

Efnaeiginleikar og nýtingarmöguleikar neysluvatnslinda í Langanesbyggð



Nemandi:
Helga Rake! Guðrúnardóttir
ha040547@unak.is

Leiðbeinandi:
Hrefna Kristmannsdóttir

Háskólinn á Akureyri	
Deild	Viðskipta- og raunvísindadeild
Fag	Umhverfisfræði
Heiti verkefnis	Efnaeiginleikar og nýtingarmöguleikar neysluvatnslinda í Langanesbyggð
Verktími	Vor 2009
Nemandi	Helga Rakel Guðrúnardóttir
Leiðbeinandi	Hrefna Kristmannsdóttir
Upplag	6
Blaðsíðufjöldi	57
Fjöldi viðauka	5
Fylgigögn	
Útgáfu- og notkunarréttur	
(ISSN númer)	

Ég lýsi því yfir að ég ein er höfundar þessa verkefnis og að það er afrakstur eigin rannsókna.

Helga Rakel Guðrúnardóttir

Það staðfestist að verkefni þetta fullnægir að mínum dómi kröfum til prófs í námskeiðinu LOK2106 .

Hrefna Kristmannsdóttir

Summary

Key words: Drinking water, quality monitoring, main elements, trace elements, comparison of methods.

The chemical composition of spring-water needs to be carefully investigated and the stability of the chemical composition verified by monitoring before a decision of production of bottled water can be made.

Sampling for total analysis of all main and trace elements is necessary to get the overall chemical composition of a spring. The part-sampling method suggested here looks at selected key elements and can be a useful tool for verifying stability. It can be planned in such a way that untrained personal can do the sampling if provided with a kit containing the necessary equipment and guidelines by the research lab, carrying out the measurements.

As access to the source of the water supply can be difficult during winter, sampling directly from a tap in the supply system may be necessary. For some factors this will give comparable results as sampling from the source.

The municipality of Langanesbyggð wanted to examine the spring at Staðarsel for the purpose of producing bottled water for export. The conclusion of this project is that the water supply spring at Gunnólfsvíkurfjall would be a better choice as that water is very pure and excellent spring water for consumption and production of bottled water.

Vil ég þakka öllum sem aðstoðuðu mig við þetta verkefni; Hrefnu Kristmannsdóttur leiðbeinanda mínum, Sveitarstjórn Langanesbyggðar, Birni Ingimarssyni og Siggeiri Stefánssyni fyrir stuðning við verkefnið, Birni Guðmundssyni, Steini Karlssyni og Friðgeiri Rögnvaldssyni fyrir aðstoð við sýnatöku, Árnýu Sveinbjörnsdóttur og Páli Theodórssyni fyrir mælingar, Jóhanni Þóri Jóhannssyni fyrir yfirlestur og Hreini Skagfjörð fyrir aðstöðu.

Kópavogur 15. maí 2009

Helga Rakel Guðrúnardóttir

Útdráttur

Lykilorð: Langanesbyggð, efnainnihald, neysluvatnslindir, vatnsveitur, eftirlit.

Fyrir átöppun á lindarvatni þá þurfa efnaeiginleikar vatnsins að vera þekktir. Efnasamsetningin þarf að vera stöðug og því þarf meira en eina mælingu til að sýna fram á það.

Heildarsýnataka er góð leið til að fá heildarsýn yfir efnasamsetningu lindarinnar. Hlutsýnataka mælir aðeins ákveðin lykil efni og er hægt að nota hana til að sýna fram á stöðugleika vatnsins. Hlutsýnatöku má útbúa þannig að óþjálfað starfsfólk geti framkvæmt hana. Fá þeir þá búnað og leiðbeiningar frá rannsóknastofunni sem sér um mælinguna.

Aðgangur að neysluvatnslindum getur verið erfiður að vetri til, því væri kostur að gera hlutsýnatöku úr neysluvatnskranu. Samanburður á aðferðum sýna að hún er jafngild fyrir vissa þætti.

Langanesbyggð vildi skoða möguleika á átöppun úr lind við Staðarsel. Niðurstöður verkefnisins er sú að Staðarselslindin er ekki best valið vegna jarðhitaáhrifa í henni. Neysluvatnsból Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall mundi henta betur.

Efnisyfirlit

Inngangur	1
Bakgrunnur	2
Markmið	3
Fræðileg umfjöllun	4
Staðsetning	4
Jarðfræði	6
Vatnshringrásin og grunnvatn	7
Mælingar á neysluvatni	8
Hitastig	8
Leiðni	9
Sýrustig (pH)	10
Magn uppleystra efna í vatni	11
Heildar karbónat (CO ₂)	12
Klóríð	12
Magnesíum og kalsíum	13
Stöðugar samsætur vetnis og súrefnis	14
Aldursgreining vatns	15
Radon	15
Reglugerðir um neysluvatn	15
Eftirlit og starfsleyfi	16
Átappað lindarvatn	18
Verndun ónýttra vatnsbóla	21
Aðferðir	22
Sýnatökur	22
Heildarsýnataka	22

Hlutsýnataka.....	25
Mælingar	26
Hitastig og leiðni	26
pH og karbónat	27
Klóríð (Cl ⁻)	28
Magnesíum (Mg ²⁺) og Kalsíum (Ca ²⁺)	29
Aðrar mælingar	30
Niðurstöður.....	32
Aðalefni	32
Snefilefni	33
Hlutsýnatökur	35
Hitastig	36
Sýrustig (pH).....	37
Heildar karbónat (CO ₂)	38
Leiðni	40
Kalsíum (Ca) og magnesíum.....	40
Klóríð (Cl).....	42
Flokkun.....	43
Samsætur og aldursgreining	47
Umræða	49
Nýtingarmöguleikar	49
Athugasemdir varðandi reglugerð og framkvæmd hennar.....	50
Samanburður á hlutsýnatöku og heildarsýnatöku	50
Eftirlit fyrir minni vatnsveitur	52
Mælingar Háskólans á Akureyri	52
Lokaorð	53

Heimildaskrá	54
Viðaukar	A
V1. Hlutsýnataka leiðbeiningar	A
Inngangur	A
Búnaður	A
Staðsetningar	B
Að taka sýnin	C
Sendingar á sýnum til Háskólans á Akureyri	C
V2. Áætluð mælióvissa	D

Myndaskrá:

Mynd á forsiðu frá sýnatöku við neysluvatnsból Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall sumarið 2007. Ljósmyndari Hrefna Kristmannsdóttir.

Mynd 1 - Yfirlitskort af Íslandi þar sem Langanes er upplýst. Breytt kort (Landmælingar Íslands, 2002).....	4
Mynd 2 - Langanes á korti (Landmælingar Íslands, 2004).....	5
Mynd 3 - Staðarselslind og Gunnólfsvíkurfjallslind á korti (Samsýn, 2008; Garmin, 2006) ...	5
Mynd 4 - Staðarselsholan í apríl 2008. Ljósmyndari Helga Rakel Guðrúnardóttir.	6
Mynd 5 - Aldur jarðlaga á Íslandi. Kort fengið af vef Guðbjarts Kristóferssonar (2009).	7
Mynd 6 - Hringrás vatnsins, afrennsli og grunnvatn. Mynd aðlöguð frá Freysteini Sigurðssyni o.fl. (1998).....	8
Mynd 7 - Hitastigulskort af Íslandi. Kort fengið af vef Guðbjarts Kristóferssonar (2009).	9
Mynd 8 – Sýrustig í köldu vatni. Tekið saman af Hrefnu Kristmannsdóttur (pers. uppl.).	11
Mynd 9 – Klóríð í grunnvatni. Kort aðlagð af Hrefnu Kristmannsdóttur upp úr gögnum Orkustofnunar.....	13
Mynd 10 - Tvívetnisgildi ($^2\text{H} \text{‰}$) í úrkomu á Íslandi, "tvívetniskortið" (Bragi Árnason, 1976).	14
Mynd 11 - Hlutsýnataka, samanburður fyrir hitastig.....	37
Mynd 12 - Hlutsýnataka, samanburður sýrustig (pH).....	38
Mynd 13 - Hlutsýnataka, samanburður kolsýru (CO_2)	39
Mynd 14 - Hlutsýnataka, samanburður leiðni.....	40
Mynd 15 - Hlutsýnataka, samanburður kalsíum	41
Mynd 16 - Hlutsýnataka, samanburður klóríð	42
Mynd 17 - Piper graf fyrir vatnssýnin.....	43

Mynd 18 - Durovo graf fyrir vatnssýnin.	44
Mynd 19 - Schoeller graf	45
Mynd 20 - Graf með efnabreytingum yfir tíma fyrir Kópasker	46
Mynd 21 - Graf með efnabreytingum milli ára fyrir Staðarsel	46
Mynd 22 - Hlutfall súrefnis- og vetnissamsæta	47
Mynd 23 - Kort af staðsetningum	B

Töfluskrá:

Tafla 1 – Hámarksgildi efna í neysluvatni samkvæmt reglugerð.....	17
Tafla 2 - Hámarksgildi (mg/L) efna í átöppuðu lindarvatni.....	20
Tafla 3 - Heildarsýnataka, helstu uppleyst efni, málmar og anjónir	23
Tafla 4 - Heildarsýnataka, snefilefni	23
Tafla 5 - Niðurstaða efnagreininga heildarsýnatöku aðalefni.....	32
Tafla 6 - Niðurstöður efnagreiningar - snefilefni	34
Tafla 7 - Niðurstöður hlutsýnatöku	35
Tafla 8 - Áætluð mælióvissa hlutsýnatöku.....	35
Tafla 9 - Áætluð mælióvissa	D

Skilgreiningar, útskýringar á hugtökum og táknum.

Hugtak	Útskýring
Grunnvatn	Vatn sem er í gegnmettuðum jarðlögum undir yfirborði jarðar.
Heildarsýnataka	Hér er talað um heildarsýnatöku fyrir sýnatöku á uppleystum efnum í vatni og er henni lýst í aðferðarkafli.
Heildarúttekt	Hér er talað um heildarúttekt eins og hún er sett fram í reglugerð um neysluvatn. Heildarúttekt tekur yfir fleiri þætti en þá þætti sem teknir eru út í heildarsýnatöku fyrir efnamælingar.
Hlutsýnataka	Sýnataka þar sem aðeins hluti af sýnum heildarsýnatöku eru tekin og mæld.
Lindir	Staðir þar sem grunnvatn berst sjálfrennandi upp á yfirborð jarðar.
Neysluvatn	Neysluvatn er vatn sem í upphaflegu ástandi eða eftir meðhöndlun er notað til drykkjar og matargerðar svo og vatn notað af matvælafyrirtækjum. Hitaveituvatn telst ekki neysluvatn
Ölkelduvatn	Vatn sem inniheldur samanlagðan styrk karbónats sem er yfir 1000 mg/L -eða yfir 300 mg/L.

Inngangur

Aðdragandi verkefnisins var vinna höfundar við verkefnið “Efnaeiginleikar vatns í nokkrum minni vatnsveitum á norðausturlandi” sumarið 2007. Vakti það athygli höfundar hversu fáar efnamælingar hafa verið gerðar á vatnsveitum sem þjóna fáum íbúum. Markmið verkefnisins var því að rannsaka frekar vatn úr vatnsveitu og vatnsbólum Þórshafnar í Langanesbyggð og þróa og prófa ódýra og einfalda aðferðafræði fyrir umsjónamenn lítilla vatnsbóla með það að markmiði að tryggja gæði og öryggi vatnsbólanna. Tilgangurinn var að umsjónarmenn geti sjálfir tekið sýni og sent til greininga á rannsóknastofu og jafnframt sjálfir mælt einhverja eftirlitsþætti reglulega. Unnið var úr efnagreiningum frá tveimur stöðum. Neysluvatnsbóli Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall, þar sem heildarsýnataka var gerð sumarið 2007, og úr Staðarselslind, þar sem heildarsýnataka var gerð vorið 2008. Ásamt þessu voru hlutsýnatökur teknar úr Staðarselslind og úr veitukerfi Þórshafnar vorið 2009. Til hliðsjónar var heildarsýnataka úr vatnsbóli Kópaskers við Katastaði frá árunum 2007 og 2008 og hlutmæling úr veitukerfi Kópaskers árið 2008. Allt eru þetta mælingar sem höfundur framkvæmdi eða tók þátt í.

Landsvæði Langanesbyggðar var einnig skoðað út frá jarðfræði og hvernig efnasamsetning bergsins hefur áhrif á efnainnihald vatnsins sem um bergið streymir.

Nýtingarmöguleikar svo sem til vatnsútflutnings voru jafnframt skoðaðar lítillega.

Ávinningur verkefnisins felst í betri yfirsýn yfir vatnsauðlindir Langanesbyggðar. Jafnframt í bættri aðferðafræði við gæðaeftirlit og efnamælingar á lindum og úr vatnsveitum.

Bakgrunnur

Sumarið 2007 tók höfundur þátt í sýnatöku og mælingum í nokkrum neysluvatnslindum á norðausturlandi. Neysluvatnslindin fyrir Þórshöfn við Gunnólfsvíkurfjall var ein ef þeim lindum sem mæld var. Vakti það athygli höfundar að þetta var fyrsta heildarúttektin á efnainnihaldi í vatnsveitum Þórshafnar og Raufarhafnar og einungis einu sinni hafði verið gerð heildarúttekt á vatnsgæðum í vatnsbóli Kópaskers.

Annað sem vakti athygli var sú staðreynd að sýnataka úr köldum lindum er nær eingöngu gerð að sumri til. Að vetri til getur verið erfitt að komast að neysluvatnslindum vegna veðurs og snjóalaga. Þetta veldur því að ekki er til mikið af gögnum sem sýnt geta fram á að efnainnihald í neysluvatnslindunum sé stöðugt milli árstíða.

Á sama sumri var unnið að úttekt á lindum í Öxarfirði og nágrenni í tengslum við jarðhitaboranir á Þeistareykjum. Í því verkefni er fylgjast með því hvort nýting háhitasvæðanna á Þeistareykjum, Kröflu og Gjástykki gætu mögulega valdið efnabreytingum á lindunum. Eftir grunnúttekt voru 13 lindir valdar til frekara eftirlits og lagt upp með að heildarsýnataka færi fram árlega að sumri en hlutsýnataka úr sömu lindum færi fram á vetri.

Höfundi fannst tilvalið að nota aðferð hlutsýnatöku til að skoða neysluvatnslindir og stöðuleika efnasamsetninga þeirra milli árstíða. En í stað þess að hlutsýnatakan væri úr lindinni sjálfri þá væru sýnin tekin úr veitukerfi svo sem beint úr neysluvatnskranu. Jafnframt þyrfti að skoða hvort og hvaða áhrif það hefði á efnasamsetninguna að vatnið væri búið að renna um lagnakerfið áður en sýnin voru tekin. Hófst þá undirbúningsvinna fyrir þetta lokaverkefni.

Forsvarsmenn sveitarstjórnar Langanesbyggðar vildu skoða möguleika á vatnsútflutningi og í byrjun árs 2008 höfðu samband. Þeir vildu fá heildarúttekt á efnainnihaldi á lind við Staðarsel, en það er eyðibýli rétt austan við Þórshöfn.

Höfundur ákvað þá að framkvæma heildarúttektina og aðrar sýnatökur sem part af lokaverkefni. Sýnataka við Staðarsel var framkvæmd í apríl 2008 og var talsvert erfið þar sem hiti var undir frostmarki.

Á sama tíma, eða vorið 2008, var stefnt á að gera aðra heildarúttekt í neysluvatnslind Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall. Vegna snjóalaga var ekki hægt að komast upp í lindina.

Var frekari heildarsýnatökum í tengslum við verkefnið því frestað. Við heildarsýnatökur þá þarf hluti að fara fram á rannsóknastofu í Svíþjóð. Árið 2008 urðu miklar breytingar á gengi krónunnar sem þýddu að kostnaður vegna mælinga í Svíþjóð hafði hækkað gífurlega. Var því ákveðið að gera ekki frekari heildarsýnatökur heldur nota aðferðafræði hlutsýnatöku og að framkvæma allar mælingar úr þeim við rannsóknastofu í vatnafræði við Háskólann á Akureyri.

Markmið

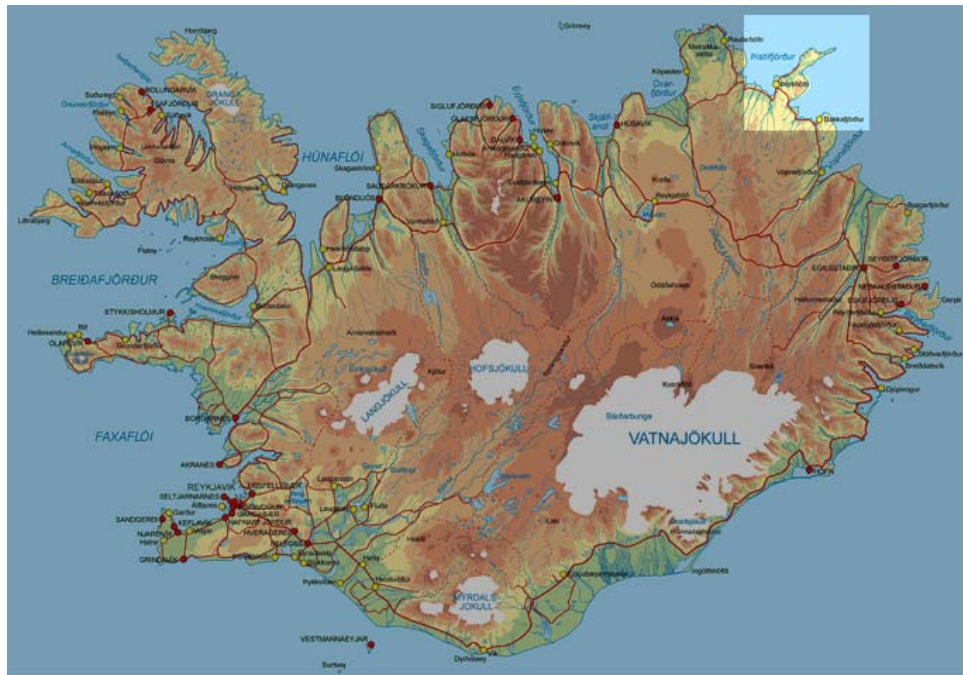
Markmið verkefnisins var að rannsaka efnaeiginleika tveggja linda í Langanesbyggð og meta stöðugleika þeirra milli árstíða. Jafnframt var markmiðið að leggja mat á nýtingarmöguleika lindanna t.d. til vatnsútflutnings.

Einnig var litið til þess að þróa og prófa ódýra og einfalda aðferðafræði fyrir umsjónamenn lítilla vatnsbóla með það að markmiði að tryggja gæði og öryggi vatnsbólanna. Umsjónarmenn gætu sjálfir mælt suma eftirlitsþætti reglulega og jafnframt tekið sýni og sent til greininga á rannsóknastofu á ákveðnum umhverfisþáttum.

Fræðileg umfjöllun

Staðsetning

Langanesbyggð er sveitarfélag á norðausturhorni Íslands. Það afmarkast af Svalbarðshreppi í vestri og Vopnafjarðarhreppi í suðri.



Mynd 1 - Yfirlitskort af Íslandi þar sem Langanes er upplýst. Breytt kort (Landmælingar Íslands, 2002).

Flatarmál Langanesbyggðar er 1.340 km² (Landmælingar Íslands, 2009) og var fjöldi íbúa sveitarfélagsins 511 í desember 2008 (Hagstofa, 2009).

Þéttbýlisstaðir sveitarfélagsins eru Þórshöfn og Bakkafjörður.

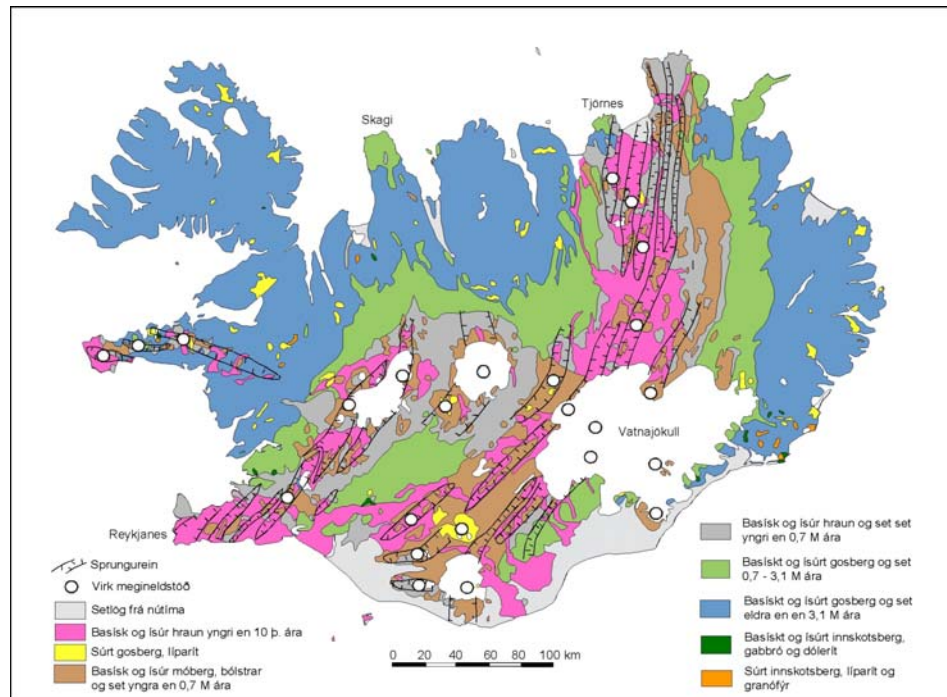
við jarðhitaleit á svæðinu. Nú er sjálfrennandi úr holunni 1 L/s af köldu vatni. GPS hnitid er N66°12.276 W15°15.418 (Datum: WGS 84) og er holan í um 100 m hæð yfir sjávarmáli.



Mynd 4 - Staðarselsholan í apríl 2008. Ljósmyndari Helga Rakel Guðrúnardóttir.

Jarðfræði

Langanesbyggð er rétt austan við eldvirka beltið. Aldur jarðlaga á Langanesi er 0,8 til 3,1 milljón ár eða frá síðertíer og fyrri hluta ísaldar. Nesið er yngra en bergið beggja megin við það, í botni Þistilfjarðar og botni Bakkaflóa, en bergið þar er yfir 3,1 milljón ára eða frá tertíer (Leó Kristjánsson, 2008).



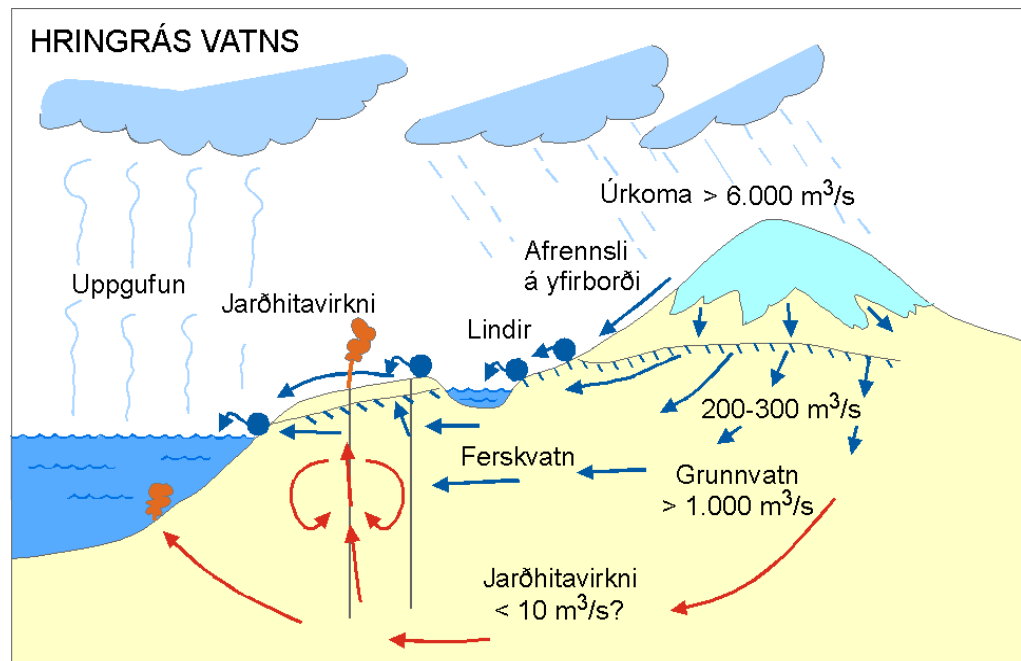
Mynd 5 - Aldur jarðlaga á Íslandi. Kort fengið af vef Guðbjarts Kristóferssonar (2009).

Þetta yngra berg á Langanesinu er mun hvarfgjarnara heldur en það sem er yfir 3,1 milljón ára og er á Austfjörðunum.

Vatnsgæfustu svæðin eru innan gosbeltisins. Þar er lekt mikil og víða opnar sprungur. Á blágrýtissvæðunum, þar sem berg er eldra en 3,1 milljón ára, austan og vestanlands eru jarðlögin jafnan þétt og lekt þar með lítil. Á grágrýtis- og móbergssvæðum, með berg 0,7-3,1 milljón ára, er lekt yfirleitt mun meiri en á blágrýtissvæðunum (Freysteinn Sigurðsson o.fl, 1998).

Vatnshringrásin og grunnvatn

Vatn er á stöðugri hringrás á jörðinni og sjá sólin og þyngdaraflið um að knýja kerfið áfram. Vatn er sem vatnsgufa í andrúmsloftinu. Vatn fellur til jarðar sem úrkoma, svo sem regn, snjór, hagléi eða daggarmyndun. Vatn rennur síðan í ám til sjávar eða er geymt í vötnum jöklum eða grunnvatni. Höfin geyma mikið magn vatns og þaðan gufar vatnið upp úr, svo og úr stöðuvötnunum og frá gróðri.



Mynd 6 - Hringrás vatnsins, afrænnslí og grunnvatn. Mynd aðlöguð frá Freysteini Sigurðssyni o.fl. (1998).

Grunnvatn er vatn sem er í gegnmettuðum jarðlögum undir yfirborði jarðar. Lindir eru staðir þar sem grunnvatn berst sjálfrennandi upp á yfirborð jarðar. Grunnvatn er það vatn sem er best til neyslu þar sem það er snauft af óheppilegum örverum, gruggi og mengunarefnum og oft hæft til beinnar neyslu. Mest af vatni sem til er í heiminum er í höfunum, eða 96%. Aðeins 1% af öllu vatni í heiminum er til staðar sem grunnvatn.

Mælingar á neysluvatni

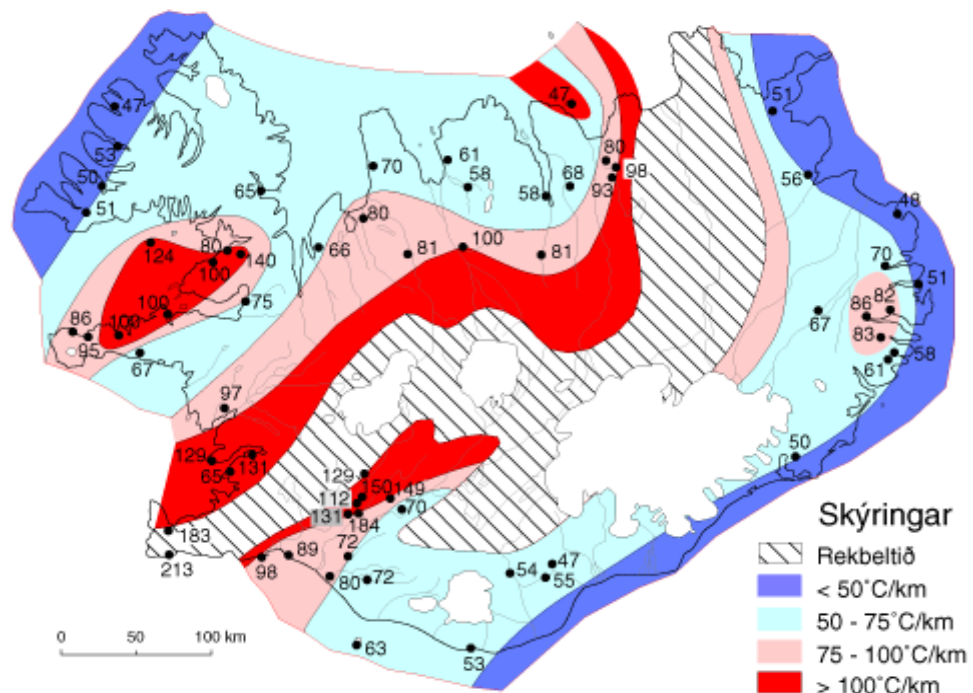
Margskonar mælingar er hægt að gera á neysluvatni. Í þessu verkefni skoðum við einkum efnafræðilega þætti og í þessum kafla fjöllum við fræðilega um; hitastig, leiðni, sýrustig, magn uppleystra efna, kolsýru, klóríð, magnesíum, kalsíum, stöðugar samsætur vetnis og súrefnis, aldursgreiningu með ^{14}C og radon.

Hitastig

Hitastig í grunnvatnslindum á Íslandi er á bilinu 2-6°C. Kaldasta vatnið kemur þá aðallega fyrir uppi til fjalla. Í byggð er hitastigið yfirleitt á bilinu 3,5-5,5°C. Ef hitastigið fer yfir 6°C þá er lítið á það sem vísbendingu um jarðhitaáhrif. Þó getur hitastig breyst með árstíðum, sérstaklega í skammti aðrunnu vatni. Vatn

með slíkum sveiflum í hitastigi er ekki talið ráðlegt til neyslu, enda þá að miklu leyti yfirborðsvatn (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998).

Hitastigull er mælikvarði á það hvernig hitastig vex með auknu dýpi. Er það venjulega gefið upp sem $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ sem segir okkur um hversu margar gráður hitastigið eykst fyrir hvern kílómetra sem farið er ofan í bergið.



Mynd 7 - Hitastiguskort af Íslandi. Kort fengið af vef Guðbjarts Kristóferssonar (2009).

Eins og sést á myndinni hér að ofan þá liggur Langanes á köldu svæði eða þar sem hitastigullinn er minni en $50^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Syðsti hluti nessins er þó á mörkum heitara svæðis þar sem hitastigullinn er $50\text{-}75^{\circ}\text{C}/\text{km}$ og tilheyrir botn Þistilfjarðar einnig því svæði.

Á Þórshöfn er húshitun með rafmagni en verið er að leita að jarðhita á svæðinu. Staðarselsholan er einmitt borhola sem notuð var til mælinga á hitastigull við leit á jarðhita.

Leiðni

Leiðni eða rafleiðni í vatni er mæling á eiginleikum vatnsins til að leiða rafstraum.

Hreint vatn leiðir rafstraum mjög illa en jónir í vatninu leiða rafstraum. Þeim mun fleiri jónir sem eru í vatninu því betur leiðir vatnslausnin rafstraum. Eftir því sem jón hefur hærra hleðslu þeim mun betur leiðir hún strauminn.

Hækkandi hiti eykur rafleiðnina. Því ætti rafleiðnin fræðilega séð að vera í beinu sambandi við magn uppleystra efna í vatninu. Í náttúrulegu vatni eru margar misunandi jónir og eru þær með misstórar hleðslur. Því er leiðnin ekki nákvæm mæling á heildarstyrk uppleystra efna. Hinsvegar geta breytingar í leiðni gefið til kynna breytingar á efnainnihaldi vatnsins.

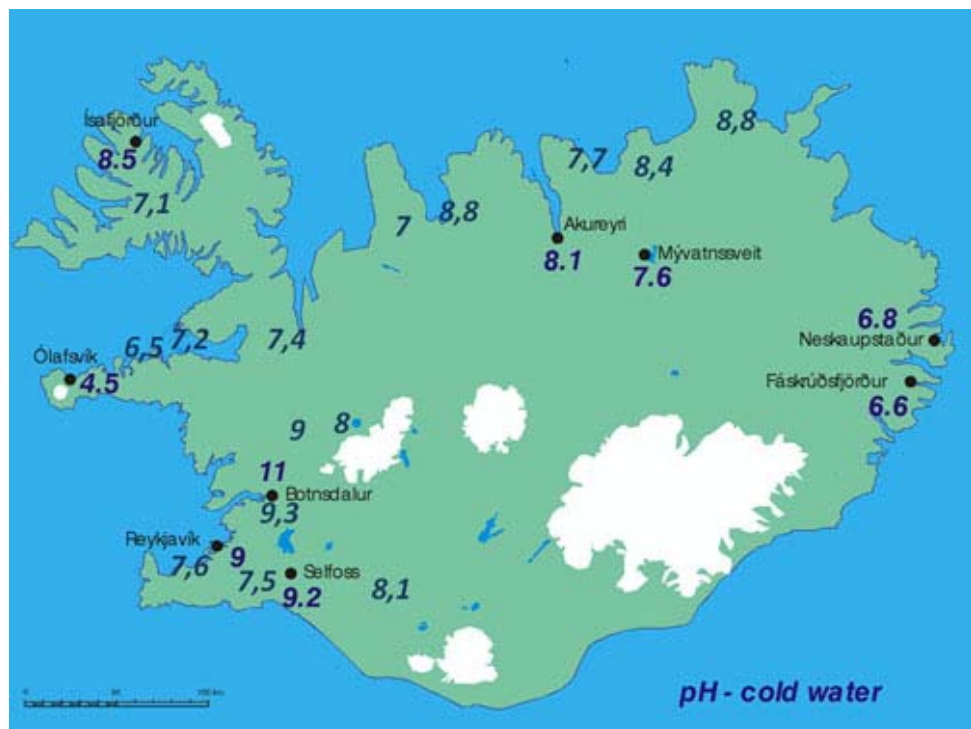
Leiðni er oft mæld í milliSimens, mS, eða þar sem hún er mjög lítil í mikróSimens, μ S. Þar sem leiðnin er háð hitastigi þá eru margir mælur útbúnir með hitastigsleiðréttingu sem er yfirleitt kvörðuð miðað við lausn af kalíumklóríði (KCl) og gildir því ekki nákvæmlega fyrir vatnslausnir með öðrum uppleystum jónum.

Mæling á leiðni í vatni krefst ekki flókinnar sýnatöku eða meðhöndlunar, en gæta þarf vel að því að leiðnin er mjög háð hitastigi. Breytingar á sumum efnum koma betur fram í leiðnimælingum en í mælingum á uppleystum efnum með þurreimun.

Sýrustig (pH)

Sýrustig er mælt út frá pH skalanum og lýsir hann styrk vetnisjóna, H^+ , og hýdroxíðjóna, OH^- , í vatnslausn. Á pH skalanum er pH 0 það súrasta, pH 7 er hlutlaust og pH 14 er basískast. Sýrustig í köldu gunnvatni á Íslandi er frekar hátt eða yfirleitt um pH= 6,5-9,5 (Freysteinn Sigurðsson o. fl, 1998; Hrefna Kristmannsdóttir, 2004a). Hátt sýrustig er vegna þess að berggrunnurinn er basískur, sem hefur áhrif til hækkunar sýrustigsins og lítil áhrif eru vegna jarðvegs og gróðurs sem hefur áhrif til lækkunar sýrustigsins. Grunnvatn með sýrustig undir pH 7 er hérlendis yfirleitt kolsýruríkt. Ef vatn er með mjög hátt pH (>9) þá er líklegt að það hafi runnið um ungt, glerríkt og hvarfgjarnt basalt (Hrefna Kristmannsdóttir, 2004a). Þegar vatn með hátt sýrustig kemst í snertingu við andrúmsloftið þá tekur það til sín kolsýru, CO_2 , úr því og sýrustig vatnsins lækkar. Sýrustigið vatns leitast að jafnvægi við andrúmsloftið sé það í stöðugri snertingu við það.

Sýrustig í úrkomu er um pH 5,6 hér á landi þar sem úrkoman er mjög lítið menguð af súrum iðnaðargufum. Sýrustig í köldu neysluvatni getur verið mjög breytilegt milli staða á Íslandi eins og sést á kortinu hér fyrir neðan. Stafar það einkum af því hvort nýtt er grunnvatn eða yfirborðsvatn og þar sem grunnvatn er nýtt hefur aldur og gerð berggrunns mikil áhrif á bæði pH og aðra þætti í efnasamsetningu grunnvatns.



Mynd 8 – Sýrustig í köldu vatni. Tekið saman af Hrefnu Kristmannsdóttur (pers. uppl.).

Magn uppleystra efna í vatni

Magn uppleystra efna í vatni er yfirleitt gefið upp í milligrömmum á lítra, mg/L, eða einn milljónasti hluti, ppm (e. parts per million). Fyrir snefilefni er notuð míkrogröm á lítra, µg/L, sem er þúsund sinnum minni eining.

Í einu kíló er milljón milligrömm og er einn lítri af vatnssýni reiknað sem eitt kíló að þyngd. Eins eru milljón millilítrar í einum lítra.

$$\frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ L}} = \frac{1.000.000 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{1.000.000 \text{ mg}}{1.000.000 \text{ mL}} \gg \frac{1 \text{ mg}}{1 \text{ mL}}$$

Þannig er einn millilítri í einum lítra, einn milljónasti partur af því eða ppm.

Í neysluvatni hér á landi er styrkur uppleystra efna mjög lítill. Sem dæmi þá er sjór með seltustigið 35‰ eða 3,5% með klóríð, Cl^- , styrk upp á 19500 ppm. Í köldu grunnvatni er styrkur klóríðs hinsvegar oft á bilinu 2-10 ppm (Gary W. vanLoon og Stephen J. Duffy, 2007).

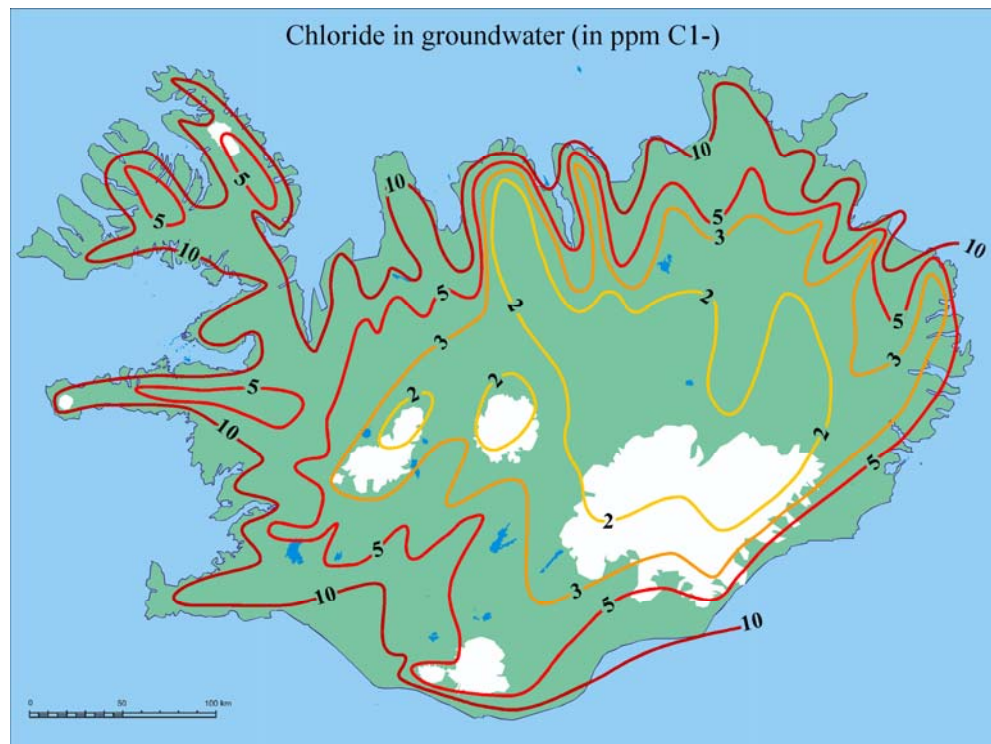
Magn uppleystra efna í köldu neysluvatni er yfirleitt langt undir leyfilegu hámarksmagni hér á landi.

Heildar karbónat (CO_2)

Heildarstyrkur karbónats, í vatni er venjulega gefinn upp sem styrkur kolsýru, CO_2 , í mg/L eða ppm. Karbónat er mestur í grunnvatni á eldvirku svæðunum, þar sem jarðhita gætir og á mýrarsvæðum. Styrkurinn er þar yfir 40 ppm. Í háfjallavatni er styrkurinn oft undir 15 ppm. Vatn á yfirborði tekur kolsýru úr loftinu en það eyðist hins vegar í grunnvatni yfir tíma vegna efnahvarfa við bergið. Kolsýra kemur einnig í vatnið frá gróðri svo sem á mýrarsvæðum og úr jörðu á eldvirku svæðunum (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 1998).

Klóríð

Klóríð þekkjum við líklegast best í efnasambandi við natríum, Na, en í því formi, NaCl, köllum við það borðsalt. Klóríð, Cl^- , er upprunið í sjó og berst með rigningu og særoki á land og ræðst styrkur þess í grunnvatni af nálægð við sjó, sjá mynd hér að neðan. Dæmi eru um að uppruni grunnvatns sé beint frá sjó eins og á Reykjanesi og við Öxarfjörð þar sem lekir sprungusveimar veita sjónum inn í berglög langt inni í landi (Tómasson og Kristmannsdóttir, 1972; Þórólfur H. Hafstað, 1989).



Mynd 9 – Klóríð í grunnvatni. Kort aðlagð af Hrefnu Kristmannsdóttur upp úr gögnum Orkustofnunar

Styrkur klóríðs í úrkomu er meiri á veturna en á sumrin og getur munurinn verið allt að fimmfaldur. Árstíðasveiflur í klóríðstyrk geta gefið vísbindingu um stærð vatnasviðsins og framrennslistíma vatnsins (Freysteinn Sigurðsson o.fl, 1998).

Magnesium og kalsíum

Uppruni magnesíum, Mg^{2+} , og kalsíum, Ca^{2+} , er að hluta úr sjó og er styrkur magnesíums um 1290 ppm og kalsíums 412 ppm í meðalsjó. Bæði koma úr berginu líka, þó aðallega kalsíum (Gary W. vanLoon og Stephen J. Duffy, 2007; Turekian, K.K., 1969). Það fyrsta sem gerist í bergi er að skipti verða á H^+ og Ca^{2+} í vatninu, þá hækkar sýrustigið, pH, og styrkur kalsíum, Ca, eykst jafnframt.

Styrkur magnesíum er um þúsundfalt hærra í köldu vatni en í jarðhitavatni. Magnesíum, Mg, leysist nokkuð úr bergi við lágt hitastig, en fellur út þegar hitastig hækkar. Magnesíumsilíkat er mjög torleyst í heitu vatni og fellur út þegar vatn hitnar og hvarfast í berggrunni (Hrefna Kristmannsdóttir, 2004a).

Stöðugar samsætur vetnis og súrefnis

Í vatni eru tvær stöðugar samsætur af vetni, einvetni (H) og tvívetni (^2H). Þrívetni (^3H) er hins vegar geislavirk samsæta. Hlutfallið milli stöðugu vetnissamsætnanna er háð upprunalegu hlutfalli þeirra í vatnsgufu og við hvaða hitastig hún þéttist. Hlutfallið milli þeirra í rigningu er því breytilegt milli árstíða, en í staðbundnum lindum er hlutfallið eins og meðaltal í rigningunni yfir árið. Það má því nota þetta hlutfall í lindarvatni til að rekja uppruna vatnsins og einkum breytingar sem verða á aðstreymi vatnsgeyma eins og sýnt er á myndinni hér að neðan (Bragi Árnason, 1976). Hlutfall stöðugu samsætnanna ^{18}O og ^{16}O í súrefni vatnsins má nota á sama hátt í köldu vatni, en í jarðhitavatni breytist það hlutfall við hvörfun vatnsins við súrefnisríkt bergið.

Stöðugu samsæturnar í vatni eru ekki notaðar til aldursgreiningar, nema ef hlutfallið milli þeirra er mjög frábrugðið frá því sem verið hefur í rigningu eftir að ísöld lauk. Við slíkar aðstæður er unnt að álykta að vatnið sé eldra en síðustu ísaldarlok, en ekki hversu mikið eldra.



Mynd 10 - Tvívetnisgildi ($^2\text{H} \text{‰}$) í úrkomu á Íslandi, "tvívetniskortið" (Bragi Árnason, 1976).

Á tvívetniskorti Braga Árnasonar frá 1976 sést að úrkoman á Langanesi er með hlutfallslegan tvívetnisstyrk (δD eða $\delta^2 H$) gildi á bilinu -66 til -62 ‰. Úrkoman á Vatnajökli og norður af honum er hinsvegar með $\delta^2 H$ gildi á bilinu -106 til -90 ‰.

Til að finna út hvar grunnvatnið féll mögulega niður sem rigning þá er gildið í grunnvatnssýninu borið saman við gildið á tvívetniskortinu.

Aldursgreining vatns

Hlutfallslegan styrk kolefnissamsættunar, ^{14}C , sem stundum er nefnd geislakol, má nota til aldursgreiningar á vatni. ^{14}C samsættan er geislavirk og með helmingunartíma hennar 5700 ár. Grunnvatn á Íslandi er talið vera allt að 70 þúsund ára gamalt (Sveinbjörnsdóttir o.fl., 1995). Tekin voru sýni til aldursgreiningar á vatni úr vatnsbólum í Langanesbyggð, en greiningu þeirra er ekki lokið. Eina greiningin sem til er úr lindum á þessum slóðum er úr varavatsnbóli Kópaskers við Snartastaði þar sem óleiðréttur aldur reyndist vera um fjórir áratugir (Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Raket Guðrúnardóttir, 2007).

Radon

Radon er lofttegund og myndast við niðurbrot radíums. Það er geislavirkt með helmingunartímann 4,2 daga, en dótturefnið eru föst efni. Í ýmsum nágrannalöndum okkar er hár styrkur radons í grunnvatni vandamál og því er mæling þess liður í neysluvatnseftirliti. Hér á landi er þetta ekki vandamál vegna þess hversu lítið radíum er í basalti og þar með í berggrunninum. Radonstyrkur í vatni er þó oft mældur í vatni sem ætlað er að markaðssetja til útflutnings til að sýna fram á hversu óverulegur hann er.

Reglugerðir um neysluvatn

Umhverfissráðuneytið hefur gefið úr reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn og eru breytingar á þeirri reglugerð að finna í reglugerð nr. 145/2008 (Umhverfissráðuneytið, 2001; 2008). Markmið reglugerðarinnar er að vernda heilsu manna með því að tryggja að vatnið sé hreint og ómengað. Einnig er

reglugerð nr. 405/2004 um náttúrulegt ölkelduvatn og átappað lindarvatn (Umhverfisstofnun, 2001 og 2004).

Neysluvatn er vatn sem í upphaflegu ástandi eða eftir meðhöndlun er notað til drykkjar og matargerðar svo og vatn notað af matvælafyrirtækjum.

Hitaveituvatn telst ekki neysluvatn (Matvælastofnun, 2009). Hér á landi er vatn skilgreint sem matvæli og því fellur það undir almennalöggjöf um matvæli (Matvælastofnun, 2009). Meðal neysluvatnspörf til heimilisnota er 150 lítrar á hvern íbúa á sólahring (Matvælastofnun, 2003).

Ölkelduvatn er ekki skilgreint nákvæmlega í reglugerðunum eða leiðbeiningum frá Matvælastofnun en hefur verið skilgreint sem vatn þar sem samanlagður styrkur karbónats ($\text{CO}_2 + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) sé 1000 mg/L. Þó vilja aðrir miða við 300 mg/L (Sigurður Steinþórsson, 2001). Það er viðmiðun sem oft er notuð við flokkun vatns til heilsubaða (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000).

Eftirlit og starfsleyfi

Heilbrigðisnefndir sveitarfélaga sjá um að veita starfsleyfi og hafa eftirlit með vatnsbólum og vatnsveitum svo og leyfi fyrir hagnýtingu ölkelduvatns og átappaðs lindarvatns. Heilbrigðisnefndir sinna þessu undir yfirumsjón Matvælastofnunar eftir að matvælasvið Umhverfisstofnunar var flutt til þeirra (Matvælastofnun, 2009).

Sá sem sækir um starfsleyfi fyrir vatnsveitu ber kostnað af rannsóknum á gæðum vatnsins. Í viðauka eitt með reglugerðinni er að finna kröfur sem neysluvatn þarf að uppfylla svo sem að vera laust við örverur, sníkjudýr og efni sem gætu, í því magni sem þau eru, haft áhrif á heilsu manna. Stuðst er við leiðbeiningar frá Alþjóðaheilbrigðisstofnunninni varðandi þessa þætti (Umhverfisstofnun, 2001).

Sýnataka á vatni á að endurspegla ástand vatnsins á mismunandi árstímum. Matvælastofnun gerir leiðbeiningar um sýnatöku og meðferð vatnssýna og á vefsíðu þeirra má finna sýnatökuseðill fyrir vatnssýni vegna mælinga hjá Rannsóknastofnu Umhverfisstofnunar og leiðbeiningar vegna örverumælinga. Sýnataka og meðferð sýna vegna örverumælinga er talsvert frábrugðin

aðferðum fyrir efnamælingar (Matvælastofnun, 2009; 2003). Fyrir efnamælingar er aðeins vísað í reglugerð nr. 536/2001.

Taflan hér fyrir neðan sýnir hámarksgildi efna- og eðlisfræðilega þátta í heildarúttekt og reglubundnu eftirliti samkvæmt reglugerðinni og eru þessi gildi að finna í viðauka hennar. Hér fyrir neðan eru þeir þættir sem teknir eru fyrir í mælingum á efnasamsetningu vatns eins og lýst er í ritgerð þessari.

Tafla 1 – Hámarksgildi efna í neysluvatni samkvæmt reglugerð

Rannsókn- þáttur	Efnatákn	Hámarks gildi	Athugasemdir	Reglubundið eftirlit
Ál	Al	200 µg/L	Reglubundið eftirlit á einungis við þegar ál er notað við að mynda kekki.	x
Antímon	Sb	5,0 µg/L		
Arsen	As	10 µg/L		
Blý	Pb	10 µg/L	Gildið skal vera lýsandi fyrir neysluvatn.	
Bór	B	1,0 mg/L		
Flúoríð	F ⁻	1,5 mg/L		
Járn	Fe	200 µg/L	Reglubundið eftirlit á einungis við þegar járn er notað við meðhöndlun á vatni.	x
Kadmíum	Cd	5,0 µg/L		
Klóríð	Cl ⁻	250 mg/L	Vatnið má ekki vera tærandi.	
Kopar	Cu	2,0 mg/L	Gildið skal vera lýsandi fyrir neysluvatn.	
Króm	Cr	50 µg/L		
Kvikasilfur	Hg	1,0 µg/L		
Leiðni		2500 mS cm ⁻¹ við 20°C	Vatnið má ekki vera tærandi.	x
Mangan	Mn	50 µg/L		
Natríum	Na	200 mg/L		
Nikkel	Ni	20 µg/L	Gildið skal vera lýsandi fyrir neysluvatn.	
Oxunarhæfni		5,0 mg/L O ₂	Þarf ekki að mæla ef heildarmagn lífræns kolefnis (TOC) er mælt.	
Selen	Se	10 µg/L		
Sýrustig		6,5 og 9,5 pH eining	Vatnið má ekki vera tærandi. Fyrir kolsýrulaust átappað vatn má lágmarksgildið fara niður í pH 4,5.	x

Í þessari töflu eru aðeins 19 af þeim 41 efnis- og eðlisþáttum sem taldir eru upp í reglugerðinni. Í heildarúttekt samkvæmt reglugerðinni eru skoðaðir fleiri

þættir svo sem ýmis efnasambönd. Samkvæmni, nákvæmni og greiningarmörk fyrir þá þætti sem eru skoðaðir er eiga að vera, samkvæmt reglugerð, 10-25%, mismunandi milli mælipátta (Umhverfissráðuneytið, 2001).

Í sveitarfélaginu Langanesbyggð búa rétt rúmlega 500 manns og eru innan við 500 manns búsettir á Þórshöfn. Miðað við töflu um lágmarkstíðni greininga þá ætti að framkvæma reglubundið eftirlit einu sinni á ári og er tíðni heildarúttekta ákvörðuð af heilbrigðisnefnd í samráði við Matvælastofnun. Ef íbúafjöldi á veitusvæði er undir 150 þá er reglubundið eftirlit að lágmarki annað hvert ár.

Ef vatnsveitan þjónar færri en 50 manns eða 20 heimilum þá hefur heilbrigðisnefnd ekki reglubundið eftirlit með henni né framkvæmir heildarúttekt (Umhverfissráðuneytið, 2001).

Átappað lindarvatn

Ef neysluvatn er ætlað til sölu í neytendaumbúðum svo sem átappað í flöskum þá verður að hafa sérleiðslu frá vatnsbólínu í átöppunarhúsnæðið ef það á að vera merkt sem lindarvatn. Til að fá leyfi heilbrigðisnefndar þurfa eftirfarandi gögn að liggja fyrir:

- Upplýsingar um jarð- og vatnsfræðilega þætti svæðisins.
- Eðlis- og efnafræðilegar niðurstöður s.s. rennslis hraði, leiðni og sýrustig.
- Niðurstöður örverumælinga.

Leyfi eru veitt til tveggja ára í senn og er leyfisveitingin auglýst í Lögbirtingarblaðinu og í stjórnartíðindum Evrópusambandsins (Matvælastofnun, 2009).

Ölkelduvatn og átappaða lindarvatnið verður að uppfylla skilyrði sem sett eru fram í reglugerð nr. 405/2004. Í þeirri reglugerð eru nánari reglur um meðhöndlun vatnsins og segir þar að ávallt skal sía eða fella út óstöðug efni svo sem járn, brennisteinssambönd og önnur óæskileg efni sem hafa þó ekki áhrif á þau undirstöðuefni sem gefa því sér eiginleika. Ef önnur efni en járn og

brennisteinssambönd eru fjarlægð þá þarf að tilkynna heilbrigðiseftirlitinu um það sem ákvarðar eftirlit með því (Umhverfisstofnun, 2004).

Huga verður að umbúðum svo að vatnið spillist ekki. Á umbúðamerkingum þarf heiti eða vörulýsing fyrir lindarvatn að vera „átappað lindarvatn“ eða bara „lindarvatn“. Upplýsingar um efnasamsetningu fyrir einkennandi efnisþætti skulu vera á umbúðum. Staðsetningin lindar þarf að koma fram og upplýsingar um meðhöndlun vatnsins ef hún önnur en aðeins síun á járn- og brennisteinssamböndum til dæmis með ósonauðguðu lofti.

Í reglugerð nr. 405/2004 segir „Umhverfisstofnum sér um að gefa út leiðbeiningar um hagnýtingu og markaðssetningu fyrir átappað lindarvatn. Þar er að finna þau skilyrði sem slíkt vatn þarf að uppfylla þar á meðal varðandi efnarannsóknir og stöðugleika í efnasamsetningu“ (Umhverfisstofnun, 2004). Þessar leiðbeiningar eru núna gefnar út af Matvælastofnun þar sem matvælasvið Umhverfisstofnunar hefur verið flutt þangað (Matvælastofnun, 2009). Reglugerðin hefur ekki verið uppfærð til að endurspeglar þetta. Heilbrigðisnefndir sinna eftirliti undir yfirumsjón Matvælastofnunar samkvæmt leiðbeiningum um ölkelduvatn (Matvælastofnun, 2009).

Í reglugerðinni í 5. kafla, 11 gr. segir að bannað sé að flytja átappað lindarvatn í öðum ílátum en þeim sem ætluð eru til dreifingar til neytenda (Umhverfisstofnun, 2004).

Í viðauka tvö er tilgreint hámarksmagn efna sem mega vera í vatninu án þess að hætta sé á að efnin valdi heilsutjóni. Í töflunni hér að neðan eru þessi hámarksgildi sett fram ásamt hlutfallstölu miðað við hámarksgildi sem eru í reglugerðinni um neysluvatn.

Tafla 2 - Hámarksgildi (mg/L) efna í átöppuðu lindarvatni

Efni	Efnatákn	Hámarksgildi (mg/L)	Hlutfall af hámarki fyrir neysluvatn	Athugasemd
Antímon	Sb	0,005	100%	
Arsen	As	0,01	100%	
Baríum	Ba	1		Ekki rannsóknarþáttur í heildarúttekt fyrir neysluvatn.
Blý	Pb	0,01	100%	
Flúoríð	F	5	333%	Hærra hámarksgildi en fyrir neysluvatn en þar er það 1,5 mg/l.
Kadmíum	Cd	0,003	60%	
Kopar	Cu	1	50%	
Króm	Cr	0,05	100%	
Kvikasilfur	Hg	0,001	100%	
Mangan	Mn	0,5	1000%	
Nikkel	Ni	0,02	100%	
Nítrat	NO ₃ -	50	100%	Sama hámarksgildi og fyrir neysluvatn.
Nítrít	NH ₃	0,1	20%	
Selen	Se	0,01	100%	
Sýaníð	CN-	0,07	140%	

Eins og sést í þessari töflu þá eru hámarksgildin fyrir átappað nánast þau sömu og hámarksgildi fyrir neysluvatn. Hámarksgildi fyrir nítrít er 20% af því sem leyft er fyrir neysluvatn, kopar 50% og kadmíum 60%. Sýaníð má vera herra eða 140% og flúoríð 333%. Mangan má vera tífalt herra í átöppuðu vatni en í neysluvatni.

Í mælingum á efnasamsetningu á vatni eins og lýst er hér í þessu verkefni eru nítrat, nítrít og sýaníð ekki mæld. Hámarksmagn fyrir bór er ekki sett fram í reglugerðinni en í henni er athugasemd þess hljóðandi að hámarksgildi verði sett fyrir 1. janúar 2006 og þá samkvæmt álit Matvælaöryggisstofnunar Evrópu (Umhverfissráðuneytið, 2004).

Í leiðbeiningunum hjá Matvælastofnun segir einnig að „Mælingar á eftirfarandi þáttum í 1-2 ár gefa góða vísbendingu um stöðugleika vatnsins: Leifar þurrefnis, kalk (Ca), súlföt (SO₄), natríum (Na), kalíum (K), magnesíum (Mg), klóríð (Cl), kísiltvíoxíð (SiO₂), nítrat (NO₃)“ (Matvælastofnun, 2009). Ekki er tilgreint frekar hversu oft mælingarnar skulu fara fram á þessu tímabili og er

Það ákvörðun heilbrigðisnefnda hvort að tíðni mælinga sé næg til að sýna fram á stöðugleika.

Í reglugerð nr. 536-2001 í viðauka, töflu 7, er lágmarkstíðni sýnatöku fyrir neysluvatn sem dreifa á í flöskum eða öðrum ílátum. Fer tíðnin eftir rúmmáli neysluvatnsins sem er framleitt á dag. Ef það er undir 10 m^3 þá er reglubundið eftirlit og heildarúttekt framkvæmt einu sinni á ári. Ef það er $10\text{-}60 \text{ m}^3$ á dag þá skal reglubundið lágmarkseftirlit vera 12 sýni á ári og heildarúttekt einu sinni á ári. Ef framleiðslan er yfir 60 m^3 á dag skal taka sýni samkvæmt reglubundnu eftirliti fyrir hverja byrjaða 5 m^3 og heildarúttekt fyrir hverja byrjaða 100 m^3 á dag. Rúmmálið er reiknað sem meðaltal miðað við almanaksár (Umhverfísráðuneytið, 2001).

Verndun ónýtttra vatnsbóla

Í 11. gr. reglugerðar 536/2001 um neysluvatn segir „Heilbrigðisnefnd og vatnsveitum er heimilt að gera tillögur til viðkomandi sveitarstjórnar að reglum til verndar ónýttum vatnsbólum“ (Umhverfísráðuneytið, 2001).

Er með þessu verið að reyna að tryggja að vatnsauðlindum framtíðarinnar sé ekki spillt með framkvæmdum nútíðarinnar.

Aðferðir

Sýnatökur

Efnastyrkur í neysluvatni er að jafnaði mjög lítill hér á landi. Því skiptir miklu máli að sýnataka sé rétt gerð svo að sýni mengist ekki eða spillist á meðan sýnatöku stendur eða við síðari meðhöndlun.

Val á sýnatökuilátum þarf að endurspeglar þetta. Glerílát hleypa ekki gastegundum í gegnum sig en vatn getur hvarfast við gler. Plastílát hleypa gastegundum í gegn sem geta haft áhrif á efnaeiginleika vatnsins. Plastið hvarfast þó síður við vatnið en glerið. Við veggj platíla geta aðsogast ýmis efni t.d. málmar. Til að koma í veg fyrir þetta þá er bætt sterkri sýru í vatnssýnið til að halda þessum efnum í lausninni (Hrefna Kristmannsdóttir, 2004b).

Heildarsýnataka

Heildarsýnataka var gerð í neysluvatnslindinni við Gunnólfsvíkurfjall sumarið 2007 en var sú sýnataka partur af verkefninu „Efnaeiginleikar vatns í nokkrum minni vatnsveitum á norðausturlandi“. Heildarsýnataka var gerð í apríl vorið 2008 í borholunni við Staðarsel. Áætlað var að gera aðra heildarsýnatöku á sama tíma úr neysluvatnslind Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall. Vegna veðurs og snjóalaga var það ekki hægt. Heildarsýnatökur frá Kópaskeri 2007 og 2008 voru því valdar til samanburðar.

Vatnssýni voru tekin fyrir rokgjörn efni (pH, heildarkarbónat) og rafleiðni.

Sýni voru tekin fyrir öll helstu uppleyst efni, málmar og anjónir;

Tafla 3 - Heildarsýnataka, helstu uppleyst efni, málmar og anjónir

Natríum (Na)	Ál (Al)
Kalíum (K)	Strontíum (Sr)
Kalsíum (Ca)	Kísill (SiO ₂)
Magnesium (Mg)	Klóríð (Cl ⁻)
Járn (Fe)	Brennisteinn (SO ₄ / S)
Mangan (Mn)	Flúoríð (F ⁻)

Einnig voru greindar stöðugar samsætur vetnis, súrefnis og kolefnis (²H, ¹⁸O, ¹³C) og geislakol (¹⁴C).

Auk þess voru mæld snefilefni:

Tafla 4 - Heildarsýnataka, snefilefni

Silfur (Ag)	Molybden (Mo)
Arsen (As)	Nikkel (Ni)
Gull (Au)	Fosfór (P)
Bór (B)	Blý (Pb)
Baríum (Ba)	Rúbidíum (Rb)
Bróm (Br)	Antímon (Sb)
Kadmíum (Cd)	Selen (Se)
Kóbalt (Co)	Tin (Sn)
Króm (Cr)	Þóríum (Th)
Sesíum (Cs)	Títan (Ti)
Kopar (Cu)	Þallíum (Tl)
Gallíum (Ga)	Úran (U)
Germaníum (Ge)	Vanadíum (V)
Kvikasilfur (Hg)	Volfram (W)
Joð (I)	Sink (Zn)
Líþíum (Li)	

Þegar komið var að lind sem mæla á var byrjað á því að staðsetja slöngu ofan í vatnið, hæfilega djúpt svo yfirborðsáhrifa gætti ekki. Slangan var úr sílikoni og hefur efnið í henni ekki áhrif á efnamælinguna. Slangan var nokkuð veggþykk

til að þola þrýsting. Slangan var þrædd í gegnum Masterflex E/S Portable Sampler dælu frá Cole-Parmer Instrument Co. Dælan var þannig gerð að vatnið komst aldrei í snertingu við dæluna sjálfa heldur flæðir í gegnum slönguna. Vatninu var leyft að flæða í gegn til að skola búnaðinn í að minnsta kosti 10 mínútur áður en að hafist var handa við sýnatökuna (Hrefna Kristmannsdóttir, 2004b).

Fyrst voru tekin sýni fyrir pH og karbónat í tvær 250 - 300 mL brúnar glerflöskur. Flöskurnar voru skolaðar vandlega með sýnatökuvatninu. Var það gert með því að taka rúmlega botnfylli af sýnatökuvatn í flöskuna, henni lokað og hún svo hrist 10-30 sinnum. Síðan var vatninu hellt úr henni og þetta endurtekið. Skolun sem þessi var gerð fyrir allar sýnatökuflöskurnar áður en þær voru fylltar. Þegar flöskurnar voru fylltar var einnig passað sérstaklega upp á að ekki séu loftbólur í þeim þar sem það getur haft áhrif á mælingarnar og þá sérstaklega pH og karbónat mælingar.

Eftir að pH og karbónat flöskurnar hafa verið fylltar er tekið sýni í brúna 200 mL glerflösku fyrir Radon og hún merkt með tímasetningu. Sýnin í þessum þrem flöskum eru merkt með stöfunum *Ru* sem stendur fyrir „Raw untreated“ eða ósúuð og ómeðhöndluð sýni.

Því næst er sía tengd við slönguna. Sían er 0,2 μm úr sellulose asetati og síuhaldarinn er úr tefloni. Vatninu er leyft að renna í gegnum síuna í nokkrar mínútur til að skola hana. Því næst eru sýni merkt *Fu* tekin. *Fu* stendur fyrir „filtered untreated“ eða síuð ómeðhöndluð sýni.

- 200 mL plastflaska *Fu* fyrir anjónir
- 50 mL brún glerflaska *Fu* fyrir súrefnis- og vetnissamsætur
- 500 mL plastflaska *Fu* fyrir Ca^{2+} og Mg^{2+} mælingar við HA
- 1000 mL brún glerflaska *Fu* fyrir kolefnissamsætur ^{14}C

Í kolefnissamsætufloeskuna er bætt 5-6 dropum af mettaðri kvikasilfursklórið lausn þegar komið er til baka á rannsóknastofu. Þetta er gert til að koma í veg fyrir bakteríugróður sem gæti haft áhrif á mælingarnar.

Sýni fyrir næringarsölt eru tekin í fjórar 20 mL sýruþvegnar plastflöskur *Fu* sem eru settar í frysti fram að mælingum.

Fyrir snefilefni er tekið síað sýni í 200 mL sýruþvegna flösku. Út í hana er bætt 1 mL af háhreinni (sérhreinsaðari) HNO_3 sýru áður en flöskunni er lokað. Sýnið er merkt með *Fa* sem stendur fyrir „filtered acidified“ eða síað og sýrt.

Súrefni er mælt á staðnum með því að nota Chemetrix ampúlur.

Hlutsýnataka

Hlutsýnataka var gerð úr veitukerfi Kópaskers sumarið 2008. Sýnin voru tekin af Friðgeiri Rögnvaldssyni, verkstjóra á Kópaskeri samkvæmt munnlegum leiðbeiningum höfundar. Sama dag tók höfundur þátt í heildarsýnatöku í neysluvatnsbólí Kópaskers í Katastaðalind. Heildarsýnataka var á vegum Landsvirkjunar vegna borana á Þeistareykjum. Niðurstöður hlutsýnatökunnar úr veitukerfi Kópaskers var hugsuð til þess að sannreyna það hvort þær samræmdust niðurstöðunum úr heildarsýnatökunni beint úr lindinni.

Hlutsýnataka var síðan framkvæmd vorið 2009 á Þórshöfn sérstaklega fyrir þetta verkefni. Hlutsýni voru tekin úr Staðarselsholunni og úr veitukerfinu á Þórshöfn, nánar tiltekið úr neysluvatnskranu við smábátahöfninni. Ekki var mögulegt að taka hlutsýni úr lindinni við Gunnólfsvíkurfjall vegna veðurs, færðar og snjóalaga.

Sýnin á Þórshöfn voru tekin af Steini Karlssyni, hafnarstjóra á Þórshöfn samkvæmt leiðbeiningahefti sem höfundur útbjó sérstaklega og sendi ásamt sýnatökubúnaði. Heildartexti leiðbeiningaheftisins er í viðauka 2.

Fyrir hverja hlutsýnatöku var tekið vatn í 3 flöskur:

- 2 brúnar 250 mL glerflöskur fyrir pH, karbónat og leiðni
- 1 plastflaska 500 mL fyrir Mg^{2+} , Ca^{2+} og Cl^-

Hitastig var mælt með hitamælirinn er af gerðinni Digi-Sense Thermometer RTD Platinum frá Cole-Parmer sem gefur upp hitastig í gráðum á Celsius, °C.

Mælingar

Nokkrar mælingar voru gerðar við sýnatökustað og skráðar niður jafnóðum: fyrir heildarsýnatöku var hitastig og leiðni mæld á staðnum en fyrir hlutsýnatöku var bara hitastigið mælt á staðnum.

Aðrar mælingar voru gerðar á rannsóknastofu þegar að sýni höfðu náð herbergishita eða um 25°C.

Hitastig og leiðni

Hitastig var mælt á sýnatökustað, lind eða neysluvatnskрана, með því að setja nákvæman hitamæli ofan í vatnið. Hitamælirinn af gerðinni Digi-Sense Thermometer RTD Platinum frá Cole-Parmer var notaður, sem gefur upp hitastig í gráðum á Celsius, °C.

Leiðnimæling var gerð á tvennan hátt. Leiðni var mæld með því að setja EC300 mæli frá YSI Environmental út í lindirnar. Sá mælir var með 0,1°C og 1% + 2 µS mælinákvæmni. Hann gaf leiðnina upp leiðrétta miðað við 25°C hitastig. Leiðnin var líka mæld á rannsóknastofu, inna þriggja daga frá sýnatöku, með EC meter, model 1481-61 frá Cole-Parmer Instrument Co eftir að sýni hafði náð herbergishita. Mælirinn var fyrst kvarðaður með 1413 µS @25°C leiðnistaðli frá Oakton. Mælirinn var fyrst skolaður í nokkrar sekúndur með því að láta hann liggja ofan í glasi með sýni í. Svo var hann settur ofan í annað glas sem einnig var með sama sýnavatni í og það mælt og skráð.

Ástæðan fyrir því að leiðni var mæld bæði úti við lindina og líka á rannsóknastofu er sú að hitaleiðrétting á leiðnimælum er kvörðuð við kalíumklórið og því er hitaleiðréttingin ekki nákvæm fyrir vatnslausnir með öðrum uppleystum jónum í.

Áætluð mælióvissa fyrir hitastig er $\pm 0,1^\circ\text{C}$ og fyrir leiðni eru hún $\pm 10 \mu\text{S}/\text{cm v.}25^\circ\text{C}$ (viðauki 2).

Leiðnimæling á rannsóknastofu var ávalt framkvæmd tvisvar sinnum og meðaltal tekið af mælingunum. Miðað er við staðkvæmni upp á 5% milli mælinga úr sama sýni þ.e. að mismunur mælinga sé inna við 5% af meðaltalsgildi þeirra. Ef sú staðkvæmni næst ekki er mælingin framkvæmd að nýju.

pH og karbónat

Sýni fyrir pH og karbónat voru tekin í brúnar 250 mL glerflöskur sem fylltar voru upp í topp svo að ekkert loft sé til staðar í flöskunni. Loftbólur í sýnatökufloesku geta haft áhrif á mælingarnar því sýrustig, pH, vatnsins breytist um leið og það kemst í snertingu við andrúmsloftið, sé það ekki í jafnvægi við það. Því er mikilvægt að loft komist ekki að sýninu fyrr en það er mælt. Mælingar á pH og karbónati voru gerðar innan þriggja daga frá sýnatöku.

pH mælingin voru gerð á rannsóknastofu með pH 6.0258.000, pH 0...14/0...100°C, pH mæli sem tengdur er við 744 pH meter frá Metrohm. Mælirinn var fyrst kvarðaður með tveim staðallausnum, dúalausnum, sem eru með pH 4.00 ±0,02 (25°C) og pH 7.00 ±0,02 (25°C) og voru einnig frá fyrirtækinu Metrohm.

Mælingin voru gerð með því að setja pH mælinn ofan í sýnatökufloeskuna. Hrært var í flöskunni á meðan að á mælingu stóð með því að nota segulhræru. Beðið er eftir að pH mælirinn jafni sig á ákveðnu gildi áður en það er skráð.

Áætluð mælióvissa fyrir pH er ±0,1 (viðauki 2). pH mælingin er framkvæm einu sinni fyrir hverja floesku. Tvær flöskur af sýni voru teknar á hverjum stað. Miðað er við staðkvæmni upp á 5%.

Karbónat var mælt í sýni úr sömu flöskum strax eftir pH mælinguna. Notast var við 794 Basic Titrimo frá Metrohm við mælinguna sem er hálfsvjálfrvirkur títrari. Títrun var uppsett með saltsýru, HCl, sem var 0,1 N að styrk eða 0,1 mól/L sem títrunarvökva. Notaður var hitamælir frá Methrom nr. 6.1110.100 sem er með mælibil fyrir -50...180°C og pH mælir, einnig frá Methrom, nr. 6.0239.100 sem mælir pH 0...14, 0...80°C og var fylltur með 3M KCl lausn.

pH mælirinn var kvarðaður á sama hátt og í pH mælingunni sem lýst var hér að framan.

Mælt var í bikarglas 70-80 mL af sýni. Var þetta gert á vog með mælinákvæmni $\pm 0,01$ g. Bikarglasið var sett á segulhræruna á Titrino tækinu, hræran sett af stað og segulkubbur settur út í sýnið. Mælar settir ofan í sýnið ásamt slöngu sem skammtar títrunarvökva. Tækið var sett af stað og nákvæm stærð sýnis slegin inn. Títrunin var þá framkvæmd sjálfvirk af tækinu.

Titrimótun tækið var uppsett til að finna einn jafngildispunkt (equivalent point, EP) á bilinu pH 5,8 til pH 3,2. Magn CO_2 í ppm, RS1, reiknast þá sjálfkrafa með eftirfarandi formúlu:

$$RS1 = EP1 \cdot C01 \cdot C02 \cdot C03 \cdot C23/C00;$$

- þar sem EP1 er magn títrunarvökva sem þarf fyrir jafngildispunktinn í mL,
- C00 er magn sýnis í mL sem slegin var inn í upphafi keyrslu,
- C01 er styrkur saltsýrunnar í mól/L sem var 0,1,
- C02 er móltala CO_2 sem er 44,
- C03 er fjöldi mL í einum lítra eða 1000,
- C23 er þynning sýnisins sem er 1 fyrir karbónat mælingar (Helga Rakel Guðrúnardóttir, 2007).

Áætluð mælióvissa er 0,2 mg/L (viðauki 2). Gerðar eru tvær mælingar fyrir hvert sýni og meðaltal tekið af niðurstöðum. Miðað er við staðkvæmni upp á 5% milli mælinga.

Klóríð (Cl^-)

Eins og fyrir mælinguna á karbónati þá var notast við 794 Basic Titrimótun frá Metrohm við mælinguna. Títrunin var uppsett með silfurnítrati, AgNO_3 , sem er 0,01 N að styrk eða 0,01 mól/L sem títrunarvökva. Notaður er hitamælir frá Methrom nr. 6.1110.100 og silfur títróða, Ag Titrode, frá Methrom, nr. 6.0430.100 sem mælir frá 0...80°C.

Mælt var í bikarglas 30-40 mL af sýni. Var þetta gert á vog með mælinákvæmni $\pm 0,01$ g. Út í sýnið var bætt þremur dropum af HNO_3 50% lausn. Bikarglasið var sett á segulhræruna á Titrino tækinu, hræran sett af stað og segulkubbur settur út í sýnið. Mælar settir ofan í sýnið ásamt slöngu sem skammtar títrunarvökva. Tækið var sett af stað og nákvæm stærð sýnis slegin inn. Títrunin var þá framkvæmt sjálfvirk af tækinu.

Titrimótun tækið var uppsett til að finna einn jafngildispunkt (equivalent point, EP) fyrir klóríð. Magn klóríðs, Cl^- í ppm eða RS1, reiknast þá sjálfkrafa með eftirfarandi formúlu:

$$RS1 = EP1 \cdot C01 \cdot C02 \cdot C03 \cdot C23/C00;$$

- þar sem EP1 er magn títrunarvökva sem þarf fyrir jafngildispunktinn í mL,
- C00 er magn sýnis í mL sem slegin var inn í upphafi keyrslu,
- C01 er styrkur silfurnítratsins í mól/L sem var 0,01,
- C02 er móltala Cl^- sem er 35,453,
- C03 er fjöldi mL í einum lítra eða 1000 og
- C23 er þynning sýnisins sem var 1 eða óþynnt fyrir öll sýnin (Helga Raket Guðrúnardóttir, 2007).

Óvissa fyrir þessa mæliaðferð er 7% (viðauki 2). Gerðar eru tvær mælingar fyrir hvert sýni og miðað er við staðkvæmni upp á 5%.

Magnesium (Mg^{2+}) og Kalsíum (Ca^{2+})

794 Basic Titrimótun frá Metrohm var á sama hátt notað við mælingar á magnesium og kalsíum. Títrunin var uppsett með Na_2EDTA 0,5 N + KOH 0,1 mól/L sem títrunarvökva. Notaður var hitamælir frá Methrom nr. 6.1110.100, kalsíum mælir CALCIUM KV1 frá Methrom, nr. 6.1241.050 og viðmiðunarmælir LL Ag/AgCl Reference electrode frá Methrom nr. 6.0733.100 sem fylltur er með 3M KCl vökva. Áður en mæling hófst var kalsíum mælirinn látinn liggja í 10 mínútur í lausn með kalsíumklóríð (CaCl_2) 0,01 N (Helga Raket Guðrúnardóttir, 2007).

Mælt var í bikarglas um 70 mL af sýni. Var þetta gert á vog með mælinákvæmni $\pm 0,01$ g. Út í sýnið var bætt 12 mL af acetyl acetone 0,1 N + TRIS 0,2 N lausn. Bikarglasið var sett á segulhræruna á Titrino tækinu, hræran sett af stað og segulkubbur settur út í sýnið. Mælar settir ofan í sýnið ásamt slöngu sem skammtar títrunarvökva. Tækið var sett af stað og nákvæm stærð sýnis slegin inn. Títrunin var þá framkvæmt sjálfvirk af tækinu.

Titrino tækið var uppsett til að finna tvo jafngildispunkta (equivalent point, EP1 og EP2), einn fyrir kalsíum og annan fyrir magnesíum. Magn kalsíum, Ca^{2+} í ppm eða RS1, reiknast þá sjálfkrafa með eftirfarandi formúlu:

$$RS1 = EP1 \cdot C01 \cdot C02 \cdot C03 \cdot C23/C00$$

Fyrir magnesíum, Mg^{2+} í ppm eða RS2, var notuð eftirfarandi formúla:

$$RS2 = (EP2 - EP1) \cdot C01 \cdot C02 \cdot C04 \cdot C23/C00;$$

- þar sem EP1 er magn títrunarvökva sem þarf fyrir jafngildispunkt eitt í mL,
- EP2 er magn títrunarvökva fyrir jafngildispunkt tvö,
- C00 er magn sýnis í mL sem slegin var inn í upphafi keyrslu,
- C01 er styrkur ETDA í mól/L sem var 0,1,
- C02 er fjöldi mL í einum lítra eða 1000,
- C03 er móltala Ca^{2+} sem er 40,08,
- C04 er móltala Mg^{2+} sem er 24,31 og
- C23 er þynning sýnisins eða 1 (Helga Raket Guðrúnardóttir, 2007).

Óvissa fyrir þessa mæliaðferð er 12% (viðauki 2). Gerðar eru tvær mælingar, úr sömu flösku fyrir hvert sýni. Miðað er við staðkvæmni upp á 5%.

Aðrar mælingar

Ekki er aðstaða hjá Háskólanum á Akureyri til að mæla öll efnin í sýnunum.

Hjá Raunvísindastofnun Háskóla Íslands var Radon mælt með geislanema innan viku frá sýnatöku. Stöðugar samsætur fyrir vetni, súrefni og kolefni 14 (^{14}C) voru mældar á massagreini Jarðvísindastofnunar Háskóla Íslands.

Önnur sýni voru send til rannsóknarstofu í Luleå í Svíþjóð, Analytica AB, til greiningar.

Anjónir svo sem klóríð (Cl), Súlfat (SO₄) og flúor (F) voru mældar á jónagreini. Helstu málmar, natríum (Na), kalíum (K), kalsíum (Ca), magnesíum (Mg), járn (Fe), ál (Al), strontíum (Sr) svo og kísill (Si), bór (B), og brennisteinn (S) voru mæld með ICP-AES tæki. Snefilefnin voru mæld í ICP-MS tæki. Næringarsölt, NH₃, NO₃, NO₂, PO₄ voru mæld með litrófsaðferðum á “autoanalyser”.

Áætluð mælióvissa fyrir mælingarnar í Svíþjóð er að finna í töflu í viðauka 2.

Niðurstöður

Aðalefni

Í töflunni hér fyrir neðan eru niðurstöður úr efnamælingum fyrir aðalefni úr heildarsýnatökunum úr neysluvatnsbólum Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall frá 2007 og úr holunni við Staðarsel 2008. Til viðmiðunar eru niðurstöður úr heildarsýnatökum úr neysluvatnsbólum Kópaskers frá árunum 2007 og 2008 (Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Raket Guðrúnardóttir, 2007; 2008a; 2008b).

Tafla 5 - Niðurstaða efnagreininga heildarsýnatökur aðalefni

Sýni nr.	HK07-014	HK07-016	HK08-009	HK08-005
Staðsetning	Þórshöfn	Kópasker	Kópasker	Staðarsel
Aðferð	Heildarsýnataka	Heildarsýnataka	Heildarsýnataka	Heildarsýnataka
Gerð	úr lind	úr lind	úr lind	úr lind
Dagsetning	5.6.2007	5.6.2007	28.7.2008	1.4.2008
Hnit N	66°09,753	66°16,070	N66 16.067	66°12,276
Hnit V	15°05,828	016°22,488	W16 22.487	15°15,418
Hitastig	1,7	3,9	4,2	7,4
pH/°C	8,40/23	8,54/23	8,48/20	8,95/20
SiO ₂ mg/L	19,3	19,2	8,8	14,6
Na mg/L	6,7	9,7	9,95	12,4
K mg/L	0,41	0,57	0,66	0,77
Ca mg/L	5,0	5,8	6,0	9,2
Ca mg/L (HA)			6,1	
Mg mg/L	1,33	1,46	1,52	1,16
Mg mg/L (HA)			1,59	
Fe mg/L	0,001	0,006	0,0025	0,00005
Al mg/L	0,006	0,008	0,011	0,005
CO ₂ mg/L	15,1	23,0	23,7	28,6
Leiðni µS/cm v.25°C	72	93	88	124
SO ₄ mg/L	2,1	2,3	2,1	2,1
Cl mg/L	9,6	9,9	10	17
Cl mg/L (HA)			9,85	
F mg/L	0,04	0,06	0,05	<0,05
P µg/L	50,4	31,6	33,9	13,7
Uppleyst efni mg/L	57	68	72	72
δ ² H ‰	-61,68	-70,00	-70,78	-63,28
δ ¹⁸ O ‰	-9,2	10,38	-10,32	-9,35
Rn Bq/L				0,85
Vatnsgerð	Na-HCO ₃	Na-HCO ₃	Na-HCO ₃	Na-HCO ₃
Harka mg/L	18	20,5	22	28
Mettun miðað við kalk (CaCO ₃)	undirmettað	undirmettað	undirmettað	yfirmettað

Í töflunni hér að ofan þar sem merkt er með HA innan sviga fyrir Kópasker 2008 þá er um að ræða mælingar sem voru framkvæmdar við Háskólann á Akureyri. Með því að bera saman gildin fyrir kalsíum (Ca), magnesíum (Mg) og klóríði þá sést að niðurstöðurnar frá HA ber ágætlega saman við niðurstöður fengnar frá rannsóknastofunni í Svíþjóð.

Staðarselsvatnið sker sig úr þar sem það er með hátt hitastig eða 7,4°C. Það er líka með hátt pH eða 8,95, hærri leiðni og yfirleit hærri efnastyrk. Reiknast Staðarselsvatnið sem yfirmettað miðað við kalk (CaCO₃) en hin sýnin reiknast undirmettuð.

Gunnólfsvíkurfjallið mældist kaldast eða 1,7°C, sem er almennt lægra en gengur og gerist í köldu grunnvatni. Efnastyrkur þar var lægri en á Kópaskeri í öllum tilvikum nema í fosfór, P.

Snefilefni

Taflan hér fyrir neðan sýnir niðurstöður úr efnamælinganna úr heildarsýnatökum í neysluvatnslind Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall frá 2007 og úr heilsýnatökunni við Staðarsel frá 2008. Til samanburðar eru niðurstöður úr heildarsýnatöku á Kópaskeri 2007 og 2008 (Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Raket Guðrúnardóttir, 2007; 2008b). Öll gildi eru í míkrogrömmum á lítra (µg/L).

Tafla 6 - Niðurstöður efnagreiningar - snefilefni

Sýni nr.	HK07-014	HK07-016	HK08-009	HK08-005
Staðsetning	Þórshöfn	Kópasker	Kópasker	Staðarsel
Aðferð	Heildarsýnataka	Heildarsýnataka	Heildarsýnataka	Heildarsýnataka
Ag	<0,005	<0,005	0,167	<0,05
Al	6,18	8,11	11,2	5,37
As	<0,05	<0,05	0,129	0,164
Au	<0,001	<0,001	0,0029	<0,001
B	<10	<10	7,97	<10
Ba	0,0698	0,0833	0,104	0,319
Br	12,7	3,26	35,3	66,5
Cd	<0,002	<0,002	<0,008	<0,002
Co	<0,005	<0,005	0,0189	<0,005
Cr	0,0601	0,302	0,348	0,626
Cs	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Cu	0,317	0,434	0,587	0,176
Ga	0,0516	0,129	0,0995	0,107
Ge	<0,05	<0,05	0,0091	0,021
Hg	<0,002	0,0027	0,0031	<0,002
I	1,03	<1	<1	<1
Li	0,167	0,329	0,363	0,491
Mn	<0,03	<0,03	0,0514	<0,03
Mo	0,0576	0,116	13,6	0,151
Ni	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
P	50,4	31,6	33,9	13,7
Pb	0,0393	0,0323	0,0396	<0,01
Rb	0,51	0,613	0,639	2,48
Sb	<0,01	0,0117	2,42	0,019
Se	5,01	5,95	0,187	0,103
Sn	0,0736	0,0959	<0,05	9,45
Sr	<0,05	<0,05	5,63	<0,05
Th	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ti	0,067	0,0473	0,374	0,035
Tl	<0,005	<0,005	<0,01	<0,01
U	<0,0005	0,0026	0,0108	0,076
V	9,52	15,2	15,3	23,7
W	<0,05	0,057	0,156	0,122
Zn	1,04	0,589	4,17	0,391

Eins og sjá má á niðurstöðum fyrir snefilefni í vatninu á Kópaskeri þá er talsverður breytileiki í niðurstöðum fyrir sum efnin. Styrkur snefilefnanna er mjög lágur og oft nálægt greiningarmörkum og er því ekki óviðbúið að talsvert flókt sé á niðurstöðunum. Í vatni með svona lágan styrk snefilefna má heldur ekkert út af bera í sýnatöku og þarf því nokkrar mælingar til að fá traust grunnildi og marktækan breytileika í gildunum.

Styrkur efna virðist vera hvað hæstur í vatninu frá Staðarseli en lægstur í neysluvatnslind Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall. Vatnið í lindinni frá

Staðarseli er svolítið heitara en vatnið í hinum vatnsbólunum og gæti það verið orsökkin fyrir aðeins hærri efnainnihaldi. Efnastyrkur í jarðhitavatni er venjulega mun hærri en í köldu grunnvatni.

Hlutsýnatökur

Gildin á mælingunum sem gerðar voru við Háskólann á Akureyri fyrir heildarsýnatökurnar voru notuð til samanburðar við hlutsýnatökurnar, ef þær voru til staðar. Annars voru gildin frá rannsóknastofunni í Svíþjóð notuð. Efnamælingarnar fyrir hlutsýnatökurnar voru allar gerðar við Háskólann á Akureyri.

Tafla 7 - Niðurstöður hlutsýnatöku

Sýni nr.	HK07-014	HK09-006	HK08-009	HK09-007	HK08-005	HK09-005
Staðsetning og tegund	Þórshöfn - heildarsýnataka	Þórshöfn - hlutsýnataka	Kópasker - heildarsýnataka	Kópasker - hlutsýnataka	Staðarsel - heildarsýnataka	Staðarsel - hlutsýnataka
Gerð	úr lind	úr veitu	úr lind	úr veitu	úr lind	úr lind
Dagsetning	5.6.2007	23.3.2009	28.7.2008	28.7.2008	1.4.2008	23.3.2009
Hitastig °C	1,7	2,6	4,2		7,4	7,7
pH/°C	8,4	8,52	8,48		8,95	8,89
CO2 mg/L	15,1	18,5	23,70		28,6	29,7
Leiðni µS/cm v.25°C	72	76	88	95	124	127
Ca mg/L	5,0	9,4	6,1	6,5	9,2	12,5
Mg mg/L	1,33		1,6	1,4	1,2	
Cl mg/L	9,6	10,3	9,9	9,3	17	17

Áætluð óvissa fyrir þá þætti sem mældir voru í hlutsýnatökunni eru töflunni hér að neðan:

Tafla 8 - Áætluð mælióvissa hlutsýnatöku

	Áætluð mælióvissa
Hitastig °C	±0,1
pH/°C	±0,1
CO2 mg/L	±0,2
Leiðni µS/cm v.25°C	±10
Ca mg/L	±12%
Mg mg/L	±12%
Cl mg/L	±7%

Gæðakröfur samkvæmt reglugerð um neysluvatn eru rýmri fyrir klóríð en þar á samkvæmnin, mælinákvæmnin og greiningarmörkin að vera innan við 10% (Umhverfissráðuneytið, 2001). Ekki eru gæðakröfur í reglugerð fyrir aðra þætti sem mældir voru í hlutsýnatökunni.

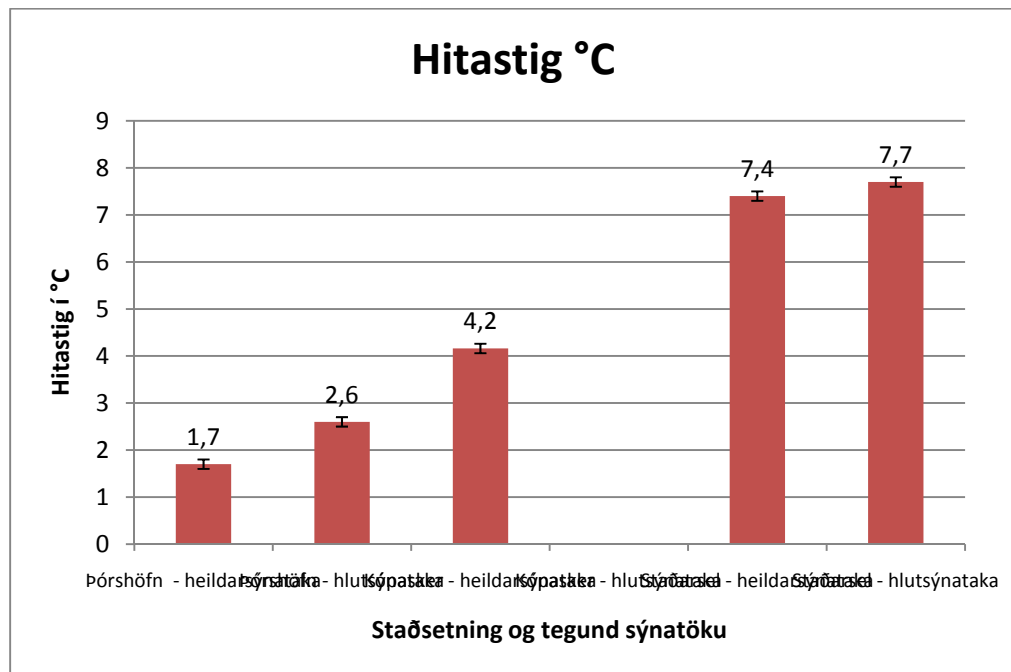
Eins og með heildarsýnatökurnar þá notum við Kópaskers mælingar til samanburðar. Heildarsýnataka var gerð í neysluvatnsbólunni þar og sama dag var gerð hlutsýnataka úr veitunni. Neysluvatnslind Kópaskers er við Katastaði og er um 5 km frá Kópaskeri. Hlutsýnatakan var úr veitukerfinu á Kópaskeri og því hefur vatnið runnið um 5 km eftir lagnakerfinu.

Fyrir Staðarsel var heildarsýnatakan gerð að vori 2008 og hlutsýnatakan ári síðar eða að vori 2009. Báðar sýnatökurnar voru beint úr holunni.

Á Þórshöfn var heildarsýnatakan gerð beint úr neysluvatnsbólunni við Gunnólfsvíkurfjall sumarið 2007. Hlutsýnatakan var hinsvegar úr veitukerfinu á Þórshöfn og var gerð vorið 2009. Fjarlægðin frá vatnsbólunni við Gunnólfsvíkurfjall að Þórshöfn er um 15 km og hafði því vatnið í hlutsýnatökunni runnið í lagnakerfinu þá leið.

Hitastig

Við getum borið saman hitastigsmælingarnar á súluriti. Við setjum áætluðu mælióvissuna inn en hún er $\pm 0,1^\circ\text{C}$.



Mynd 11 - Hlutsýnatöka, samanburður fyrir hitastig

Engin hitastigsmæling var gerð við hlutsýnatökuna á Kópaskeri og því ekki hægt að gera samanburð fyrir það.

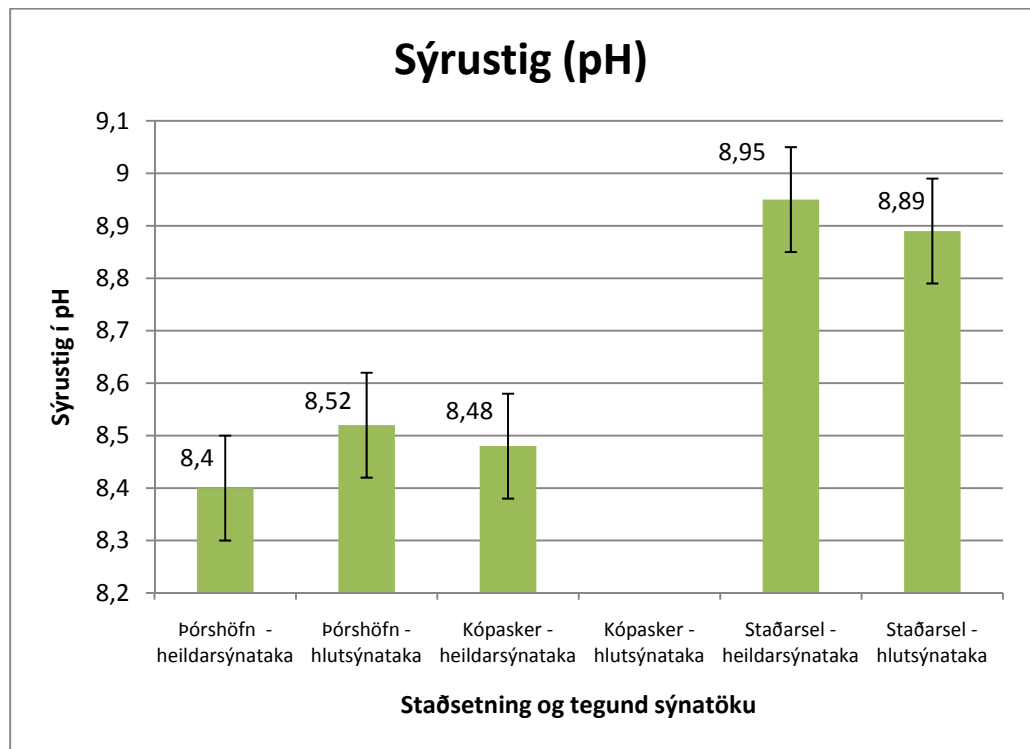
Bæði á Þórshöfn og við Staðarsel þá er mismunurinn á mælingunum meiri en óvissan. Hitastigsmunurinn á Þórshöfn er $0,9^{\circ}\text{C}$. Lindin þar er þó alveg sérstaklega köld og því ekkert óeðlilegt að hitastigið hafi hækkað um $0,9^{\circ}\text{C}$ á leið sinni um lagnirnar.

Við Staðarsel er mælingin gerð á holutoppi og hitamælinum stungið inn í vatnsstrauminn. Þegar báðar mælingarnar voru gerðar þá var lofthiti undir frostmarki. Gæti þetta haft áhrif á mælinguna og mælióvissuna. Mismunurinn á hitamælingunni þar var aðeins $0,3^{\circ}\text{C}$.

Sýrustig (pH)

Setjum sýrustigið, pH, inn á súlurit og setjum áætluðu mælióvissuna inn.

Áætlaða mælióvissan fyrir pH er $\pm 0,1$.



Mynd 12 - Hlutsýnataka, samanburður sýrustig (pH)

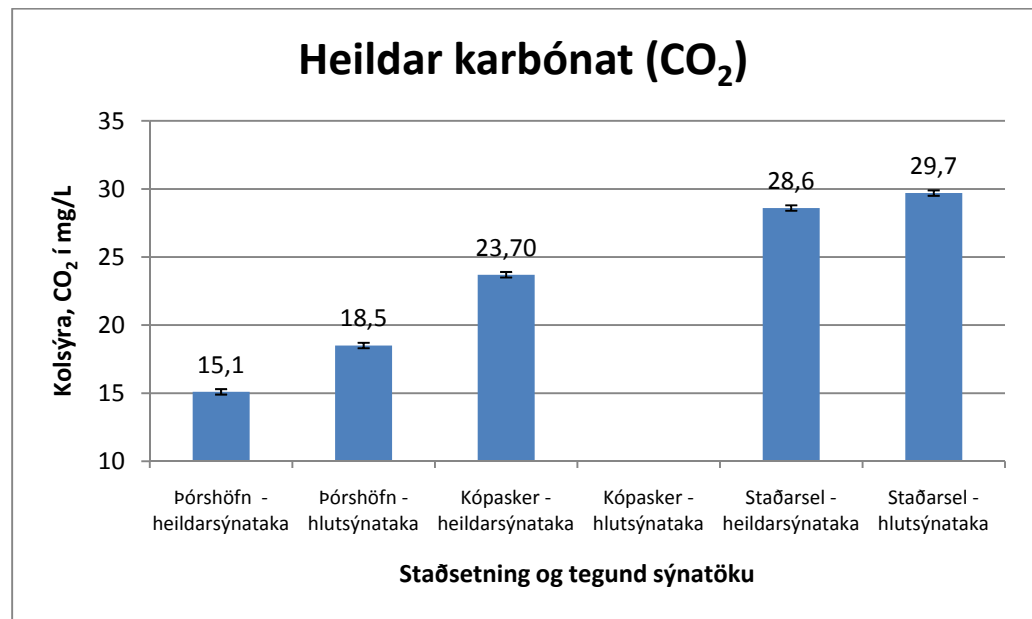
Engin pH var gerð við hlutsýnatökuna á Kópaskeri og því ekki hægt að gera samanburð fyrir það.

Ef við skoðum mælingarnar fyrir Þórshöfn með áætlaðri mælióvissu þá sjáum við að gildin eru innan óvissumarkana. Mismunurinn á gildunum er aðeins $\text{pH}=0,12$. Mælingarnar við Staðarsel eru líka innan óvissumarkana og mismunurinn þar er aðeins $\text{pH}=0,06$.

Þó ber að geta þess að fyrir hlutsýnatökuna á Þórshöfn þá reyndist önnur glerflaskan innihalda of mikið loft og hafði því vatnið hvarfast við loftið og sýrustigið, pH, hafði greinilega lækkað. Því voru mældu gildin úr þeirri flösku ekki notuð. Því ekki um tvítak á mælingu að ræða eins og vant er.

Heildar karbónat (CO_2)

Á sama hátt skulum við skoða heildar karbónat. Áætluð mælióvissa fyrir hana er $\pm 0,2$, en það er mjög lág miðað við að gildin eru á bilinu 15,1-29,7 mg/L eða um 1%.



Mynd 13 - Hlutsýnataka, samanburður kolsýru (CO₂)

Hérna er heldur ekkert gildi fyrir Kópasker úr hlutsýnatöku og því enginn samanburður milli sýnatökuraðferða.

Fyrir Þórshöfn og Staðarsel þá er mismunurinn á gildunum fyrir utan áætlaða mælióvissu. Mismunurinn fyrir Þórshöfn er 3,4 mg/L og við Staðarsel er mismunurinn aðeins 1,1 mg/L.

Fyrir staðkvæmni í heildar karbónat mælingu, við Háskólann á Akureyri, er miðað við að mismunurinn milli tveggja mælinga á sama sýni sé innan við 5% af meðaltali þeirra. Staðkvæmnin er því hærri en áætlaða mælióvissan og því kannski réttara að miða við hana sem heildaróvissu. Þá mundu mismunurinn milli hlutsýnatöku og heildarsýnatöku vera innan óvissumarka fyrir Staðarsel eða $\pm 1,9\%$. Fyrir Þórshöfn væri hlutfallslegur mismunur milli mælinganna $\pm 20,2\%$ og því enn fyrir utan óvissumörkin.

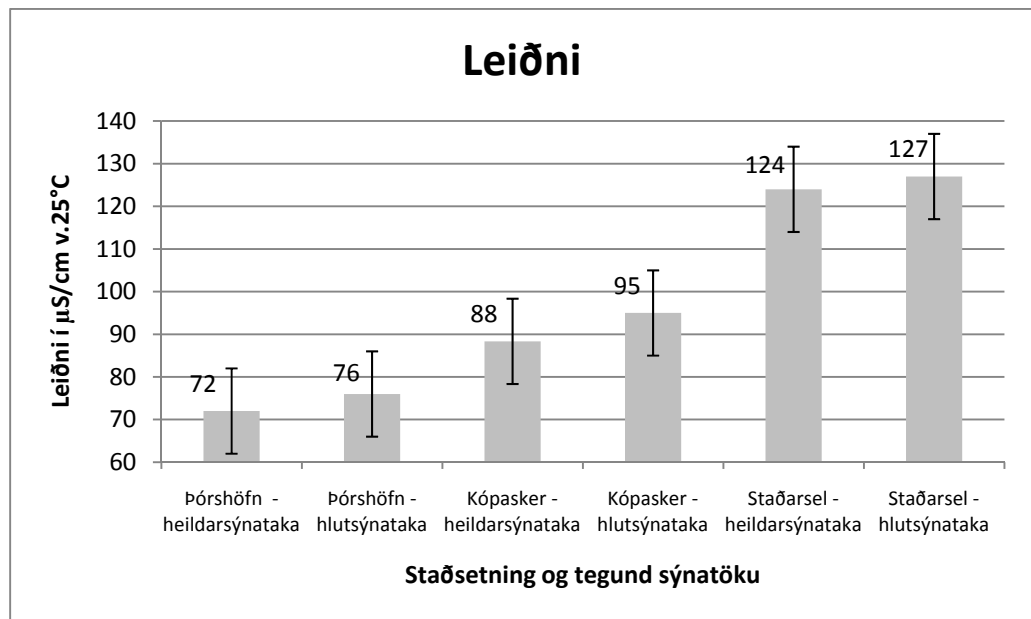
Náttúrulegt flókt í heildar karbónati er alltaf talsvert. Snerting vatnsins við andrúmsloftið hefur einni mikið að segja þar sem og heildar karbónatið getur aukist við það. Það gæti verið skýringin í báðum þessum tilfellum.

Í hlutsýnatökunni á Þórshöfn reyndist önnur glerflaskan innihalda of mikið loft sem hafði hvarfast við sýnið og var hún því ekki notuð við mælingu á heildar

karbónati. Tvítak var því aðeins gert úr einni flösku í stað tveggja eins og vant er.

Leiðni

Fyrir leiðni þá er áætlaða mælióvissan $\pm 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ v. 25°C .



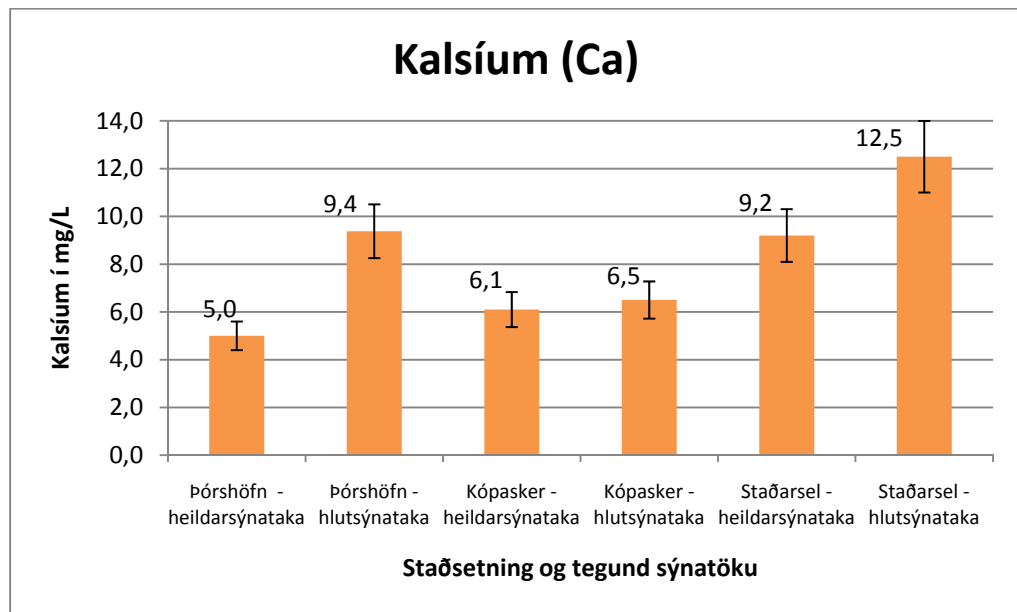
Mynd 14 - Hlutsýnataka, samanburður leiðni

Leiðnin er í öllum tilvikum inni áætlaðrar mælióvissu og vel það.

Mismunurinn milli sýnanna á Þórshöfn er aðeins $4 \mu\text{S}/\text{cm}$, á Kópaskeri $7 \mu\text{S}/\text{cm}$ og við Staðarsel $3 \mu\text{S}/\text{cm}$. Í öllum tilvikum er gildið hærra úr hlutsýnatökunni.

Kalsíum (Ca) og magnesíum

Áætluð mælióvissa fyrir kalsíum er 12%. Hér fyrir neðan er graf sem sýnir kalsíum mælingarnar með óvissu.



Mynd 15 - Hlutsýnataka, samanburður kalsíum

Á grafinu sjáum við að Kópaskersmælingarnar eru innan óvissumarkana. Mismunurinn þar er aðeins 0,4 mg/L.

Bæði á Þórshöfn og við Staðarsel þá er munurinn yfir óvissumörkum. Mismunurinn á Þórshöfn er 4,4 mg/L og við Staðarsel 3,3 mg/L. Munurinn á Þórshöfn er 30,5% af meðaltali og fyrir Staðarsel þá er munurinn milli heildarsýnatökunnar og hlutsýnatökunnar 15,2% af meðaltali.

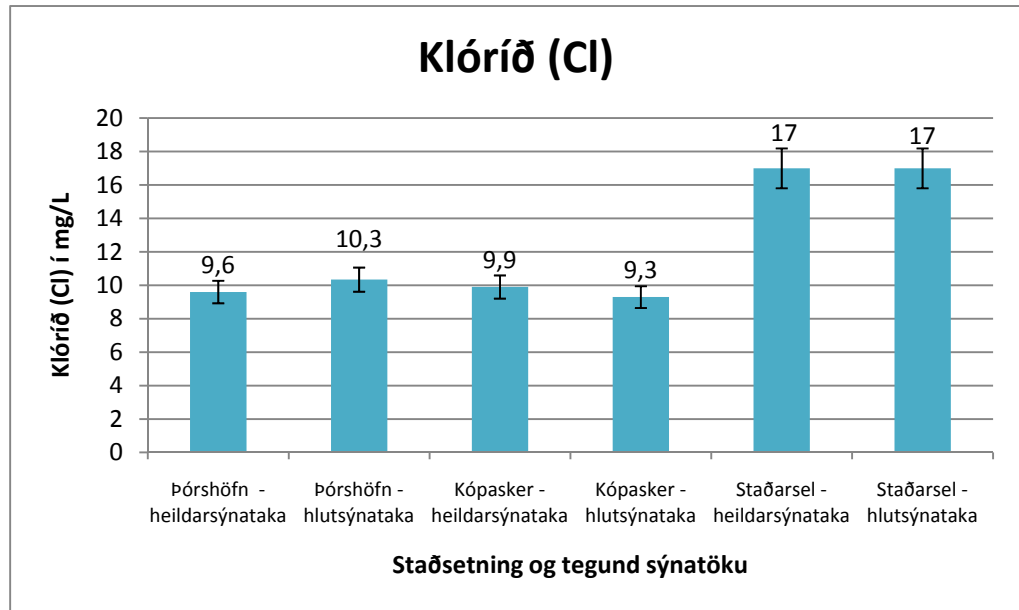
Skýringin á þessu er ekki augljós og gæti stafað af villu í mælingu, mengun eða breytingu í lindunum. Hækkun í styrk kalsíums getur valdið hækkun í styrk karbónats, sem það sást bæði í Þórshafnar- og Staðarselssýnunum.

Magnesíum mældist ekki úr hlutsýnatökunum frá Þórshöfn og Staðarseli og því ekki hægt að gera samanburð. Ástæður fyrir því að ekkert mældist er líklegast vegna þess að styrkur þess var við neðstu greiningarmörk aðferðarinnar.

Á Kópaskeri mældist 1,6 mg/L í heildarsýntökunni og 1,4 í hlutsýnatökunni. Áætluð mælióvissa er 12% og því er 0,2 mg/L mismunurinn milli mælinganna innan óvissumarka.

Klóríð (Cl)

Fyrir klóríð þá er áætlaða mælióvissan 7%. Við skoðum gildin fyrir klóríð á grafi með óvissu:



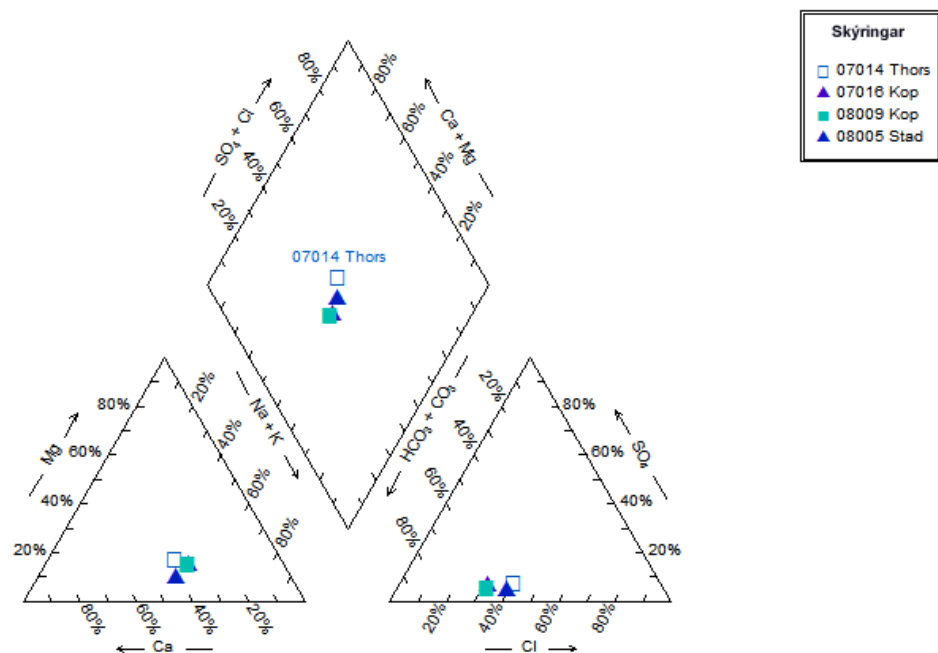
Mynd 16 - Hlutsýnataka, samanburður klóríð

Fyrir klóríð þá eru mælingarnar frá öllum stöðum innan áætlaðrar mælióvissu. Við Staðarsel mældist nákvæmlega jafn mikið klóríð eða 17 mg/L. Á Þórshöfn var mismunurinn 0,7 mg/L og á Kópaskeri 0,6 mg/L.

Flokkun

Til að flokka vatnið eftir hlutfallslegum styrk helstu katjóna og anjóna í sýnunum var notast við hugbúnaðinn AqQa frá RockWare (2005). Nokkrar tegundir af gröfum voru gerð. Notast var við efnamælingarnar úr heildarsýnatökunum og mælingar frá Kópaskeri notaðar til viðmiðunar.

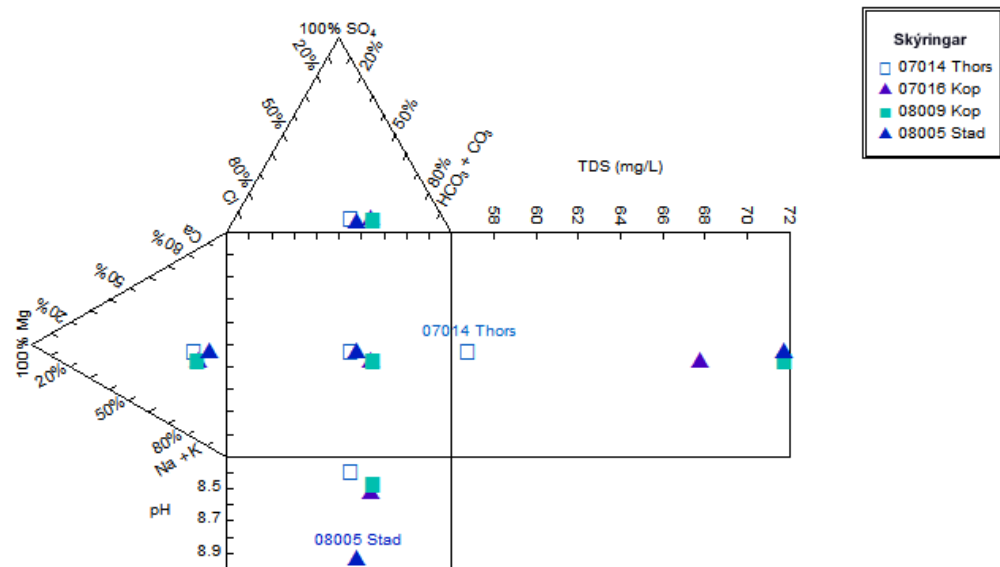
Í Piper línuritinu eru fyrst búin til tvö þríhyrningslínurit. Annars vegar hlutfallslegan jafngildisstyrk helstu katjóna og hins vegar hlutfallslegan jafngildisstyrk helstu anjóna og síðan eru dregnar samhliða línur frá þríhyrningslínuritunum inn á tígulgraf og þær láttnar skerast (Drever, 2002). Á þennan hátt eru sýnin flokkuð í t.d. alkálí-bíkarbónatvatn, kalsíum-súlfatvatn, o.s.frv.



Mynd 17 - Piper graf fyrir vatnssýnin.

Vatnssýnin flokkast sem alkálí-(natíum)-bíkarbónatvatn eða NaHCO_3 vatn. Aðeins meira klóríð er í Þórshafnar- og Staðarselssýnunum en í Kópaskerssýnunum. Er þetta þó allt mjög svipað vatn.

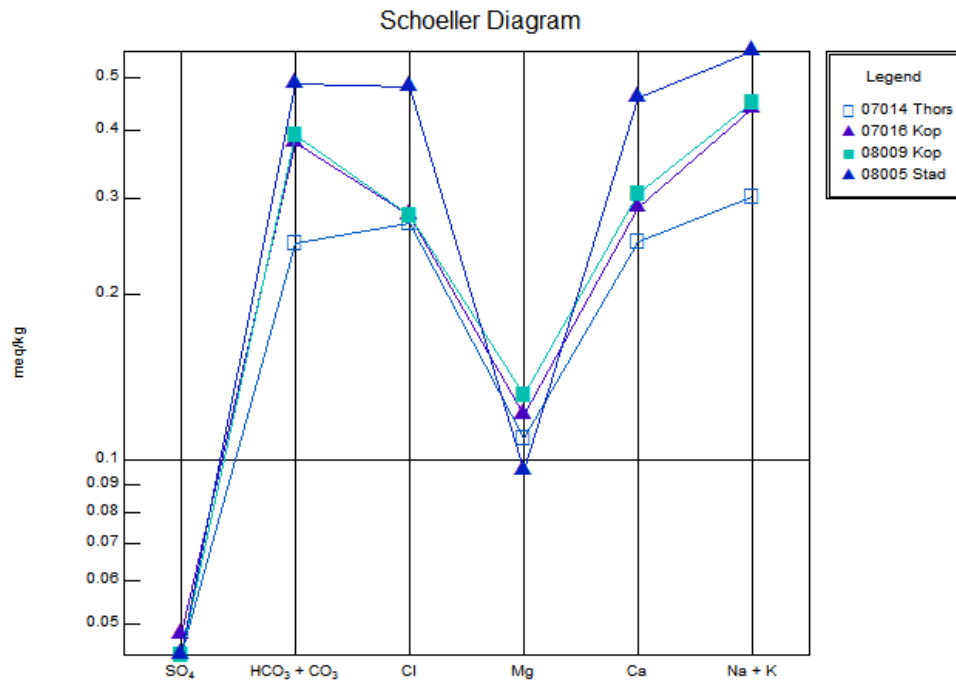
Í Durov línuritinu eru búin til sams konar þríhyrningslínurit og í Piperlínuritinu, en þau tengd í ferningslaga línurit og þar er bætt við heildarstyrk uppleystra efna og gildi pH.



Mynd 18 - Durovo graf fyrir vatnssýnin.

Heildarstyrkur uppleystra efna eða TDS samkvæmt þessu er lægstur í neysluvatnslind Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall. Staðarselsvatnið er með áberandi hærra pH gildi eða pH=8,95. Að öðru leyti er um mjög svipað vatn að ræða á þessum stöðum.

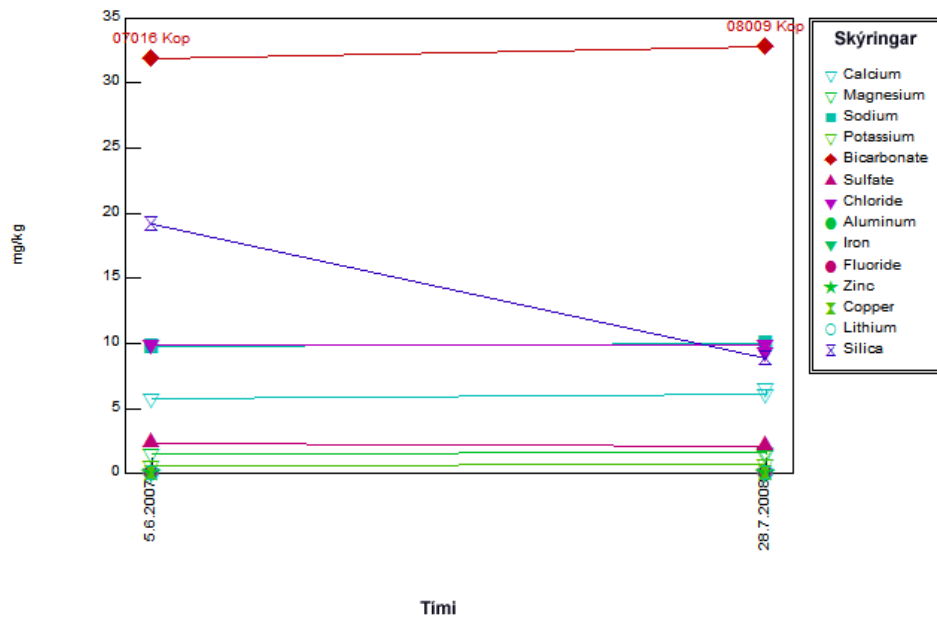
Í Scoeller línuritinu er jafngildisstyrkur sulfats, heildarkarbónats, klóríðs, magnesíums, kalsíums og summa alkálíjónanna natríums og kalsíums færður á y-ásinn og efnin sett í ofangreindri röð línulega eftir x-ásnum og dregin lína fyrir hvert sýni (Truesdell, 1991). Sýni sem tilheyra sama vatnskerfi, eða skyldum vatnskerfum sýna sama munstur eða falla saman. Skerist línur sýnanna eru þau ekki úr sama vatnskerfi eða blönduð vatni af ólíkum uppruna.



Mynd 19 - Schoeller graf

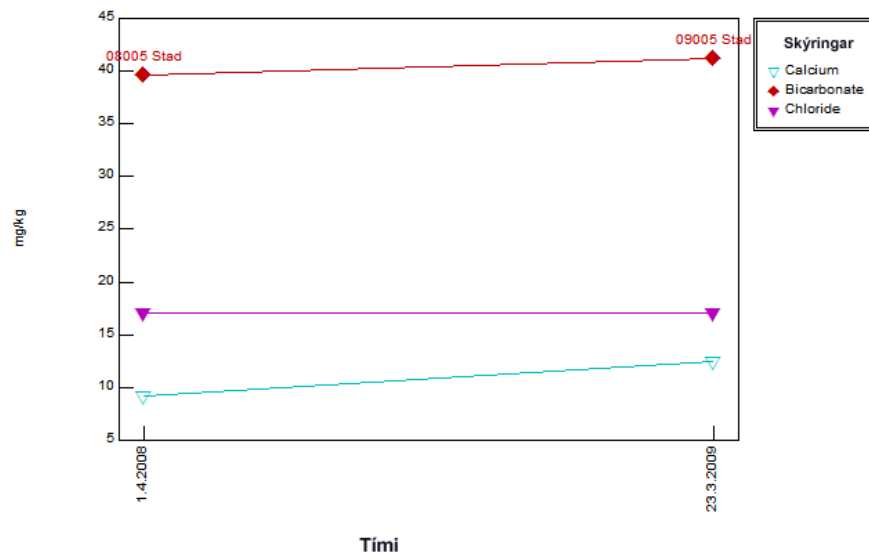
Eins og við var að búast þá falla báðar Kópaskerslínurnar alveg saman. Þórshafnarvatnið er mjög svipað en með lægra karbónat. Staðarselsvatnið er með hærri gildi en Þórshafnarvatnið fyrir karbónat, klóríð, kalsíum, natríum og kalíum. Magnesíum er hinsvegar lægra í Staðarselsvatninu. Skýrist þetta líklegast af því að jarðhitaáhrifa gætir í Staðarselsvatninu. Í jarðhitavatni hækkar styrkur þessara efna en styrkur magnesíums lækkar.

Næst eru hér tvö gröf sem sýna breytingu á efnum yfir tíma. Slík gröf eru gagnleg til skoða stöðugleika efnasamsetningar lindana. Fyrir neysluvatnslind Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall og fyrir Staðarsel er aðeins búið að gera eina heildarsýnatöku. Því notumst við hér við gögn úr heildarsýnatökunum frá Kópaskeri.



Mynd 20 - Graf með efnabreytingum yfir tíma fyrir Kópasker

Á grafinu sést að stöðuleiki er mikill fyrir flest efni og því línur nær lágréttar. Kísillinn sker sig þó út með talverðri lækkun milli ára og bíkarbonat hefur hækkað lítillega milli ára.



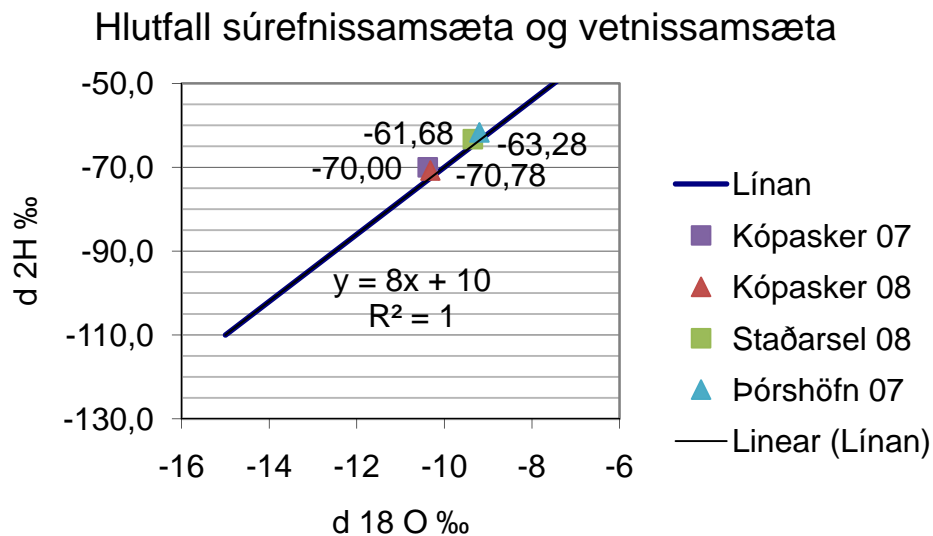
Mynd 21 - Graf með efnabreytingum milli ára fyrir Staðarsel

Við getum skoðað Staðarselsvatnið á sama hátt með því að setja saman gögn úr heildarsýnatökunni 2008 og hlutsýnatökunni 2009. Hafa ber í huga að framkvæmdin á þessum sýnatökum er ekki eins og hefur það áhrif á óvissu í mælingunum. Eru þær því ekki fullkomlega sambærilegar.

Hallinn á línunum er þó ekki mikill sem segir okkur að stöðugleiki er á efnasamsetningunni eða að hann er að breytast mjög lítið.

Samsætur og aldursgreining

Samsætugreiningar voru gerðar í heildarsýnatökunum á Gunnólfsvíkurfjalli, merkt Þórshöfn hér að neðan, og við Staðarsel. Hlutfall súrefnissamsætna og vetnissamsætna í vatninu er sýnt á grafinu hér að neðan. Til viðmiðunar eru mælingar frá Kópaskeri. Einnig er á grafinu regnvatnslína norðurhvelsins sem reiknuð var af Craig árið 1961 ásamt formúlunni fyrir henni.



Mynd 22 - Hlutfall súrefnis- og vetnissamsæta

Tvívætnisgildið, $\delta^{2}\text{H}$, er gefið upp á grafinu og er það -63,28 ‰ fyrir Staðarsel og -61,68 ‰ fyrir Gunnólfsvíkurfjall, Þórshöfn. Til samanburðar er Kópaskersvatnið með $\delta^{2}\text{H}$ gildi um -70 ‰.

Ef við berum þessi gildi saman við tvívætniskort Braga Árnasonar frá 1976, mynd 11, þá sjáum við að í öllum þessum tilvikum er um að ræða skammt

aðrunnið vatn og ber gildum vel saman við jafngildiskortið fyrir staðbundið vatn.

Niðurstöður úr aldursgreiningu með ^{14}C lágu ekki fyrir þegar verkefnið var skrifað. Óleiðréttur ^{14}C aldur vatns úr Snartastaðalind, sem er varavatnsbólið á Kópaskeri er um fjórir áratugir (Hrefna Kristmannsdóttir, pers. uppl.).

Umræða

Nýtingarmöguleikar

Í öllum sýnunum voru gildi mælinganna undir þeim hámarksgildum sem sett eru fram í reglugerðum Umhverfissráðuneytisins um neysluvatn og um náttúrulegt ölkelduvatn og átappað lindarvatn (Umhverfissráðuneytið, 2001; 2004).

Í reglugerðinni eru engar kröfur gerðar um hitastig. Hitastig í Staðarselslindinni mældist 7,4°C í heildarsýnatökunni 2008 og 7,2°C í hlutsýnatökunni 2009. Ef hitastig fer yfir 6°C þá er litið á það sem vísbendingu um jarðhitaáhrif (Freysteinn Sigurðsson o.fl, 1998).

Vatnið úr Staðarselslindinni er hæft bæði til neyslu og átöppunar en þar gæti jarðhitaáhrifa. Efnastyrkur þar er meiri en í lindinni við Gunnólfsvíkurfjall.

Við Gunnólfsvíkurfjall mældist hitastigið mjög lágt eða 1,7°C í heildarsýnatökunni 2007 og efnainnihald var almennt lægra þar en við Staðarsel. Það vatn er mjög dæmigert um ferskt og efnasnautt íslenskt vatn, upprunnið úr basaltberggrunni utan gosbeltanna, en þó kaldara en almennt gerist.

Samkvæmt þessu þá mundi höfundur frekar velja Gunnólfsvíkurfjallslindina en Staðarselslindina fyrir átöppun á vatni til útflutnings. Fleiri lindir, með svipaða eiginleika en án jarðhitaáhrifa, eru mjög líklega á svæðinu.

Gunnólfsvíkurfjallslindin er í um 300 m hæð fyrir sjávarborði og reyndist erfitt að komast þangað að vetri til að framkvæma sýnatökur. Þetta ber að hafa í huga ef skoða á frekar staðasetningu fyrir átöppunarverksmiðju.

Mögulegt er að sérstök einkenni vatnsins við Staðarsel, svo sem herra sýrustig, sé eftirsótt á markaði. Þá er það líklegast lítill og sérhæfður markaður frekar en hinn almenni lindarvatnsmarkaður. Höfundur leggur ekki til að lindinn við Staðarsel verði sérstaklega vernduð s.s. með vatnsverndarsvæði.

Athugasemdir varðandi reglugerð og framkvæmd hennar

Þegar farið var yfir reglugerðirnar fyrir neysluvatn og átappað lindarvatn þá rakst höfundur á nokkra hluti sem mætti skoða betur.

Það fyrsta sem ber að nefna er að stjórnkerfið hefur breyst án þess að reglugerðin endurspegli það. Matvælasvið Umhverfisstofnunar hefur verið flutt til Matvælastofnunar sem fer nú með þessi mál. Uppfæra mætti reglugerðina í samræmi við þessar skipulagsbreytingar.

Fyrir átappað vatn er vísað í frekari leiðbeiningar sem finna má á vef Matvælastofnunar. Í þeim eru góðar leiðbeiningar um sýnatökur vegna mælinga á örverum en engar leiðbeiningar fyrir sýnatöku vegna efnamælinga. Aðeins er vísað í að hafa samband við rannsóknastofu Hollustuverndar ríkisins (Hollustuvernd Ríkisins – Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga, 2002).

Í reglugerðinni, um náttúrulegt ölkelduvatn og átappað lindarvatn, í 5. kafla, 11 gr. segir að bannað sé að flytja átappað lindarvatn í öðum ílátum en þeim sem ætluð séu til dreifingar til neytenda (Umhverfisstofnun, 2004). Hugmyndir hafa verið uppi um útflutning á vatni með því að dæla því beint á tankskip. Þökkun í neyslulát væri þá í viðtökulandinu en ekki hér á landi. Á þann hátt mætti spara mikið pláss í flutningum. Reglugerðin bannar þetta.

Samanburður á hlutsýnatöku og heildarsýnatöku

Þessi fyrsti samanburður á heildarsýnatöku úr lind og hlutsýnatöku úr lind eða úr kerfi segja okkur ýmislegt. Fyrir flesta þætti þá voru mælingarnar innan áætlaðrar mælióvissu. Mismunurinn á gildunum úr hlutsýnatökunni og heildarsýnatökunni var almennt meiri þeim mun lengir leið sem vatnið var búið að renna um lagnakerfi.

Magnesíum mældist ekki í hlutsýnatökunum frá Þórshöfn og við Staðarsel. Gæti það verið vegna þess að styrkurinn var við mælingarmörk aðferðarinnar. Athuga mætti hvort önnur mæliaðferð gæti gefið nákvæmari mælingu fyrir svona lágan styrk. Síðan gæti verið að það hafi fallið út á leiðinni um lagnakerfið við að hitna í þeim. Ef það hefur gerst þá hefur það áhrif á

lagnirnar. Í framhaldinu væri því hægt að skoða þetta betur og reikna út magn magnesíums sem félli út í lagnirnar á þennan hátt.

Kalsíum, bæði á Þórshöfn og við Staðarsel, var utan mælióvissumarkana og sýndu á báðum stöðum talsvert hærri gildi í hlutsýnatöku en í heildarsýnatöku. Koma þessar mælingar því svolítið á óvart.

Nokkrar skýringar geta verið á þessu svo sem breytingar á bæði vatninu við Gunnólfsvíkurfjall og við Staðarsel. Mistök gætu hafa átt sér stað við sýnatöku eða mælingu. Einnig er möguleiki á að kalsíum sé að koma í vatnið þegar það fer um lagnirnar. Séu einhvers staðar astbestlagnir (eternít) í kerfinu er það ekki ólíklegur möguleiki. Staðarselsvatnið fór ekki um lagnir og því ekki um það að ræða í því tilfalli. Þetta mætti skoða betur. Ber að skoða þetta sérstaklega með þessu í framtíðinni.

Munur í kolsýru milli aðferða var utan við áætlaða mælióvissu í öllum tilvikum. Áætluð mælióvissa fyrir kolsýru er mjög lág miðað við þau gildi sem verið er að mæla. Skoða þarf þessi óvissumörk betur og skilgreina.

Einnig var mismunurinn í hitastigi milli aðferða fyrir utan mælióvissumörkin. Áætluð mælióvissa var sú sama og uppgefin nákvæmni á mælunum. Hérna er heildaróviss líklegast mun meiri sú áætlaða mælióvissa sem notast var við hér. Einnig geta aðrir hlutir haf áhrif á hitastigsmælingu svo sem hversu kalt var í veðri þegar mælingarnar við Staðarsel voru gerðar og upphitun vatnsins á leið sinni um lagnirnar á Þórshöfn.

Hlutsýnatökurnar voru framkvæmdar af starfsmönnum sveitafélagana. Annar fékk munnlegar leiðbeiningar og var sýnt hvernig bera ætti sig að en hinn fékk leiðbeiningahefti ásamt frekari útskýringum símleiðis. Taka mætti þessar tvær skýringaraðferðir saman og búa t.d. til skýringarmyndband fyrir sýnatökur vegna efnamælinga í vatni. Á þann hátt væri hægt að skýra handtök við sýnatöku enn betur en aðeins í texta.

Eftirlit fyrir minni vatnsveitur

Hlutsýnatökurnar sýndu fram á það að hægt er að búa þannig um hnútana að ekki er þörf á sérfræðingum í sýnatökum á staðin til að hægt sé að mæla ýmis lykilefni í vatni. Með sendingu á búnaði og góðum leiðbeiningum þá geta starfsmenn vatnsveita tekið sýni sjálfir og sent á rannsóknastofu.

Er þetta sérstaklega góður kostur fyrir minnstu vatnsveitur, eða þær sem þjóna innan við 50 manns, en heilbrigðiseftirlit hefur ekki reglubundið eftirlit með þeim.

Hlutsýnatökur sem þessar gætu einnig nýst sveitarfélögum til að mæla vatnsból, sem ekki eru nýtt, en sem mögulega þyrfti að vernda eða hugsanlega gætu nýst fyrir áttöppun og útflutning á vatni.

Mælingar Háskólans á Akureyri

Í jarðefnafræðirannsóknastofu Háskólans á Akureyri er hægt að framkvæma mælingar á pH, kolsýru, kalsíum, magnesíum og klóríði. Í leiðbeiningum Matvælastofnunar um hagnýtingu og markaðssetningu ölkelduvatns (2009) segir „Mælingar á eftirfarandi þáttum í 1-2 ár gefa góða vísbendingu um stöðugleika vatnsins: Leifar þurrefnis, kalk (Ca), sulföt (SO₄), natríum (Na), kalíum (K), magnesíum (Mg), klóríð (Cl), kísiltvíoxíð (SiO₂), nítrat (NO₃)“.

Ef háskólinn bætti við mælingum á sulfötum, natríum, kalíum, kísiltvíoxíði og nitrati þá gæti hann veitt heildarþjónustu til að meta stöðugleika á ódýran og hagkvæman hátt.

Einnig mætti samþætta efnarannsóknir við örverurannsóknir en aðstaða til þeirra er líka við skólann. Mælinga á rennslisraða gætu einnig verið við skólann. Ekki er lagt til að skólinn fari í samkeppni við einkaaðila um mælingar sem framkvæmdar eru af þeim, en semja mætti um samvinnuverkefni á þeim sviðum þar sem skortur er á faglegri þjónustu.

Rannsóknageta skólans á gæti hinsvegar aukast og verða hagkvæmari. Búnaður gæti mögulega nýst við aðrar mælingar og rannsóknir á náttúrufari landsins. Gæti það því verið grunnur að sprotafyrirtækum og nýsköpun í framtíðinni.

Lokaorð

Hlutsýnataka er aðferð sem nota má við efnamælingar og eftirlit. Með þeirri aðferðafræði er vinna við sýnatöku gerð einfaldari og á færi heimamanna með lágmarks þjálfun. Þrátt fyrir það er fylgst með lykilefnum í vatninu, sem gefa alhliða upplýsingar um flestar tegundir breytinga sem búast má við að geti átt sér stað í kaldavatsnbólum. Best er ef sýnin eru tekin beint úr lindinni.

Starfsmenn sveitarfélaga geta framkvæmt sýnatöku sem þessa ef búnaður og leiðbeiningar eru sendar frá rannsóknastofu. Með þessu er hægt að lækka tilkostnað til muna og veita forsvarsmönnum fleiri vatnsbóla kost á efnamælingum.

Niðurstaða höfundar er sú að af vatnsbólunum tveimur, sem rannsökuð voru í Langanesbyggð sé Staðarselsvatnið ekki besti kosturinn fyrir átöppun á lindarvatni á svæðinu. Er það vegna þess að jarðhitaáhrifa gætir þar og jafnframt er rennsli úr holunni lítið. Núverandi neysluvatnlind Þórshafnar við Gunnólfsvíkurfjall er betri kostur enda er vatnið þar kalt og efnainnihald lágt. Jafnframt er rennsli mun meira en úr borholunni við Staðarsel. Leggur höfundur það til að Langanesbyggð haldi áfram eftirliti með lindinni við Gunnólfsvíkurfjall til að fá staðgóðar upplýsingar um mögulegar árstíðabundnar sveiflur í efnainnihaldi. Komi til þess að alvarleg áform komi upp um nýtingu vatnsins til átöppunar og útflutnings, þá er nauðsynlegt að hafa gögn um árstíðasveiflur og stöðugleika í efnasamsetningu yfir a.m.k. tíu ára tímabil.

Heimildaskrá

- Bragi Árnason, B. (1976). Groundwater Systems in Iceland Traced by Deuterium. *Societas Scientiarum Islandica XLII*, pp. 236, Reykjavík.
- Craig, H. (1961), Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, **133**, 1702-1703.
- Drever, J. I., 2002. The geochemistry of natural waters. Surface and groundwater environments. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 436 p.
- Freysteinn Sigurðsson (1998). *Hringrás vatns*. Mynd sótt þann 3. Apríl 2009 á <http://www.vatnid.is/index.php?option=content&task=view&id=5&Itemid=28>.
- Freysteinn Sigurðsson, Árni Hjartarson og Þórólfur H. Hafstað (1998). *Vatnsveituhandbók Samorku – Kafli 4 - Vatnsleit og virkjun vatnsbóla*. Sótt 15. apríl 2009 á <http://www.samorka.is/Apps/WebObjects/Samorka.woa/1/swdocument/1000845/Vatnsleit+og+virkjun+-+Kafli+4+Vatnsveituhandb%C3%B3k.pdf>.
- Garmin (2006). *MapSource, version 6.11.5* [Hugbúnaður].
- Gary W. vanLoon og Stephen J. Duffy (2007). *Environmental Chemistry, a global perspective*. Bretland: Oxford Press.
- Guðbjartur Kristófersson (2001-2009). *Jarðfræðiglósur GK*. Sótt í apríl 2009 á <http://www.mr.is/~gk/jfr/ordskyr/index.html>.
- Hagstofa Íslands (2009). *Hagstofa Íslands - Hagtölur >> Mannfjöldi >> Sveitarfélög*. Sótt 9. Febrúar 2009 á <http://www.hagstofa.is/Hagtolur/Mannfjoldi/Sveitarfelog>.
- Helga Raket Guðrúnardóttir (2007). *794 Basic Titrino leiðbeiningar*. Óbirt leiðbeiningarit: Háskólinn á Akureyri.
- Hollustuvernd Ríkisins – Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga (2002). *Örverurannsóknir á matvælum og neysluvatni*. Sótt 20. apríl 2009 á <http://www.mast.is/Uploads/document/itarefni/vinnuhandbok.pdf>.

- Kristmannsdóttir, H. (2004a). Chemical characteristics of potable water and water used in district heating systems in Iceland. Proceedings 13th Scandinavian Corrosion Congress, 6p.
- Hrefna Kristmannsdóttir (2004b). *Sampling of hot and cold water for geochemical measurements. Instructions for practicals in the course VAG1103*. Háskólinn á Akureyri, Auðlindadeild, Skýrsla HK- 04/10, 11 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Rakel Guðrúnardóttir (2007). Efnaeiginleikar vatns í nokkrum minni vatnsveitum í Norðurþingi. Viðskipta- og raunvísindadeild Háskólans á Akureyri, TS0702-Auðlindasvið, 18 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Rakel Guðrúnardóttir (2008a). Chemical properties of freshwater from Stadarsel, Þórshöfn NE Iceland. Viðskipta- og raunvísindadeild Háskólans á Akureyri, Raunvísindaskor, Skýrsla TS08:01- Department of Science, 8 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Rakel Guðrúnardóttir (2008b). *Grunnvatnsrannsóknir í Norðurþingi*. Landsvirkjun, LV2008/ 27s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Ólafur Grímur Björnsson, Steinunn Hauksdóttir, Helga Tulinius og Hannes Hjálmarsson (2000). Nýting jarðhita til ferðaþjónustu einkum með tilliti til baðlækninga. OS-2000/025, Orkustofnun, Maí 2000, 28 s.
- Landmælingar Íslands (2002). Iceland 1:2.Million [Landakort].
- Landmælingar Íslands (2004). *Iceland 1:750.000* [Landakort].
- Landmælingar Íslands (2009). *Sveitarfélög*. Sótt 9. Febrúar 2009 á <http://atlas.lmi.is/sveitarfelog/>.
- Langanesbyggð (2009). *Sveitarfélagið Langanesbyggð*. Sótt 9. Febrúar 2009 á <http://www.langanesbyggd.is/>.
- Leó Kristjánsson (2008). *Paleomagnetic research on Icelandic lava flows*. Jökларannsóknafélag Íslands og Jarðfræðifélag Íslands, Jökull, 58. ár 2008. Bls. 106.

Matvælastofnun (2003). *Val og hönnun minni vatnsbóla*. Sótt 20. apríl 2009 á

http://www.mast.is/Uploads/document/itarefni/Val_og_honnun_minni_vatnsveita_08.09.02_SH.pdf.

Matvælastofnun (2009). *Leiðbeiningar um hagnýtingu og markaðssetningu ölkelduvatns*. Sótt 20. apríl 2009 á <http://www.mast.is/leidbeiningar/olkelduvatn>.

RockWare (2005). *AqQa* [Hugbúnaður].

Samsýn (2008). *GPS Íslandskort V3.5* [Landakort].

Sigríður Jansen fyrir Hollustuvernd Ríkisins (2004). *Sýnatökuseðill – Vatnssýni*. Sótt þann 20. apríl 2009 á <http://www.mast.is/Uploads/document/itarefni/synatovatn.pdf>.

Sigurður Steinþórsson (2001). *Hvernig verður ölkelduvatn til?*. Sótt á Vísindavefinn þann 21. apríl 2009 <http://visindavefur.is/?id=1427>.

Sveinbjörnsdóttir, Á.E., Heinemeier, J., Arnórsson, S. (1995), Origin of ^{14}C in Icelandic groundwater. *Radiocarbon*, 37, 551-565.

Tómasson, T. and Kristmannsdóttir, H.(1972). High Temperature Alteration Minerals and Thermal Brines, Reykjanes, Iceland. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 36, 123-134.

Truesdell, A.H., 1991. Effects of physical physical process on geothermal fluids. In: D'Amore, F. (coordinator), *Application of geochemistry in geothermal reservoir development*. UNITAR/UNDP publication, Rome, 71-92.

Turekian, K.K. (1969). *The oceans, stream and atmosphere. Handbook of Geochemistry*. Vol. 1 (Wedepohl, K.H. ed.) Springer Verlag, Berlin, 297-323.

Umhverfissráðuneytið (2001). *Reglugerð 536/2001 um neysluvatn*. Sótt 9. Febrúar 2009 á <http://www.reglugerd.is/interpro/dkm/WebGuard.nsf/key2/536-2001>.

Umhverfissráðuneytið (2004). *Reglugerð 1097/2004 um breytingu á reglugerð um náttúrulegt ölkelduvatn og átappað lindarvatn nr. 405/2004*. Sótt 21. apríl 2009 á <http://www.reglugerd.is/interpro/dkm/WebGuard.nsf/key2/1097-2004>.

Umhverfissráðuneytið (2004). *Reglugerð 405/2004 um náttúrulegt ölkelduvatn og átappað lindarvatn*. Sótt 9. Febrúar 2009 á

<http://www.reglugerd.is/interpro/dkm/WebGuard.nsf/key2/405-2004>.

Umhverfissráðuneytið (2008). *Reglugerð 145/2008 um breytingu á reglugerð um neysluvatn, nr. 536/2001.* Sótt 9. Febrúar 2009 á

<http://www.reglugerd.is/interpro/dkm/WebGuard.nsf/key2/145-2008>.

Þórólfur H. Hafstað. (1989). *Öxarfjörður. Grunnvatnsathuganir 1987-1988. Framlag til sérverkefnis í fiskeldi*. Reykjavík: Orkustofnun. Skýrsla OS-89039/VOD-08B, 22s.

Viðaukar

V1. Hlutsýnataka leiðbeiningar

Inngangur

Hlutsýnatakan er partur af lokaverkefni Helgu Rakelar Guðrúnardóttur í umhverfisfræði við Háskólann á Akureyri vorið 2009. Verkefnið ber nafnið: Efnaeiginleikar og nýtingarmöguleikar neysluvatnslinda í Langanesbyggð.

Áætlað er að hlutsýnataka sé gerð tvisvar sinnum. Fyrst í kringum mánaðarmót jan-feb og svo aftur í kringum mánaðarmót feb-mars. Nákvæm dagsetning er ekki lykilatriði og því er hægt að reyna að ná góðu veðri til að framkvæma sýnatökuna og velja þá úrkomulausan dag. Mikilvægt er þó að sýnin komist til baka á rannsóknastofu við Háskólann á Akureyri innan tveggja daga frá mælingu.

Búnaður

Við hlutsýnatöku er aðeins tekið sýni í 3 flöskur á hverjum stað:

- 2 brúnar glerflöskur fyrir pH, karbónat og leiðni
(alls 6 flöskur + ein til vara)
- 1 plastflaska fyrir Mg^{2+} , Ca^{2+} og Cl^-
(alls 3 flöskur + ein til vara)

Einnig þarf að mæla hitastig og er það gert með hitamæli sem kemur með í pakkanum.

Annar búnaður er merkipenni til að skrifa niður staðsetningu og hitastig, þokar fyrir sýnatökuflöskur og þessar leiðbeiningar.

Staðsetningar

Staðsetningarnar fyrir hlutsýnatökuna eru þrjár.

1. Borhola við Staðarsel
GPS hnit: N66°12,276 W15°15,418
2. Neysluvatnslind við Gunnólfsvíkurfjall
GPS hnit: N66°09,753 W15°05,828
3. Úr neysluvatnskranu á Þórshöfn
Sýnatökumaður velur stað og tekur niður hnit en þó þarf að vera sami staður í báðum hlutsýnatökunum.



Mynd 23 - Kort af staðsetningum

Ef ómögulegt reynist að komast að sýnatökustað vegna snjóá s.s. við Gunnólfsvíkurfjall skal skoða mögulegt útfall frá brunni eða bíða betra veðurs.

Að taka sýnin

Ef mjög kalt er í veðri þarf að passa upp á að glerflöskurnar kólni ekki það mikið að þær springi.

Í þessum hlutsýnatökum er ekki notuð dæla heldur flöskur fylltar með því að stinga þeim ofan í vatnið á sýnatökustað eða inn í rennslið. Í sumum tilfellum gæti þurft að nota bandspotta til að dýfa flöskum ofan í lind eða brunn.

Alltaf þarf að passa upp á að hrista flöskurnar fyrst með smávegis vatni úr lindinni. Gott er að hafa þá reglu að taka smá vatn og loka flöskunni, hrista 20 sinnum og hella svo úr. Gera þetta þrisvar sinnum áður en sýnatökuflaskan fyllt og henni lokað. Þetta er til þess að lostna við efni sem mögulega gætu verið í flöskunum svo og til þess að ná upp réttu hitastigi á flöskunum til að koma í veg fyrir að þær springi.

Það þarf að passa upp á að lítið sem ekkert loft sé í flöskunum þegar þeim er lokað. Því er best að fylla flöskurnar algjörlega, setja vatn í tappann og hvolfa honum svo á til að loka flöskunni. Þetta er mikilvægast fyrir brúnu glerflöskurnar en skiptir minna máli fyrir plastflöskurnar.

Sendingar á sýnum til Háskólans á Akureyri

Sýnunum þarf að skila inn á rannsóknastofuna við Háskólann á Akureyri innan tveggja daga frá sýnatöku.

Pakka þarf sýnunum vel til að tryggja að flöskurnar brotni ekki í flutningum. Miðað er við að sendingin verði með flugi eða rútu. Sá sem sendir verður því að láta Helgu vita um sendinguna í síma 8995557 svo hún geti tekið á móti sýnunum og komið þeim inn á rannsóknastofu sem fyrst.

Merking á pakkanum:

Háskólinn á Akureyri
bt. Hrefna Kristmannsdóttir
Borgir v/Norðurslóð
600 Akureyri

V2. Áætluð mælióvissa

Í töflunni hér fyrir neðan er áætluð mælióvissa.

Tafla 9 - Áætluð mælióvissa

Efni	Mælióvissa
pH/°C	±0.1
SiO ₂ mg/L	±15%
B mg/L	±20%
Na mg/L	±13%
K mg/L	±13%
Ca mg/L	±12%
Mg mg/L	±12%
Sr mg/L	±13%
Fe mg/L	±0,0005
Al mg/L	±18%
CO ₂ mg/L	±0.2 mg/L
H ₂ S mg/L	±0.003 mg/L
Leiðni. µS/cm v.25°C	±10µS/cm v.25°C
O ₂ mg/L	±0.02 mg/L
SO ₄ mg/L	±7%
Cl mg/L	±7%
F mg/L	±6%
As µg/L	-
Ba µg/L	±20%
Br µg/L	-
Cd µg/L	-
Co µg/L	-
Cr µg/L	±20%
Cu µg/L	±20%
Hg µg/L	±13%
Li µg/L	-
Mn µg/L	-
Mo µg/L	-
Ni µg/L	-
P µg/L	-
Pb µg/L	-
Zn µg/L	±25%