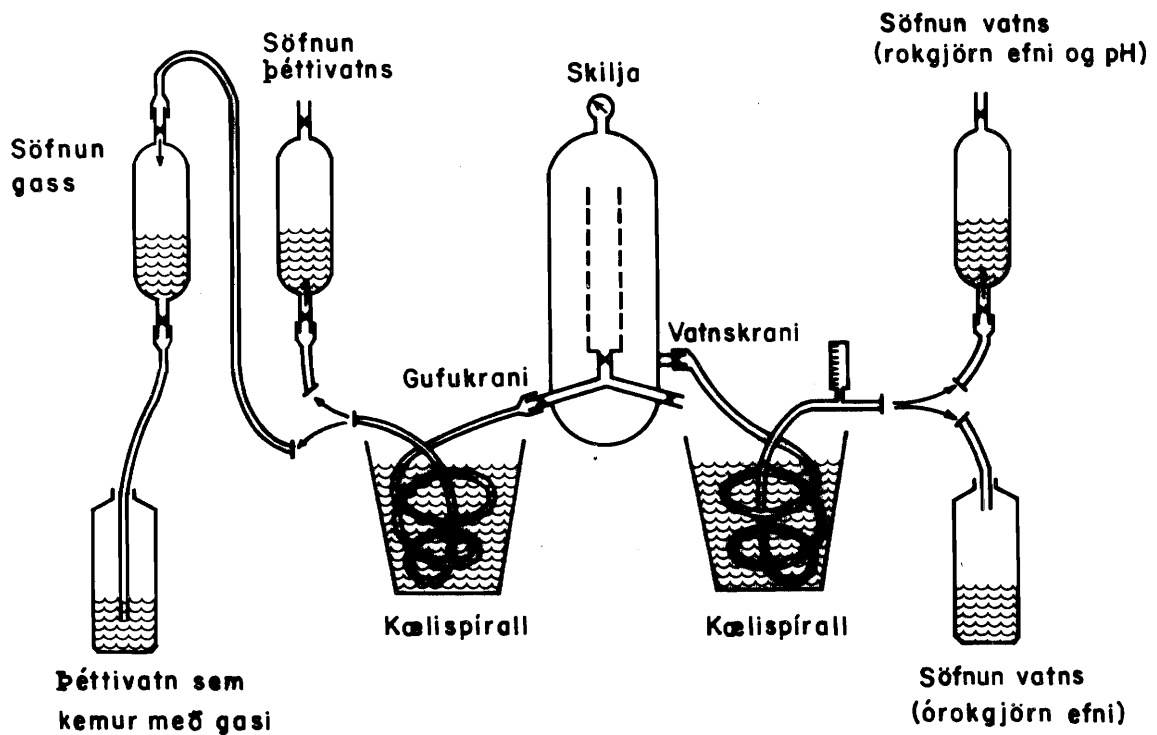


# LEIÐBEININGAR UM SÖFNUN VATNS- OG GASSÝNA



Stefán Arnórsson  
Einar Gunnlaugsson

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Leiðbeiningar um söfnun  
vatns- og gassýna

eftir  
Stefán Arnórsson  
og  
Einar Gunnlaugsson

EFNISYFIRLIT

1. Tilgangur, túlkun og kostnaður
2. Skráning sýna
3. Söfnunaraðferðir
  - 3.1 Kalt vatn
  - 3.2 Heitt vatn
  - 3.3 Gufuholur
  - 3.4 Gas
4. Mæling einstakra efna
  - 4.1 Inngangur
  - 4.2 Mæling á pH og CO<sub>2</sub>
  - 4.3 Mæling á H<sub>2</sub>S
5. Spjaldskrá
6. Viðauki

MYNDASKRÁ

Skrá yfir myndir um uppsetningu áhalda fyrir söfnun vatns og gassýna.

1. Kalt vatn
2. Heitt vatn
3. Gufuskilja
4. Vatn, þéttivatn og gas úr gufuholum
5. Kolsýra og brennisteinsvetni í gufu úr gufuholum
6. Gas úr vatnspollum eða gufuaugum

## 1. TILGANGUR, TÚLKUN OG KOSTNAÐUR

Tilgangurinn með söfnun, efnagreiningu vatnssýna og túlkun niðurstaða er þrjúþætt.

- (1) að afla óbeinna jarðfræðilegra upplýsinga um grunnvatnsrennsli, hita neðanjarðar, blöndun kalds og heits vatns, svæðisbundnar breytingar í efnainnihaldi o.fl.
- (2) að meta gæði vatns til neyslu og/eða annarra nota.
- (3) að þróa söfnunar- og efnagreiningaraðferðir, úttekt jarðefnafræði ákveðins efnis eða efna.

Það er komið undir tilgangi á söfnun sýnis hvaða efni skuli greina í vatninu, hvernig þarf að haga sýnatökunni og hver nákvæmni er nauðsynleg við mælingu á styrk hinna ýmsu efna. Þess vegna er nauðsynlegt, a.m.k. í langflestum tilfellum, að sá, sem vatnsýnum safnar, hafi haldgóða þekkingu á efnagreiningaraðferðum og túlkun niðurstaða. Annars er veruleg hættu á því, að sýnataka, sé ekki rétt gerð og það misfarist að geta upplýsinga um sýnitökustað. Á þetta sérstaklega við um uppsprettur heitar sem kaldar sér í lagi þó kalt grunnvatn og yfirborðsvatn. Þá er líka hættu á, að einhverjum tíma sé sóað í greiningu sumra efna, ef ekki liggur ljóst fyrir hver sé tilgangur söfnunar hjá þeim, er sýnunum safnaði og vill fá efnagreiningu.

Að sjálfsögðu krefst skilningur á gildi túlkunar á efnainnihaldi vatns sérþekkingar á því sviði og túlkun eftir "gefnum formúlum" getur reynst varasöm, ef ekki er fyrir hendi rækilegur skilningur á forsendum þeirra. Þeir sem annast túlkun, sýna alltaf vissa tortryggni gagnvart vandvirkni við söfnun og efnagreiningu og fer því best á því, að sami sérfræðingur annist söfnun, efnagreiningu og túlkun, annaðhvort sjálfur eða með aðstoðarfólki sínu. Ef þessu verður ekki við komið, er nauðsynlegt, að sá sem vill láta safna og efnagreina sýni hafi náð samband við þann

eða þá sem skulu efnagreina sýnin og túlka niðurstöðurnar. Að svona sé má öllum vera ljóst, af því að túlkun tekur tillit til aðstæðna við söfnun og söfnunaraðferðar. Breytingar verða á sýninu eftir söfnun hvað viðkemur styrk sumra efna og þarf annaðhvort að mæla þessi efni strax eða meðhöndla hluta af sýninu, þannig að það þoli einhverja geymslu.

Reynslan hefur sýnt, að bestur árangur verður af söfnun, efnagreiningu og túlkun vatnssýna, þegar um vel skipulögð verkefni er að ræða og annaðhvort gerð heildarúttekt á einu svæði (með eða án annarra rannsóknaraðferða á sama svæði) eða kerfisbundin athugun á einu efni eða hóp efna. Hins vegar virðast söfnun einstakra eða fárra sýna, án þess að um vel skipulagt verkefni sé að ræða, leiða til mun lakari árangurs og þjónar ekki þeim tilgangi að bæta við gagnasafn og hafa gögn tiltæk, þegar þeirra er þörf. Þegar á hólminn er komið með túlkun og efnagreiningin orðin gömul, gerir það sérfræðingnum oft erfitt fyrir að leggja mat á gildi niðurstaða túlkunarinnar, vegna óvissu í efnagreiningarnákvæmni og jafnvel söfnun og vill heldur láta endurtaka söfnunina.

Miðað við söfnun 5 sýna á einum degi, 200 km akstur og 10 tíma vinnu, er kostnaður við söfnun hvers sýnis um 25000 kr. (júní 1975). Beinn kostnaður við almenna efnagreiningu er 10.000 kr. og annar kostnaður við stjórnun jarðefnastofu, þróun nýrra efnagreiningaraðferða og túlkun nemur að meðaltali um 10.000 kr. á sýni. Af beinum kostnaði við efnagreiningar eru um 5.000 kr. launakostnaður um 5.000 kr. kostnaður við rekstur jarðefnastofu. Af þessum tölum sést, að kostnaður við söfnun sýna er að jafnaði mjög lítil og auðsætt, að slík söfnun þarf að vera vel grundvölluð til þess að réttlæta þann kostnað, sem skapast við efnagreiningu og túlkun.

## 2. SKRÁNING SÝNA

Sérstök eyðublöð eru til fyrir skráningu vatns- og gassýna. Er ætlast til þess, að safnari fylli þau út, eins vel og kostur er (Sjá útfyllt eyðublöð í viðauka I - III). Eyðublaðið skýrir sig að mestu sjálfst, en þó eru nokkur atriði sem rétt er að benda á til samræmingar. Á þetta einkum við um númerakerfið.

Þrír fyrstu stafirnir í númerinu tákna staðinn þar sem sýnið er tekið. Er það að jafnaði gert með þrem fyrstu stöfunum í nafni sýslanna, ef um kalt vatn eða lághitavatn er að ræða. Háhitavatn er aftur á móti kennt við háhitasvæðið á sama hátt. Kaupstaðirnir eru látnir fylgja aðliggjandi sýslum. Ein undantekning er þó á þessu, því heitavatnssýni á höfuðborgarsvæðinu hafa verið auðkennd með HÖF.

Hér á eftir er skrá yfir þær merkingar sem notaðar eru:

GUL	Gullbringusýsla
KJO	Kjósarsýsla
BOR	Borgarfjarðarsýsla
MÝR	Mýrasýsla
SNA	Snæfells- og Hnappadalssýsla
DAL	Dalasýsla
ISA	Ísafjarðarsýslur
STR	Strandasýsla
HUN	Húnavatnssýslur
SKA	Skagafjarðarsýsla
EYJ	Eyjafjarðarsýsla
ÞIN	Þingeyjarsýslur
MUL	Múlasýslur
SKF	Skaftafellssýslur

RAN	Rangárvallasýsla
ARN	Arnessýsla
HÖF	Höfuðborgarsvæðið
REY	Reykjanes
SVA	Svartsengi
KRÍ	Krísuvík
BRE	Brennisteinsfjöll
HEN	Hengill
GEY	Geysissvæðið
KER	Kerlingafjöll
TOR	Torfajökull
HVE	Hveravellir
VON	Vonarskarð
GRÍ	Grímsvötn
KVE	Kverkfjöll
ASK	Askja
FRE	Fremmrinámur
NAM	Námafjall
KRA	Krafla
ÞEI	Þeistareykir

Næsti stafur í númerinu (sá fjórði) táknar gerð sýnisins. Eftirfarandi tákn eru notuð

Kalt vatn:

A	uppsprettur
B	borhola
C	brunnur
E	rennandi yfirborðsvatn
F	kyrrstætt yfirborðsvatn
U	úrcoma

Heitt vatn og gufa:

D	djúpvatn (vatn + þéttivatn + gas frá gufuholu)
V	vatn
G	gas
Þ	þéttivatn

Næstu tveir stafir tákna mánuðinn í árinu (frá 01 - 12), sem sýninu er safnað í, en síðan koma tveir síðustu



stafirnir í árinu. Fjórar síðustu tölurnar eru svo númer sýnisins á viðkomandi ári. Númeraraðirnar eru tvær, önnur fyrir heitt vatn en hin fyrir kalt vatn. Númer fyrir sýni, sem safna skal, fæst uppgefið fyrirfram á jarðefnastofu. Með þessu móti fær jarðefnastofa vitneskju um áætlaða söfnun og er því unnt að segja, hvort aðstaða sé til að taka á móti sýni til efnagreininga og/eða ráðfæra sig um söfnunaraðferð.

Þegar safnari hefur mælt pH, CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S (sjá 4. kafla) flytur hann niðurstöðurnar inn á söfnunareyðublaðið. Mjög mikilvægt er, að allar þær mælingar sem gerðar eru við söfnunina séu fylltar út á eyðublaðið, svo sem þrýstingur og magn þéttivatns miðað við magn safnaðs gass (1 gas/kg þétt °C) og hitastig og rennsli þar sem það á við. Athugasemdir skrifaðar á plastbrúsa eða gastúpur eiga ekki rétt á sér, enda hefur reynslan sýnt að þær upplýsingar týnast og gleymast.

Í viðauka I - III eru sýnd dæmi um útfyllingu þessa eyðublaðs.

### 3. SÖFNUNARAÐFERÐIR

#### 3.1 Kalt vatn

Við söfnun á köldu vatni þarf að hafa plastkönnu, gastúpu (300 ml), slöngu úr gúmmí, (plastslanga verður stíf og óþjál í kulda), a.m.k. 5 m langa, sem passar upp á gastúpuna, plasttrekt og hitamæli. Í mörgum tilfellum er einnig nauðsynlegt að hafa fílterspappír til að fíltara sýni, sem ekki nást nema með gruggi. Þegar fíltarað er, má setja stútinn á trektinni niður í plastbrúsann, þó þannig að lofti um tappagatið utan með stútnum á trektinni (mynd 1). Sýni, sem tekið er á gastúpuna er ætlað til mælinga á sýrustigi og kolsýru. Fyrir almenna efnagreiningu þarf að taka sýni á tvo 940 ml plastbrúsa, en sé um minni efnagreiningu að ræða (5 efni eða minna) dugar að taka sýni á 1 940 ml brúsa.

Við stærrir uppsprettur, lækir eða djúpa polla má einfaldlega ná sýninu með því að dýfa plastkönnunni og gastúpunni í vatnið (mynd 1). Í þessum tilfellum má líka alltaf nota trektina og slönguna, dýfa trektinni í vatnið, lyfta henni síðan vel upp fyrir brúsann eða gastúpuna og láta renna í ílátið gegnum slönguna, sem er uppi á leggnum á trektinni (mynd 1). Þegar vatnsmagn er svo lítið, að ekki er unnt að dýfa brúsamum í, kemur trektin og slangan að góðu gagni við söfnun á rennandi vatni, einkum ef nokkur halli er á landinu. Koma skal trektinni þannig fyrir, að vatn renni inn í hana og í slönguna, sem við hana er tengd. Má þá láta renna úr slöngunni í plastbrúsa eða gastúpu (mynd 1). Gruggist vatnið, þegar trektinni er komið fyrir, skal bíða, uns vatnið hefur hreinsast eins og það vill. Sé um það að ræða, að vatnið, sem safna skal, kemur fram í árbakka, má enn nota trektina og slönguna og skapa halla fyrir rennsli með því að tengja gastúpuna upp á slönguna, setja

gastúpuna síðan að mestu á kaf í árvatnið, þannig að efri stúturinn standi aðeins upp úr.

Best er að sjúga vatn upp úr kyrrstæðum, grunnum pollum með hjálp slöngunnar og gastúpu. Dugir að sjúga vatnið upp með munninum, en líka má nota pumpu og samskonar fyrirkomulag eins og lýst er fyrir söfnun á gasi í pollum eða gufuaugum.

Þegar sýnum er safnað í frosti er nauðsynlegt að gæta þess, að ekki frjósi í gatinu gegnum tappana á gastúpunum. Vatnsmassinn í þessu gati er mjög lítill og frýs því fljótt, en þá springur tappinn. Að sjálfsögðu mega sýnin sjálf ekki frjósa. Við það falla uppleystu efnin öll út og sum þeirra fara aðeins að hluta í lausn aftur þegar sýnið þiðnar.

### 3.2 Heitt vatn

Við söfnun sýna úr heitum uppsprettum og borholum, sem ekki sýður í, þarf sömu áhöld og fyrir kalt vatn, en auk þess plastfötu með kælispíral og maximum hitamæli. Kælispíralinn skal vera úr krómstáli. Notaðir hafa verið eirspíralar, en koparinn í þeim hvarfast við brennisteinsvetni, sem leiðir til of lágra mældra gilda á styrk þess efnis.

Kælispíralinn þarf aðeins að nota fyrir þann hluta sýnisins, sem safnað er á gastúpu og ætlað er til greiningar á sýrustigi, kolsýru og brennisteinsvetni (mynd 2). Sé sýnið ekki kælt, áður en það er sett á túpuna, veldur síðari kæling þess lágum þrýstingi í túpunni og afloftun í loftbólur, sem myndast. Æskilegast er að kæla sýnið niður í hitastig sem næst geymsluhitastigi túpunnar, þar til efnagreining er gerð.

Þar sem áköf suða er í hvernum, getur reynst erfitt að koma plastkönnu við til þess að ná sýni. Í sumum tilfellum getur reynst nægilegt að nota gúmmívettlinga til hlífðar, en þó er hentugra að festa trekt á kústskaft eða göngustaf og ausa með henni, þannig að það vatn sem næst

í trektina hverju sinni, geti runnið í sýniílátið gegnum gúmmíslöngu (mynd 2).

Sú reynsla, sem fyrir hendi liggur, bendir eindregið til þess, að efnainnihald heits vatns breytist mjög hægt í afrennslislækjum frá heitum uppsprettum. Má oft notfæra sér þetta, þar sem áköf suða í hver veldur erfiðleikum fyrir söfnun, og safna heldur úr frárennslislæknum.

### 3.3 Söfnun sýna úr gufuholum

Við söfnun sýna úr gufuborholum eru jafnan notaðar litlar skiljur af þeirri gerð, sem sýnd er á mynd 3. Svona skiljur byggja á því, að gufan safnast efst í þær, en vatnið neðst vegna eðlispungamunar. Það þarf ætíð að hafa það í huga við söfnun úr gufuborholum, að tveir fasar, vatn og gufa, eru í leiðslunni, sem safnað er úr, og það er háð ytri aðstæðum, hvernig þessir fasar blandast saman. Ennfremur breytist hlutfall fasanna, miðað við þunga, þegar þrýstingur breytist. Í skýrslu Orkustofnunar um aflmælingar á gufuholum eftir Sveinbjörn Björnsson og Sigurð Benediktsson (1968) er fjallað ítarlega um flæði eða streymisgerð í slíkum holum og útstreymisæð þeirra. Gerð streymisins fer mjög eftir hlutfalli vatns og gufu, en þetta hlutfall er aftur háð innstreymishita í borholuna og þrýstingi í útstreymisæðinni. Eins og fram kemur í ofanefndri skýrslu, er almennt talið, að greina megi rennslisgerð vatns-gufu-blöndunar í eftirfarandi 5 flokka:

- 1) Bólustreymi. Gufan myndar bólur í vatninu.
- 2) Lagstreymi. Í láréttum útstreymisæðum leggst lag af vatni á botn pípunnar, en gufa streymir yfir.
- 3) Bylgjustreymi. Vatn kemur í bylgjum og fyllir þversnið pípunnar, en þess á milli streymir gufa.
- 4) Kápustreymi. Vatnið myndar kápu innan á pípunni um gufustrauminn, sem þó flytur nokkuð af vatnsdropum.
- 5) Dropastreymi. Vatn er eingöngu í dropum, sem berast með gufu.

Við söfnun er nauðsynlegt að hafa það í huga, að gerð streymis getur breytst, ef blandan fer í gegnum þrengingar og beygjur. Um staðsetningu söfnunarskilju frá ventlum og enda útstreymisæðar vitnast í skýrslu Sveinbjörns Björnssonar og Sigurðar Benediktssonar (1968). Uppsetning söfnunarháhalda er að öðru leyti sýnd á mynd 4.

Fyrir söfnun á einkennandi (representative) sýni er best, að hlutfall gufu og vatns, sem streymir inn í skiljuna, sé hið sama og í útstreymisæðinni, þar sem skiljan er tengd við hana, þ.e. samsvari þeim þrýstingi, sem þar er, og innstreymishita vatnsins í borholuna. Þá er ekki hætt á, að annaðhvort vatn eða gufa fylli skiljuna, meðan á söfnun stendur. Annars er nægilegt við söfnunina, að ofanefnd samsvörun gildi, svo fremi sem vatn og gufa eru í varmafræðilegu jafnvægi við innstreymið í skiljuna, þó svo að hlutfall vatns og gufu sé ekki það, sem ákveðst af varmainnihaldi blöndunnar og gufuprýstingi við innstreymið á skiljuna.

Telja má fullvíst, að unnt sé að safna einkennandi sýni úr borholu, þar sem dropastreymi eða bylgjustreymi er í útstreymisæðinni. Aftur á móti getur verið örðugt að safna einkennandi sýnum, ef um kápustreymi er að ræða, og þó sér í lagi lagstreymi. Bólustreymi skiptir varla máli fyrir gufuborholur, þar sem langmestur hluti rúmmálsins í útstreymisæðum slíkra hola er gufa.

Eftir að skiljan hefur verið skrúfuð á útstreymisæðina, skal hafa hana fullopná í u.p.b. 10 mínútur til þess að skola hana vel. Síðan er skrúfað fyrir skiljuna og tekinn aflestur af þrýstimælinum, sem er efst á henni. Athugum fyrst, þegar vatni er safnað. Tveir neðstu kranar skiljunnar eru fullopnáðir (raunar er nóg að hafa annan kranann opinn). Síðan er vatnskraninn opnaður örlítið og gufukraninn það mikið, að tryggilegt sé, að gufan sé vel blaut. Auðvelt er að prófa, hvort gufan sé blaut, með því að stinga fingri í strauminn. Bunan af blautri gufu er jafnbreið nokkra fjarlægð frá stútnum og má líka notfæra sér það. Þurr gufa er aftur á móti vart sjáanleg rétt við

stútinn og lögun bununnar frá stútnum eins og skúfur eða keila. Gæta verður þess vandlega, að þrýstingurinn falli sem minnst, þegar skiljan er opnuð, miðað við þrýstinginn, þegar hún var lokuð. Eðlilega verður þrýstingsfallið alltaf eitthvað, en ætti ekki að vera meira en  $0.1 \text{ kp/cm}^2$ . Ef þrýstingsfall verður sem einhverju nemur, verður suða í skiljunni og hætta á, að hún vinni ekki sem skildi við aðskilnað gufu- og vatnsfasanna, sem inn í hana streyma. Af þessum ástæðum verður rennsli alltaf fremur hægt í gegnum skiljuna og veldur því, að söfnun er heldur tímafrek.

Ástæðan fyrir því, að gufan er höfð blaut við söfnun vatns er sú, að þá er tryggt, að ekki kemur gufa með vatninu, sem safna skal. Að gufan sé blaut, þýðir, að rennsli út um vatnsstút skiljunnar er svo takmarkað með krananum, að stúturinn tekur ekki við öllu því vatni, sem kemur inn í skiljuna. Aftur á móti er gufustúturinn það mikið opinn, að hann tekur við meiri gufu en kemur inn í skiljuna. Við þessar aðstæður er skiljan að mestu fyllt af vatni (sjá mynd 3). Þegar skiljan hefur verið stillt, er slöngu smeygt upp á vatnsstútinn og hún fest með hosuklemmu, en í hinn endann er slangan tengd við kælisþíral. Áður en slangan er tengd við, er gott að ganga úr skugga um, að kælingin sé í lagi. Þá skal láta rennsli kælivatnsins vera öfugt við rennsli vatnsins úr skiljunni, svo að kæling verði sem best. Við venjulegar aðstæður (kælivatn rennur úr tunnu í 1 m hæð eða er í fötu, sem spírallinn stendur í) á að nást kæling á holuvatninu niður í  $20\text{-}30^\circ\text{C}$ . Gott er að láta holuvatnið blása nokkra stund gegnum slönguna og kælisþíralinn, áður en kælivatnið er sett á. Þá sýður vatnið og hreinsar slöngu og spíral vel. Eftir að sýninu hefur verið safnað, er fyrst lokað fyrir skiljuna, spírallinn aftengdur og loks skrúfað fyrir kælivatnið. Þá skal það að lokum nefnt, að gamlir kranar á skiljum geta hreyfst við titring á útstreymisæðinni, sem skiljan er skrúfuð við og öll stilling því farið úr skorðum. Ofan á útstreymisæðinni við skiljuna er þrýstimælir, og aflestur af honum gefur söfnunarþrýstinginn, enda sá sami og í skiljunni, ef þrýstifall

í henni er hverfandi, en svo þarf að vera. Nauðsynlegt er að kvarða þennan þrýstimæli eftir hverja notkun eða hvern dag.

Venjulega er safnað tveggja lítra sýnum af vatni og auk þess 300 ml á gastúpu til greiningar á rokgjörnum efnum (kolsýru og brennisteinsvetni) og sýrustigi.

Athugum næst söfnun á gufu (þéttivatni) og gasi. Eins og áður ber að varast það, að þrýstingur falli, sem neinu nemur í skiljunni. Fyrst er slangan frá kælispíralnum tengd við annan af neðstu krönununum á skiljunni og kraninn hafður lokaður. Hinn kraninn er fullopnaður, en vatns- og gufukrönunum er lokað. Þá er vatnskraninn opnaður nokkuð aftur og síðan gufukraninn svolítið og hann stilltur, uns fengist hefur þurr gufa út um opna neðsta stútinn. Ef gufan er blaut, þarf að herða aðeins að gufukrananum. Við söfnun gufu og gass er skiljan því þannig stillt, að tiltölulega lítið vatn er í henni, og gufa kemur með vatninu gegnum vatnskranann. Eftir að þurr gufa hefur fengist, er neðsti kraninn, sem slangan er tengd við, fullopnaður, en hinum, sem gufan streymdi út um, lokað. Gufan er síðan látin streyma nokkra stund gegnum slönguna og kælispíralinn til að hreinsa hvorutveggja, en þá er kælivatnið sett á. Við kælinguna þéttist gufan, en ekki aðrar gastegundir, eins og  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  og  $\text{H}_2$ , sem henni fylgja. Koma því tveir fasar, þéttivatn og gas, út úr kælispíralnum. Þéttivatninu skal safna á gastúpu, sem sett er upp á slöngu, sem tengd er kælispíralnum. Þegar gasi er safnað, skal gastúpan fyrst fyllt af þéttivatni, henni snúið við, og gasið látið reka vatnið út. Gera má ráð fyrir, að þéttivatnið sé í jafnvægi við gasið, og breytist samsetning gassins því ekki við þessa söfnunaraðferð, en slíkt gæti skeð, ef holuvatn, yfirborðsvatn eða annað vatn væri fyrst sett í túpuna til að losna við andrúmsloftið úr henni. Þó er það magn gass, sem leysist upp í þéttivatninu verulega háð hitastigi þess og er best að hafa sem jafnastan hita meðan safnað er. Nauðsynlegt er að mæla það rúmmál þéttivatns, sem kemur með hverjum lítra gass og hita þéttivatnsins. Er þá gert

ráð fyrir, að hiti þéttivatnsins sé sá sami og gassins. Þegar hiti gassins er þekktur, má auðveldlega finna, hversu mörg mól eru í rúmmálseiningu. Rúmmál þéttivatnsins er mælt á eftirfarandi hátt:

Þéttivatnið er látið renna í flösku um leið og gasið rekur það út úr túpunni. Þegar túpan er full, hefur safnast þéttivatn í flöskuna, sem samsvarar því, er kom með gasinu og að auki rúmmáli gastúpunnar. Kæling á þéttivatni og gasi getur verið a.m.k. jafngóð og á holuvatni, eða 20 - 30°C. Til þess að þurr gufa fáist, þarf jafnan að vera dræmt rennsli í gegnum skiljuna, og er söfnun því fremur tímafrek, en kæling að sama skapi góð. Nauðsynlegt er að fá góða kælingu, ef góð gassýni eiga að nást. Sé gasinu safnað heitu, skapar síðari kæling við geymslu undirprýsting í túpunni, og er þá aukin hætta á því, að andrúmsloft komist inn í hana. Safna skal einni 300 ml gastúpu af þéttivatni en tveim slíkum túpum af gasi.

Ekki er óhætt að treysta því, að þéttivatn, sem safnað er, sé hrein gufa, heldur getur eitthvað holuvatn alltaf borist með gufunni sem dropar. Með því að mæla styrk einhvers órokgjarns efnis í þéttivatninu, má finna, hversu mikill hluti af því er holuvatn og hversu mikill hluti gufa. Eðlilega þarf að þekkja styrk þessa efnis í holuvatninu við sama prýsting og gufunni er safnað við. Ef holuvatnið er salt, er best að nota klóríð, annars natríum.

Leiðrétting fyrir íblöndun holuvatns í gufu er skýrð með eftirfarandi dæmi: Styrkur órokgjarna efnisins í holuvatninu er  $A_0$ , en í þéttivatninu  $A_1$ . Þá er hluti holuvatns í þéttivatninu  $\frac{A_1}{A_0}$  og hluti gufu því

$$1 - \frac{A_1}{A_0}$$

Tilgangurinn með því að gera sér grein fyrir, hvort þéttivatnið sé blandað holuvatni, er tvíþættur. Í fyrsta lagi þarf að leiðrétta mælt þéttivatn, sem kemur með rúmmálseiningu af gasi, en þá fást réttar upplýsingar um



hlutfall gufu og gass við söfnunarþrýstinginn. Í öðru lagi þarf að leiðrétta fyrir styrk rokgjarnra efna, sem fara í þéttivatnið, þegar gufan þéttist og eru ættuð úr holuvatninu. Þessi rokgjörnu efni eru heildarkarbónat og heildarbrennisteinsvetni. Gerir það leiðréttinguna heldur flóknari, að styrkur þessara efna í holuvatninu er talsverður. Við þessa leiðréttingu er hluti þéttivatns fyrst fundinn, og þar á eftir er styrkur rokgjarnra efna ættuð úr gufunni, reiknaður út frá eftirfarandi líkingu:

$$A_v \left( \frac{A_1}{A_0} \right) + A_g \left( 1 - \frac{A_1}{A_0} \right) = A_p$$

$A_v$  er styrkur rokgjarna efnisins A í holuvatninu, sem er mældur,  $A_g$  er styrkur rokgjarna efnisins A gufunni, en það er stærðin, sem finna skal.  $A_p$  er svo styrkur rokgjarna efnisins í þéttivatninu, aftur mælt gildi.

Önnur aðferð er til fyrir söfnun gass og þéttivatns úr gufuholum en sú, er lýst var hér að ofan (mynd 5). Þessi aðferð hefur verið miklu minna notuð hérlendis. Í stað gastúpu er sýninu safnað á lofttæmda (< 0.1 loftþyngd) 2.lítra kolbuflösku, en í kolbuflöskunni er mælt magn af sterkum lút (50-100 ml af 40% NaOH-lausn). Þéttivatnið bætist við þessa lausn og jafnframt leysist öll kolsýra og allt brennisteinsvetni, sem gufunni fylgja, upp í lútnum. Aðrar gastegundir eins og vetni og köfnunarefni mynda hins vegar sérstakan gasfasa. Við söfnunina er látið renna þéttivatn og gas inn á kolbuflöskuna, uns þrýstimælir sýnir, að þrýstingur innan í flöskunni er nálægt ein loftþyngd.

Líklegt er talið, að þessi síðari söfnunaraðferð leiði til nákvæmari ákvarðana á styrk kolsýru og brennisteinsvetnis í gufunni, en reynsla hefur sýnt, að stærsti skekkjuvaldurinn með fyrrnefndu aðferðinni er mæling á því magni þéttivatns, sem kemur með rúmmálseiningu af gufu.

### 3.4 Gas

Eftirtalinna áhalda er þörf við söfnun á gasi úr vatnspollum eða gufuaugum: trekt, (20 cm þvermál) slöngur (gúmmí), gastúpur, 5 - 10 lítra brúsi úr gleri eða mjög stífu plasti, pumpa (sem sogar), klampar, tréstafur og 1/2" rör úr kopar eða stáli. Einnig er hagræðing í því að hafa kælispíral og fötu, þegar gasi er safnað úr gufuaugum eða heitum vatnspollum. Uppsetning áhaldanna er sýnd á mynd 6.

Athugum fyrst, þegar sýni er safnað úr vatnspolli. Við val á söfnunarstað er ástæða til að leggja áherslu á að finna poll með sem lægstu hitastigi, en mestu gasútstreymi. Trektinni er hvolft yfir gasútstreymið og brún hennar látin vera vel niður í vatninu. Oft má festa trektina með því að stinga tréstafnum í bakka pollsins og klampa háls trektarinnar við hann. Gastúpa er síðan tengd við trektina með 2 - 5 metra langri slöngu. Hinn stútur trektarinnar er tengdur við brúsann (á það rör, sem nær niður í botn). Pumpan er síðan tengd við hitt rörið í tappanum á brúsanum.

Þegar áhöldin hafa verið sett upp á þennan hátt, er gastúpan opnuð í báða enda og lofti dælt úr brúsanum með pumpunni. Við það sogast vatn upp í trektina gegnum gastúbuna og yfir í brúsann. Gastúpan skal snúa þannig, að hún fyllist af vatni. Þegar lengra rörið í brúsanum er komið vel á kaf er hætt að soga upp meira vatn. Venjulega er óþarft að pumpa nema öðru hverju til þess að viðhalda nægilegu rennsli upp í gegnum trektina. Nú er gas látið safnast undir trektina og gastúpunni snúið við, þannig að sá stúturinn sem tengdur er trektinni, snúi upp. Séð er til þess, að þrýstingur innan í brúsanum sé það lágur, að vatnsrennsli úr gastúpunni og upp í brúsann geti átt sér stað. Nú er gastúpan opnuð og gas úr trektinni sogast þá upp í túbuna og safnast fyrir efst í henni. Þegar vatnsborðið í trektinni er komið upp undir háls hennar er gastúpunni lokið og gas látið safnast undir trektina á ný.

Þá er gastúpan opnuð aftur og þetta endurtekið, uns túpan hefur verið fyllt af gasi. Þá er henni lokað og hún af-tengd frá slöngunum.

Við söfnun gass úr gufuaugum er fyrst gerð hola með tréstaftum, sem skal vera 1 - 1.5 metra djúp og rörið síðan sett varlega í holuna og þess gætt að ekki fari leir í enda þess og stífli það. Síðan er þjappað vandlega að rörinu efst til þess að sjá svo um, að andrúmsloft streymi ekki niður utan með rörinu. Ef söfnun á að takast, þarf að sjást talsvert gufurennisli upp úr rörinu. Gastúpan, brús-inn og pumpan eru síðan tengd við efri enda rörsins á sama hátt og þessi sömu áhöld voru áður tengd við háls trektar-innar. Þar sem nú er ekkert vatn til staðar er hentugt að hafa gastúpuna fulla af saltvatni, áður en söfnun er hafin. Í söltu vatni er uppleysanleiki gastegunda hverfandi og því betra að nota það en ferskt vatn. Áður en slangan á rör-endanum er tengd við gastúpuna, er nauðsynlegt að hafa látið gufuna streyma um hana nokkra stund til þess að reka loft úr söngunni.

Í mörgum tilfellum er óþarft að nota brúsa og pumpu við söfnun gassýna úr gufuaugum. Gufustreymið getur verið nægilegt til að reka vatnið úr túpunni. Í slíkum til-fellum er öryggi í því að láta vatnið í túpunni renna gegnum vatnslás, svo hættu verði ekki að því, að loft kom-ist í túpuna. Varast skal að dæla of kröftuglega með pump-unni. Það skapar hættu á niðurstreymi andrúmslofts gegnum jarðveginn og inn í rörið. Þar sem því verður við komið, er best að sleppa dælingu.

Sé gufurennisli mikið er kostur að tengja kælispíral í vatnsfötu milli rörsins og gastúpunnar til þess að þetta gufuna og kæla gasið, áður en það kemur í túpuna. Sama gildir, þegar gasi er safnað úr heitum vatnspollum.

Venja er að safna sýni í tvær 300 ml túpur af gasi. Tvítekin mæling á  $H_2S$  útheimtir 200 ml sýni og tvítekin mæling með orsat-tæki (fyrir  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $CH_4$  og  $H_2$ ) útheimtir

sama magn. Greining með gaskrómatograf þarf minna magn.

Í gasi af háhitasvæðum er jafnan ekkert súrefni og greining þess því mælikvarði á, hvort sýnið hafi blandast súrefni við söfnun eða geymslu. Sama máli gildir um vatn af heitari háhitasvæðum, en volgt vatn ( $< 50^{\circ}\text{C}$ ) getur oft innihaldið mælanlegt súrefni í gasfasa.

#### 4. MÆLING EINSTAKRA EFNA

##### 4.1 Inngangur

Hér verður aðeins fjallað um þau efni, sem innifalin eru í almenntri efnagreiningu, en þau eru pH,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$  og uppl. efni. Við geymslu sýna má búast við breytingum á innihaldi pH,  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$ , en öll hin efni þola langa geymslu í vel lokuðum plastbrúsa. Fyrir mælingu á pH,  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$  þarf því að safna sýni sérstaklega í gastúpu (300 ml) og greina það innan 2. daga í jarðefnastofu eða mæla efnin strax á staðnum. Síðari leiðin er valin, þegar farið er í lengri söfnunarleiðangra og þarf þá að hafa meðferðis pH - mæli og áhöld til títeringa á  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$ . Þegar um kalt vatn er að ræða er að öllu jöfnu aðeins mælt pH og  $\text{CO}_2$ , en jafnframt  $\text{H}_2\text{S}$  í heitu vatni. Með  $\text{CO}_2$  er átt við heildarkarbonsat ( $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--}$ ). Sama gildir um  $\text{H}_2\text{S}$ . Það táknar heildarbrennisteinsvetni ( $\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^- + \text{S}^{--}$ ). Við söfnun á vatni í gufuholum, sem inniheldur mikið af  $\text{H}_2\text{S}$  er nauðsynlegt að fella brennisteinsvetnið í sérstöku sýni um leið og safnað er með  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  vegna ákvörðunar á  $\text{SO}_4^{--}$ . Annars oxast hluti  $\text{H}_2\text{S}$  í  $\text{SO}_4^{--}$  sem leiðir til of hárrar mæliniðurstöðu súlfats. Þar sem kísill er meiri en 150 ppm í heitu vatni er kostur að þynna hluta sýnisins með eimuðu vatni, þannig að endanlegur styrkur kísils verði 50-100 ppm. Þessi þynning er nauðsynleg þegar um salt vatn er að ræða, vegna þess að kísillinn fellur út úr slíku vatni við geymslu sýna.

Við allar efnagreiningar á jarðefnasofu eru notuð sérstök eyðublöð (viðauki IV og V), þar sem allar upplýsingar um efnagreiningu og útreikningar koma fram svo sem hitastig magn sýnis og aflestur af byretti fyrir og eftir títeringu. Þegar efni eru mæld við söfnun, er nauðsynlegt,

að safnari hafi slík blöð með sér og skili þeim að loknum söfnunarleiðangri á jarðefnastofu. Þegar að túlkun kemur getur geymsla á slíkum gögnum verið afar mikilvæg. Sá sem túlkar niðurstöður uppgötvar oft galla í efnagreiningu og er þá mikils virði að geta leitað í frumgögnin.

#### 4.2 Mæling á pH og CO<sub>2</sub>

pH er mælt með þar til gerðum mæli, en CO<sub>2</sub> er mælt með því að títera sýnið með 0.1N saltsýru.

Ahöld sem þarf við þessa ákvörðun er:

1. pH-mælir
2. pH-elektroða (jafnframt viðmiðunarelektroða 90-01 ef notaður er mælir á jarðefnasstofu)
3. Eitt 150 ml bikarglas
4. Tvö lítil bikarglös fyrir búffera
5. Kolba (annaðhvort 50 eða 100 ml).
6. Byretta, kvörðuð upp á 0.1 ml
7. Hitamælir
8. Lítil pípetta
9. Trekt
10. Statíf fyrir byrettu
11. Blöð til að skrá niðurstöður og útreikninga (sjá viðauka IV).

Efni, sem þarf, er:

1. Tveir pH-búfferar (t.d. 6.88 og 9.22)
2. 0.1N HCl (titrisól)
3. 0.1N NaOH. Leysa skal 4 gr af NaOH í 1 l af eimuðu vatni (þolir ekki mikla geymslu í snertingu við andrúmsloftið)
4. Áfyllingalausn fyrir viðmiðunarelektroðu (90-00-01) ef notaður er pH-mælir jarðefnastofu.

Framkvæmd:

1. Stillið pH-mæli á lægri pH-búffer

2. Skolið elektróður
3. Mælið hærri búfferinn og skráið gildið
4. Skolið elektróðurnar
5. Mælið 100 ml (50 ml) sýnis með kolbu og setjið í 150 ml bikarglas
6. Mælið pH og hitastigið, skráið gildin (nauðsynlegt er, að sýni og búfferar hafi sama hitastig)
7. Stillið pH á 8.2 með 0.1N HCl ef pH er herra en 8.2 en með 0.1N NaOH ef pH er lægra en 8.2
8. Skráið aflestur af byrettu, sem í er 0.1N HCl
9. Titrerið sýnið, þar til pH-mælir sýnir 3.8
10. Skráið aflestur af byrettu
11. Skolið elektróður og bikarglas með eimuðu vatni
12. Farið í lið no. 5 og mælið hvert sýni í tvítaki

Liði 1-4 þarf einungis að framkvæma einu sinni og gildir sú mæling fyrir öll sýni sem mæld eru á sama tíma. Þessir liðir eru til að hægt sé að gera leiðréttingu á pH-mælingum miðað við skekkju í mæli. Þó er öryggi í því að athuga hvort stilling og útslag mælis hefur breytst, ef mælt er samfleytt í nokkrar klukkustundir.

Útreikningar:

$$1. \text{ CO}_2 \text{ ppm} = \left( \frac{\text{mlHCl} \times N \times 44000}{\text{ml sýnis}} \right) - (7.92 + 1.182 \text{ ppm H}_2\text{S} + 0.0088 \times \text{ppmSiO}_2)$$

$$2. \text{ rétt pH} = 6.88 + \frac{(9.22 - 6.88)}{(\text{afl.buff } 9.22 - 6.88)} (\text{pH afl.sýni} - 6.88)$$

Nauðsynlegt er að hafa það í huga, að gildin 9.22 og 6.88 á búfferunum miðast við 20°C. Ef hiti á búfferum er annar, verður að velja pH gildi fyrir þá, sem samsvarar hitastiginu (sjá töflu 1).

Tafla 1. pH-gildi fosfat og bórax búffera við mismunandi hitastig

t °C	Fosfat buffer	Bórax buffer
0	6.984	9.464
5	6.951	9.395
10	6.923	9.332
15	6.900	9.276
20	6.881	9.225
25	6.865	9.180
30	6.853	9.139
35	6.844	9.102
38	6.840	9.081
40	6.838	9.068
45	6.834	9.038
50	6.833	9.011
55	6.834	8.985
60	6.836	8.962
70	6.845	8.921
80	6.859	8.885
90	6.877	8.850
95	6.886	8.833

#### 4.3 Mæling á H<sub>2</sub>S

H<sub>2</sub>S er mælt með því (1) að títrera sýnið með Hg(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> - lausn eða (2) að títrera sýnið með I<sub>2</sub> - lausn.

Títrering með Hg(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> - lausn er hentug fyrir hvaða styrk H<sub>2</sub>S sem er í sýni, þó einkum eftir styrkurinn er minni en 5 ppm eða svo.

Áhöld sem þarf við ákvörðunina eru:



1. 50 ml erlenmayer-flaska
2. 10 ml byretta kvörðuð upp á 0.1 ml.
3. statíf fyrir byrettu
4. 0.1, 0.5, 1.0 og 5.0 ml pípettur
5. glerstafur
6. blöð til að skrá niðurstöður og útreikninga (viðauki IV)

Efni sem þarf við ákvörðunina eru:

1. acetón
2. 5N NaOH. Leyst er upp 200 gr NaOH í 1 líter af eimuðu vatni
3. dithizone í föstu formi
4. 0.001 M  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  - lausn. Leysa skal upp 0,3187 g af  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  í eimuðu vatni og þynna í 1 líter. Lausnin er stöðug í a.m.k. nokkrar vikur.

Framkvæmd:

1. Setjið 5 ml NaOH í 50 ml erlenmayer flösku og jafnframt 5 ml acetón
2. Bætið út í 0.1 - 10 ml af sýni og eimuðu vatni, þannig að sýni + eimað vatn sé samtals 10 ml.
3. Bætið út í smákorni af dithizoni og látið leysast upp.
4. Títrerið með 0.001 M  $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_L$  í rauðan endapunkt. Skráið hve margir ml fóru í sýnið.

Útreikningur:

$$\text{ppm H}_2\text{S} = \frac{\text{ml Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2}{\text{ml sýnis}} \cdot 34$$

Við títreringuna myndast svart botnfall af  $\text{HgS}$ , en endapunkturinn ákveðst af breytingu á gulum lit dithizonsins (í alkaliskri lausn) yfir í rauðan lit á  $\text{Hg}$ -dithizonati. Sé mikið af  $\text{H}_2\text{S}$  í sýninu litast það gulbrúnt, jafnvel svartgrátt af  $\text{HgS}$  botnfallinu og gerir umslagið óglögg. Þess vegna er betra að taka minna sýni en 10 ml fyrir  $\text{H}_2\text{S}$

ríkt vatn, allt niður í 0.1 ml, ef um er að ræða þéttivatn úr gufuholum (200-400 ppm  $H_2S$ ).

(2) Títrering með  $I_2$  - lausn er einkum hentug fyrir sýni úr gufuholum, hvort heldur sem er vatn eða þéttivatn. Aðferðin er ónæmari en  $Hg(CH_3COO)_2$  títreringin, en umslagið öllu gleggra og auðvelt er að fylgjast með styrk  $I_2$  - lausnarinna með títreringu við staðlaða  $As_2O_3$  - lausn, en varhuga-vert að treysta á óbreyttan styrk  $Hg(CH_3COO)_2$  - lausnar, sem er orðin gömul.

Ahöld, sem þarf við ákvörðunina eru:

1. 100 ml bikarglas
2. tvær 50 ml byrettur, kvarðaðar upp á 0.1 ml
3. statíf fyrir byrettur
4. 20 ml og 50 ml pípettur
5. glerstafur
6. 25 ml mæliglas
7. blöð til að skrá á niðurstöður mælinga og útreikninga.

Efni, sem þarf við ákvörðunina eru:

1. Stöðluð  $I_2$  - lausn (um 0.1N). Vigta skal um 25 g af KI og leysa upp í um 10 ml af vatni. Bæta 17.7g af  $I_2$  út í lausnina og filtra gegnum postulínsfilter. Þynna lausnina með eimuðu vatni í 1 lítra. Þessi lausn þarf að standa í 2-3 daga, áður en hún er stöðluð. Geymist í glerflösku.
2. Sterkjulausn: Leysa 2 g af sterkju í um 30 ml af vatni og þeirri grugglausn er helt út í 1 lítra af sjóðandi vatni og haldið áfram að hita, uns lausnin er tær. Til þess að hindra myglun á sterkjulausninni við geymslu má bæta 10 mg af  $HgI_2$  í hana. Annars er hentugast að búa til minna magn en 1 lítra hverju sinni og nota lausnina ekki lengur en u.þ.b. 1 viku.

Stöðlun á  $I_2$  - lausn:

20 ml af  $I_2$  lausninni er sett í 100 ml bikarglas og 5 ml af sterkjulausn og 1 ml af 1N NaOH er bætt út í. Títtrað með  $As_2O_3$  - lausninni í bláan endapunkt.

Frankvæmd:

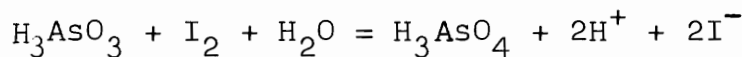
1. Setjið 20 ml eða 50 ml af sýni í 100 ml bikarglas og bætið 5 ml af sterkjulausn út í.
2. Títtrið með staðlaðri  $I_2$  - lausn (um 0.1N) í bláan endapunkt.

Útreikningur:

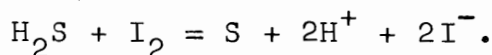
$$(1) \text{ Styrkur } I_2 \text{ lausnar: } \frac{\text{ml } As_2O_3 \text{ - lausn} \cdot 0.1}{\text{ml } I_2 \text{ - lausn (20)}}$$

$$(2) \text{ ppm } H_2S = \frac{\text{ml } I_2 \text{ - lausn} \cdot N \text{ } I_2 \text{ - lausnar} \cdot 17040}{\text{ml sýnis}}$$

Uppleyst  $As_2O_3$  er á forminu  $H_3AsO_3$ . Þetta arsenat, þar sem arsen er þrígilt hvarfast við joð á þann hátt, að joðið afoxast en arsenið oxast eins og sýnt er í eftirfarandi jöfnu:



Joðið hvarfast á samsvarandi hátt við brennisteinsvetnið, þar sem það oxast í brennistein eða



Umslagið fyrir báðar títteringarnar felur í sér myndun á bláum lit vegna efnahvarfs milli sterkju og joðs.

## 5. Spjaldskrá

Jafnóðum og efnagreining fer fram eru niðurstöður skráðar á eyðublað, og er það síðan geymt á jarðefnastofu (viðauki VI-VIII). Þessi spjaldskrá er í númeraröð og er því auðvelt að finna þar ákveðna efnagreiningu, ef vitað er hvenær sýnið er tekið.

Jafnframt þessu er spjaldskrá á aðalskrifstofu Orku- stofnunar, þar sem sýnum er raðað eftir sýslum og hreppum. Með þessu fyrirkomulagi ætti hver efnagreining að vera til í tvítaki og því auðvelt fyrir hvern og einn að nálgast þær niðurstöður sem hann hefur áhuga á.

Auk þessa, þá hefur hluti efnagreiningar verið gataðar á spjöld og er í ráði að geyma allar efnagreiningar á því formi á jarðefnastofu. Er það form mjög hentugt við ítarlega úrvinnslu.

Viðauki I

 ORKUSTOFNUN

VATNS- OG GASSÝNI

Staður (borhola, uppspretta)							
Gvendarstaðir, uppspretta							
Sýsla, kaupstaður							
Arnessýsla							
Hreppur							
Keldnaholtshreppur							
Verk							
Jarðefnafræðileg athugun vegna jarðhitaleitar							
Staðsetning							
Í gilskorningi um 500 m vestur af túnjafri nálægt 100 m frá þeim stað, sem lækurinn úr gilskorningnum fellur út í Gestsstabaá.							
Útlit söfnunarstaðar							
Vatnið kemur upp í sprunginni klöpp (basalthraunlag), og virðist vera um misgengi að ræða. Engin hotta í íblöndum yfirborðsvatus. Rennsli áætlað 3 l/sek.							
Sýni nr.	Staður	gerð	mán.	ár	nr.	Sýni tók	dags.
	ARNV	06	75	01	02	EG/GG	11.06
Ýmsar uppl.	°C	djúpsýni, dýpi m			l gas/kg þétt °C		
	88						
Þrýstingur	aflesið atg			leiðrétt atg			
	Ps	Pc	Po	Ps	Pc	Po	
Efni ppm	CO <sub>2</sub> vatn	H <sub>2</sub> S vatn	pH vatn/°C	Eh vatn/°C	CO <sub>2</sub> þétt	H <sub>2</sub> S þétt	pH þétt/°C
	25.5	1.2	9.41/22				
Gas rúmm. %	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>		Eh þétt/°C
Athugasemdir							
Gera almenna efnaagreiningu							

0675-1000-0001 HF

Viðauki II

 ORKUSTOFNUN

VATNS- OG GASSÝNI

Staður (borhola, uppspretta)  
*Námafjall, borhola 10*

Sýsla, kaupstaður  
*Vaðlasýsla*

Hreppur  
*Jarðhitahreppur*

Verk  
*Athugun á breytingu efnainnihalds við langtímaflástur*

Staðsetning

Útlit söfnunarstaðar  
*Vatn og gufa tekin af aðalskilju á holutoppi.*

Sýni nr.	Staður	gerð	mán.	ár	nr.	Sýni tók	dags.
	<i>N A M D</i>	<i>0</i>	<i>7</i>	<i>75</i>	<i>0103</i>	<i>SA/JB</i>	<i>11.07</i>
Ýmsar uppl.	°C	djúpsýni, dýpi m			l gas/kg þétt °C		
					<i>155/24</i>		
Þrýstingur	aflesið atg			leiðrétt atg			
	Ps	Pc	Po	Ps	Pc	Po	
	<i>9.0</i>			<i>9.2</i>			
Efni ppm	CO <sub>2</sub> vatn	H <sub>2</sub> S vatn	pH vatn/°C	Eh vatn/°C	CO <sub>2</sub> þétt	H <sub>2</sub> S þétt	pH þétt/°C
	<i>19.1</i>	<i>95.0</i>	<i>9.23/20</i>		<i>402.0</i>	<i>386.0</i>	<i>420/20</i>
Gas rúmm. %	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Eh þétt/°C	
	<i>48.0</i>	<i>26.1</i>	<i>20.5</i>	<i>0.0</i>			

Athugasemdir  
*Vatnssýni aðeins brúntið og því talið óhreinkað af járni. Gera almenna efna greiningu*

0675 • 1000 • CDDI • HF









Sýni nr.	Staður	gerð	mán.	ár	nr.	P <sub>3</sub> atg	P <sub>0</sub> atg	P <sub>c</sub> atg	afll kg/s	kísilhliti °C	lgas/keppitt °C
	ARNV06750102									126 X	
Staður (borli uppspretta)	Gvendarstöðir, uppspretta										
Sýsla, kaupstaður	Arnessýsla										
Hreppur	Kelduvalholtshreppur										
Efnagreint af JB/BA	Sýni tók EG/GG	Dags. 11.07	Styrkur í ppm. Eh = mV. i ionískur styrkleiki. Eðlisviðnám = ohm.m. Gas í rúmmáli %								
Hiti °C	88	Mg	0.04	CO <sub>2</sub>							
pH/°C	9.41/22	CO <sub>2</sub> (tot)	25.5	H <sub>2</sub> S							
Eh		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		H <sub>2</sub>							
I		CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		O <sub>2</sub>							
Eðlisviðnám	142	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	68.2	N <sub>2</sub>							
SiO <sub>2</sub>	165	H <sub>2</sub> S	1.2	Ar							
B	0.424	Cl <sup>-</sup>	34.5	CH <sub>4</sub>							
Na <sup>+</sup>	78.0	F <sup>-</sup>	2.7	CO <sub>2</sub> (þétt.)							
K	3.3	Uppl. efni	4/3	H <sub>2</sub> S ( - )							
Ca <sup>++</sup>	3.2			pH/C°( - )							
Athugasemdir	X jafnvægi við kaledón. Jafnvægi við kvars gefur kísilhlita = 152°C Alkalihiti 140°C.										

48-374500 2 G6r



Sýni nr.	Staður	gerð	mín.	ár	nr.	Ps atg	Po atg	Pe atg	afí kg/s	Kísíhiti °C	Igas/kgþétt °C				
	N A M D	0	7	7	5	0	1	0	3	9.2	10.8	2.2	80.1	258	1.55/24
Staður (borh. uppspretta)	Námáfjall, borhola 10														
Sýsla, kaupstaður	Vaðlasýsla														
Hreppur	Jarðhitahreppur														
Efnagreint af BA/7B	Sýni tölur SA/7B	Dags. 11.07.													
Hiti °C		Mg <sup>++</sup>	0.04			CO <sub>2</sub>	48.0								
pH/°C	9.23/20	CO <sub>2</sub> (tot)	19.1			H <sub>2</sub> S	26.1								
Eh		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				H <sub>2</sub>	20.5								
I		CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>				O <sub>2</sub>	0.0								
Eðlisviðnám	10.1	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	38.8			N <sub>2</sub>									
SiO <sub>2</sub>	655	H <sub>2</sub> S	95.0			Ar									
B		Cl <sup>-</sup>	22.4			CH <sub>4</sub>									
Na <sup>+</sup>	140.6	F <sup>-</sup>	2.3			CO <sub>2</sub> (þétt.)	402.0								
K <sup>+</sup>	31.0	Uopl. efni	985			H <sub>2</sub> S ( - )	386.0								
Ca <sup>++</sup>	1.8					pH/C°( - )	420/20								
Athugasemdir	Alkalihiti 252°C.														

EFNAGREINING A VATNI OG GASI

ORKUSTOFNUN



Sýni nr.	Staður	gerð	mån.	ár	nr.
	MYRF	07	75	00	88
Staður (borh. uppspretta)	Sultarmýri				
Sýsla, kaupstaður	Mýrasýsla				
Hreppur	Vatnsleysuhreppur				
Efnagrátt af	Sýni tók	Dags.	Styrkur efna í ppm. Eðlisviðnám ohm.m. C: cólgerlar (jákvæð svörun af 10 prófunum (10 ccm)). A: agar í 1 ccm G: gelatíni í 1 ccm		
JES	LH/GS	11.07			
Hiti °C	//	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Harka	C. alls	
pH		CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sub>2</sub>	C. fecal	
Eðlisviðnám		SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>		A. 37°C	
SiO <sub>2</sub>		Cl <sup>-</sup>		Galls 22°C	
Na <sup>+</sup>		F <sup>-</sup>		G leys. 22°C	
K <sup>+</sup>		Uppl. efni			
Ca <sup>++</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
Mg <sup>++</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			
Fe		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>			
CO <sub>2</sub> (tot)		MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -tala			
Athugasemdir					

55-674500.2 eóG



Efni:  $\text{SiO}_2$ 

Efnagreint af: SA

Efnagreiningaraðferð: kólorímetrísk með mólýbdati.

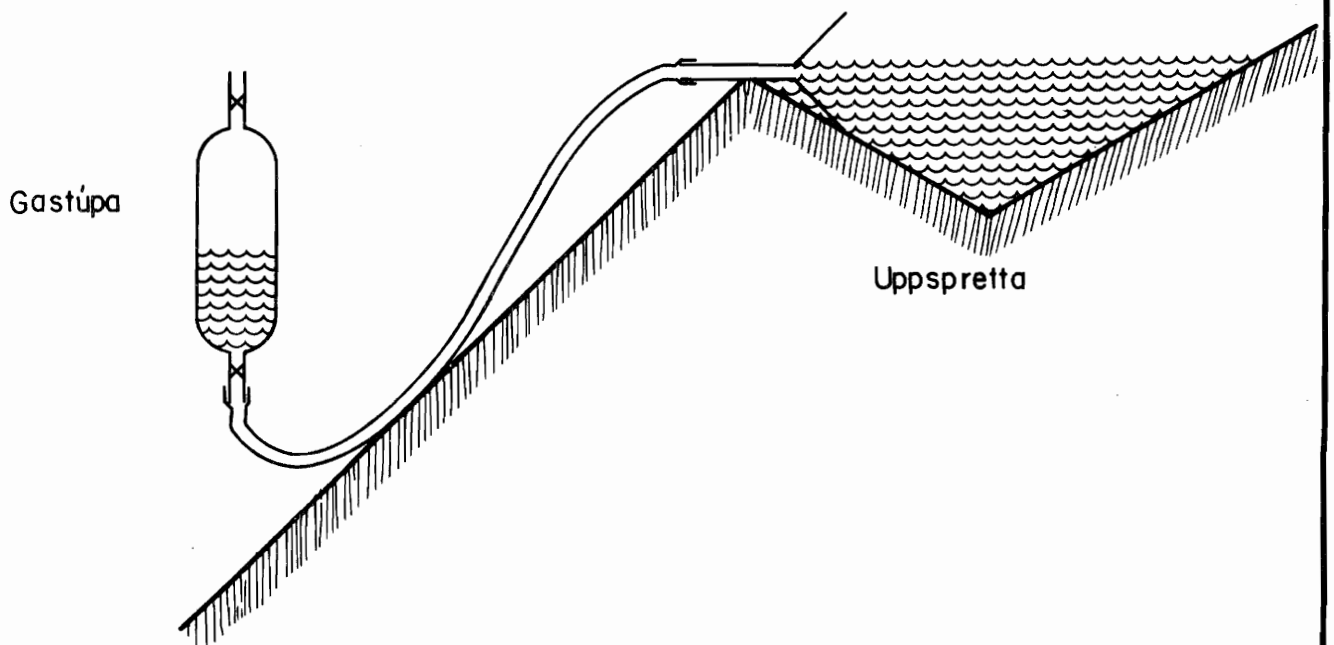
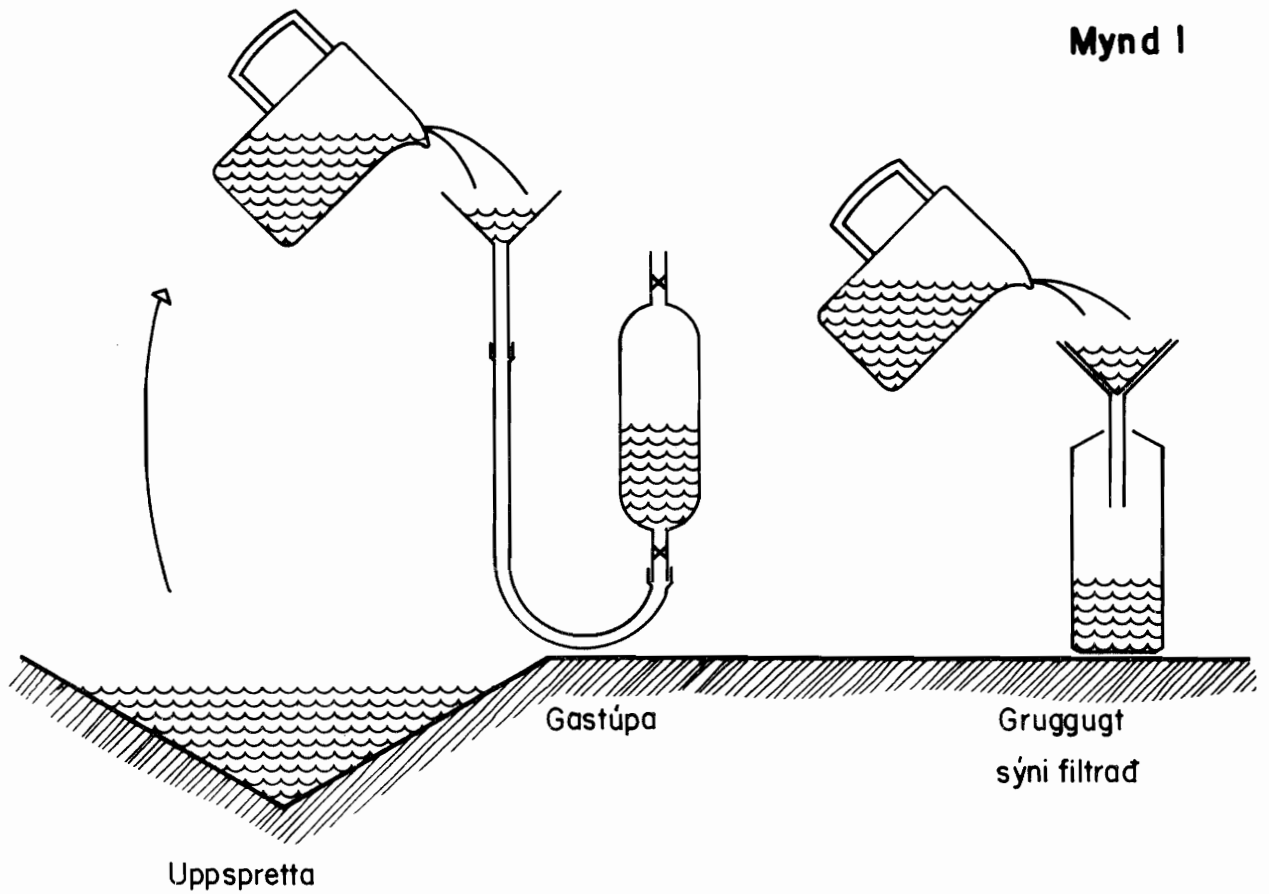
Meðal % frávik 1.13 Samkvæmni með 95% vissu 2.63%

Sýni nr.	dags.	ml sýni	þyrming	kolba nr.	aflestur		$\text{SiO}_2$ ppm	
Sp. standard	31.07.75	5	1/1	6	248	250	1045	
"	"	10	1/1	11	502	505		
NAMV07750100	"	10	1/11	12	312	313	717.4	>723
0100	"	10	1/11	13	316	318	727.7	
0101	"	10	1/11	16	290	290	665.7	>661
0101	"	10	1/11	18	286	285	655.4	
þINV07750110		10	1/2	21	360	362	150.7	>151
0110		10	1/2	22	362	361	150.9	
0111		10	1/1	30	408	410	85.4	>86
0111		10	1/1	31	412	409	85.9	
0112		10	1/1	32	265	268	55.6	>56
0112		10	1/1	67	270	273	56.7	



Uppsetning áhalds fyrir söfnun á köldu vatni.

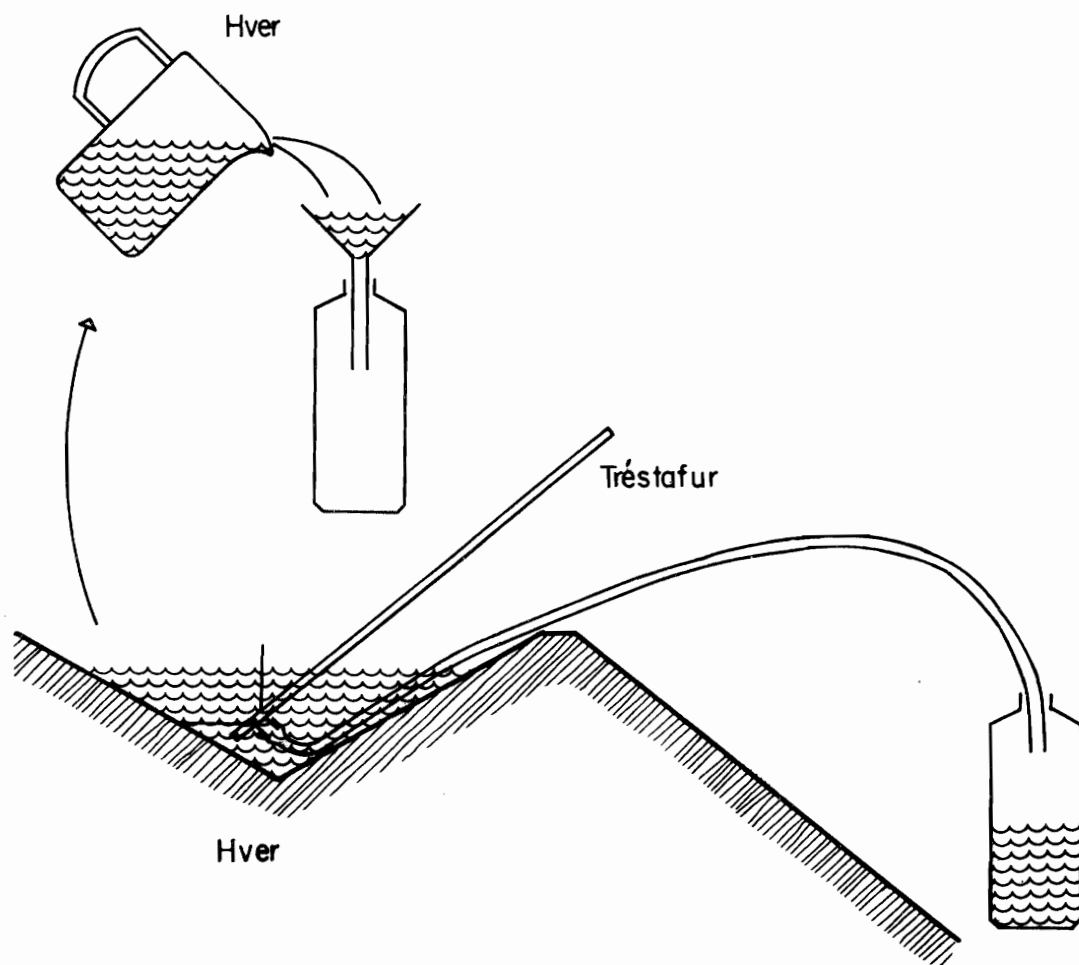
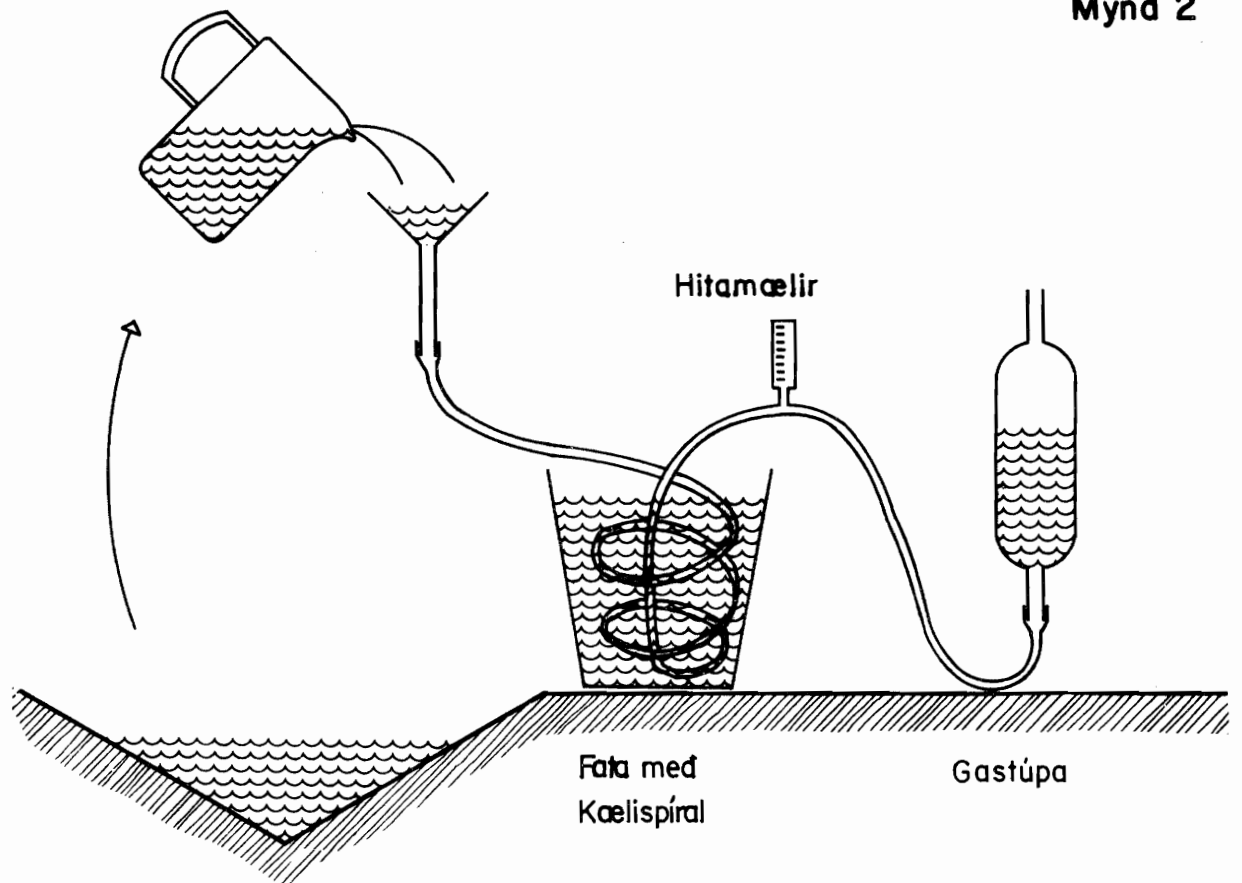
Mynd 1





Uppsetning áhalda fyrir söfnun á heitu vatni.

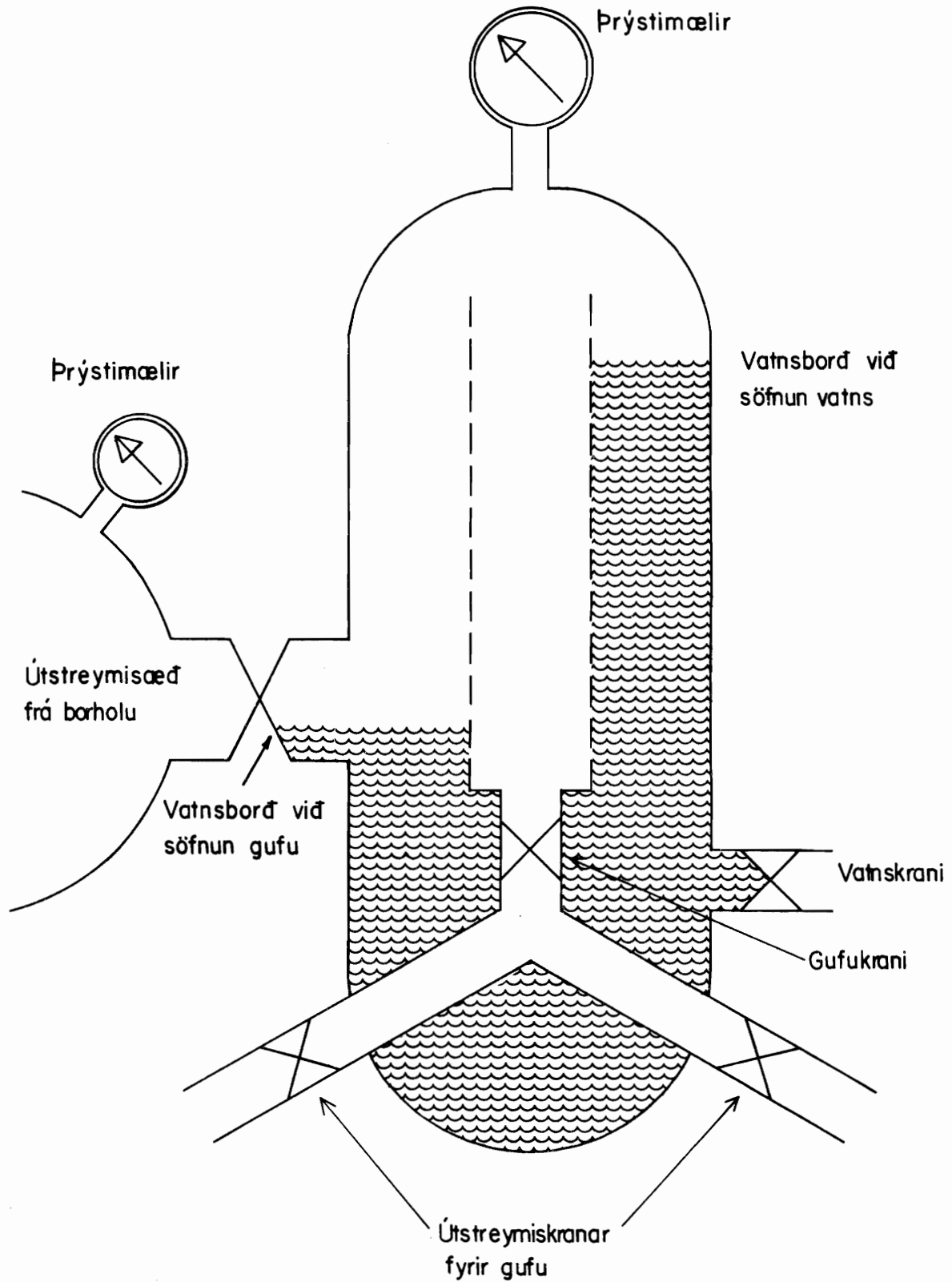
Mynd 2





Þversnið af skilju, sem notuð er við söfnun vatns, gufu og gass úr gufuholum.

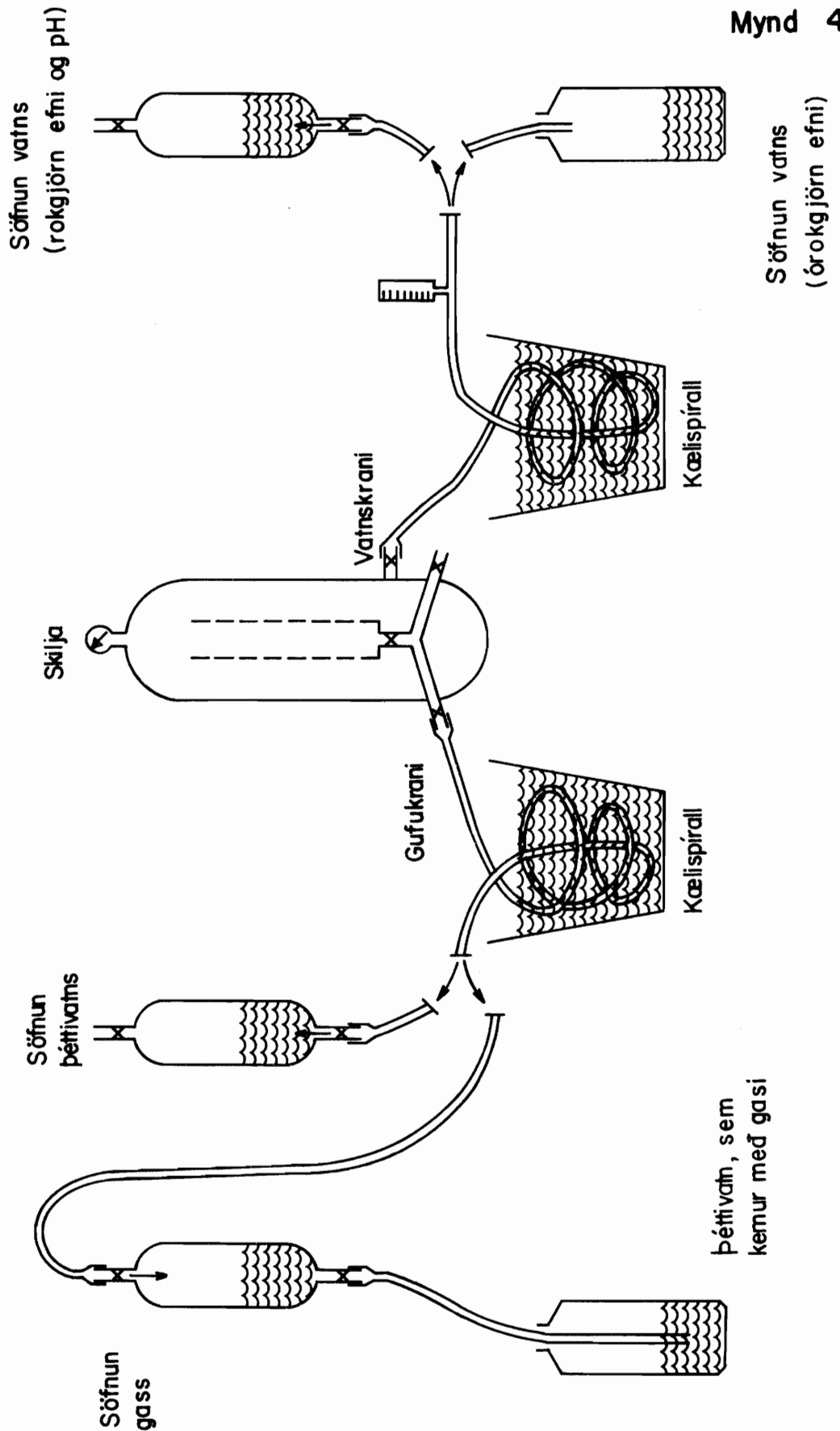
Mynd 3







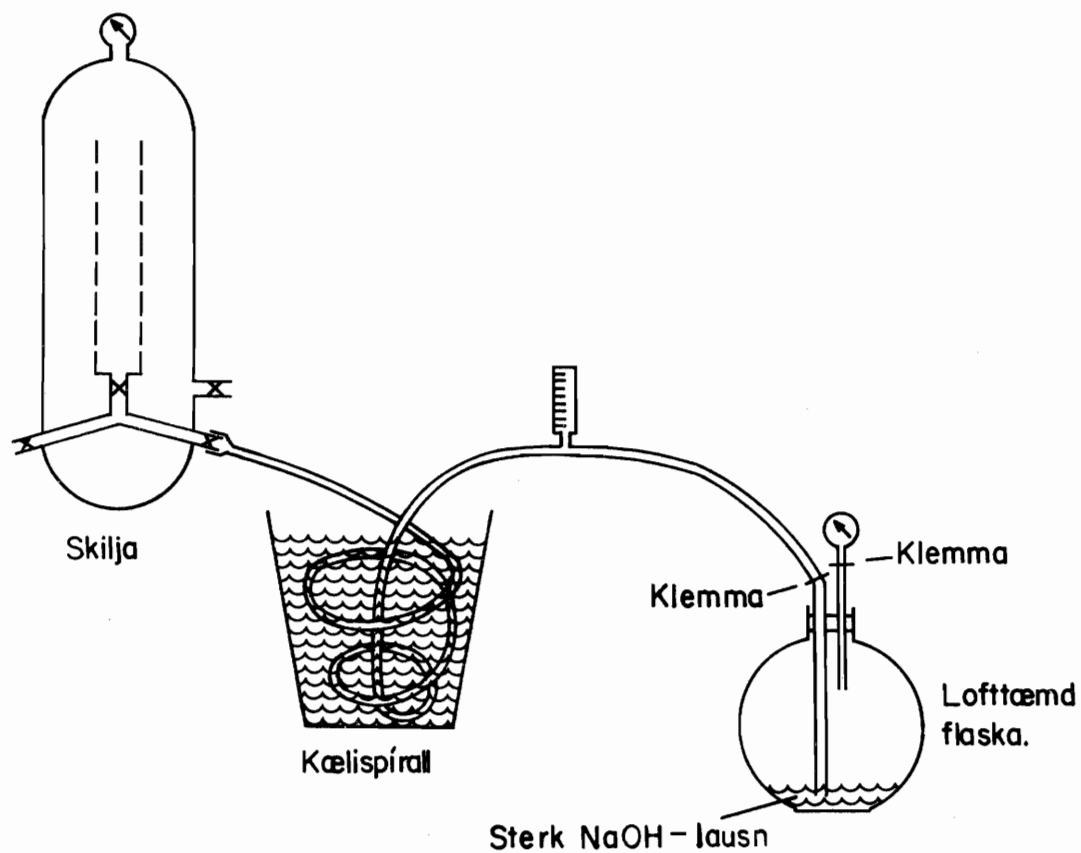
Mynd 4





Uppsetning áhalds fyrir söfnun á  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{S}$   
í þéttvatni með uppleysingu í  $\text{NaOH}$ -lausn.

Mynd 5





Uppsetning áhaldra fyrir söfnun gass úr vatnspollum og gufuaugum.

Mynd 6

- ① á meðan verið er að fylla túbuna af vatni og reka loftið burt.
- ② söfnun gass.

