnum úr endurtekinni sýnatöku þann 3. október sýna að vísar um kólígerla koma ekki fram í sýnum og því hægt að útiloka E.coli mengun. Í kjölfarið var suðutilkynningu aflétt. Ákveðið er að halda reglulegri sýnatöku áfram til þess að fylgjast vel með ástandinu. Jafnframt að taka eigi hefðbundin sýni á eins til tveggja daga fresti til greiningar á rannsóknastofu Mátis ásamt sýnum til að fylgjast með breytingum á heildar örverufjölda og örveruflóru vatnsins. Tekin eru sýni bæði í Dælustöð í Grábrók (upphafspunktur miðlunar frá vatnstökusvæði Grábrókar) og Lokahúsi í Hamarslandi en taftími þar á milli er um 3 dagar. Ákveðið er að setja upp lýsingartæki í Dælustöðinni í Grábrók, en lýsing á vatni óvirkjar örverur og vinnur þannig gegn gerlamengun. Gert var ráð fyrir að það yrði komið í gagnið á næstu vikum.

4. - 6. október: Veitur taka sýni sem öll standast neysluvatnsreglugerð 536/2001.

8. október: Slökkva þarf á dælum til þess að tengja megi búnað fyrir lýsingartæki. Sýni eru tekin samhliða ræsingu á dælum.

10. október: Grunur vaknar aftur um E.coli mengun í sýnum sem voru tekin í Dælustöðinni í Grábrók seinnipartinn 8.október. Ákveðið er að senda aftur úr suðutilkynningu og hafa hana virka þar til lýsingartækið er komið í gagnið og virkni þess staðfest (áætlað 16. október).

11. október: Staðfest að tveir E.coli gerlar hafi verið í sýni teknu í Dælustöðinni í Grábrók þann 8. október og að grunur sé um E.coli í sýni teknu á sama stað þann 10. október. Þennan dag eru nýju síurnar settar í gang til prófunar ásamt lýsingartækinu. Tekin sýni úr borholunum GB-12 og GB-13, í vatni eftir lýsingu í Dælustöðinni í Grábrók og í Lokahúsi í Hamarslandi. Um kvöldið sést að sjálfhreinsun síanna gangi erfiðlega og ákveðið er að útbúa framhjálaup fyrir ósíað vatn beint inn á lýsingartækið á meðan verið er að vinna að stillingum á síubúnaði. Hleypa þarf framhjá lýsingartækinu rétt á meðan framhjálaupið er sett upp og virkjað.

12. október: Staðfest að einn E.coli gerill sé í sýni teknu í Dælustöðinni í Grábrók þann 10.október. Framhjálaup er tengt og lýsing er sett aftur í gang. Tækifærið nýtt og tankur á Stóru-Skógum þrífinn.

14.október: Ekki ræktuðust kólígerlar í neinum sýnum sem voru tekin 11., 12. og 13. október. Ræktun á sýnum teknum 11. október sýnir fram á að lýsingartæki fækkar verulega virkum jarðvegsgerlum (ræktanlegum jarðvegsgerlum fækkar og nánast hverfa).

16.október: Upplýsingar berast um að ekki hafi ræktast kólígerlar í sýnum sem voru tekin 15. október. Einnig ætti allt ólýst vatn frá Grábrók að hafa skilað sér í gegnum dreifikerfi vatnsveitunnar, þar með talið Borgarnes. Ræktun á virkum jarðvegsgerlum leiðir í ljós að lýsing á vatninu er að skila tilsettum árangri. Í ljósi alls þessa er ákveðið að aflétta suðutilmælum.

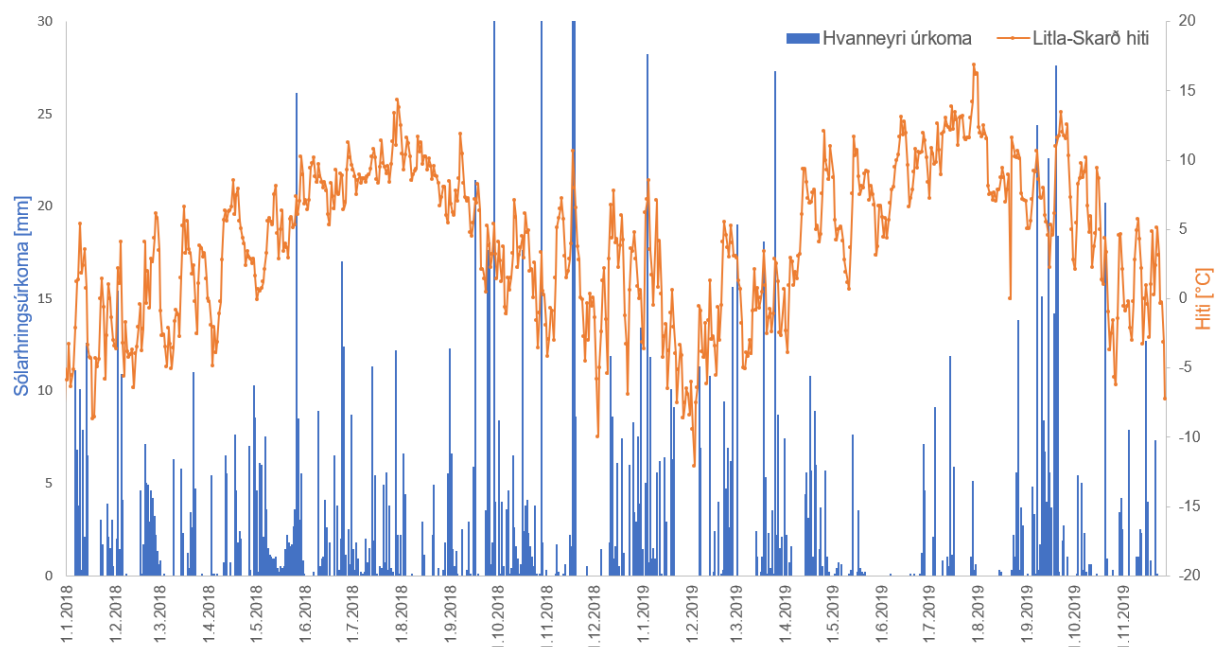
Reglulegri sýnatöku er haldið áfram og til viðbótar er farið með dælu að rannsóknarholum í hrauninu og tekin sýni úr þeim til frekari rannsókna. Niðurstöður úr sýnum teknum 16., 18., 21. og 23. október standast öll neysluvatnsreglugerð 536/2001 og benda einnig til að lýsingartækið virki eins og til er ætlast. Í ljósi þessa er örri sýnatöku hætt. Síubúnaðurinn er lagaður og tengdur aftur

í viku 43 og hefur verið í gangi síðan þá. Rekstur á síubúnaði hefur gengið ágætlega þó enn sé verið að læra á hann og stilla. Starfsmenn Veitna eru að ljúka útskolun á aðveitunni og búnir að endurtaka skolon á tankinum að Stóru-Skógum. Hann verður skolaður aftur eftir 4 mánuði skv. reglubundinni útskolunarátætlun og mun þá koma betur í ljós hvernig síubúnaðurinn er að virka.

3 Niðurstöður athugana

3.1 Veðurfarslegar aðstæður

Sumarið 2019 var eitt þurrasta sumar í áratugi. Á mynd 2 má sjá hitamælingar frá Litla-Skarði ásamt mældri sólarhringsúrkomu á Hvanneyri seinustu tvö ár. Þar sést að sumarhiti var hærri sumarið 2019 en sumarið 2018 og að nær engin úrkoma mældist í ár frá miðjum maí út júní og aftur frá miðjum júlí og nánast út ágústmánuð. Þeir sem fylgst hafa með Hreðavatni og aðliggjandi lækjum í áratugi hafa aldrei séð vatnsbúskap svona lélegan og né vatnsborð í Hreðavatni svo lágt (Mynd 3). Vatnsborðið var komið niður í 54,24 m y.s. þann 23. ágúst 2019, en til samanburðar fer vatnið á yfirfall út í Hrauná þegar það nær vatnsborðsstöðunni 56,4 m.y.s. (mynd 4), sem er um 2,2 m mismunur á vatnsborðsstöðu. Ekkert rennsli var úr Selvatni sem liggur nokkru ofar en Hreðavatnið og lækir norðan við vatnið voru alveg þurrir. Kiðáin, sem m.a. tekur við afrennsli frá Selvatni, var orðin talsvert minni en samt nægjanlega vatnsmikil til að viðhalda að því er virtist sæmilegu rennsli í Miðuppsprettu (sem staðsett er úti við Norðurá). Rennsli frá Paradísarlaut var orðið umtalsvert minna. Vegna lágrar vatnsborðsstöðu í Hreðavatni var vatnsgæfni vinnsluholanna GB-12 og GB-13 komin verulega niður. Samanlögð mesta möguleg dæling frá þeim náði einungis 30-31 l/sek sem jafnframt orsakaði niðurdrátt í holunum niður undir 37 m y.s. Til samanburðar hafði niðurdráttur í vinnsluholum sumrin tvö á undan mest farið í 39.5 m y.s.



Mynd 2 Mældur hiti í Litla-Skarði og mæld sólarhringsúrkomu á Hvanneyri frá ársbyrjun 2018 (Gögn frá Veðurstofu Íslands).

Þann 7. september hófst úrkomutíð og stóð hún yfir með hléum til 20. september. Daga 7., 14. og 19. september mældist rigning yfir 20 mm á sólarhring (sjá Mynd 5). Við þessa úrkomu

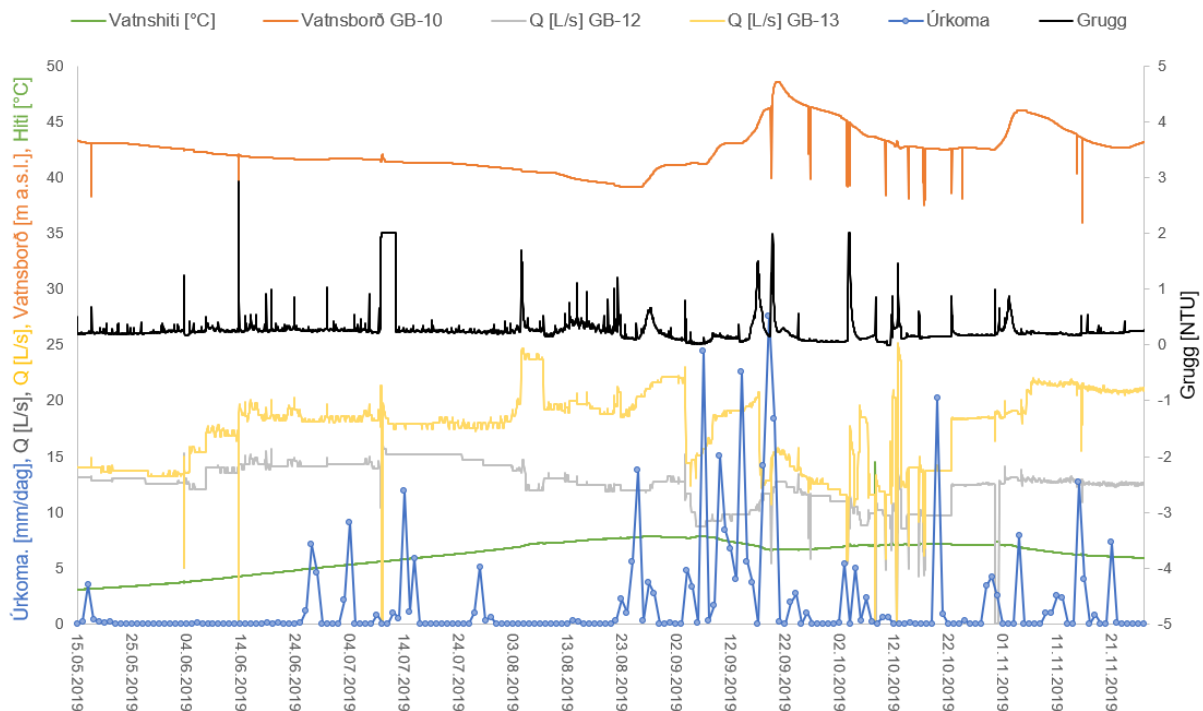
snögghækkaði vatnsborð í Hreðavatni. Stöðu þess þann 25. september má sjá á mynd 4, en hún er tekin frá sama sjónarhorni og mynd 3. Þessi mikla úrkoma gerði það að verkum að vatnsborð í borholum hækkaði hratt líka og grugg jókst. Á mynd 5 eru teknar saman breytingar á vatnsborði í holu GB-10 sem staðsett er nærri vinnsluholunum, flæði úr vinnsluholunum tveimur (GB-12 og GB-13), grugg úr samanlögðu rennsli þeirra og úrkoma yfir sama tímabil, frá 15. maí til 27. nóvember 2019. Glögglega sést hve hratt vatnsborðið hækkaði í kjölfar rigningaátburða í september.



Mynd 3 Vatnsstaða í Hreðavatni 26. ágúst 2019 þegar það var í sem lægstu stöðu (Ljósmynd: Guðmundur Brynjúlfsson).



Mynd 4 Vatnsstaða í Hreðavatni 25. september 2019 þegar hækkað hafði í því og vatnið var komið á yfirfall út í Hrauná. Myndin er tekin á sama stað og mynd 3 (Ljósmynd: Guðmundur Brynjúlfsson).



Mynd 5 Rennslí úr holum GB-12 og GB-13 (Q [L/s]), grugg í samanlögðu rennsli holanna [NTU], vatnsborð í holu GB-10 sem liggur við vinnsluholurnar (en er ekki nýtt í vinnslu) ásamt úrkomu á Hvanneyri yfir tímabilið 15.05.2019-27.11.2019. Skráning gruggmælinga metast við NTU=2 og fara því gildin á grafinu aldrei yfir þau mörk. Úrkomugögn eru frá Veðurstofu Íslands.

Samhliða því að vatnsborð í Hreðavatni hækkaði og fór á yfirfall, mettaðist vatnsviðtaka hraunsins, sem olli því að það náði ekki að taka við öllu úrkomuvatni og öðru yfirborðsrennsli og mynduðust því stórir pollar og vatnselgir á yfirborði. Helga Lára Guðmundsdóttir, eigandi sumarhúss við Birkihvamm tók ljósmyndir af aðstæðum á svæðinu eins og þær voru 20. september (myndir 6 og 7). Birkihvammur liggur uppi á Langási við Hreðavatn, en borholur GB-05 og GB-06 eru staðsettar við veginn að bústaðnum. Á myndunum má sjá mikið magn vatns á yfirborði. Þórólfur H. Hafstað og Bjarni Reykr Kristjánsson (2005) minnst á að í stórrigningum og leysingum geti grunnvatnsstraumurinn frá Brekkuárniðurfallinu þrýst sér inn í strauminn frá Hreðavatni. Við slíkar aðstæður getur vatn flætt upp úr jörð í hrauninu og runnið einhvern spöl á yfirborði. Þó er tekið fram að það sé aldrei svo að Brekkuárvatn komist í vatnsbólin sjálf, né afrennsli frá Bifrastarsvæðinu (Þórólfur H. Hafstað & Bjarni Reykr Kristjánsson, 2005).

Gljúpt hraunið síar grunnvatn sem um það flæðir, þ.e. hraunið virkar sem sía sem hreinsar óhreinindi og örverur úr grunnvatnsstraumunum. Því lengri leið sem vatn flæðir eftir grunnvatnsleiðara hraunsins, því skilvirkara er hreinsunarferlið (meiri síun). Vatn sem safnast saman á yfirborði seytlar með tímanum ofan í hraunið og berst í grunnvatnsstrauminn. Í miklum úrkomum og flóðum er ekki útilokað að hratt streymi yfirborðsvatns inn í grunnvatnsstraumana beri með sér óhreinindi og örverur af yfirborði og frá þeim efri lögum hraunsins sem grunnvatnið nær alla jafna ekki til. Af því má leiða að berist slíkt yfirborðsvatn í grunnvatnsstrauma nálægt eða við vatnstökusvæði, þá fer það lítið síað í vatnstökuholurnar.

Mælingar gefa ótvírætt til kynna að yfirborðsvatn hafi borist hratt í vatnstökuholur í kjölfar rigninga- og flóðaatburðanna (mynd 5). Greinilegt er að upphitun grunnvatnsins hættir (eins og var yfir sumarmánuðina og fram að atburðinum) og það byrjar í stað að kólna. Þetta má skýra með hröðu innstreymi yfirborðsvatns sem var kaldara en grunnvatnshitastigið á þessum tíma. Hratt innstreymi yfirborðsvatns olli jafnframt snöggri hækkun á mældu vatnsborði í GB-10.



Mynd 6 Aðstæður sunnan við veginn að Birkihvammi þann 20. september 2019 (Ljósmynd: Helga Lára Guðmundsdóttir).



Mynd 7 Aðstæður við veginn að Birkihvammi þann 20. september 2019 (Ljósmynd: Helga Lára Guðmundsdóttir).

3.2 Sýnataka í vatnstöku- og dreifikerfi Borgarbyggðar

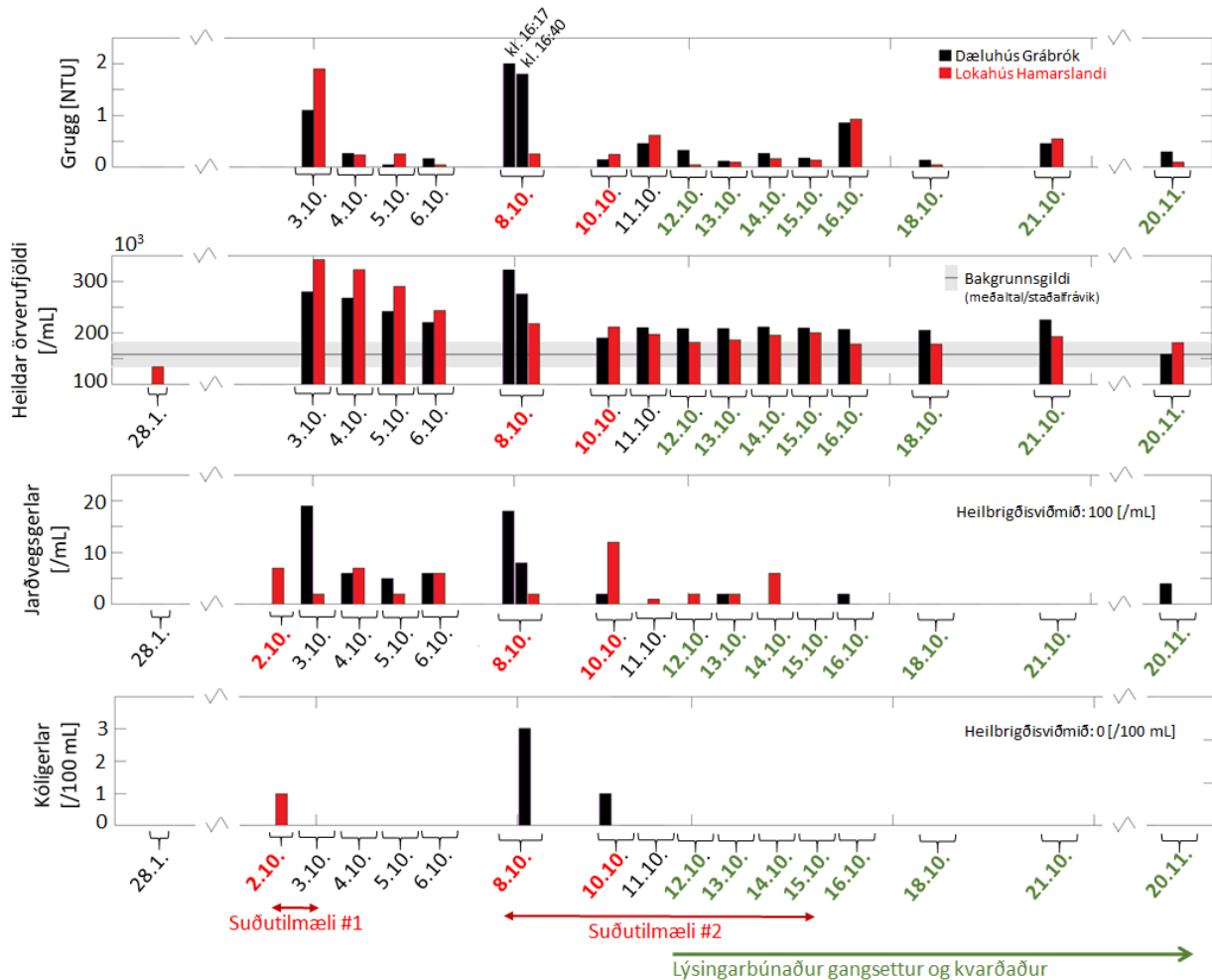
Eins og lýst er í Kafli 2 vaknaði grunur þann 3. október um E.coli mengun í vatnssýni sem var tekið í Lokahúsi í Hamarslandi deginum áður, þann 2. október. E.coli gerillinn lifir í þörmum lífvera með heitt blóð, tilheyrir kólígerlum og er notaður sem vísir á saurmengun. E.coli veldur venjulega ekki sjúkdómum en ákveðin afbrigði geta gert það og eru viðbrögð við greiningu á honum því ströng (María J. Gunnarsdóttir, 2005). E.coli getur fundist í yfirborðsvatni (sjá t.d. Pitkänen o.fl., 2011 og Kristín Elísa Guðmundsdóttir, 2012) og ef jarðvegsþekja er þunn og jarðlög lek getur mengun skilað sér í grunnvatn (María J. Gunnarsdóttir, 2005).

Í framhaldi af greiningu 3.október var ákveðið að hefja reglulega sýnatöku í bæði í Dæluhúsi í Grábrók og Lokahúsi í Hamarslandi (frá og með 3. október). Reglulegri sýnatöku var viðhaldið á þessum stöðum þar til tryggt var að vatnsgæði væru orðin góð á ný. Til viðbótar var tekið sýni í Seleyri þann 3. október, daginn þegar grunur vaknaði um gerlamengun.

Í öllum tilfellum var mælt grugginnihald vatnssýnanna og tilsvarende fjöldi sýkjandi örvera (Kóli-, E.coli og jarðvegsgerlar) fundinn með ræktun við 22°C og stöðluðu æti (stöðluð greining, sjá Kafli 2). Til viðbótar var mælt heildar örveruinnihald vatnsins með frumflæðimælingu (e. flow cytometry) í nýrri frumflæðisjá Veitna (BactoSense frá SIGRIS-PHOTOMETER AG í Swiss; Egli o.fl., 2017). Frumflæðimælingin er ólík ræktun á tilraunastofu að því leiti að hún mælir i) heildar örverufjölda í vatni (e. TCC: total cell count), þ.e. gagnlegar og skaðlausar annars vegar og sýkjandi hins vegar og greinir ekki á milli og ii) bæði örverur með virkar og óvirkar kjarnsýrur (lýsing á vatni óvirkjar kjarnsýrur). Til samanburðar hefur ræktun á tilraunastofu þann kost að greina eingöngu sýkjandi örverur með virkar kjarnsýrur, séu þær til staðar. BactoSense hefur þann stóra kost að skila niðurstöðum greininga á innan við 30 mínútum meðan greining á tilraunastofu tekur allt að þrjú daga. Greiningaraðferðirnar eru ólíkar en skila niðurstöðum sem nýtast vel saman til greiningar á eðli og breytingum á örveruflóru vatns sem verða m.a. við atburði sem orsaka gerlamengun.

Skv. neysluvatnsreglugerð 536/2001 mega neysluvatnssýni hvorki innihalda E.coli né kólígeril og jarðvegsgerlar mega ekki vera fleiri en 100 í hverjum mL. Þrjú sýni mældust með kólígerla og stóðust því ekki reglugerðina; í Lokahúsi í Hamarslandi 2. október og í Dæluhúsi í Grábrók þann 8. og 10. október (tafla 2 og mynd 8). Í öllum sýnum var heildarfjöldi sýkjandi jarðvegsgerla vel innan marka. Greiningar með frumflæðisjánni sýna umtalsverða aukningu í heildar örveruflóru vatnsins í sýnum teknum 3.-6. október og aftur 8. október; samanborið við bakgrunns mælingar sem endurspeglar eðlilegan örverufjölda í óblönduðu og hraunsiðuðu grunnvatni í vatnstökuholum Grábrókar (gerðar 28. janúar og 20. nóvember 2019 eftir nokkurra daga stillur). Örveruaukningin fylgir nokkuð vel vatnsborðsbreytingum sem komu til vegna innflæðis á yfirborðsvatni inn í grunnvatnið, en eins og má sjá út frá mynd 5 þá hefur vatnsborðið og þar með blöndun yfirborðsvatns og grunnvatns náð hámarki um 20. september og skilar sér aflíðandi út úr vatnstökuholum á vikunum eftir það. Samhliða dregur aflíðandi úr heildar örverufjölda sem færast hratt nær bakgrunns gildi ómengaðs grunnvatns um og eftir 10. október. Þess ber að geta að mældan mun á heildarörverufjölda í daglegum sýnum teknum Dæluhúsi í Grábrók annars vegar og Lokahúsi í Hamarslandi hins vegar má skýra með taftíma vatns sem er í kringum 3 dagar milli þessara tveggja mælistaða. Aukning í gruggi og örverufjölda 8. október (mynd 8) er vegna þess að þar voru tvö sýni tekin samhliða því að dælur voru ræstar. Um var að ræða einn stakan atburð sem þynntist fljótt út og olli því ekki langvarandi aukningu í heildar örverufjölda. Þrjú kólígerlar mældust í seinna sýninu sem tekið var 8. október og þar af voru tveir E.coli gerlar. Einn kólígerill/E.coli greindist í sýni frá Dælustöðinni í Grábrók frá 10. október og var það seinasta tilfellið. Kólígerlar greinast ekki í sýnum eftir 10. október og sýkjandi jarðvegsgerlum fækkar verulega með tilkomu lýsingartækis og samhliða rénun atburðar (upp úr 11. október; tafla 2, tafla

3 og mynd 8). Niðurstöður greininga á sýnum eftir að rekstur lýsingartækis náðist stöðugur undirstrika virkni lýsingar (sjá nánar í Kafli 3.3). Greiningar á vatnssýni frá Seleyri frá 3. október staðfesta að engin gerlamengun var til staðar í vatnsbólínu og vatnsgæðin voru eins og þau best verða (tafla 2).



Mynd 8 Niðurstöður greininga á vatnssýnum úr Dæluhúsi í Grábrók og Lokahúsi í Hamarslandi (sjá einnig tafla 2). Niðurstöðurnar sýna i) grugginnihald, ii) heildar örverufjölda í hverjum mL samanborin við bakgrunngildi fyrir óblandað hraunsiðað grunnvatn í Grábrókarveitu, iii) ræktanlega jarðvegsgerla í hverjum mL og vi) ræktanlega kólígerla í hverjum 100 mL. Niðurstöður eru settar fram í tímaröð og í samhengi við dagsetningar gerlaatburða (rauðmerktar), lengd suðutilmæla Veitna (rauðar örvar) og gangsetningu og rekstur lýsingabúnaðar (græn ör). Sýnatökudagar eru afmarkaðir með hornklofa og tilsvareandi mánaðardegi. Engir stöplar jafngilda 0 ræktanlegum gerlum.

Tafla 2 Niðurstöður greininga á vatnssýnum úr Dæluhúsi í Grábrók, Lokahúsi í Hamarslandi og Seleyri. Útskýringar á mæligildum er gefnar í myndatexta við Mynd 8. Niðurstöðurnar eru settar fram í tímaröð og í samhengi við sýni sem stóðust ekki neysluvatnsreglugerð 536/2001 (rauðmerkt sýni og dagsetningar). Grænmerkt sýni uppfylla reglugerðina.

Greiningar á vatnssýnum																		
Sýnatökudagur	28.1.	2.10.	3.10.	4.10.	5.10.	6.10.	8.10.	8.10.	10.10.	11.10.	12.10.	13.10.	14.10.	15.10.	16.10.	18.10.	21.10.	20.11.
Dæluhús Grábrók																		
Sýnatökutími			15:55	15:30	11:20	12:40	16:17	16:40	13:22	14:00	20:55	10:40	11:45	10:21	14:12	10:21	11:40	10:30
Grugg [NTU]			1,1	0,27	<0,1	0,17	2	1,8	0,15	0,46	0,33	0,12	0,27	0,18	0,86	0,14	0,46	0,3
Örverufjöldi x 10 ³ [/mL]			280	268	242	221	322	276	190	210	209	209	212	210	207	205	226	159
Jarðvegsgerlar [/mL]			19	6	5	6	18	8	2	0	0	2	0	0	2	0	0	4
Kóligerlar [/100 mL]			0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Þar af E.coli [/100 mL]								2	1									
Lokahús Hamarslandi																		
Sýnatökutími	~15:00	~15:00	17:00	16:13	12:31	12:00	15:03		14:02	14:45	22:00	10:58	12:15	10:58	12:48	09:20	10:47	11:15
Grugg [NTU]		0,21	1,9	0,24	0,26	<0,1	0,26		0,25	0,62	<0,1	0,1	0,17	0,14	0,93	<0,1	0,55	0,1
Örverufjöldi x 10 ³ [/mL]	135		342	323	290	244	218		212	197	182	187	196	201	179	178	193	181
Jarðvegsgerlar [/mL]	0	7	2	7	2	6	2		12	1	2	2	6	0	0	0	0	0
Kóligerlar [/100 mL]	0	1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Þar af E.coli [/100 mL]		1																
Seleyri																		
Sýnatökutími	~15:00		17:30															
Grugg [NTU]			2,4															
Örverufjöldi x 10 ³ [/mL]	13,5		18,6															
Jarðvegsgerlar [/mL]	0		0															
Kóligerlar [/100 mL]	0		0															

3.3 Skilvirkni lýsingartækis í Dæluhúsi í Grábrók

Þann 4. október var tekin ákvörðun um að setja upp lýsingartæki í Dælustöðinni í Grábrók, en lýsing á vatni óvirkjar örverur og vinnur þannig gegn gerlamengun. Veitur áttu til lýsingartæki sem flytja mátti frá borholu V-14 á Myllulækjarsvæðinu í Heiðmörk. Uppsetningu tækisins í Dælustöðinni í Grábrók lauk þann 11. október og var lýsing þá sett í gang. Samdægurs þurfti að slökkva tímabundið á lýsingunni vegna erfiðleika með siubúnað en hún var sett aftur í gang 12. október og hefur verið í gangi síðan. Til þess að meta virkni lýsingartækisins voru frá 11. október tekin fjögur sýni; úr báðum vinnsluholunum GB-12 og GB-13, inni í dælustöðinni eftir lýsingu og svo í Lokahúsinu í Hamarslandi. Niðurstöður úr greiningum á ræktanlegum gerlum við 22°C í sýnum frá 11. október til 20. nóvember má sjá í töflu 3. Eins og sjá má á mynd 5 er rennsli að jafnaði töluvert meira úr GB-13 en GB-12 og hefur hún því meira vægi. Gerlafjöldi á tímabilinu reyndist jafnan mjög lítil bæði fyrir og eftir lýsingu en þó má sjá lækkun í öllum tilfellum nema einu, þann 13. október, en þar er um mjög lág gildi að ræða.

Tafla 3 Fjöldi ræktanlegra jarðvegsgerla við 22°C í hverjum mL í borholunum GB-12 og GB-13 og í sameiginlegu flæði þeirra eftir lýsingu. Eins og sjá má á mynd 5 er rennsli að jafnaði töluvert meira úr GB-13 en GB-12.

	GB-12	GB-13	Eftir lýsingu
11.10.2019	3	8	0
13.10.2019	0	1	2
14.10.2019	2	2	0
15.10.2019	0	2	0
16.10.2019	2	3	2
18.10.2019	0	7	0
21.10.2019	0	4	0
20.11.2019	1	7	4

3.4 Rannsóknarholur

Dagana 16. og 23. október fóru starfsmenn OR og tóku sýni úr rannsóknarholum í Grábrókarhrauni (mynd 9). Markmiðið með sýnatökunni var að öðlast betri skilning á breytileika í örverufjölda í hrauninu og þannig skilvirkni síunar á vatni í grunnvatnsleiðara hraunsins ásamt því að taka sýni til greiningar á heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) og næringarsalta. Farið var með dælu sem komið var fyrir neðan við vatnsborð. Dælt var úr holunum þangað til tært vatn fékkst. Þetta var gert til þess að koma í veg fyrir að fá staðið vatn í sýnin sem ekki myndi gefa rétta mynd af grunnvatnsaðstæðum í nágrenni borholunnar.

Þessum kafla er skipt í undirkafla um örverugreiningar annars vegar og kolefnis- og næringarsaltagreiningar hins vegar.



Mynd 9 Sýnataka úr holu GB-04. Sigrún Tómasdóttir bograr yfir verkfærátösku í leit að rétta skiptilyklinum.

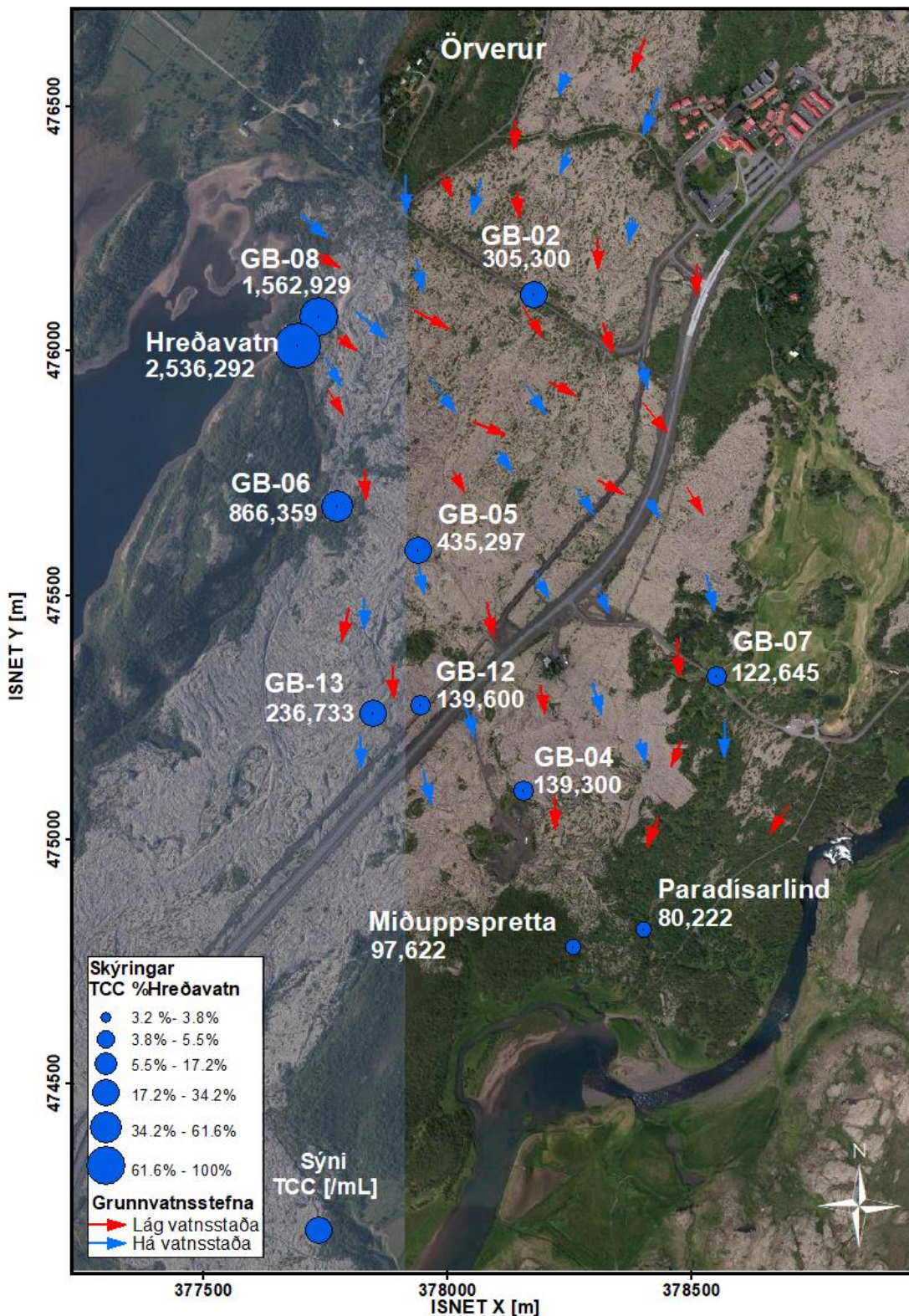
3.4.1 Samanburður á örverugreiningum í rannsóknar- og vinnsluholum

Örverusýnin voru greind með þremur aðferðum; í fyrsta lagi hefðbundinni ræktun á rannsóknarstofu Matís sem lýst er í köflunum hér á undan, í öðru lagi svokallaðri R2A greiningu þar sem sýnin eru ræktuð í 14 daga og í þriðja lagi með greiningum í frumflæðisjanni Bactosense. Niðurstöður greininga má sjá í töflu 4. Niðurstöður sýna að heildar örverufjöldi (TCC) minnkar hratt með fjarlægð í rennslisstefnu frá Hreðavatni að lindunum við Norðurá. Í vinnsluholunum er fjöldinn orðinn milli 5.5% og 9.3% af því magni sem greinist í Hreðavatni. Töluvert magn finnst af E.coli í Hreðavatni sjálfu en einungis í tveimur af rannsóknarholunum, GB-08 og GB-02. Eins og áður var minnst á getur E.coli fundist í yfirborðsvatni (sjá t.d. Pitkänen o.fl., 2011 og Kristín Elísa Guðmundsdóttir, 2012) og ef jarðvegsþekja er þunn og jarðlög lek getur mengun skilað sér í grunnvatn (María J. Gunnarsdóttir, 2005). Heildarörverufjöldi (TCC) í rannsóknar- og vinnsluholum í Grábrókarhrauni er sýndur myndrænt á mynd 10 ásamt örvum sem sýna rennslisstefnu grunnvatns í há- og lágstöðu grunnvatnsyfirborðs.

Tafla 4 Örverugreiningar. TCC er heildarörverufjöldi mældur með Bactosense, HNAP er hlutfall örvera sem eru með stórar og virkar kjarnsýru af heildar örverufjölda, %TCC Hreðavatn sýnir TCC gildi í samanburði við gildið sem fékkst í Hreðavatni, Gerlaf. stendur fyrir gerlafjölda; annars vegar greindur með hefðbundinni aðferð og hins vegar R2A aðferð.

Sýnatöku- staður	TCC [mL]	HNAP [%]	%TCC Hreðavatn	E.coli 100 ml síun	Gerlaf. @ 22° í 1 ml	Gerlaf. @ 22° C við síun (R2A)	Kólígerlar í 100 ml síun	Grugg [NTU]
Hreðavatn	2,536,292	80.00%	100.00%	58	130	720	58	0.95
GB-08	1,562,929	68.74%	61.62%	1	72	3,600	1	21
GB-06	866,359	69.23%	34.16%	0	88	430	3	8.6
GB-02	305,300	45.43%	12.04%	2	14	140	2	0.66
GB-05	435,297	54.85%	17.16%	0	0	95	0	0.17
GB-13	236,733	50.07%	9.33%	0	3	44	0	1.1
GB-12	139,600	38.88%	5.50%	0	2	28	0	0.66
GB-04	139,300	35.42%	5.49%	0	2	34	0	2.8
GB-07	122,645	32.91%	4.84%	0	12	270	0	26
Paradísar- lind	80,222	25.15%	3.16%	0	31	900	0	<0.1
Miðupp- spretta	97,622	27.30%	3.85%	0	2	35	0	0.14

Frumflæðsjaín býður upp greiningu örvera í tvo vel aðskilda megin flokka (Egli o.fl., 2017), þ.e. örverur með litlar og lítið virkar kjarnsýrur og hins vegar örverur með stærri og virkari kjarnsýrur. HNAP er hlutfall þeirra síðarnefndu af heildar örverufjölda. Almennu eru stærri örverur taldar til hóps virkari örvera og minni örverur til minna virkra (t.d. Liu o.fl., 2013). Mynd 10 og tafla 4 sýna síunaráhrifin sem hraunið hefur á vatnið sem þar rennur í gegnum. Bæði minnkar heildarfjöldi örvera (TCC) með fjarlægð frá vatninu en einnig hlutfall stærri örvera með stórar og virkar kjarnsýrur (HNAP), sem bendir til enn skilvirkari síunar á stærri og virkari örverum en þeim smærri. E.coli gerillinn og gerlarnir sem honum fylgja falla ofarlega í hóp stærri og virkari örvera. Gerlafjöldi sem mælist við hefðbundna ræktun við 22°C er hæstur í Hreðavatni og borholum næst vatninu (GB-08, GB-06 og GB-02), lækkar svo er neðar kemur en hækkar svo aftur í holu GB-07 og Paradísarlind. Út frá örvum sem sýna grunnvatnsstefnu má hugsa sér að á þessum síðastnefndu stöðum sé farið að gæta áhrifa Brekkuárinnar og hugsanlega afrennslis frá Bifröst, sem ekki gætir á stöðum sem sýna lægri gildi. Sjá má að einnig ræktast fleiri gerlar á þessum tveimur stöðum við R2A greininguna en í t.d. holu GB-04, GB-05, Miðuppsprettu og vinnsluholum. Í lýsingum á jarðlagagerð í rannsóknarholunum sem birtar eru í greinargerð frá Þórólfi H. Hafstað og Bjarna Reykr Kristjánssyni (2006) er óhreinindum, sem líklega eigi uppruna sinn í framburði og aur frá Brekkuánni, einmitt lýst í holum GB-02, GB-03 og GB-07. Þessi óhreinindi fundust ekki í öðrum holum. Borhola GB-03 (sjá mynd 1) var boruð við Þjóðveg eitt skömmu neðan við veginn sem liggur að Hreðavatni, en er nú ófinnanleg. Líklega hefur hún farið undir vegfláa við framkvæmdir við Þjóðveginn.



Mynd 10 Niðurstöður heildarörverugreininga í sýnunum teknum 16. og 23. október. Örvar sem sýna rennissstefnu grunnvatns við há- og lágstöðu grunnvatnsyfirborðsins eru fengnar frá Þórólfi H. Hafstað og Bjarna Reyri Kristjánssyni (2005). Undir sýnanafninu er TCC gildið sýnt en stærð hringjanna fer eftir hlutfalli örverufjölda miðað við þann fjölda sem mældist í Hreðavatni. Nánari gildi má sjá í töflu 4.

3.4.2 Kolefni og næringarsölt

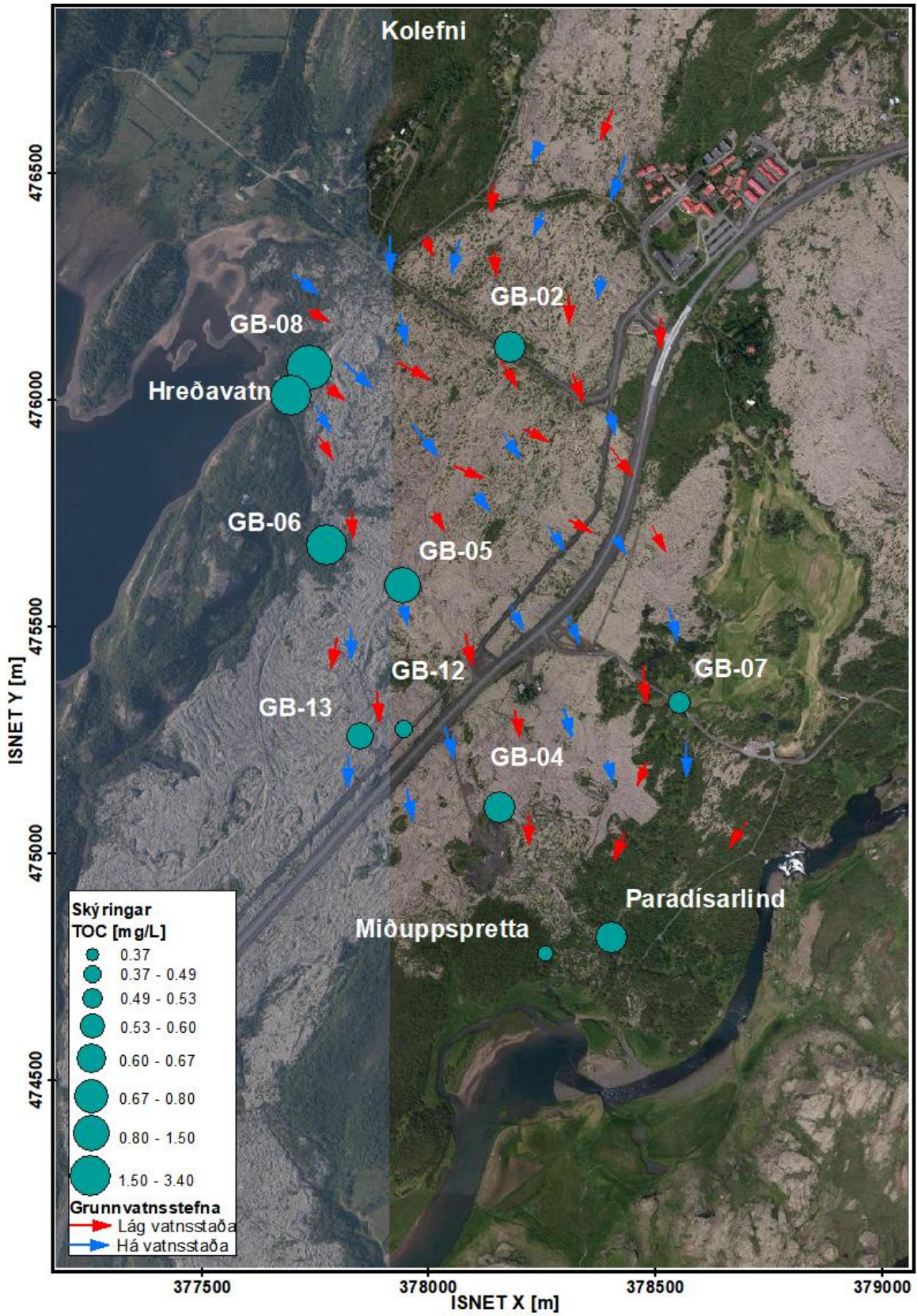
Sýni sem tekin voru dagana 16. og 23. október voru send til ALS í Svíþjóð til greiningar á heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) og næringarsöltum (nitrati og nítríti). Niðurstöður greininga má sjá í töflu 5. Nítratstyrkur er í öllum tilfellum langt undir hámarks leyfilegum gildum og nítrít er undir greiningarmörkum í öllum tilfellum. Styrkur kolefnis, nítrats og nítríts í vinnsluholunum frá þessari sýnatöku er ekki frábrugðinn þeim gildum sem áður hafa sést í veitunni. Þrátt fyrir að styrkurinn sé innan leyfilegra marka í öllum sýnum má sjá að það er greinilegur breytileiki á milli sýna. Myndir 11 og 12 sýna breytileika í heildarmagni lífræns kolefnis og nítrats í sýnunum.

Nítrat finnst sem náttúrulegt næringarefni í plöntum og er einnig myndað í spendýrum, þar með talið mannfólki. Það getur borist með yfirborðs- og grunnvatni vegna t.d. nálægðar við landbúnað (níturat er mikið notað í ólífrænan áburð) eða nálægðar við fráveituaffall (WHO, 2011). Sem dæmi er mældur heildarstyrkur nitursambanda í hreinsuðu skólpi frá skolphreinsistöðinni við Bifröst á bilinu 4 til 10 mg/L (Verkís, 2019). Skv. neysluvatnsreglugerð 536/2001 má magn nítrats ekki fara yfir 50 mg/L og magn nítríts ekki fara yfir 0.5 mg/L. Styrkur nitursambandanna er áberandi hæstur í holu GB-07 sem bendir til þess að sú hola verði fyrir áhrifum af skolpi sem að öllum líkindum berst frá byggðinni við Bifröst. Grunnvatnsrennslið heldur síðan áfram suður í átt að Paradísarlind og Miðuppsprettu þar sem þessi áhrif þynnast út vegna áhrifa frá vestari grunnvatnsstraumnum.

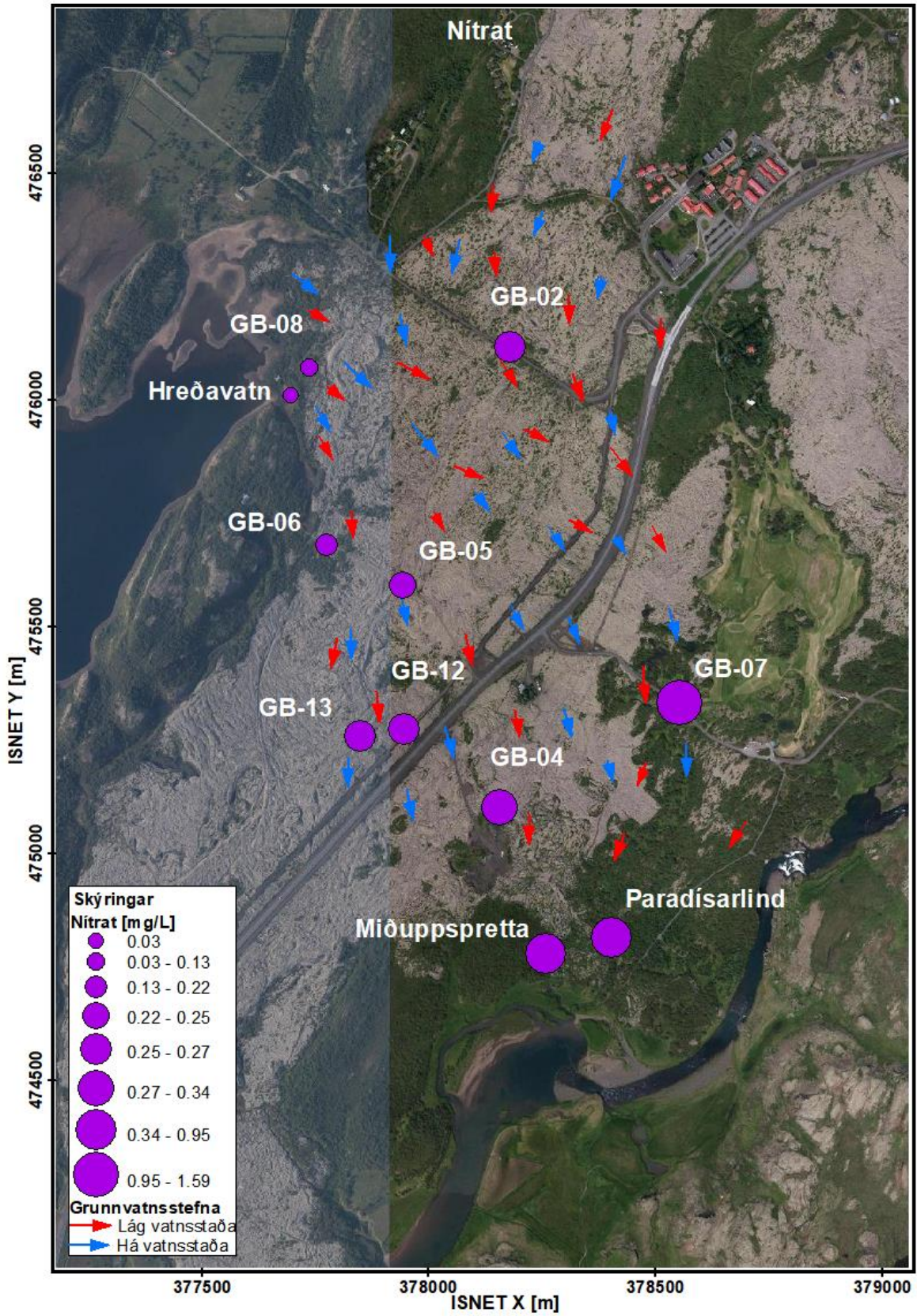
Ekki er ákveðið hámarksgildi fyrir heildarmagn lífræns kolefnis en í eftirliti með vatnsgæðum er skoðað hvort einhver óeðlileg breyting eigi sér stað milli sýna. Lífrænt kolefni á sér þrens konar uppruna í Grábrókarhrauni. Það kemur í fyrsta lagi frá Hreðavatni, í öðru lagi úr jarðvegi ofan á hrauninu og í þriðja lagi úr jarðvegi sem liggur undir hrauninu. Lífrænt kolefni er væntanlega stöðugt að berast inn í hraunið úr vatninu en til þess að það berist niður í hraunið úr jarðvegi þarf til úrkomu eða að grunnvatnið nái upp úr berginu og í jarðveginn á yfirborði hraunsins. Jarðvegurinn undir hrauninu ætti ekki að bæta mikið í grunnvatnið í venjulegu grunnvatnsrennsli vegna þess hversu hægt rennslið er en við dælingu úr borholunum hraðar mikið á grunnvatninu og þá getur það borið þennan forna jarðveg með sér inn í holurnar. Tafla 5 og mynd 11 sýna að heildarmagn lífræns kolefnis lækkar frá holu GB-08 og Hreðavatni og niður að Miðuppsprettu. Tiltölulega stöðug gildi virðast vera fyrir GB-02, GB-07, GB-04 og Paradísarlind. Þegar sýnin voru tekin var langt liðið frá flóðum úr Hreðavatni og minnkandi styrk lífræns kolefnis í átt frá vatninu má skýra með síun í hrauninu við rennsli grunnvatnsins um það.

Tafla 5 Niðurstöður greininga á heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) og næringarsöltunum nitrati (NO_3), nítratnitri ($\text{NO}_3\text{-N}$) og nítríti (NO_2).

Sýnatökustaður	Dagsetning	TOC [mg/L]	Nítrat (NO_3) [mg/L]	Nítratnitur ($\text{NO}_3\text{-N}$) [mg/L]	Nítrít (NO_2) [mg/L]
Hreðavatn	23.10.2019	1.5	0.0266	0.006	<0.0050
GB-08	23.10.2019	3.4	0.133	0.03	<0.0050
GB-06	16.10.2019	1.20	0.22	0.05	<0.0050
GB-02	23.10.2019	0.67	0.261	0.059	<0.0050
GB-05	16.10.2019	0.80	0.25	0.06	<0.0050
GB-13	16.10.2019	0.60	0.27	0.06	<0.0050
GB-12	16.10.2019	0.49	0.27	0.06	<0.0050
GB-04	16.10.2019	0.64	0.34	0.08	<0.0050
GB-07	16.10.2019	0.53	1.59	0.36	<0.0050
Paradísarlind	16.10.2019	0.67	0.95	0.22	<0.0050
Miðuppsprettu	16.10.2019	0.37	0.68	0.15	<0.0050



Mynd 11 Niðurstöður greininga á heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) í sýnunum teknum 16. og 23. október. Örvar sem sýna rennlisstefnu grunnvatns við há- og lágstöðu grunnvatnsyfirborðsins eru fengnar frá Þórólfi H. Hafstað og Bjarna Reyrr Kristjánssyni (2005). Nánari gildi má sjá í töflu 5.

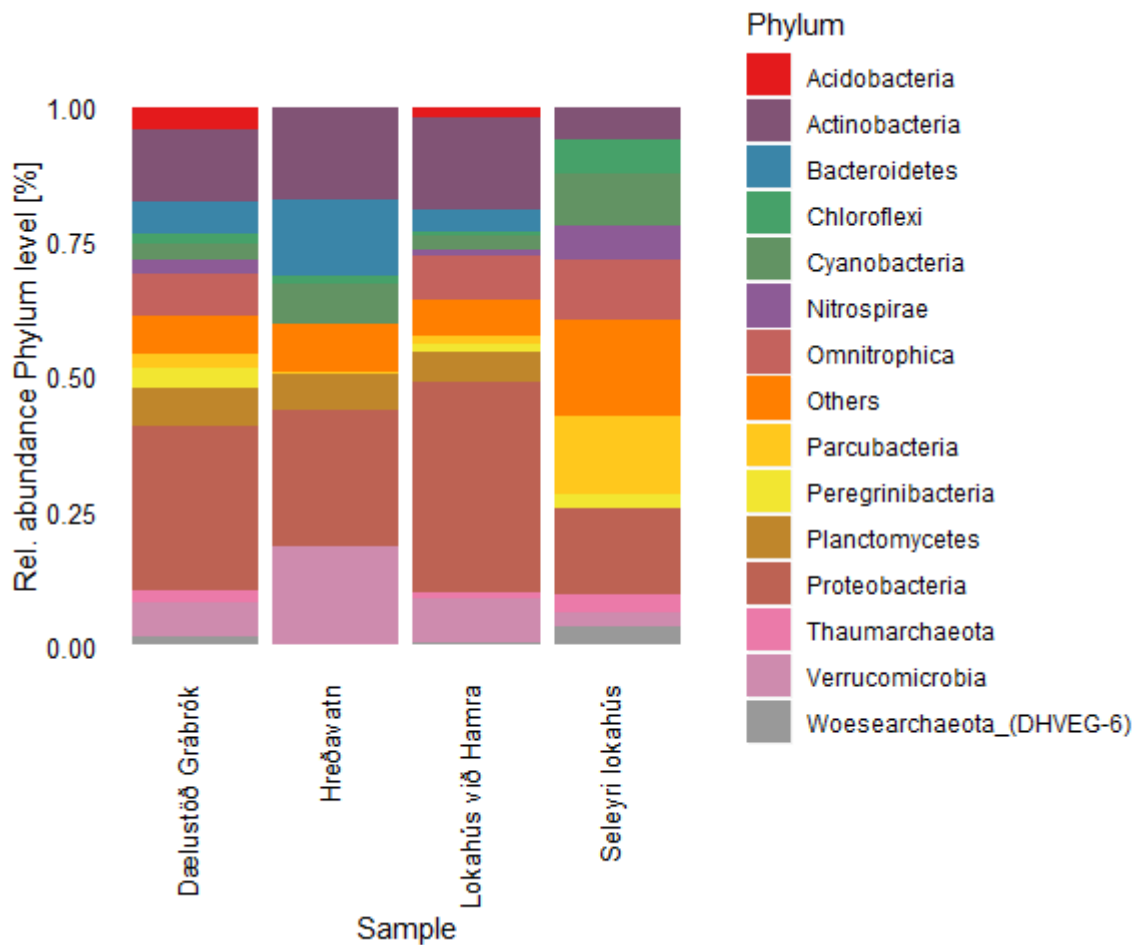


Mynd 12 Niðurstöður greininga á magni nitrats í sýnunum teknum 16. og 23. október. Örvar sem sýna rennislísteftu grunnvatns við há- og lágstöðu grunnvatnsyfirborðs eru fengnar frá Þórólfi H. Hafstað og Bjarna Reykr Kristjánssyni (2005). Nánari gildi má sjá í töflu 5.

3.5 DNA greiningar

Sýni til DNA tegundagreininga og greininga á heildar örveruinnihaldi voru tekin úr Hreðavatni, Dælustöðinni í Grábrók, Lokahúsi í Hamarslandi og Seleyri þann 3. október. Sýnin voru greind á rannsóknarstofu Matís. Tekin var saman skýrsla um niðurstöður greininganna og samanburð við önnur sýni og inniheldur hún ítarlegar upplýsingar (Stephen Knobloch o.fl., 2019).

Niðurstöður sýna að sýnið úr Hreðavatni inniheldur minnstan fjölbreytileika í tegundum á meðan sýnið úr Dælustöðinni í Grábrók inniheldur mestan fjölbreytileika. Mynd 13 sýnir hlutfallslegt magn örvera í ákveðnum fylkingum fyrir sýnin fjögur. Sjá má að sýnunum með vatni frá Grábrókarveitu svipar mest til hverra annarra á meðan sýnið frá Seleyri sker sig meira úr.



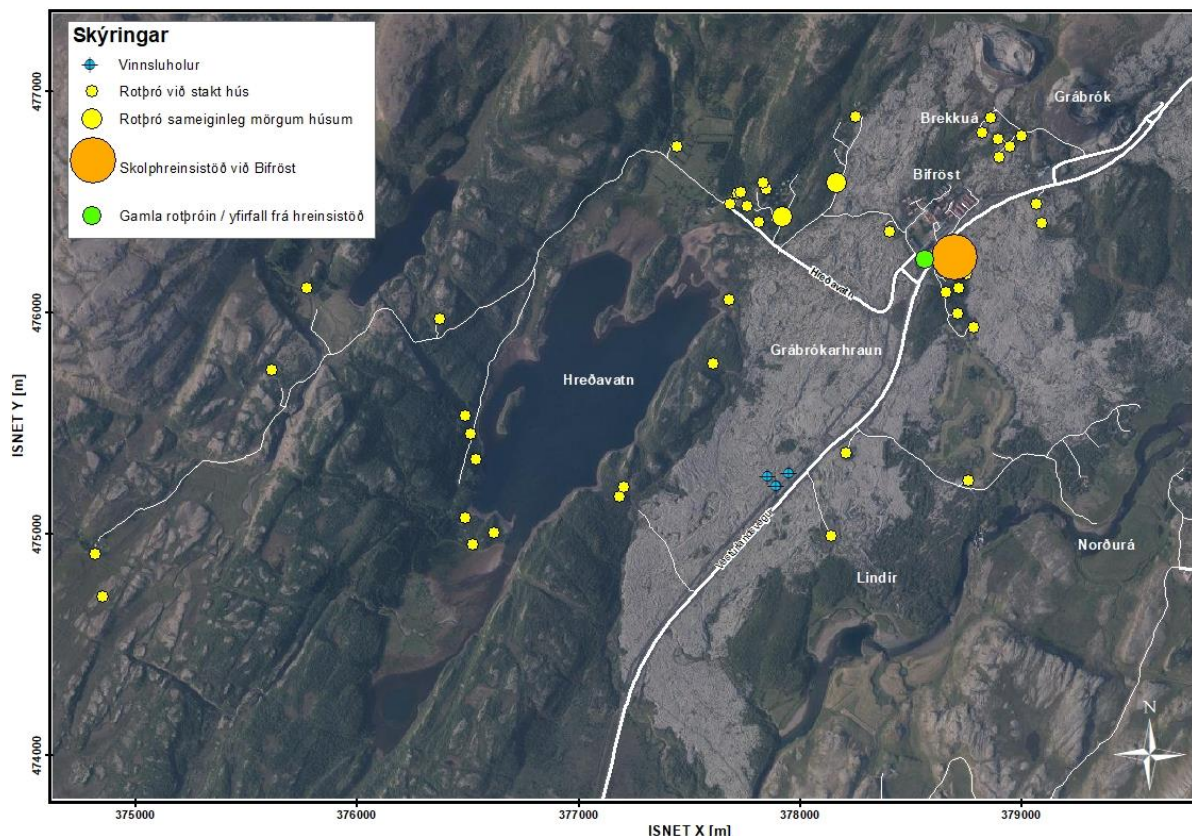
Mynd 13 Hlutfallslegt magn örvera í ákveðnum fylkingum fyrir sýnin fjögur (Stephen Knobloch o.fl., 2019).

Meirihluti gerla sem finnast í Hreðavatni (91-93%) finnast einnig í sýnum teknum í Dælustöð í Grábrók og í Lokahúsi í Hamarslandi en einungis að litlu leiti (26%) í sýni teknu í Lokahúsi Seleyri. Ef dæminu er snúið við er hlutfallið lægra; einungis 70 % af gerlum sem finnast í Lokahúsinu finnast í Hreðavatni og 54 % af þeim sem finnast í Dælustöðinni finnast í Hreðavatni. Þetta sýnir að grunnvatnsumhverfið sem vatnið flæðir í gegnum inniheldur einnig gerlaumhverfi sem er frábrugðið vatninu. Frekari niðurstöður greininga á þessum sýnum má finna í Stephen Knobloch o.fl., (2019).

3.6 Mengunarálag á vatnsbólíð

Eftirlit er með rotþróum á vatnsverndarsvæðum vatnsbólísins í Grábrókarhrauni og er eftirlitið í höndum Heilbrigðiseftirlits Vesturlands. Yfirlit yfir staðsetningu rotþróa ásamt staðsetningu skolphreinsistöðvar við Bifröst er sýnt á mynd 14.

Byggðin við og ofan við vatnið er strjál og ef ástand og viðhald rotþróa er gott er ekki ástæða til að ætla að frá þessu svæði stafi mikil mengunarahætta. Hins vegar eru vatnsgæði ekki mæld reglulega í Hreðavatni sjálfu og þannig ekki hægt að staðfesta þetta með gögnum.



Mynd 14 Rotþrær í nágrenni við vatnsbólíð í Grábrókarhrauni (gulir punktar). Upplýsingar um staðsetningu eru fengnar frá Heilbrigðiseftirliti Vesturlands. Staðsetning skolphreinsistöðvarinnar við Bifröst er sýnd með stórum appelsínugulum punkti. Gamla rotþróin sem nú er notuð sem neyðaryfirfall frá skolphreinsistöðinni er sýnd með grænum punkti.

3.7 Áframhaldandi rannsóknir

Samhliða sýnatökum voru settir niður vatnsborðsskynjarar í rannsóknarholurnar í Grábrókarhrauni. Hægt verður að nýta gögnin sem safnast þar til þess að varpa enn skýrara ljósi á vatnsborðssveiflur á svæðinu. Til viðbótar við þær greiningar gerðar hafa verið með frumflæðisjanni, þá býður hún upp á að gera viðameiri greiningar á fingrafari örveruflóru vatns (t.d. Wang o.fl., 2010), sem dæmi að greina stærð, umfang og breytileika á klösum sem myndast þegar sýkjandi E.coli gerill og gerlar sem honum fylgja berast í vatnið. Með slíkum greiningum fæst enn betri mynd á eðli og umfang þeirra örverubreytinga sem urðu í gerlamengunar atburðinum í Grábrókarveitu. Ennfremur verða tekin áframhaldandi samanburðarsýni til greiningar í frumflæðisjanni til að freista þess að varpa betra ljósi á breytileika yfir árstíðir og við breytilegar veðuraðstæður. Á sama tíma er ástæða til að

fylgjast vel með vatnsgæðum í Hreðavatni vegna þess að það er uppruni vatnsins í vatnsbólunum. Bætt vatnsgæði í Hreðavatni skila sér í bættum vatnsgæðum í vatnsbólunum.

4 Samantekt niðurstaða

Grábrókarveita var tekin í gagnið árið 2007 en hefur allt frá upphafi verið erfið í rekstri vegna gruggs sem berst inn í vatnstökuholurnar. Hins vegar hefur reglubundið eftirlit með gerlum í vatninu yfirleitt komið ágætlega út og höfuðvandamál veitunnar verið gruggið.

Þann 7. september 2019 hófst úrkomutið sem stóð yfir með hléum til 20. september. Úrkoman kom eftir langt þurrkasumar. Við þessa úrkomu snögghækkaði vatnsborð í Hreðavatni sem leiddi til þess að grunnvatnsborð í Grábrókarhrauni varð svo hátt að sums staðar fór það upp úr hrauninu. Einnig barst mikið vatn í Hrauná sem rennur við jaðar Grábrókarhrauns. Við þessar aðstæður bárust gerlar nær vatnstökuholunum vegna þess að vatnið barst hraðar þangað og fékk minni síun. Stærri vatnsflóð á svæðinu valda því auknu gerlamagni í neysluvatninu af náttúrulegum orsökum sem ekki er hægt að girða fyrir í núverandi vatnsbólum. Afleiðing þessa veðuratburðar sem kom í kjölfar mikilla þurrka var að E.coli mengun greindist í sýnum teknum í Lokahúsi í Hamarslandi og í Dælustöðinni í Grábrók. Til að tryggja vatnsgæðin var ákveðið að setja upp lýsingartæki og óvirkja gerlana.

Vegna þessa atburðar var ráðist í nokkuð umfangsmikla rannsókn á vatnsgæðum í Grábrókarhrauni. Vatnssýni voru tekin úr Hreðavatni og flestum rannsóknarholum í hrauninu. Á sýnunum voru gerðar ítarlegar greiningar á gerlum ásamt því að mældur var styrkur á lífrænu kolefni og nitursamböndum í vatninu.

Mælingar sýna að síun í hrauninu er vel virk við hefðbundnar aðstæður. Gerlum fækkar og lífrænt efni minnkar með aukinni fjarlægð frá Hreðavatni. Styrkur nitursambanda er hærrí nær Bifröst, líklega vegna afrennslis frá skólphreinsistöð en styrkur þeirra er mun lægri sunnar á svæðinu sem bendir til þess að afrennslið frá skólphreinsistöðinni berist ekki í átt að vatnsbólunum í hrauninu. Það er í samræmi við fyrri athuganir á grunnvatnsrennsli sem byggðu á nokkuð ítarlegum vatnshæðarmælingum í hrauninu.

Uppsetning öflugrs síubúnaðar og lýsingartækis eykur gæði vatns frá Grábrókarveitu og minnkar viðkvæmni veitunnar við veðuratburðum eins og þeim sem áttu sér stað í október 2019.

Heimildir

- Arndís Ósk Ólafsdóttir. 2015. *Heildaryfirsýn kaldavatnsmála*. Orkuveita Reykjavíkur. EBS-411-01.
- Egli T., Zimmermann, S., Schärer P., Senouillet J., Künzi S., Köster O., Helbling J., Montandon P.E., Martgnet J.F., Khajehnouri F., 2017. Automatische online-Überwachung der Bakterienzahl im Trinkwasser: Resultate aus der Praxis. *Aqua & Gas*. 10, 1-9.
- Kristín Elísa Guðmundsdóttir, 2012. *Microbial diversity in the lake Elliðaavatn and its rivers in the capital city of Iceland*. MS Ritgerð, Háskóli Íslands
- Liu, G., Van der Mark, E.J. Verberk, J.Q.J.C. and Van Dijk, J.C., 2013. Flow Cytometry Total Cell Counts: A Field Study Assessing Microbiological Water Quality and Growth in Unchlorinated Drinking Water Distribution Systems. *BioMed Res. Int*. 2103, 1-10.
- María J. Gunnarsdóttir, 2005. *Neysluvatnsgæði og vatnsvernd*. MS Ritgerð, Háskóli Íslands.
- Pitkänen, T., Karinen, P., Miettinen, I.T. et al., 2011. Microbial Contamination of Groundwater at Small Community Water Supplies in Finland. *AMBIO*, 40, 377. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0102-8>
- Stephen Knobloch, Alexandra Klonowski & Viggó Þór Marteinsson, 2019. *Lake and borehole water microbial analysis*. Project number 2058. Matís, Reykjavík.
- Þórólfur H. Hafstað, 2003. *Ferskvatn í Grábrókarhrauni. Um könnun á vatnsvinnslumöguleikum*. Greinargerð PHH-2003/07. Orkustofnun, Reykjavík.
- Þórólfur H. Hafstað og Bjarni Reyr Kristjánsson, 2005. *Vatnsból í Grábrókarhrauni. Tillaga um legu vatnsverndarsvæðis*. ÍSOR-051136. ÍSOR, Reykjavík.
- Þórólfur H. Hafstað og Bjarni Reyr Kristjánsson, 2006. *Vatnsveita í Borgarbyggð. Reyksludæling úr þremur vinnsluholum í Grábrókarhrauni*. ÍSOR-06116. ÍSOR, Reykjavík.
- VERKÍS, 2019. *Skólphreinsistöðvar – Sýnataka og mælingar – Árlega yfirlitsskýrsla 2018 – Borgarbyggð utan Borgarness*. VERKÍS, Reykjavík.
- Wang, Y., Hammes, F., De Roy, K., Sigrist, Verstraete, W and Boon, N. 2010 Past, present and future applications of flow cytometry in aquatic microbiology. *Trends in Biotechnology*. **28**, 416–424.
- WHO, 2011. *Nitrate and Nitrite in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. WHO/SDE/WSH/07.01/16/Rev/1. World Health Organization.