



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

# SVARTSENGI

Efnasamsetning heits grunnvatns  
og hitaveituvatns

Trausti Hauksson

OS80023/JHD12  
Reykjavík, júlí 1980

Unnið fyrir  
Hitaveitu Suðurnesja

# **SVARTSENGI**

**Efnasamsetning heits grunnvatns  
og hitaveituvatns**

**Trausti Hauksson**

**OS80023/JHD12**  
Reykjavík, júlí 1980

**Unnið fyrir  
Hitaveitu Suðurnesja**

## ÁGRIP

Gefið er yfirlit yfir rannsóknir á efnasamsetningu heits grunnvatns í holum 2, 3, 4, 5 og 6 í Svartsengi á tímabilinu 1972 til 1979 og hitaveituvatns. Engar marktækar breytingar hafa orðið á efnasamsetningunni á þessum tíma. Miklar sveiflur eru í styrk kísils og er talið að þær stafi af ónákvæmni í greiningu hans í söltu vatni. Reikningar á vatninu í holunum eru því miðaðir við mælt hitastig í borholum en ekki kísilhita.

Efnasamsetning vatnsins er örllítið breytileg milli hola og gasstyrkur mestur í holum 4 og 6 en minnstur í holum 2 og 3. Selta (Cl) er minnst í holu 5 en annars er ekki marktækur munur á seltu milli hola. Að jafnaði er selta um 64% af seltu sjávar. Styrkur natríums virðist háður innstreymishita og er um 62% af styrk natríums í sjó. Styrkur kalsíums, kalíums og magnesíums er eins og viðbúið var mjög frábrugðinn styrk sömu efna í sjó.

Heita vatnið í Svartsengi er talið kalkmettað. Við suðu í borholu yfirmettast það og kalk fellur út í holunum. Mest yfirmettun verður í holu 6 en minni í 5 og langminnst í holu 3. Útfellingar eru kröftugastar í holu 6 en minni í holu 5. Engra útfellinga hefur orðið vart í holu 3. Gott samræmi er milli yfirmettunar og krafts útfellingar.

Efnasamsetning hitaveituvatns ræðst fyrst og fremst af efnasamsetningu kalda vatnsins, sem hitað er upp í stöðinni.

Í og eftir afgösunarprep stöðvarinnar er hætta á útfellingu magnesíum-silikata úr vatninu. Þetta gerist við kröftuga afgösun og hækkun sýrustigs (pH).



EFNISYFIRLIT

|   | Bls. |
|---|------|
| ÁGRIP .....                             | 3    |
| EFNISYFIRLIT .....                      | 5    |
| TÖFLUSKRÁ .....                         | 6    |
| MYNDASKRÁ .....                         | 6    |
| 1 INNGANGUR .....                       | 7    |
| 2 EFNASAMSETNING HEITS GRUNNVATNS ..... | 8    |
| 3 KALKÚTFELLINGAR .....                 | 11   |
| 4 HITAVEITUVATN .....                   | 13   |
| 5 SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR .....        | 15   |
| 6 FRAMHALD RANNSÓKNA .....              | 16   |
| HEIMILDASKRÁ .....                      | 17   |
| TÖFLUR .....                            | 19   |
| MYNDIR .....                            | 31   |

TÖFLUSKRÁ

|    | Bls.  |
|----|---|
| 1  | Hola 2, efnastyrkur heits grunnvatns ..... 21                             |
| 2  | Hola 3, efnastyrkur heits grunnvatns ..... 22                             |
| 3  | Hola 4, efnastyrkur heits grunnvatns ..... 23                             |
| 4  | Hola 5, efnastyrkur heits grunnvatns ..... 24                             |
| 5  | Hola 6, efnastyrkur heits grunnvatns ..... 24                             |
| 6  | Meðalefnasamsetning heits vatns ..... 25                                  |
| 7  | Gas í gufu í % (w/w) ..... 25   |
| 8  | Rennsli úr borholum fyrir hreinsanir ..... 26                             |
| 9  | Yfirlit yfir hreinsanir borhola ..... 26                                  |
| 10 | Innanmál borhola ..... 27   |
| 11 | Hraði og magn kalkútfellinga ..... 27                                     |
| 12 | Efnastyrkur hitaveituvatns frá bráðabirgðastöð ..... 28                   |
| 13 | Efnastyrkur vatns og gufu fyrir og eftir forhitara í<br>aðalstöð ..... 29 |
| 14 | Efnastyrkur afloftaðs hitaveituvatns úr aðalstöð ..... 30                 |

MYNDASKRÁ

|   |  |
|---|--|
| 1 | Afstöðumynd - staðsetning borhola ..... 33                     |
| 2 | Efnastyrkur heits grunnvatns (Na, Cl, Uppl.e.) ..... 34        |
| 3 | Efnastyrkur heits grunnvatns (K,Ca,SiO <sub>2</sub> ) ..... 35 |
| 4 | Kalkmettun í borholum ..... 36                                 |
| 5 | Vinnslurásir Hitaveitu Suðurnesja ..... 37                     |
| 6 | Krísótíl-mettun hitaveituvatns ..... 38                        |

## INNGANGUR

Boranir hófust í Svartsengi 1971 og hefur verið fylgst með samsetningu borholuvökva síðan í þeim holum, sem blásið hafa hverju sinni, til að fylgjast með hvort vinnsla úr svæðinu breyti efnasamsetningu vatnsins, t.d. með því að draga að sjó eða ferskt vatn. Ef slíkar breytingar ættu sér stað, breytti það verulega mati á afkastagetu svæðisins. Einnig hefur verið kannað, hvort samsetning væri breytileg milli hola en það gefur hugmynd um einsleitni ("homogenitet") svæðisins og kemur að gagni við gerð streymislíkans.

Í þessari skýrslu eru tekin saman þau gögn, sem liggja fyrir um efnasamsetningu heits vatns og gufu í Svartsengi. Öll sýni tekin úr holum 2, 3, 4, 5 og 6 í Svartsengi (sjá mynd 1) á tímabilinu 72-04-26 til 79-12-31 eru með í skýrslunni. Hluti þessara gagna hefur áður birst í skýrslum Orkustofnunar (Stefán Arnórsson 1972, Stefán Arnórsson o.fl. 1975 og Stefán Arnórsson 1978), og má líta á þessa skýrslu sem framhald þeirra.

Dregin er saman reynslan af kalkútfellingum í holunum og reynt að skýra mismunandi útfellingarhraða. Að lokum eru birtar efnagreiningar á hitaveituvatni úr bráðabirgðastöð og rásun 1, 2, 3 og 4 í aðalstöð, og gerð tilraun til að skýra útfellingu magnesíum-silikata úr hitaveituvatninu.

Hörður Svavarsson sá um alla reikninga, sem gerðir voru með tölvu Orkustofnunar vegna skýrslu þessarar og á hann þakkir skildar.

2 EFNASAMSETNING HEITS GRUNNVATNS

---

Í reikningum hér á eftir verður gert ráð fyrir því varmainnihaldi heita grunnvatnsins, sem áætlað er út frá innstreymishita mældum í lokuðum holum (Benedikt Steingrímsson 1980, persónulegar upplýsingar). Ekki er ráðlegt að nota kísilhita í reikningum vegna mikilla sveiflna í kísilinnihaldi, sem ekki eru talðar endurspeglu sveiflu í innstreymishita. Varmainnihald rennslis við holutopp var ekki mælt fyrr en 1980 í holu 7. Sú mæling er í góðu samræmi við hitamælingu úr holunni.

Í töflu 1 er sýnd efnasamsetning vökva úr holu 2. Innstreymishiti var áætlaður 200°C. Holan er sú grynsta á svæðinu, 243 m. Hún hefur blásið stutt og eru aðeins til tvö sýni úr henni, frá árinu 1972. Holur 3 og 4 hafa blásið lengst allra hola á svæðinu. Efnasamsetning vökva úr þeim er birt í töflum 2 og 3. Hola 3 er um 400 m djúp og innstreymishiti var áætlaður 230°C. Hola 4 er um 1700 m djúp og var innstreymishiti áætlaður 238°C. Á myndum 2 og 3 er efnasamsetningin sýnd sem fall af tíma og sést þar, að engar breytingar hafa orðið á efnasamsetningu í holum 3 og 4. Staðalfrávik styrkgilda natriúms, klóríðs og uppleystra efna frá meðalgildi eru lægri en 4,5%. Þetta bendir til þess, að áætlað innstreymishitastig sé nálægt lagi og hafi ekki breyst. Klóríðstyrkur er mælikvarði á seltu hins heita grunnvatns, því klóríð tekur ekki þátt í efnaskiptum við berg. Til að kanna, hvort munur sé á seltu í holum 3 og 4 var gerð t-prófun á gildum klórstyrks í töflum 2 og 3. Prófuð var sú tilgáta, að seltan væri hin sama, á móti þeirri tilgátu, að seltan í holu 3 væri meiri en í holu 4. (Introductory Engineering Statistics, 1971). Uppfylli meðalgildin skilyrðið

$$\left| \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}} \right| > t_{n_1 + n_2 - 2; \alpha/2}$$

- x : meðalgildi
- s : staðalfrávik
- n : fjöldi gilda
- $t_h; \alpha$  : t-gildi
- $\alpha$  : líkur

er marktækur munur á meðalgildunum með 100% vissu.



Þetta var prófað fyrir 95% vissu,

$$\frac{12800 - 12500}{\sqrt{490^2/18 + 540^2/25}} = 1,90 < t_{40; 0,025} = 2,02$$

Tilgátunni er því hafnað og því ekki hægt að segja með 95% vissu, að munur sé á seltu í holunum.

Ef samskonar próf er gert fyrir natríum fæst

$$\frac{6760 - 6400}{\sqrt{260^2/18 + 160^2/25}} = 5,2 > t_{40; 0,005} = 2,70$$

sem þýðir, að marktækur munur er á natríum milli hola með yfir 99% vissu.

Samskonar próf gerð fyrir önnur efni gáfu:

- Kalíum : 2,07 >  $t_{40; 0,025} = 2,02$
- Kalsíum : 2,19 >  $t_{40; 0,025} = 2,02$
- Kísill : 0,18 <  $t_{40; 0,25} = 0,68$
- Uppleyst efni: 6,3 >  $t_{40; 0,005} = 2,70$
- Koldíoxíð : 13,2 >  $t_{40; 0,005} = 2,70$

Munur á kalíum og kalsíum er á mörkum þess að vera marktækur með 95% vissu.

Ekki er marktækur munur á kísli milli hola með 50% vissu en uppleyst efni og koldíoxíð sýna marktækan mun milli hola með meiri en 99% vissu.

Líkleg skýring er, að natríumstyrkur sé háður hitastigi vegna jónskipta við berg og munurinn því afleiðing af mismunandi innstreymishitastigi.

Mun á kalíum og kalsíum má skýra á svipaðan hátt og gert var fyrir natríum, með mismunandi innstreymishitastigi. Óvissa í kísilákvörðun er svo mikil,

að ekki er unnt að greina mun á kísilinnihaldi milli hola. Yfirmettaður kísill fjölfiðast hraðar í söltu vatni en fersku. Vegna þess er erfitt að ná góðu sýni til kísilgreininga, og veldur það líklega þessum sveiflum í kísilstyrk. Munur á uppleystum efnum getur stafað af mismunandi innstreymishita, eða suðu og aðskilnaði gufufasa. Sama skýring á við um mismunandi styrk kolsýru. Innstreymishiti í holur 5 og 6 er áætlaður

sá sami og í holu 4, 238°C, og er efnasamsetning djúpvökva birt í töflum 4 og 5. Færri sýni eru til úr þessum holum en hinum og því ekki rétt að svo stöddu að gera nákvæman samanburð á efnasamsetningu. Lauslegur

samanburður leiðir í ljós svipaðan gasstyrk og í vökva holu 4 og minni seltu í holu 5 en holu 4.

Í töflu 6 er yfirlit um meðal efnasamsetningu heits grunnvatns. Á myndum 2 og 3 er sýnd efnasamsetning heits grunnvatns á tímabilinu 1972-1979. Til viðmiðunar er höfð efnasamsetning sjávar við Reykjanes (Sveinbjörn Björnsson o.fl. 1972). Selta heita grunnvatnsins (Cl) er að meðaltali 64% af seltu sjávar. Önnur hlutföll eru háð hitastigi og efnaskiptum við berg. Kalsíum og kalíumstyrkur er meiri en í sjó, en natríumstyrkur um 62% af natríumstyrk sjávar. Til viðmiðunar fyrir kísilstyrk er sýndur jafnvæghiti við kvars (Fournier & Rowe 1966). Mikil dreifing er á kvarsstyrk, en flest gildi eru innan jafnvæghitabilsins 230-250°C. Gasstyrkur í gufu við mismunandi skiljuþrýsting er háður gasstyrk djúpvökva og innstreymishita. Í töflu 7 er meðalgasstyrkur í % sýndur við mismunandi skiljuþrýsting. Gert er ráð fyrir, að allt gas rjúki í gufufasa svo hér er um hámarksgildi að ræða.

## 3 KALKÚTFELLINGAR

Kalk fellur út í borholum í Svartsengi. Hreinsa þarf holur á 7-8 mánaða fresti en það eykur álag á holur og styttir líftíma þeirra.

Eins og fram kemur í fyrri skýrslum Orkustofnunar um Svartsengi (sjá Stefán Arnórsson 1978) er talið, að hið heita grunnvatn á jarðhitasvæðinu sé í jafnvægi við kalk í bergi. Reynt hefur verið að reikna kalkmettunar-ástand vatns og gufu út frá efnasamsetningu þess sem úr holunum kemur, en þeir reikningar hafa ávallt gefið kalsíum-karbonat margfeldi, sem liggja langt yfir mettnarferli kalks. Vegna náinnar snertingar vökvans við berg og mikils fellingar- og leysingarhraða kalks er slíkt ekki talið líklegt og gert ráð fyrir, að niðurstöður reikninganna séu rangar. Ekki er gott um að segja í hverju skekkjan liggur, en bæði getur jafnvægisferill kalks verið annar í svo söltu vatni en fersku, og einnig gætu forsendur reikninga, svo sem kleyfnistuðlar, virknistuðlar og myndunarfaster efnabátta, verið rangar.

Þrátt fyrir óvissu í reikningum á efnaeiginleikum heits grunnvatns í Svartsengi, er hér gert ráð fyrir kalkmettun þess og gerð tilraun til jafnvægisreikninga. Í þeim reikningum er ekki gert ráð fyrir myndun annara efnabátta en þeirra, sem myndast við klofnun daufrar sýru svo sem kolsýru, kísilsýru og brennisteinsvetnis. Eins og fyrr segir, er gert ráð fyrir, að vatnið sé kalkmettað. Við mettnarástand kalks gildir eftirfarandi:

$$(\text{Ca}^{++}) (\text{CO}_3^{--}) = K_{sp} \quad (3.1)$$

$(\text{Ca}^{++})$ : virkni kalsíums

$(\text{CO}_3^{--})$ : virkni karbonats

$K_{sp}$  : leysnimargfeldi kalks

Niðurstöðu reikninga á mettnarástandi heits grunnvatns þarf síðan að margfalda með leiðréttingarfasta þannig, að það liggi á mettnarferli kalks við innstreymishita (Helgeson 1969). Sami fasti er notaður til að leiðrétta reiknað kalsíum-karbonat margfeldi við mismunandi suðuhita. Þannig er gert ráð fyrir sömu skekkju í reikningunum við mismunandi suðuhita og í heitu grunnvatni. Á mynd 3 eru teiknaðir ferlar fyrir meðalsýni úr borholunum. Þeir sýna margfeldi kalsíums og karbonats

leiðrétt á fyrrgreindan hátt við mismunandi suðuhita. Við upphaf suðu er vatnið í jafnvægi við kalk, en við suðu raskast það og það yfirmettast. Efnasamsetning grunnvatnsins ræður lögum suðuferils þ.e. hversu hátt yfir jafnvægisferil margfeldið leitar og yfir hversu langt suðubíl yfirmettun helst. Þessar niðurstöður má bera saman við mismunandi útfellingarhraða og kraft í borholunum.

Í töflu 8 er listi yfir magn runnið úr hverri holu fyrir hverja hreinsun, ásamt blásturstíma og meðalrennslis. Í töflu 9 er yfirlit yfir lengd útboraðra kalktappa og í töflu 10 innanmál borhola (Borskýrslur JBR). Þessi gögn eru notuð til að meta umfang kalkútfellinga og er gert ráð fyrir, að lögum þeirra sé sú sama og mældist í holu 4 með þreifara, 13. desember 1978 (Stefánsson & Steingrímsson 1980), og að vinnslu úr holu sé hætt, þegar kalkútfellingarnar hafa þrengt hana niður í ~4" (100 mm), sem þýðir, að þær fylla um 55% af þverfleti hennar. Niðurstöðurnar eru dregnar saman í töflu 11, þar sem fram kemur rúmmál, massi, kraftur \*) og hraði útfellingar. Þar sem ónákvæmi í mati á umfangi útfellinga er mikil ber að taka þessum tölum með varúð. Ef þessar tölur eru bornar saman við yfirmettun skv. mynd 3 sést að kraftur útfellingar í holu 6 er mestur og einnig yfirmettun. Samræmi er einnig milli yfirmettunar og útfellingarkrafts í hinum holunum. Útfellingarhraði er háður rennslis úr holunum og þrátt fyrir að kraftur útfellingar í holu 5 sé minni en í holum 4 og 6, stíflast hún á skemmri tíma vegna mikils rennslis. Hóla 3 hefur ekki enn þurft hreinsunar við og hefur hún blásið meira en fimmföldu því magni, er hola 4 blés á milli hreinsana. Á mynd 3 sést, að grunnvatnið úr holu 3 yfirmettast við suðu en þó minnst af holunum fjórum.

---

\*) Kraftur stendur hér fyrir magn kalks, sem fellur að meðaltali úr hverju kílógrammi rennslis (mg/kg). Eftirfarandi líkingar gilda um kraft útfellingar (K), rennslis (R), útfellingarhraða (H), útfellingarmagn (M), rennslismagn (A) og rennslistíma (T).

$$A = R \times T,$$

$$K = M/A,$$

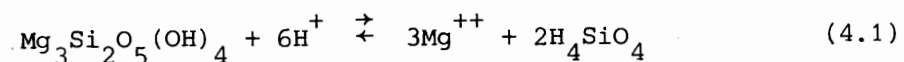
og  $H = M/T.$

## 4 HITAVEITUVATN

Hitaveituvatn var framleitt í bráðabirgðastöð á tímabilinu nóvember '76 til ágúst '79. Vinnslurás hennar er sýnd á mynd 5a. Þar sem afgösun vatnsins var ekki nægileg til að hækka sýrustig (pH) yfir tæringarmörk, var gripið til þess ráðs að blanda lútarlausn í vatnið. Það dugði til að minnka tæringarhættu, en eftir íblöndun varð vart útfellinga magnesíum-silikata í rásinni. Í töflu 12 eru birtar niðurstöður efnagreininga hitaveituvatns úr bráðabirgðastöð. Samsetning vatnsins ræðst fyrst og fremst af efnasamsetningu kalda vatnsins.

Starfræksla aðalstöðvar hófst í desember 1977. Vinnslurás hennar er sýnd á mynd 5b. Blandað er saman lágþrýstigufu og köldu vatni í forhitara þannig að hitastig verði 49°C. Í töflu 13 er sýnd efnasamsetning kalda vatnsins og lágþrýstigufunnar og reiknuð efnasamsetning forhitaðs vatns. Þær niðurstöður eru í samilegu samræmi við mældu efnasamsetningu forhitaða vatnsins í styrk flestra efna. Koldíoxíð er minna en reikningar gefa til kynna, sem bendir til afloftunar í forhitara. Brennisteinsvetni er hverfandi lítið og bendir það líka til afgösunar, en einnig er mögulegt, að súrefni úr súrefnismettuðu kalda vatninu hafi eytt því. Forhitaða vatnið er því næst hitað yfir 100°C og soðið í afgangara. Efnasamsetning afloftaðs vatns er birt í töflu 14. Koldíoxíðstyrkur lækkar verulega við afloftunina, og sýrustig hækkar.

Útfellingar magnesíum-silikata hefur einnig orðið vart í rásum aðalstöðvar en þó ekki í miklu magni. Sýni af þessum útfellingum hafa verið greind (Kristmannsdóttir 1980) og benda niðurstöður til þess, að um sé að ræða krísótíl, sem hefur efnaformúluna  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ . Myndun krísótíls er samkvæmt eftirfarandi efnahvarfi:



Jafnvægisfasti efnahvarfsins sem fall af hitastigi er þekktur (Helgeson 1969), og var því reynt að reikna, hvort forhitað vatn yrði yfirmettað með tilliti til krísótíls við hitun, suðu eða kælingu. Reiknað var með tveimur suðuhitastigum (105, 110°C) og 100%, 50% og 25% afgösun miðað við jafnvægi. Niðurstöður eru sýndar á mynd 6. Þar kemur fram, að kröftug afgösun eykur hættu á yfirmettun vatnsins með tilliti til krísótíls.

Til að minnka hættu á tæringu er nauðsynlegt að eyða leystu súrefni og hækka sýrustig a.m.k. yfir pH 7, mælt við stofuhita. Samkvæmt reikningum virðist hitaveituvatnið verða yfirmettað, ef sýrustig eftir suðu við 100°C fer yfir pH 7,3. Reiknað sýrustig þess vatns, við 20°C er um pH 8,0. Sýrustig afgasaðs hitaveituvatns mælist yfirleitt hærra en 8 samkvæmt töflu 14. Þetta skýrir því útfellingu krísótíls úr hitaveituvatni í Svartsengi. Til að koma í veg fyrir slíkar útfellingar er nauðsynlegt að stjórna afgösun þannig, að sýrustig hitaveituvatns, mælt við 20°C, fari ekki yfir pH 8. Gæta verður þess þó, að sýrustig sé hærra en pH 7 og að súrefni sé horfið. Afgösun má stjórna t.d. með breytilegu hitastigi inn á afgangara og magni vatns, sem streymir í gegnum hann.

5 SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

Ekki hefur orðið marktæk breyting á efnasamsetningu heits grunnvatns í Svartsengi á árabílinu 1972-1979. Efnasamsetning er örlítið breytileg eftir holum. Í holum 2 og 3 er innstreymishiti tiltölulega lágur og vatnið gassnautt. Efnasamsetning vatns í holum 4 og 6 er mjög svipuð, en gasstyrkur er þar hæstur á svæðinu. Seltan í holu 5 er lægri en hinna holanna og gasstyrkur minni en hola 4 og 6. Út frá gasdreifingu má ætla, að holur 4 og 6 dragi inn vatn, sem er í nánari tengslum við hitagjafa svæðisins en vökvinn í holu 5 (sbr. töflu 6). Hola 3 er grunn og dregur vatn úr soðnu afrennsli frá svæðinu.

Kalkútfellingar eru kröftugastar í holu 6 en kraftminni í holum 4 og 5. Hola 3 hefur enn ekki teppst af útfellingum. Þetta er í samræmi við reiknaða yfirmettun kalks, sem verður við suðu vatnsins. Mest yfirmettun reiknast í holu 6 en minnst í holu 3. Yfirmettunin og kraftur útfellinga ræðst af heildar efnasamsetningu heita grunnvatnsins og þá fyrst og fremst gasstyrk.

Efnasamsetning þess kalda vatns, sem hitað er upp ræður samsetningu hitaveituvatns. Í lágþrýstigufu er koldíoxíð og brennisteinsvetni sem hækkar gasstyrk og veldur þynningu kalda vatnsins við beina íblöndun í forhitunarþrepi stöðvarinnar. Brennisteinsvetni gengur í samband við súrefni í kalda vatninu og koldíoxíð rýkur úr í afgösunarþrepum. Afgösun hækkar sýrustig og sé hún of kröftug er hætta á útfellingu magnesíum-silikata úr vatninu.

6 FRAMHALD RANNSÓKNA

Rétt er að taka efnasýni þrisvar til fjórum sinnum á ári úr holum, sem blása, meðan verið er að koma svæðinu í fulla nýtingu. Eftir það má athuga, hvort hægt er að velja einkennandi holur til eftirlits. Nýjar holur ber að athuga vel fyrstu árin, sem þær blása. Þegar fengin er efnasamsetning vatns í öllum þeim holum, sem boraðar verða samhliða byggingu stöðvarinnar, ber að draga niðurstöður saman og freista þess að gera ýtarlegt streymislíkan.

Til að meta kraft útfellinga í holum, þarf að framkvæma nákvæmari mælingar á kalktöppum fyrir hreinsanir og nákvæmar mælingar á rennsli úr holum milli hreinsana. Nauðsynlegt er að mæla sýrustig heita vatnsins samhliða rekstri fyrir og eftir afgösunarþrep. Taka ber sýni úr hverri starfræktri rás a.m.k. einu sinni á ári og einnig í hvert sinn, sem verulegar breytingar eru gerðar á hönnun og rekstri rásar.



HEIMILDASKRÁ

Fournier, R.O. & Rowe, J.J. 1966: Estimation of underground temperatures from silica content of water from hot springs and wet steam wells. Am. Jour. Sci., 264, 685-697.

Guttman, W.H. 1971: Introductory Engineering Statistics (Second Edition). New York, John Wiley & Sons, Inc.

Helgeson, H.C. 1969: Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures. Am. Jour. Sci., 267, 729-804.

Hrefna Kristmannsdóttir 1980: Sjá Kristmannsdóttir, H. 1980.

Jarðboranir ríkisins: Borskýrslur árin 1977, 1978, 1979 og 1980.

Kristmannsdóttir, H. 1980: Magnesium Silicate Scaling in Icelandic District Heating Systems (Abstract). 3rd International Symposium on Water-Rock Interaction, Edmonton, Canada.

Stefán Arnórsson 1972: Borholur 2 og 3 í Svartsengi, afl, efni, útfellingar. Orkustofnun, OS-JHD-72, s.

Stefán Arnórsson, Valgarður Stefánsson, Stefán G. Sigurmundsson, Gestur Gíslason & Karl Grönvold 1975: Rannsókn á jarðhitasvæðinu í Svartsengi. Orkustofnun, OS-JHD-7541, 16 s.

Stefán Arnórsson 1978: Framvinduskýrsla um niðurstöður efnagreininga á jarðhitavatni og hitaveituvatni orkuvers Hitaveitu Suðurnesja við Svartsengi. Orkustofnun, OS-JHD-7836, 7 s.

Sveinbjörn Björnsson, Birna Ólafsdóttir, Jens Tómasson, Jón Jónsson, Stefán Arnórsson & Stefán G. Sigurmundsson 1971: Reykjanes, heildarskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðisins. Orkustofnun, 122 s.

Valgarður Stefánsson & Benedikt Steingrímsson 1980: Geothermal Logging I. An Introduction to Techniques and Interpretation. Orkustofnun, 117 s.



TÖFLUR



TAFLA 1

Svartsengi. Hóla 2, efnastyrkur heits grunnvatns, mg/kg (Innstreymishiti = 200°C)

| Dags.    | Nr.  | SiO <sub>2</sub> | Na   | K    | Ca   | Mg   | SO <sub>4</sub> | Cl    | F | Uppl.e. | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> |
|----------|------|------------------|------|------|------|------|-----------------|-------|---|---------|------------------|-----------------|----------------|
| 72-04-26 | 0015 | 423              | 7260 | 1080 | 1120 | 1,3  | 49,8            | 13200 | - | 22700   | -                | -               | -              |
| 72-04-27 | 0031 | 491              | 7270 | 1120 | 1070 | 0,86 | 47,1            | 14100 | - | -       | 1,13             | 141             | 0,01           |
| Meðal.   |      | 457              | 7270 | 1100 | 1100 | 1,1  | 48,5            | 13700 | - | 22700   | 1,13             | 141             | 0,01           |

TAFLA 2

Svartsengi. Hóla 3, efnastyrkur heits grunnvatns, mg/kg (Innstreymishiti = 230°C)

| Dags.     | Nr.  | SiO <sub>2</sub> | Na   | K    | Ca   | Mg     | SO <sub>4</sub> | Cl    | F    | Uppl.e. | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> |
|-----------|------|------------------|------|------|------|--------|-----------------|-------|------|---------|------------------|-----------------|----------------|
| 72-04-26  | 0025 | 473              | 6720 | 1170 | 981  | (1,08) | 28,1            | 13200 | -    | 23100   | 2,87             | 138             | 0,02           |
| 72-04-27  | 0028 | 472              | 6650 | 1080 | 944  | (1,41) | 26,2            | 13300 | -    | 23200   | 5,16             | 229             | -              |
| 73-11-05  | 0140 | 410              | 6630 | 1070 | 975  | (1,95) | 29,6            | 13500 | -    | 21900   | 4,21             | 144             | 0,01           |
| 74-01-06  | 0001 | 401              | 6470 | 984  | 851  | (9,76) | 29,2            | 12000 | -    | 21800   | 3,94             | 285             | -              |
| 74-02-06  | 0005 | 407              | 6740 | 883  | 829  | (9,70) | 31,3            | 12200 | -    | 23300   | 0,74             | 120             | -              |
| 74-02-14  | 0008 | 417              | 6480 | 1010 | 879  | (12,9) | 31,1            | 12400 | 0,17 | 22800   | 3,63             | 228             | -              |
| 74-03-14  | 0020 | 419              | 7060 | 1050 | 879  | (4,40) | 30,2            | 12700 | -    | 22470   | 3,88             | 280             | -              |
| 74-04-03  | 0024 | 437              | 7040 | 1050 | 833  | (6,90) | 29,7            | 12500 | 0,09 | -       | 3,66             | 261             | -              |
| 74-07-08  | 0051 | 469              | 6660 | 1050 | 952  | (4,96) | 29,5            | 12100 | 0,12 | 23200   | 2,21             | 202             | -              |
| 74-07-22  | 0064 | 475              | 6860 | 1020 | 939  | (9,20) | 31,9            | 12900 | 0,11 | 22400   | 2,62             | 206             | -              |
| 77-06-21  | 0048 | 381              | 6320 | 970  | 959  | 0,92   | 28,4            | 12900 | 0,11 | 21300   | 3,06             | 185             | -              |
| 77-08-03  | 0127 | 405              | 6550 | 1000 | 963  | 0,92   | 28,4            | 13200 | 0,12 | 21900   | 3,61             | 91,4            | -              |
| 77-08-25  | 0130 | 462              | 6540 | 1020 | 1003 | 0,87   | 27,5            | 12800 | 0,14 | 21800   | 3,63             | 120             | -              |
| 78-01-04  | 0002 | 427              | 6610 | -    | 988  | 0,75   | 30,5            | 12300 | 0,10 | 22700   | 2,93             | 119             | -              |
| 78-04-19  | 0017 | 457              | 7100 | 1160 | 1040 | 0,76   | 36,8            | 12700 | 0,10 | 22700   | 3,34             | 152             | -              |
| 78-10-12  | 0066 | 537              | 685  | 1160 | 878  | -      | 29,1            | -     | 0,11 | 22600   | 5,66             | 185             | -              |
| 79-01-25  | 0015 | 456              | 6950 | 1100 | 922  | 0,77   | 28,3            | 12700 | 0,11 | 22300   | 3,03             | 106             | -              |
| 79-04-09  | 0040 | 641              | 6870 | 1110 | 940  | 0,68   | 29,1            | 12800 | 0,16 | 22500   | 3,09             | 134             | 0,01           |
| 79-11-29  | 0140 | 382              | 7350 | 1190 | 1020 | 0,58   | 22,8            | 13800 | 0,12 | 22700   | 2,10             | 76,0            | -              |
| Meðal.    |      | 449              | 6760 | 1050 | 936  | 0,78   | 29,3            | 12800 | 0,12 | 22500   | 3,3              | 172             | 0,01           |
| Staðal.f. |      | 61               | 260  | 97   | 62   | 0,12   | 2,7             | 490   | 0,02 | 580     | 1,1              | 64              | -              |
| %         |      | 13,5             | 3,8  | 9,2  | 6,6  | 15,2   | 9,2             | 3,8   | 19,5 | 2,6     | 32,5             | 37,2            | -              |

Svartsengi. Hóla 4, efnastyrkur heits grunnvatns, mg/kg (Innstreymishiti = 238°C)

| Dags.     | Nr.  | SiO <sub>2</sub> | Na   | K    | Ca   | Mg     | SO <sub>4</sub> | Cl    | F    | Uppl.e. | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> |
|-----------|------|------------------|------|------|------|--------|-----------------|-------|------|---------|------------------|-----------------|----------------|
| 74-07-08  | 0052 | 387              | 6110 | 961  | 943  | (5,23) | 34,3            | 11400 | 0,13 | 21300   | 2,68             | 436             | -              |
| 74-07-09  | 0053 | 451              | 6450 | 992  | 923  | (5,12) | 34,4            | 11700 | 0,13 | 21600   | 1,69             | 444             | -              |
| 74-07-10  | 0054 | 443              | 6110 | 989  | 950  | (7,44) | 34,8            | 12100 | 0,13 | 21500   | 1,95             | 410             | 0,05           |
| 74-07-12  | 0055 | 441              | 6270 | 976  | 968  | (7,4)  | 35,3            | 12300 | 0,13 | 21700   | 2,75             | 471             | -              |
| 74-07-25  | 0057 | 448              | 6100 | 964  | 944  | (5,18) | 32,7            | 11700 | 0,12 | -       | 9,44             | 547             | -              |
| 74-07-16  | 0059 | 448              | 6500 | 968  | 955  | (6,12) | 33,7            | 12400 | 0,13 | 22600   | 1,47             | 352             | -              |
| 74-07-22  | 0063 | 445              | 6400 | 972  | 984  | (5,16) | 34,0            | 12600 | 0,12 | 21700   | 1,55             | 466             | -              |
| 76-10-25  | 0194 | 492              | 6460 | 971  | 963  | (11,7) | 61,5            | 12800 | 0,11 | 20600   | 5,22             | 673             | -              |
| 77-01-06  | 0011 | 425              | 6500 | 1080 | 986  | 0,95   | 33,2            | 13100 | 0,11 | 21000   | 4,97             | 645             | 0,08           |
| 77-02-08  | 0012 | 493              | 6520 | 988  | 976  | 0,97   | 38,5            | 13200 | 0,17 | -       | 5,40             | 577             | 0,04           |
| 77-03-01  | 0021 | 490              | 6600 | 982  | -    | 1,07   | 33,8            | 12600 | 0,14 | 21700   | 3,96             | 471             | -              |
| 77-03-11  | 0024 | 485              | 6220 | 996  | 1000 | 1,10   | 29,7            | 12900 | 0,13 | -       | 6,47             | 528             | -              |
| 77-03-28  | 0032 | 490              | 6350 | 996  | 1030 | 1,25   | 32,0            | 13100 | 0,06 | -       | 5,97             | 470             | 0,08           |
| 77-04-19  | 0039 | 486              | 6330 | 979  | 959  | 1,12   | 31,9            | 12800 | 0,10 | 21600   | 5,98             | 560             | -              |
| 77-05-04  | 0040 | 479              | 6440 | 976  | -    | 1,16   | 33,7            | 12500 | 0,05 | -       | 6,92             | 432             | -              |
| 77-06-02  | 0046 | 414              | 6410 | 973  | 968  | 1,22   | 37,9            | 12700 | 0,10 | 21100   | 8,73             | 564             | -              |
| 77-09-15  | 0139 | 446              | 6490 | 947  | 986  | 1,31   | 33,1            | 12400 | 0,14 | 20800   | 4,05             | 302             | -              |
| 77-11-10  | 0187 | 397              | 6500 | 1024 | 1005 | 1,36   | 27,3            | 13100 | 0,14 | 21600   | 4,77             | 414             | -              |
| 77-12-13  | 0239 | 416              | 6480 | 1090 | 995  | 1,13   | 29,8            | 11900 | 0,13 | 21700   | 6,81             | 479             | -              |
| 78-02-28  | 0008 | 408              | 6270 | 1070 | 989  | 1,04   | 33,8            | 12000 | 0,12 | 21500   | 1,30             | 427             | 0,08           |
| 78-04-18  | 0015 | 435              | 6790 | 1050 | 1030 | 1,08   | 31,4            | 12500 | 0,11 | 21300   | 6,95             | 367             | -              |
| 78-06-29  | 0025 | 457              | 6530 | 1010 | 989  | 1,19   | 28,1            | 12500 | 0,13 | 21500   | 6,93             | 4,55            | 0,01           |
| 78-07-19  | 0036 | 455              | 6410 | 1035 | 872  | 1,31   | 28,7            | 13000 | 0,12 | 21400   | 5,54             | 421             | 0,01           |
| 78-10-13  | 0067 | 425              | 6370 | 1010 | 908  | -      | 29,9            | 13700 | 0,10 | 21500   | 9,15             | 488             | -              |
| 79-04-09  | 0038 | 555              | 6450 | 1010 | 937  | 1,18   | 34,3            | 12100 | 0,13 | 21400   | 4,61             | 473             | -              |
| Meðal.    |      | 452              | 6400 | 1000 | 972  | 1,15   | 33,9            | 12500 | 0,12 | 21500   | 5,0              | 475             | 0,05           |
| Staðal.f. |      | 38               | 160  | 38   | 31   | 0,12   | 6,4             | 540   | 0,02 | 400     | 2,4              | 86              | 0,03           |
| %         |      | 8,3              | 2,5  | 3,8  | 3,2  | 10,3   | 18,8            | 4,4   | 20,7 | 1,9     | 48,3             | 18,1            | 63,2           |

TAFLA 4

Svartsengi. Hóla 5, efnastyrkur heits grunnvatns, mg/kg (Innstreymishiti = 238°C)

| Dags.     | Nr.      | SiO <sub>2</sub> | Na   | K    | Ca  | Mg     | SO <sub>4</sub> | Cl    | F    | Uppl.e. | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> |
|-----------|----------|------------------|------|------|-----|--------|-----------------|-------|------|---------|------------------|-----------------|----------------|
|           | 74-04-09 | 559              | 6670 | 931  | 846 | 0,88   | 32,4            | 11800 | 0,14 | 20500   | 4,54             | 348             | -              |
|           | 74-07-16 | 439              | 6020 | 960  | 926 | (7,32) | 32,6            | 11500 | 0,13 | 20900   | 2,48             | 439             | -              |
|           | 79-07-30 | 496              | 6550 | 802  | 911 | 0,89   | 32,2            | 12500 | 0,12 | 21700   | 5,97             | 458             | 0,24           |
|           | 79-11-29 | 0139 (362)       | 6210 | 1034 | 962 | 0,85   | 25,1            | 12500 | 0,12 | 21000   | 4,30             | 298             | 0,02           |
| Meðal.    |          | 464              | 6360 | 932  | 911 | 0,87   | 30,6            | 12100 | 0,13 | 21000   | 4,32             | 386             | -              |
| Staðal.f. |          | 84               | 300  | 97   | 48  | 0,02   | 3,7             | 500   | 0,01 | 500     | 1,4              | 76              | -              |
| %         |          | 18,1             | 4,7  | 10,4 | 5,3 | 2,3    | 11,9            | 4,2   | 7,5  | 2,4     | 33,1             | 19,6            | -              |

TAFLA 5

Svartsengi. Hóla 6, efnastyrkur heits grunnvatns, mg/kg (Innstreymishiti = 238°C)

| Dags.  | Nr.      | SiO <sub>2</sub> | Na   | K    | Ca   | Mg   | SO <sub>4</sub> | Cl    | F    | Uppl.e. | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> |
|--------|----------|------------------|------|------|------|------|-----------------|-------|------|---------|------------------|-----------------|----------------|
|        | 79-08-24 | 508              | 6010 | 1050 | 1140 | 0,92 | 29,8            | 12800 | 0,12 | 21000   | 6,99             | 587             | 0,04           |
|        | 79-11-29 | 0138 380         | 7050 | 982  | 973  | 1,05 | 23,1            | 12400 | 0,11 | 20900   | 11,3             | 386             | 0,01           |
| Meðal. |          | 444              | 6530 | 1020 | 1060 | 0,99 | 26,5            | 12600 | 0,12 | 21000   | 9,1              | 487             | 0,03           |



TAFLA 6

Svartsengi, meðalefnasamsetning heits grunnvatns

| Hola nr.               | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hitast. °C             | 200   | 230   | 238   | 238   | 238   |
| SiO <sub>2</sub> mg/kg | 457   | 449   | 452   | 464   | 444   |
| Na "                   | 7270  | 6760  | 6400  | 6360  | 6530  |
| K "                    | 1100  | 1050  | 1000  | 932   | 1020  |
| Ca "                   | 1100  | 936   | 972   | 911   | 1060  |
| Mg "                   | 1,1   | 0,78  | 1,15  | 0,87  | 0,99  |
| SO <sub>4</sub> "      | 48,5  | 29,3  | 33,9  | 30,6  | 26,5  |
| Cl "                   | 13700 | 12800 | 12500 | 12100 | 12600 |
| F "                    | -     | 0,12  | 0,12  | 0,13  | 0,12  |
| Uppl.e. "              | 22700 | 22500 | 21500 | 21000 | 21000 |
| H <sub>2</sub> S "     | 1,13  | 3,3   | 5,0   | 4,3   | 9,1   |
| CO <sub>2</sub> "      | 141   | 172   | 475   | 386   | 487   |
| H <sub>2</sub> "       | 0,01  | 0,01  | 0,05  | -     | 0,03  |

TAFLA 7

Svartsengi, gas í gufu í % (w/w)

| Þrýstingur<br>bar abs | Hola 2 | Hola 3 | Hola 4 | Hola 5 | Hola 6 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 9,0                   | 0,265  | 0,144  | 0,340  | 0,276  | 0,351  |
| 6,0                   | 0,163  | 0,114  | 0,278  | 0,226  | 0,287  |
| 1,0                   | 0,074  | 0,069  | 0,177  | 0,144  | 0,183  |

TAFLA 8

Svartsengi, rennsli úr borholum fyrir hreinsun

| Hola nr. | Dagsetning hreinsunar | Blásturstími (dagar) | Heildar magn (þús. tonn) | Meðal rennsli (kg/s) |
|----------|-----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| 3        | Ekki vart útf.        | >713                 | >2410                    | 39                   |
| 4        | 77-08-03              | 241                  | 625                      | 30                   |
| -        | 78-05-11              | 230                  | 543                      | 27                   |
| -        | 78-12-13              | 195                  | 482                      | 29                   |
| -        | 79-07-31              | 216                  | 558                      | 30                   |
| -        | 79-10-31              | 0                    | 0                        | 0                    |
| 5        | 79-10-29              | 209                  | 1174                     | 65                   |
| -        | 80-04-08              | 150                  | 842                      | 65                   |
| 6        | 80-03-26              | 254                  | 895                      | 41                   |

TAFLA 9

Svartsengi, yfirlit yfir hreinsanir borhola

| Hola nr. | Dagsetning | Hreinsunardýpi (m) |                 | Lengd þrenginga (m) | Ath.      |
|----------|------------|--------------------|-----------------|---------------------|-----------|
|          |            | 8 1/2" borkróna    | 6 3/4" borkróna |                     |           |
| 4        | 03-08-77   | 352-366            | 366-400         | 48                  |           |
| -        | 03-08-77   | 0                  | 442-484         | 42                  | þunnt lag |
| -        | 11-05-78   | 0                  | 363-405         | 42                  |           |
| -        | 13-12-78   | 0                  | 356-410         | 54                  |           |
| -        | 31-07-79   | 0                  | 355-386         | 31                  |           |
| -        | 29-10-79   | 343-366            | 366-397         | 54                  | dauð      |
| 5        | 06-11-79   | 0                  | 376-455         | 79                  |           |
| -        | 08-04-80   | 0                  | 419-455         | 36                  |           |
| 6        | 26-03-80   | 483-560            | 0               | 77                  |           |

TAFLA 10

Svartsengi, innanmál borhola

| Hóla nr. | Fóðring   |               | Leiðari   |               |
|----------|-----------|---------------|-----------|---------------|
|          | Vidd (mm) | Dýptarbil (m) | Vidd (mm) | Dýptarbil (m) |
| 3        | 203       | 0-143         | 137       | 49-402        |
| 4        | 229       | 0-394         | 178       | 368-1670      |
| 5        | 229       | 0-395         | 178       | 368-1470      |
| 6        | 229       | 0-612         | 162       | 563-1734      |

TAFLA 11

Svartsengi, hraði og magn kalkútfellinga

| Hóla nr. | Dagsetning<br>hreinsunar | Rúmmál                      | Massi             | Kraftur              | Útfellingar-  |
|----------|--------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|---------------|
|          |                          | útfellingar<br>$\text{m}^3$ | útfellingar<br>kg | útfellingar<br>mg/kg | hraði<br>mg/s |
| 3        | Engin hreinsun           | -                           | -                 | -                    | -             |
| 4        | 77-08-03                 | 0,78                        | 1870              | 3,0                  | 90            |
| -        | 78-05-11                 | 0,85                        | 2040              | 3,8                  | 103           |
| -        | 78-12-13                 | 0,74                        | 1780              | 3,7                  | 107           |
| -        | 79-07-31                 | 0,74                        | 1780              | 3,2                  | 96            |
| 5        | 79-10-29                 | 1,08                        | 2600              | 2,2                  | 143           |
| -        | 80-04-28                 | 0,49                        | 1180              | 1,4                  | 91            |
| 6        | 80-03-26                 | 1,74                        | 4180              | 4,7                  | 191           |



TAFLA 13

Svartsengi, efnastyrkur vatns og gufu fyrir og eftir forhitara í aðalstöð.

|                        | Rás nr. 3 | Rás nr. 4 | Kalt vatn<br>HSK 4 | Lágþ. gufa<br>(1,0 bar abs) | Reiknað<br>forhitað<br>vatn |
|------------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Dags.                  | 79-07-24  | 79-07-24  | 76-08-28           |                             |                             |
| Hitast. °C             | 48        | 62        | 5                  | 75                          | 49                          |
| pH/°C                  | 6,32/27   | 6,83/27   | 7,55               | 5,36/23                     | -                           |
| Ωm/°C                  | 41,7 /24  | 41,7 /24  | 34                 | -                           | -                           |
| SiO <sub>2</sub> mg/kg | 12,7      | 12,3      | 14,7               | -                           | 13,4                        |
| Na -                   | 30,4      | 30,4      | 33,2               | -                           | 30,17                       |
| K -                    | 1,19      | 1,19      | 1,6                | -                           | 1,4                         |
| Ca -                   | 6,80      | 6,75      | 7,9                | -                           | 7,2                         |
| Mg -                   | 5,73      | 5,58      | 7,44               | -                           | 6,8                         |
| SO <sub>4</sub> -      | 10,8      | 10,4      | 11,7               | -                           | 10,6                        |
| Cl -                   | 61,8      | 61,3      | 73,0               | -                           | 66,3                        |
| F                      | 0,09      | 0,09      | 0,09               | -                           | 0,08                        |
| CO <sub>2</sub> -      | 19,0      | 11,9      | 18,0               | 118                         | 27,1                        |
| H <sub>2</sub> S -     | <0,1      | <0,1      |                    | 6,5                         | 0,59                        |
| uppl.e.-               | 154       | 141       | -                  | -                           | -                           |

TAFLA 14

Svartsengi, efnastyrkur afloftaðs hitaveituvatns úr aðalstöð

|                  | Rás nr. 1 | Rás nr. 1 | Rás nr. 1 | Rás nr. 2 | Rás nr. 3 | Rás nr. 4 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Dags.            | 78-04-18  | 78-06-29  | 79-04-18  | 79-04-18  | 79-07-24  | 79-07-24  |
| Hitast. °C       | 100       | 100       | 103,5     | 103,5     | 104,8     | 104,9     |
| pH/°C            | 8,37/24   | 9,03/15   | 8,89/21   | 8,91/21   | 8,39/27   | 8,93/27   |
| Ωm/°C            | 33,3      | 40,0      | 37,0 /22  | 38,5 /22  | 41,7 /24  | 41,7 /24  |
| SiO <sub>2</sub> | 13,0      | 14,0      | 14,0      | 13,0      | 12,6      | 12,5      |
| Na               | 36,0      | 29,6      | 36,1      | 35,2      | 31,0      | 31,1      |
| K                | 2,0       | 1,63      | 2,2       | 2,2       | 1,2       | 1,22      |
| Ca               | 7,89      | 7,37      | 7,58      | 7,40      | 6,78      | 6,90      |
| Mg               | 6,8       | 5,99      | 6,06      | 6,07      | 5,75      | 5,85      |
| SO <sub>4</sub>  | 11,0      | 10,9      | 8,6       | 9,5       | 11,0      | 11,0      |
| Cl               | 66,1      | 61,2      | 75,9      | 72,4      | 61,8      | 61,2      |
| F                | 0,12      | 0,09      | 0,10      | 0,09      | 0,08      | 0,07      |
| CO <sub>2</sub>  | 13,2      | 20,1      | 5,9       | 6,6       | 6,6       | 7,0       |
| H <sub>2</sub> S | <0,1      | <0,1      | <0,1      | <0,1      | <0,1      | <0,1      |
| Uppl. efni       | 159       | 137       | 129       | 142       | 147       | 147       |

MYNDIR







ORKUSTOFNUN

### SVARTSENGI

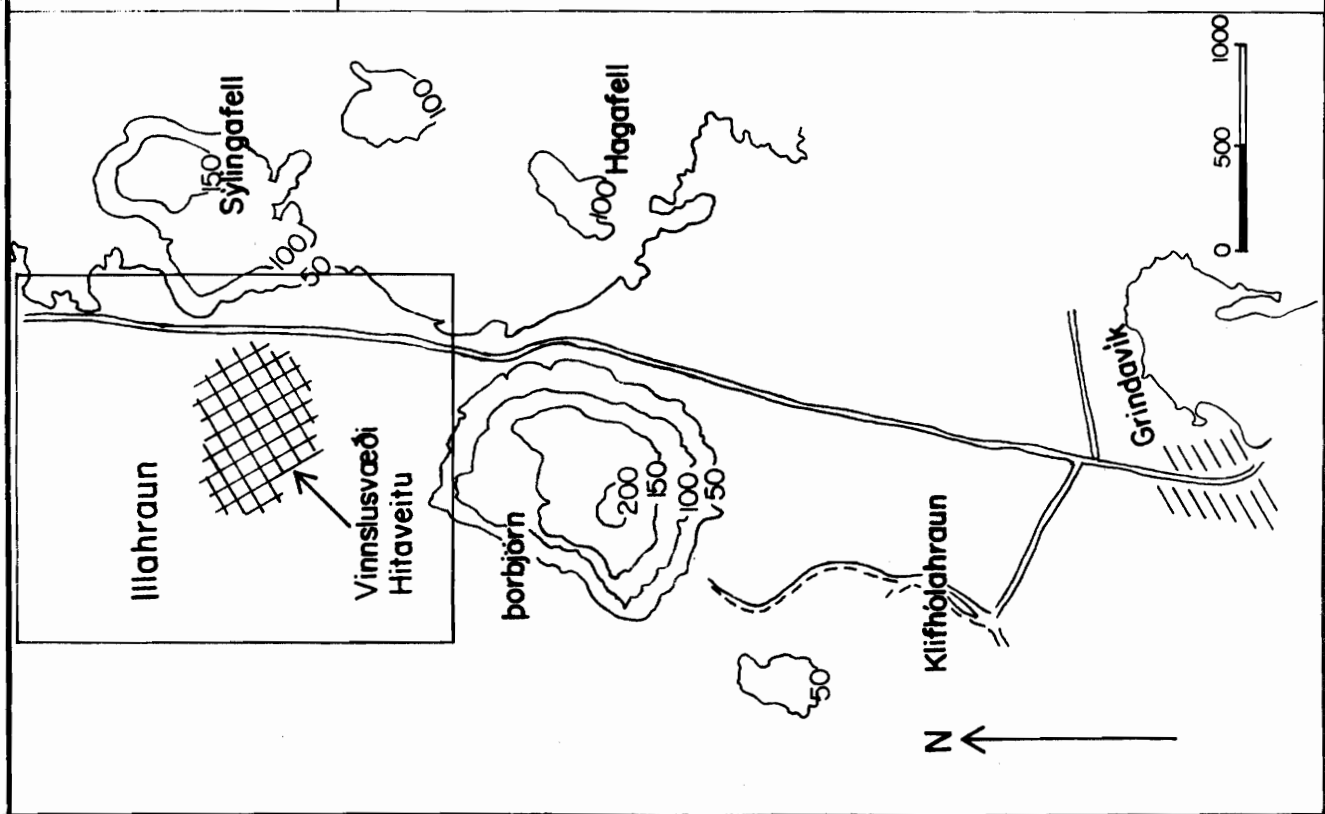
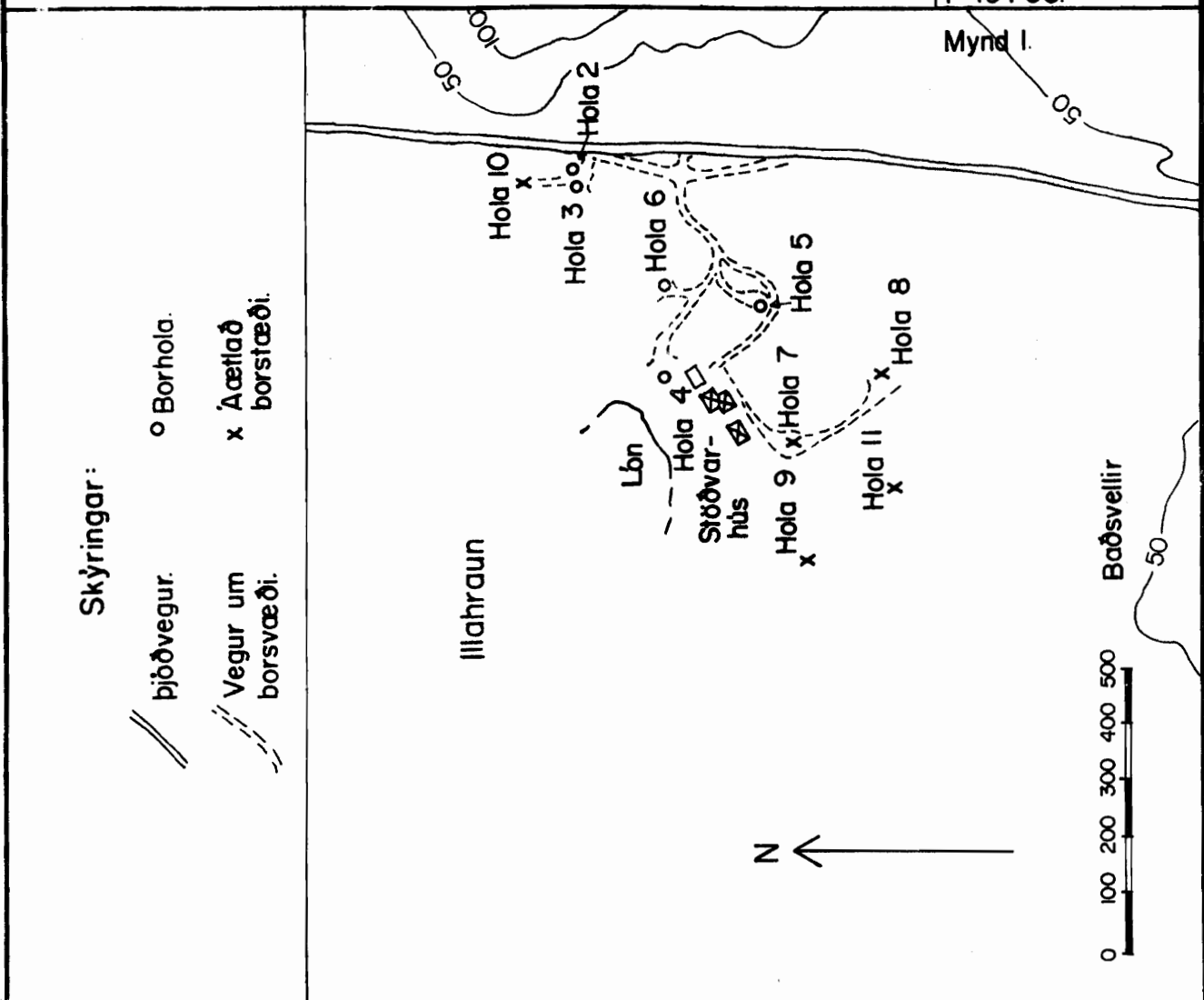
#### Afstöðumynd - staðsetning borhola.

80.06.04

TH/EBF

Svartsengi. Efnafr.

F-19703.





ORKUSTOFNUN

SVARTSENGI

Efnastykur heits grunnvatns (Na,Cl,uppleyst efni).

80.06.04.

TH/EBF

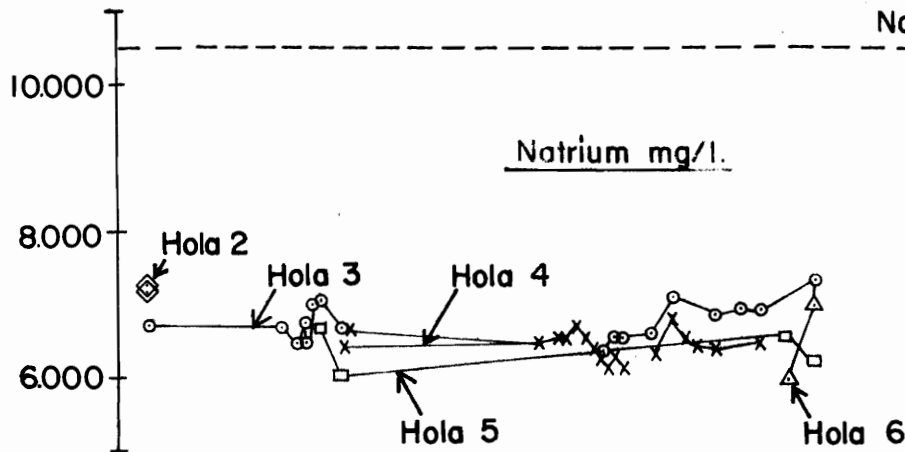
Svartsengi. Efnufr.

F-19704.

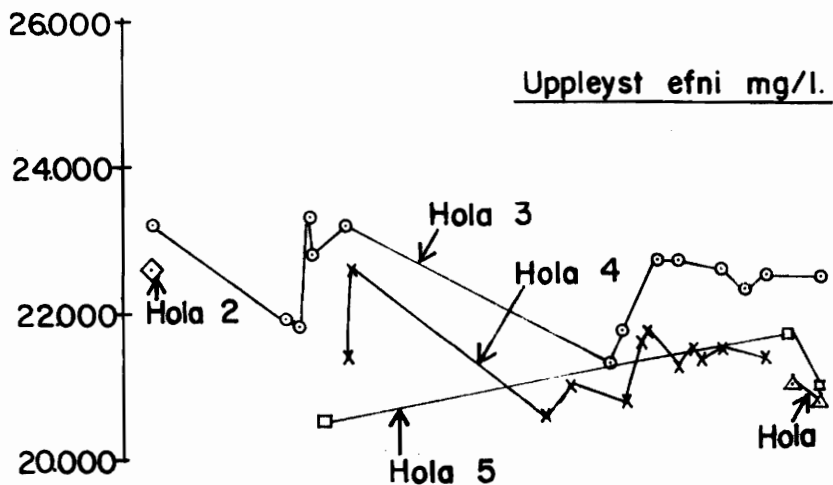
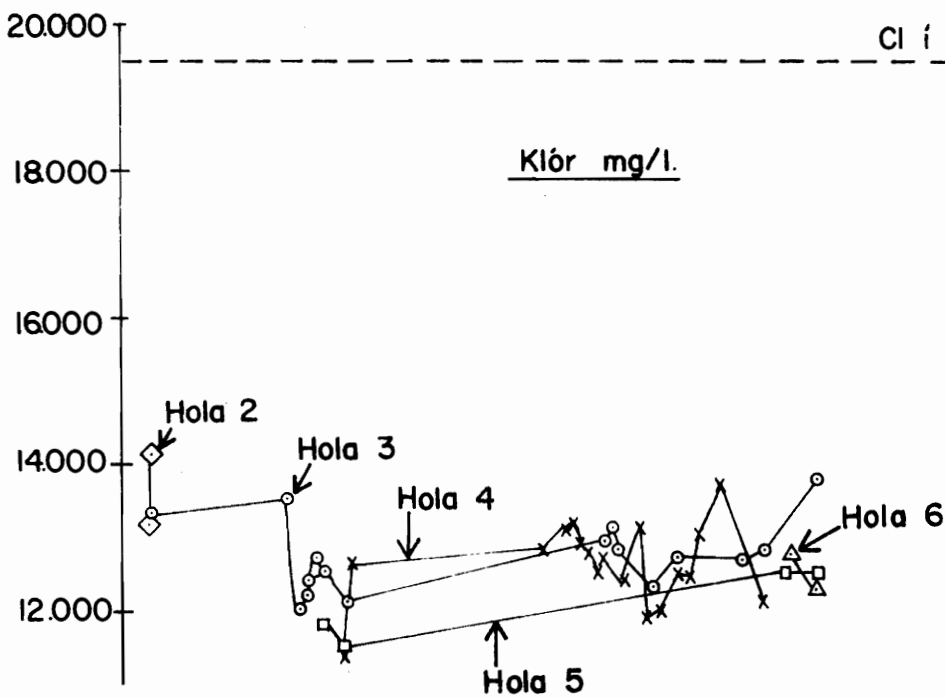
Mynd 2.

72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | År.

Na í sjó við Reykjanes.



Cl í sjó við Reykjanes.





ORKUSTOFNUN

80.06.04

TH/EBF

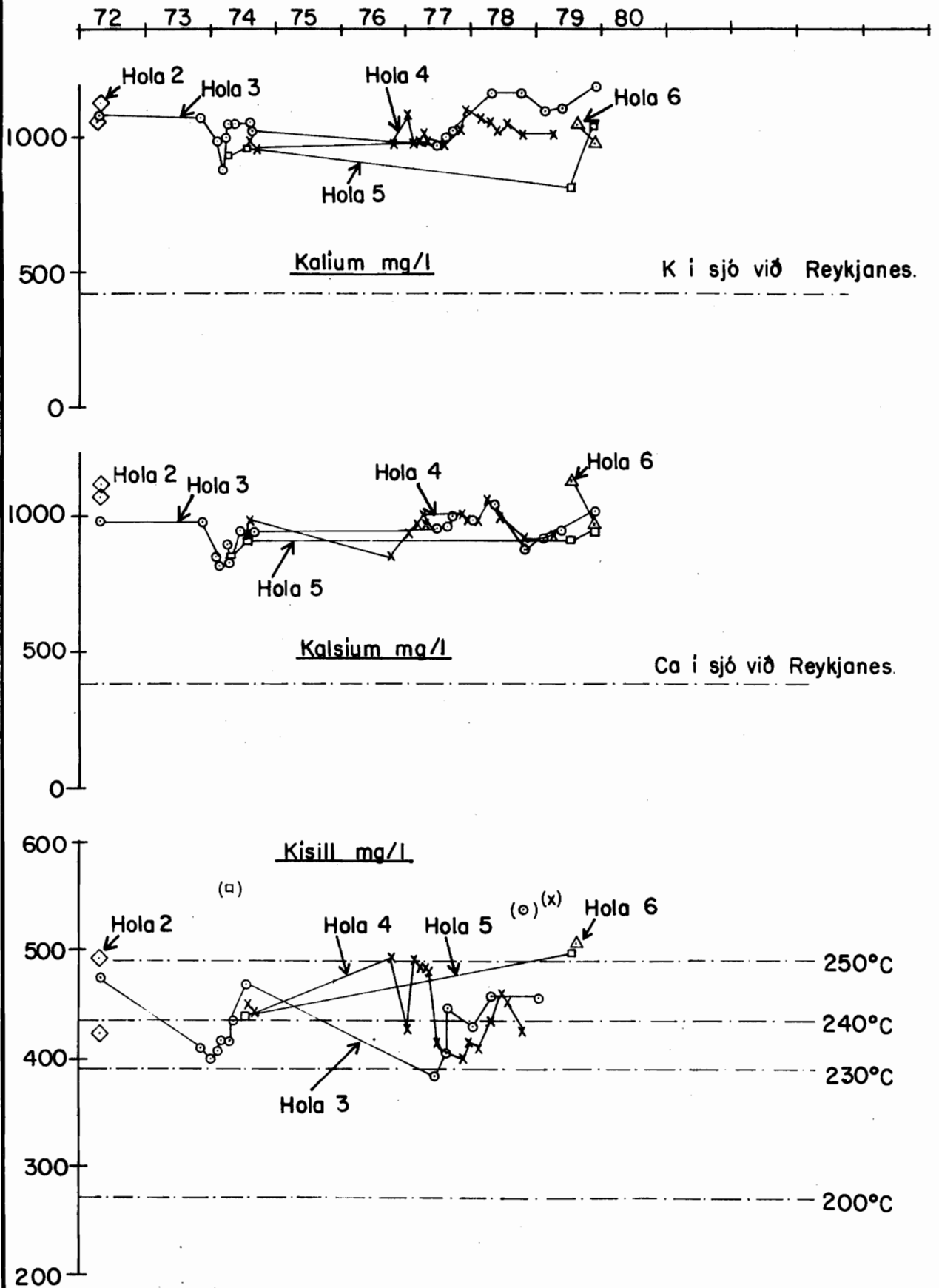
Svartsengi. Efnufr.

F-19705.

### SVARTSENGI

#### Efnastyrkur heits grunnvatns (K,Ca,SiO<sub>2</sub>)

Mynd 3.





ORKUSTOFNUN

SVARTSENGI

Kalkmettun í borholum.

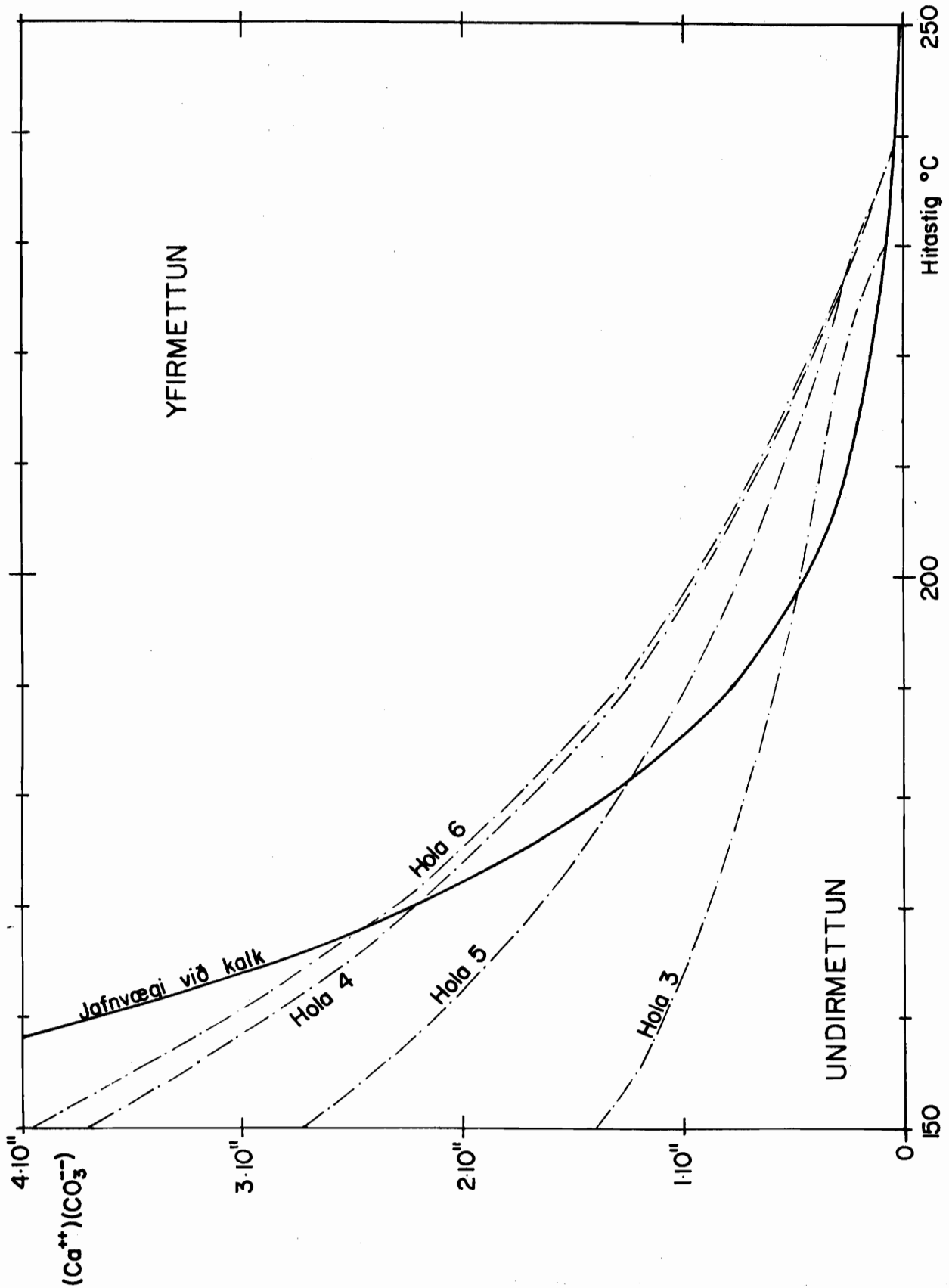
80.0604.

TH/EBF

Svartsengi. Efnufr.

F-19706

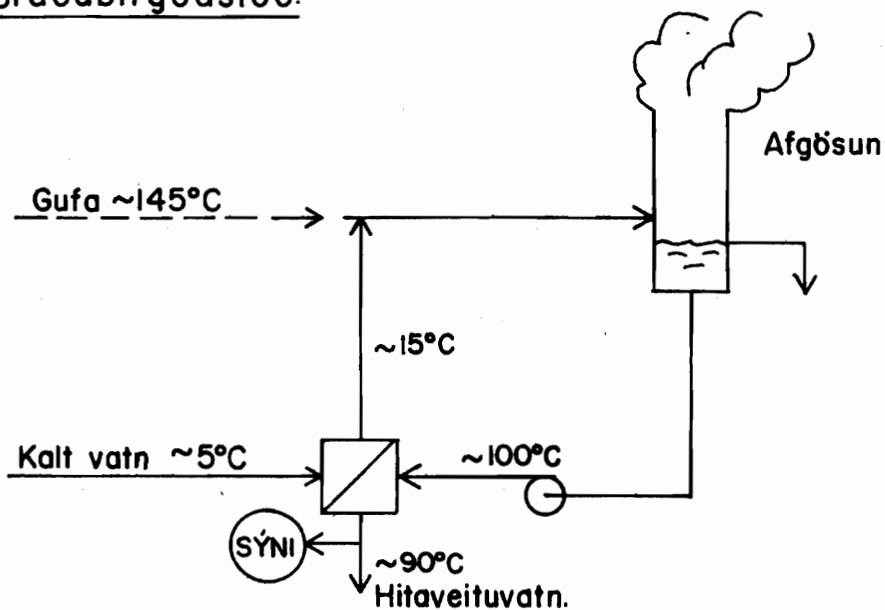
Mynd 4.





Mynd 5a.

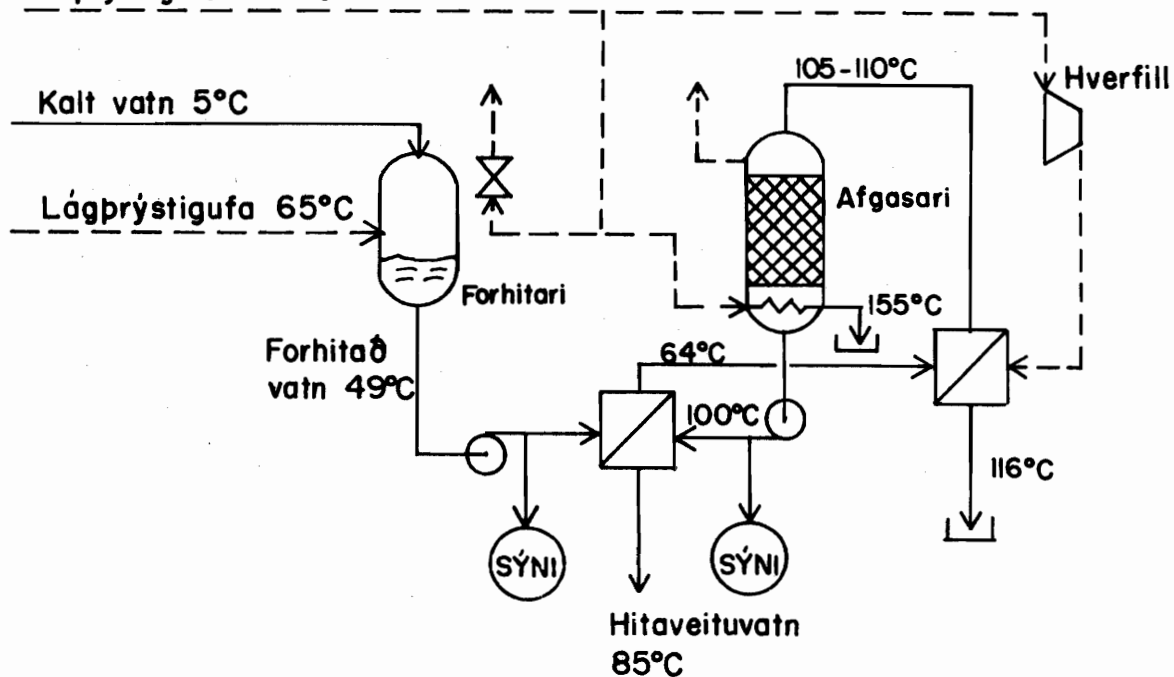
Bráðabirgðastöð.



Aðalstöð I.

Mynd 5b.

Háprýstigufa 155°C





SVARTSENGI

Krisótil-mettun hitaveituvatns.

80.06.04.

TH/EBF

Svartsengi. Efnufr.

F-19708.

Mynd 6.

