

ORKUSTOFNUN  
JARÐHITAEILD

S V A R T S E N G I

RANNSÓKN JARÐHITASVÆÐISINS OG VINNSLUTÆKNI

eftir

Karl Ragnars

Stefán Arnórsson

OSJHD 7407

Febr. 1974

ORKUSTOFNUN  
JARÐHITAEILD

S V A R T S E N G I

RANNSÓKN JARÐHITASVÆÐISINS OG VINNSLUTÆKNI

eftir

Karl Ragnars

Stefán Arnórsson

OSJHD 7407

Febr. 1974

EFNI:

	Bls.
1. RANNSÓKN JARÐHITASVÆÐISINS .....	1
1.1 Almennt .....	1
1.2 Samsetning djúpvatnsins .....	2
1.3 Stærð jarðhitasvæðisins .....	3
2. ÖFLUN KALDS VATNS FYRIR VARMASKIPTISTÖÐINA .....	5
3. TILRAUNIR MEÐ VARMASKIPTA OG NÝTINGU JARÐSJÁVAR.	7
3.1 Lýsing varmaskiptastöðvar .....	7
3.2 Útfellingar kísils .....	9
3.3 Uppleyst efni og pH-gildi í upphituðu fersku vatni lo	10
3.4 Drög að fyrirkomulagi varmaskiptistöðvar .....	12

## 1. RANNSÓKN JARÐHITASVÆÐISINS

### 1.1 Almennt

Varmaskiptatilraunir benda eindregið til þess, að nýta megi allan heita jarðsjóinn niður í  $50^{\circ}\text{C}$  og gufu, sem fæst við suðu á honum niður í  $5^{\circ}\text{C}$ . Gufan nemur um 30% af þunga jarðsjávarins eins og hann kemur inn í borholurnar. Sé gert ráð fyrir 45 MW varmaskiptistöð, þarf til hennar 130-140 l/sek af  $230^{\circ}\text{C}$  heitum jarðsjó, en 115-125 l/sek, ef jarðsjórinn er  $260^{\circ}\text{C}$ .

Samanlagt afl borhola H2 og H3 í Svartsengi, sem boraðar voru fyrir Grindavík á sínum tíma, hefur mælst um llo l/sek, en hiti holanna er tæp 230 stig. Mælingarnar voru gerðar eftir að holurnar höfðu blásið í aðeins sólarhring. Talið er, að aflið geti minnkað um  $1/3$  við blástur fyrstu árin, þannig að nýtanlegt afl þessara hola í langan tíma verði tæplega meira en 70 l/sek. Það er galli, hve grunnar þessar holur eru, og gæti það stytt endingu holanna miðað við dýpri holur.

Undirbúningur er hafinn að borun tveggja 1800 m djúpra hola (H4 og H5) með Gufubor. Mun borun hefjast nálægt 20. mars og ljúka fyrri hluta júní mánaðar. Holurnar eru þannig hannaðar, að þær mætti nota sem vinnsluholur. Reynist afl H4 og H5 jafnmikið og H2 og H3, hefur fengist nægilegt magn jarðsjávar fyrir 45 MW varmaskiptistöð. Þó skal lögð áhersla á það, að holur H4 og H5 eru boraðar sem rannsóknarholur, og er þekking á jarðhitasvæðinu ekki nægileg til þess að geta sagt fyrir um árangur af vinnsluborunum með nokkurri vissu. Miðað er við að vitneskja um afl holanna hafi fengist í lok júní, ljúki borunum fyrri hluta þess mánaðar.

Á myndum 1 og 2 eru örvalínurit, sem sýna áætlun um gang djúprannsóknar og tengingu þeirrar rannsóknar við tilraunir með varmaskipta, öflun kalds vatns og hitaveitufrankvæmdir.

## 1.2 Samsetning djúpvatnsins

Á háhitasvæðum eins og í Svartsengi er heitt vatn í berggrunni á nokkur hundruð metra dýpi, sem er jafnan yfir 200°C. Í uppstreymisrásum eða í borholum fer þetta vatn að sjóða vegna lækkandi þrýstings, en sem kunnugt er, hækkar suðumark vatns með þrýstingi. Vatnið djúpt í berggrunni, sem ekki hefur náð að sjóða, nefnist djúpvatn.

Djúpvatnið í Svartsengi, sem streymir inn í borholur H2 og H3 á 300-400 metra dýpi, hefur seltu sem er mjög nálægt 2/3 af seltu sjávar (sjá töflur aftast í þessari skýrslu). Talið er fullvíst, að þessi selta eigi rót sína að rekja til þess, að sjór streymir inn í berggrunn og blandast fersku vatni að einum þriðja hluta. Ekki hefur fengist úr því skorið, hvort þessi blöndun sjávar og fersks vatns hefur átt sér stað í uppstreyminu undir jarðhitasvæðinu eða við það, að niðurstreymandi ferskt vatn hafi blandast sjó sem undir liggur. Slíkt niðurstreymi hlýtur að eiga sér stað og þá utan jarðhitasvæðisins, þótt ekki liggi ljóst fyrir, hversu langt það er í burtu frá uppstreyminu. Talið er ólíkleggra að blöndunin verði í uppstreyminu, þegar tekið er tillit til mikillar greypni bergsins og minnkandi eðlisþyngdar vatns með vaxandi hita. Úr þessu fæst skorið með borun tveggja 1800 m djúpra hola á þessu ári. Standist ofangreind tilgáta, verður selta djúpvatnsins í þessum djúpu holum ekki frábrugðin því sem er í núverandi grunnum holum. Annars yrði meiri selta í djúpu vatnsæðum en grunnum.

Hlutfall ýmissa efna í djúpvatninu í Svartsengi er verulega frábrugðið því sem er í sjó, og stafar það af efnahvörfum, sem hafa orðið við steintegundir í berginu eða vegna myndunar nýrra steintegunda. Kalsíum og kalí hafa aukist verulega, en magníum og súlfat minnkað mikið. Eins og á öðrum háhitasvæðum ákveðst kísilsýruinnihald djúpvatnsins af uppleysanleika steintegundarinnar kvars.

Að öllum jafnaði er styrkur kolsýru og brennisteinsvetnis verulega hár í djúpvatni háhitasvæða. Þessi efni eru rokgjörn, þ.e.a.s. þau leita í gufuna við suðu. Af þessum ástæðum er ekki um það að ræða að öllu jöfnu, að gufu myndast við suðu djúpvatns megi blanda beint í kalt vatn til upphitunar á því fyrir neyslu. Kolsýran og brennisteinsvetnið gera vatnið súrt og bæði óhæft til neyslu og fyrir hitaveitur vegna tæringarhættu.

Í Svartsengi er djúpvatnið óvenjulega snautt af kolsýru og brennisteinsvetni af djúpvatni háhitasvæða að vera. Lágt brennisteinsvetni stafar af seltu vatnsins. Ekki liggur ljóst fyrir hvað ræður kolsýruinnihaldinu. Þó er hugsanlegt að það eigi skylt við hitaástand í svæðinu og mætti þá ef til vill gera ráð fyrir, að öllu hærri hiti fengist ekki í djúpum borholum en nú er í grunnu holunum. Eins gæti verið, að kolsýruinnihaldið sé lágt í grunnu holunum vegna þess, að inn í þær streymi soðið vatn, sem þá er ekki raunverulegt djúpvatn. Sé svo, má búast við kolsýruríkara vatni í djúpum holum.

Hið lága innihald brennisteinsvetnis og kolsýru í djúpvatninu í Svartsengi er a.m.k. að hluta til ástæðan fyrir því, að neysluhæft heitt vatn hefur fengist með beinni upphitun kalds vatns með innspýtingu gufu.

### 1.3 Stærð jarðhitasvæðisins

Núverandi vitneskja um stærð jarðhitasvæðisins byggist fyrst og fremst á rafleiðnimælingum gerðum á yfirborði. Með hækandi hita neðanjarðar eykst rafleiðnin, en það gerir hún einnig með aukinni seltu grunnvatnsins. Eins og síðar verður getið, hefur grunnvatn á nokkru dýpi á Reykjanesskaga vestanverðum seltu sjávar. Þetta leiðir til þess, að erfiðara er að túlka rafleiðnimælingarnar en ella. Er áætlað að flatarmál jarðhitasvæðisins sé 4 km<sup>2</sup>. Með samanburði við Reykjanes má þó gera ráð fyrir, að ofanefnt flatarmál eigi við um uppstreymistappa, en neðan hans (1-2 km) sé svæðið stærra um sig. Mælingar á

kjörnum úr borholum af Reykjanesi og Krísuvíkursvæði sýna, að poruhluti bergsins er ekki fjarri 15%. Séu þessar tölur notaðar fyrir Svartsengi eru  $15 \times 10^{10}$  lítrar í hverjum rúmkílómetra af bergi, og endist þetta magn í 36 ár, miðað við 130-140 l/sek úrdrátt, en þetta vatnsmagn þarf fyrir 45 MW varmaskiptistöð, ef jarðsjórinn er 230 stiga heitur og síðargreind varmaskipti verða notuð. Hver þykktarkílómetri af svæðinu hefur því að geyma forða, sem samsvarar 150 ára notkun.

Á grundvelli ofanefndra talna um stærð svæðisins og nýtingarþörf er talið, að svæðið standi undir 45 MW varmaskiptistöð í a.m.k. nokkra áratugi. Þau vandamál, sem glímt verður við með borunum tveggja 1800 m djúpra hola, taka því til vatnsæða, hita jarðsjávarins og hitaferla. Viðsnúnir hitaferlar í djúpum borholum geta leitt til þess, að djúpvatn sé aðeins nýtilegt af takmörkuðu dýptarbili, og hefur það neikvæð áhrif á meðalrennsli borhola. Lendi hver hola í aðeins fáum vatnsæðum, dregur það einnig úr meðalafli. Það er kostur að nýta vatnsæðar á sem mestu dýpi, því nýting grunnra vatnsæða eins og þessara, sem fæða borholur 2 og 3, er næmari fyrir tiltölulega litlu þrýstingsfalli í jarðhitasvæðinu en dýpri vatnsæðar. Búast má við einhverju þrýstingsfalli við langtímanýtingu svæðisins. Því er gert ráð fyrir, að grunnar borholur endist skemur.

## 2. ÖFLUN KALDS VATNS FYRIR VARMASKIPTISTÖÐINA

Nauðsynlegt er að afla um 230 l/sek af köldu vatni fyrir 45 MW varmaskiptistöð. Er þá gert ráð fyrir, að við varmaskiptin sé kalda vatnið upphitað með innspýtingu gufu, en með því móti bætist um 15% af þettaðri gufu í kalda vatnið miðað við þunga. Ennfremur er gert ráð fyrir, að jarðsjórinn sé 230°C og kælist niður í 50°C í varmaskiptunum.

Nú hefur fengist allgóð mynd af grunnvatnskerfum á Reykjaneskaga vestanverðum. Þó liggur enn ekki ljóst fyrir, hversu þétt má staðsetja kaldavatnsholur, né hversu langt þær þurfa að vera frá jarðhitasvæðinu til þess að salt vatn af því svæði dragist ekki að holunum við dælingu úr þeim í langan tíma. Staðsetning kaldavatnsborhola gagnvart jarðhitasvæðinu og fjarlægð holanna innbyrðis hefur einhver áhrif á stofnkostnað við vatnsleiðslur og raflagnir. Hins vegar liggur ljóst fyrir, að tæknileg og jarðfræðileg vandamál munu ekki afgerandi fyrir öflun kalds grunnvatns með borunum.

Mælingar hafa sýnt, að sjór liggur undir öllum Reykjaneskaga vestanverðum. Ofan á sjónum flýtur linsa af fersku vatni, sem eðlilega er regnvatn að uppruna. Vegna eðlisþyngdarmunar fersks vatns og sjávar fleygar linsa af fersku vatni sig niður í sjóinn eftir því hversu yfirborð linsunnar eða grunnvatnsflöturinn stendur hátt yfir sjó, líkt og ísjaki á vatni. Lætur nærri að linsan nái um 35 m niður fyrir sjávarmál fyrir hvern metra, sem grunnvatnsflöturinn nær yfir sjávarmál. Öryggi er í því að dæla vatni úr borholum, þar sem ferskavatnslinsan er þykkust. Of mikill niðurdráttur á grunnvatnsfleti á svæði umhverfis borholur getur leitt til þess, að ferskavatnslinsan eyðist og sjór komi inn í borholurnar.

Vestan þjóðvegarins til Grindavíkur eru engar slíkar jarðmyndanir, sem valdið gætu staðbundnum háum grunn-



vatnsfleti og því þykkri linsu. Grunnvatnsflöturinn hækkar því jafnt og þétt frá sjó. Í borholu við Stapa-fell er grunnvatnsflöturinn um 3 m yfir sjó, og má gera ráð fyrir, að þessi flötur nái allt að 4 m hæð yfir sjó austur að þjóðveginum til Grindavíkur. Með yfirborðs-athugunum mun verða reynt að athuga, hvort grunnvatnsflötur liggi verulega hærra undir hrauninum austan Svartsengisfells og á svæðinu þar næst fyrir norðan og sunnan.

Við staðsetningu borhola verður tekið tillit til hæðar grunnvatnsflatar yfir sjó og því þykkt linsu fersks vatns. Ennfremur dýpi frá yfirborði niður á grunnvatnsflöt. Aukið dýpi niður á grunnvatnsflöt eykur borkostnað og reksturskostnað við dælingu. Þegar tekið er tillit til þessara tveggja þátta, virðist afmarkaða svæðið á mynd 4 vera hentugasta vinnslusvæðið, og ætti það að vera í nægilegri fjarlægð frá jarðhitasvæðinu til þess að áhrifa frá því gæti ekki. Bendi rannsóknir til þess, að grunnvatnsflötur liggi miklu hærra austan Svartsengisfells en vestar á Reykjanesskaga, getur svo farið, að þar reynist hentugra vinnslusvæði. Fengist þá sjálfrennsli að varmaskiptistöðinni, eftir að vatninu hefur verið dælt upp á holutopp.

Reynsla af borunum á hraun bendir til þess, að dæla megi a.m.k. 50 l/sek úr hverri holu, og ætti 45 MW varmaskiptistöð því ekki að þurfa meira en 6 kaldavatnsholur, og yrði þá 1 til vara. Slíkt er talið nauðsynlegt, þar sem dælur geta bilað.

Á þessu ári er áætlað að bora 2 holur eftir köldu vatni. Hinn 12. febrúar var byrjað á fyrri holunni og er hún skammt fyrir norðan jarðhitasvæðið. Með henni fæst mikilvæg vitneskja um legu grunnvatnsflatar og hugsanleg áhrif frá jarðhitasvæðinu við dælingu úr holunni. Talið er, að þessa holu megi nota a.m.k. til bráðabirgða eftir að varmaskiptistöðin verður tekin í notkun. Hinni holunni hefur enn ekki verið valinn staður. Talið er líklegt, að hún verði boruð í hugsanlegt vinnslusvæði, sem merkt er á mynd 4, um 3 km norðan jarðhitasvæðisins.

### 3. TILRAUNIR MEÐ VARMASKIPTA OG NÝTINGU JARÐSJÁVAR

#### 3.1 Lýsing varmaskiptastöðvar

Í byrjun janúar var tekin í notkun tilraunastöð með varmaskipta í Svartsengi, en tilgangur stöðvarinnar er að rannsaka, hvernig og hve vel er hægt að nýta varmann úr söltu háhitavatni jarðhitasvæðisins, með því að flytja hann yfir í ferskt vatn. Upp úr holunum kemur blanda af gufu og heitu vatni. Gufunni fylgja ýmsar gastegundir, aðallega kolsýra og brennisteinsvetni, en í vatninu, sem nefnt er jarðsjór, eru uppleyst steinefni, t.d. kísill, sem fellur út sem fast efni við kælingu og selta u.þ.b.  $\frac{2}{3}$  hlutar af seltu sjávar. Ferskt vatn til upphitunar í stöðinni er fengið frá vatnsveitu Grindavíkur. Í stöðinni eru fjórar gerðir varmaskipta, þ.e. tveir rörahitarar, gufuspýtir og "barometriskur" eimsvali. Annar rörahitaranna er gerður fyrir gufu og hinn fyrir jarðsjó, en gufan og jarðsjórinn, þ.e. það, sem frá holunni kemur, flæðir í gegnum mörg grönn rör, en ferska vatnið flæðir utan um rörin og hitnar við viðkomu röraveggjanna. Þessi aðferð er nefnd óbein hitun, vegna þess að vökvinn, sem hitar upp og vökvinn, sem hitnar, komast aldrei í beina snertingu hvor við annan, en það hefur þann kost, að óæskilegar gastegundir og steinefni komast ekki í ferska vatnið. Þessi óbeina upphitunaraðferð hefur hins vegar þá ókosti, að uppleyst steinefni í jarðsjónum geta fallið út við kælingu, og sest á hitafleti varmaskiptanna, sem rýrir hraða varmastreymisins, því meir sem meiri útfelling er orðin, þar til að lokum að rörin stíflast alveg, og þarf þá að hreinsa þau. Gufuspýtirinn vinnur þannig, að gufunni frá borholuskiljunni er spýtt beint út í ferska vatnið, þar sem hún þéttist í vatninu og hitar það upp. Þetta er nefnd bein upphitun, vegna þess að hér blandast saman vökvinn frá holunni og ferska vatnið. Með þessu móti blandast gastegundirnar, sem fylgja gufunni, ferska vatninu.

Barometriskir eimsvalinn er í sjálfu sér ekkert frábrugðinn gufuspýtinum, en í gufuskilju við eimsvalann er gufa soðin af jarðsjónum við undirprýsting og tilsvarendi hitastig, en vatn sýður, sem kunnugt er, við lægra hitastig en  $100^{\circ}\text{C}$  við prýsting undir prýstingi andrúmsloftsins. Þessi aðferð er notuð til þess að nýta varmann frá jarðsjónum niður í lágt hitastig, án þess að jarðsjórinn komi í beina snertingu við hitafleti eða blandist ferska vatninu. Gufan af jarðsjónum blandast síðan beint við ferska vatnið í eimsvalanum, en þessi gufa inniheldur hverfandi magn af gasi.

Tilraunin miðar að því að kanna viðbrögð varmaskiptanna við útfellingu og áhrif upphitunarinnar á ferska vatnið. Vatnið er hitað upp með samsettri tengingu varmaskiptanna, þar sem það er hitað upp ýmist beint eða óbeint, og er hægt að tengja þá saman á fjóra mismunandi vegu, og er fyrirkomulag og tengingar skýrt á mynd 5, en um skýringar er vísað til skýrslu "Varmaveita frá Svartsengi, jan. 1973".

Allir varmaskiptarnir hafa nú verið reyndir til þess að ganga úr skugga um, að tækin vinni eins og ráð er fyrir gert, en nokkrar breytingar þurfti að gera á kerfinu, þegar reynsla fékkst af því.

Það upphitunarfyrirkomulag, sem lengstan tíma hefur verið í gangi, er í ofangreindri skýrslu nefnt fyrirkomulag II, en það byggist á því, að forhita kalt, ferskt vatn með því að spýta gufu frá eimsvalaskiljunni í það í eimsvalanum, en síðan er gufu frá aðalskilju spýtt beint inn í þetta forhitaða vatn í gufuspýti. Í eimsvala hefur náðst stöðugur undirprýstingur, sem er  $0.14$  ata, þannig að jarðsjórinn hefur soðið við  $52^{\circ}\text{C}$ , og hefur ferska vatnið farið inn á eimsvalann um  $5^{\circ}\text{C}$  heitt og forhitnað í honum upp í  $35^{\circ}\text{C}$ - $50^{\circ}\text{C}$ , eftir því hve miklu magni hefur verið dælt inn. Með þessu hitastigi fer forhitaða vatnið inn á gufuspýti, þar sem það hitnar endanlega, en eftir því magni gufu, sem hefur verið spýtt inn í það, hefur endan-

legur hiti verið  $80^{\circ}\text{C}$ - $130^{\circ}\text{C}$ . Frá gufuspýti er vatnið leitt í gaseyði, þar sem vatnið sýður niður í  $100^{\circ}\text{C}$ , ef upphitunin hefur verið yfir  $100^{\circ}\text{C}$ . Þetta fyrirkomulag varmaskipta hefur nú verið reynt í þrjár vikur og hefur reynst vel.

Þessi upphitunaraðferð er vafalaust sú ódýrasta, sem völ er á, og bendir þessi stutti reynslutími til þess, að fá megi neysluhæft vatn með þessari aðferð, nema e.t.v. ef djúpvatn í væntanlegum gufuborholum verði miklu kolsýruríkara en djúpvatn í núverandi holum.

### 3.2 Útfellingar kísils

Útfelling kísils úr jarðsjónum verður ekki fyrr en vatnið mettast af kísilsteintegundinni ópal. Ef innstreymishiti vatns í borholur væri ekki meiri en  $148^{\circ}\text{C}$ , mætti kæla jarðsjóinn í eimsvalaskilju niður í  $20^{\circ}\text{C}$ , án þess að útfelling verði. Ef innstreymishitinn er  $175^{\circ}\text{C}$ , byrjar útfelling, þegar jarðsjórinn hefur verið kældur niður í  $50^{\circ}\text{C}$ . Það má því ljóst vera, að ekki verður komist hjá kísilútfellingum, þar sem innstreymishiti vatns í núverandi borholum er nálægt  $230^{\circ}\text{C}$ , en það hefur í för með sér, að útfellingar byrja, þegar jarðsjórinn hefur verið kældur niður í  $126^{\circ}\text{C}$ . Ef hiti í væntanlegum gufuborholum reynist verða  $260$ - $280^{\circ}\text{C}$ , byrjar útfelling, þegar jarðsjórinn hefur verið kældur niður fyrir  $163^{\circ}\text{C}$ - $185^{\circ}\text{C}$ .

Á mynd 6 má sjá samband milli innstreymishita inn í borholur og þess hita og gufuprýstings, sem útfelling byrjar við.

Ljóst er, að mikill hagur er af því að halda hitastigi og prýstingi í gufuskiljum og leiðslum svo háum, að útfelling verði ekki fyrr en komið er í síðasta þrep, þ.e. í eimsvalaskiljuna. Útfelling myndi þá byrja í leiðslu til eimsvalaskiljunnar, þegar suðuhitinn í jarðsjónum fer niður fyrir markið. Hin snögga kæling í eimsvalaskilju leiðir fremur til fjölliðunar en útfellingar. Útfelling,

p.e. myndun ópals, gengur treglegar ef kísillinn hefur fyrst náð að fjölleiðast. Nú er verið að rannsaka hraða þessarar fjölleiðunar. Í öllu falli fellur aðeins lítið brot af þeim kísil út sem samsvarar yfirmettun, vegna þess hve útfellingin er hægfara. Ekki er enn ljóst, hve mikill fjölleiðaður kísill sest til, og hve mikið skolast burt með affallsjarðsjónum, en skiljan hefur nú verið opnuð eftir 3ja vikna rekstur og er aðeins að sjá óverulegar útfellingar í henni og þeim leiðslum, sem byggðar eru úr svörtu jární. Hins vegar komu fram töluverðar útfellingar í rörum og hnjám, þar sem járníð er galvanhúðað.

Búist er við því, að útfellingar, myndaðar af fjölleiðuðum kísil, séu lausar í sér, og því tiltölulega auðhreinsaðar. Ekki verður séð, að útfellingar kísils í skilju við eimsvala truflí rekstur varmaskiptistöðvarinnar, en gera verður þó ráð fyrir, að útfellingar þrengi rör að og frá eimsvalaskilju með tímanum, en auðvelt er að hafa þessa rás í kerfinu tvöfalda, þannig að hægt væri að hreinsa hana á víxl.

### 3.3 Uppleyst efni og pH-gildi í upphituðu fersku vatni

Styrkur uppleystra efna og klóríðs í djúpvatninu, sem streymir inn í borholur 2 og 3 í Svartsengi, er mjög nálægt 2/3 af því, sem það er í sjó.

Innihald kolsýru ( $\text{CO}_2$ ) og brennisteinsvetnis ( $\text{H}_2\text{S}$ ) er fremur lágt eða um 150-200 ppm fyrir  $\text{CO}_2$  og 6 ppm fyrir  $\text{H}_2\text{S}$ . Vegna seltu vatnsins fer öll kolsýran og brennisteinsvetnið í gufuna við suðu, p.e. þegar gufan er skilin frá jarðsjónum við fyrstu skiljun. Þess vegna blandast allt brennisteinsvetnið og kolsýran í upphitaða ferska vatnið, þegar um er að ræða beina innspýtingu eða beina upphitun. Miðað við  $135^\circ\text{C}$  heita gufu í gufuspýti og  $5^\circ\text{C}$  heitt kalt vatn, er hluti gufu í blöndunni miðað við þunga 14,7-19,5%, ef hiti blöndunnar er  $100^\circ\text{C}$  til  $150^\circ\text{C}$ . Í þessari blöndu bætist því við 113-150 ppm af kolsýru úr

gufunni og samsvarandi 4,5-6,0 ppm fyrir brennisteinsvetni. Væri kalda vatnið forhitað í 40°C, er samsvarandi viðbót 75-114 ppm fyrir kolsýru og 3,0-4,6 ppm fyrir brennisteinsvetni.

Við upphitun í 83°C reiknast að 54 ppm af kolsýru hafi bætst við úr gufunni í hina upphituðu blöndu, en mæld viðbót nemur 40 ppm. Hin útreiknaða viðbót gefur því svipaða niðurstöðu og sú mælda, og gefur það tilefni til bjartsýni um að unnt sé að reikna út, hversu víð mörk á efnainnihaldi kalds vatns og jarðsjávar varmaskipta- aðferðar með beinni hitun þolir, ef fást skal neysluhæft upphitað vatn.

Við innspýtingu gufu, sem inniheldur kolsýru, er hugsanlegt, að vatnið verði mettað af kalsíti. Útreikningar benda til þess að hvergi náist kalsítmettun í varmaskiptum, þegar bein upphitun er notuð.

Þegar upphitaða vatnið verður í mesta lagi 90°C eftir beina upphitun er það aðeins súrt (pH : 6,2-6,5). Stafar það af auknu kolsýruinnihaldi blöndunnar, en kolsýran kemur með gufunni. Með upphitun upp fyrir 100°C og síðan suðu niður í 100°C má sjóða af ferska vatninu verulegan hluta kolsýrunnar.

Með þessu móti fæst basískt vatn (pH : 8-9), sem er æskilegt fyrir hitaveitur. Súra vatnið er hins vegar illa nothæft vegna tæringarhættu. Á myndum 7 og 8 er sýnt mælt samband pH og CO<sub>2</sub> við hitastig upphituðu blöndunnar.

Á mynd 9 eru teiknaðar inn aðstæður, sem verið hafa í eimsvala og eimsvalaskilju. Undirþrýstingur er nokkurn veginn óbreyttur allan tímann, u.p.b. 25" Hg eða 0.14 ata. Hitastig jarðsjávarins, sem tekinn er frá aðal-skilju, er 135°C til 140°C, en affallshiti hans er um 52°C, sem er suðuhiti vatns við 0.14 ata.

Hitastig forhitaða vatnsins er nokkuð breytilegt, og breytist með því magni, sem dælt er inn á eimsvalann. Það er eftirtektarvert, að þegar hitastigsmismunur forhitaða vatnsins og jarðsjávarins verður lítill eða enginn,

tapast jafnvægið og hitastigið verður breytilegt frá  $50^{\circ}\text{C}$  til  $60^{\circ}\text{C}$ . Það virðist því vera æskilegt, að þessi mismunur verði ekki minni en  $5^{\circ}\text{C}$ .

### 3.4 Drög að fyrirkomulagi varmaskiptistöðvar

Nokkur reynsla er nú fengin af tilrauninni, og bendir hún til þess, að upphitun ferska vatnsins sé framkvæmanleg með beinni upphitun, sem er mun ódýrari en óbein hitun. Þó ber þess að geta, að ef ferska vatnið er hitað upp fyrir  $100^{\circ}\text{C}$  upp í  $110^{\circ}\text{C}$  til  $120^{\circ}\text{C}$ , þá sýður það aftur niður í gaseyði í  $100^{\circ}\text{C}$ , og sú gufa, sem myndast við það, er ónothæf til beinnar hitunar. Þessa gufu, en hún getur haft 10-20% af öllu varmamagninu, mætti nota í óbeinum rörahitara, sem kæmi á eftir eimsvalanum.

Á myndum 10, 11 og 12 eru hugmyndir um hugsanlegt fyrirkomulag varmaskiptistöðvar. Við hverja borholu er gufuskilja, sem skilur að gufu og jarðsjó, og eru vökvarnir fluttir aðskildir í leiðslum til stöðvarhússins. Þar eru gufuleiðslur frá holunum sameinaðar og jarðsjávarleiðslur sameinaðar inn á eina skilju, þar sem jarðsjórinn er aftur aðskilinn frá þeirri gufu, sem hefur myndast vegna lægri þrýstings. Háþrýsta gufan er að hluta notuð fyrir gufubeysi og túrbínu, en raforkupörf er talin vera 10 Kw fyrir hvert Mw markaðarins. Þá er háþrýstigufan sameinuð lágþrýstigufunni, áður en gufan fer í gufuspýti til endanlegrar hitunar ferska vatnsins. Jarðsjórinn fer frá gufuskiljunni upp í eimsválaskilju, þar sem sú gufa, sem þá hefur myndast við undirþrýsting, er skilin frá jarðsjónum, og fer gufan inn í eimsvalann til forhitunar á ferska vatninu, en jarðsjórinn rennur frá sem affall. Samkvæmt reynslu af tilrauninni er hægt með einu þrepi að fara úr  $135^{\circ}\text{C}$  til  $140^{\circ}\text{C}$  hitastigi í borholuskilju niður í 0.14 ata þrýsting eða  $52^{\circ}\text{C}$  í eimsvala, og með fleiri þrepum væri hægt að fara neðar, en hæpið er, að það hafi fjarhagslegt gildi.

Á myndunum er fært inn varmajafnvægi fyrir mismunandi hita-

stig á innstreymi í borholur, þ.e.  $200^{\circ}\text{C}$ ,  $230^{\circ}\text{C}$  og  $260^{\circ}\text{C}$ . Í öllum tilfellum er miðað við, að framleidd séu 6 kg/sek af  $100^{\circ}\text{C}$  heitu fersku vatni, en afl 6 kg/sek við hitafallið frá  $80^{\circ}\text{C}$  niður í  $40^{\circ}\text{C}$  er 1 MW.

Vegna varmajafnvægis eru takmörk fyrir hæsta leyfilegum þrýstingi í gufuskiljunni, sem tekur við jarðsjó frá öllum holunum og er næst á undan eimsvalaskiljunni. Gufuþrýstingurinn í þessari skilju ræður endanlega hlutfallinu milli jarðsjávar, sem fer til eimsvalaskilju, og gufu, sem fer í gufuspýti. Of hár þrýstingur í þessari skilju hækkar þetta hlutfall, þannig að jarðsjórinn, þ.e. varminn í honum verður of mikill til hitunar á ferska vatninu og magn gufu í gufuspýti of lítið til endanlegrar hitunar. Þetta hefur í för með sér, að ferska vatnið hitnar of mikið í eimsvalanum, sem þýðir, að undirþrýstingur verður minni en ella og nýtingin á jarðsjónum þá minni.

Vegna varmajafnvægis má þrýstingurinn í skiljunni vera lægri, en það hefur í för með sér minni forhitun í eimsvala og þá um leið bætta nýtingu á varma úr jarðsjónum, en við minni gufuþrýsting verður gufuframleiðslan meiri til gufuspýtisins, en það bætir upp minni forhitun í eimsvalanum. Hins vegar ber að gæta þess, að gufuþrýstingurinn fari ekki niður fyrir útfellingarmarkið, svo að ekki verði útfelling í gufuskiljunni, en áður er gerð grein fyrir þessu í kaflanum um útfellingar kísils og á mynd 6.

Ef innstreymishiti í borholur er  $200^{\circ}\text{C}$ , þá er leyfilegt vinnsluþrýstingsbil í skiljunni frá  $0\text{ kg/cm}^2$  upp í  $1.5\text{ kg/cm}^2$ . Ef innstreymishitinn er  $230^{\circ}\text{C}$ , er leyfilegt vinnsluþrýstingsbil frá  $1.5\text{ kg/cm}^2$  upp í  $3.5\text{ kg/cm}^2$ , og ef innstreymishitinn er  $260^{\circ}\text{C}$ , er leyfilegt vinnsluþrýstingsbil  $5.8\text{ kg/cm}^2$  upp í  $6.0\text{ kg/cm}^2$ . Ef innstreymishiti í borholur er hærri en  $260^{\circ}\text{C}$ , er þá samkvæmt ofangreindu ekki hægt að koma í veg fyrir útfellingar í aðalskiljunni, nema nýting varma úr jarðsjónum verði minni.



Gufubrýstingur í skiljum við borholur hefur engin áhrif á varmajafnvægið, og er hann valinn svo miklu hærri en í aðalskilju, að nægi til að koma vökvanum eftir leiðslunum. Útfellingar byrja þá væntanlega í leiðslu frá aðalskilju að eimsvalaskilju, en þrýstifall og suða verða á þeirri leið bæði af völdum rennslisins og vegna þess, að nú þarf að lyfta jarðsjónum upp í lo metra hæð. Það ætti að vera auðvelt að gera þessa rás tvöfalda og aðgengilega til hreinsunar, þannig að hreinsa mætti rásirnar sitt í hvoru lagi og með skipulögðu millibili, og ætti þá engin rekstrartruflun að hljóttast af.

SVAD04720015 SVARTSENGI HOLA 2 26004/72 SA

SOFNUNARPRYSTINGUR 2.7 KG/SM2 KRITISKUR PRYSTINGUR 0.0 KG/SM2  
FLATARMAL STUTS 0.000000 M2

EFNAGREINING VATNSSYNNIS I PPM OG MMOL PER KG  
PH SID2 NA+ K+ CA++ MG++ CO2TOT S04-- H2S CL- F-  
7.60 493.00 8400.00 1250.00 1292.00 1.50 0.00 57.60 0.00 15310.00 0.00  
8.20845 365.21739 31.96930 32.23552 .06170 0.00000 .59962 0.00000 431.87588 0.00000

EFNAGREINING GASSYNNIS I PER CENT H2S CO2 H2 GAS UPPLEYSI I PETTIVATNI I PPM H2S CO2  
0.0 95.5 .5 8.0 652.0

AFLMAELING EKKI GERD  
KISTILHITI DJUPVATNS 230.7 GRADUR C ENTHALPIA DJUPVATNS 237.81 KCAL/KG AFL HOLU 0.00 KG/SEK

GUFUHLUTFALL VID SKILJUPRYSING 18.89 PER CENT GUFUHLUTFALL VID SUDU I 100 GRADUR .07574

JONABALANS I MILLIEQVIVALENTUM  
KATJONIR 461.781150 ANJONIR 433.106800

JONISKUR STYRKUR VID PH HITA .526375 I DJUPVATNI .426907

DJUPVAIN SAMSEINING I PPM OG MMOL PER KG  
PH SID2 NA+ K+ CA++ MG++ S04-- CL- F-  
2.99 399.83 6812.67 1013.79 1047.85 1.21 46.71 12416.91 0.00  
2.99532 6.65732 296.20331 25.92816 26.14407 .05004 .48631 350.26552 0.00000

H2S CO2TOT H2  
1.51 162.85 0.00  
.04437 3.70033 .00471

VIRKNIUSTUBLAR VID PH HITA OG I DJUPVATNI  
PH SID2 NA+ K+ CA++ MG++ S04-- CL- F-  
.76285 .64674 .64674 .60874 .24626 .30988 .19339 .60874 .62868  
.65130 .49956 .49956 .45294 .10802 .15613 .07321 .45294 .47722

HC03- CO2-- HS- S--  
.64674 .19339 .62868 .21146  
.49956 .07321 .47722 .08455

KLEFYNNISSTUÐLAR VID PH HITA OG I DJUPVAINI SEM LOG K  
H4SID4 H2CO3 HC03- H2S HS-  
-10.01186  
-8.57763 -7.42628 -11.15258 -7.19152 -12.65876

SVAD04720031 SVARTSENGI HOLA 2 27/04/72 SA

ER F7

SOFUNARPRYSTINGUR 2.0 KG/SM2 KRITISKUR PRYSTINGUR 0.0 KG/SM2  
FLATARMAL STUTS 0.000000 M2

EFNAGREINING VATNSSYNNIS I PPM OG MMOL PER KG  
PH SID2 NA+ K+ CA++ MG++ CO2TOT SO4-- H2S CL- F-  
7.55 568.00 8400.00 1300.00 1236.00 1.00 0.00 54.70 0.00 16270.00 0.00  
9.45720 365.21739 33.24808 30.83832 .04113 0.00000 .56943 0.00000 458.95627 0.00000

EFNAGREINING GASSYNNIS I PER CENT H2S CO2 H2 GAS UPPLÆYST I PETTIVATNI I PPM H2S CO2  
0.0 95.5 .5 8.0 652.0

AFLMÆLING EKKI GERD  
KISILHITI DJUPVATNS 239.1 GRADUR C ENTHALPIA DJUPVATNS 247.30 KCAL/KG AFL HOLU 0.00 KG/SEK

GUFUHLUTFALL VID SKILJUPRÝSTING 21.99 PER CENT GUFUHLUTFALL VID SUDU I 100 GRADUR .06211

JONABALANS I MILLIEQVIVALENTUM  
KATJONIR 460.224380 ANJONIR 460.127670

JONISKUR STYRKUR VID PH HITA .521983 I DJUPVATNI .407197

DJUPVATN SAMSETNING I PPM OG MMOL PER KG  
PH SID2 NA+ K+ CA++ MG++ SO4-- CL- F-  
2.99 443.09 6552.81 1014.12 964.20 .78 42.67 12692.18 0.00  
2.99510 7.37754 284.90506 25.93673 24.05688 .03208 .44421 358.03049 0.00000

H2S CO2TOT H2  
1.75 189.51 .01  
.05163 4.30611 .00548

VIRKNISTUDLAR VID PH HITA OG I DJUPVATNI  
PH SID2 NA+ K+ CA++ MG++ SO4-- CL- F-  
.76312 .64734 .64734 .60947 .24686 .31041 .19403 .60947 .62935  
.64406 .49180 .49180 .44537 .10231 .14887 .06892 .44537 .46952

HCO3- CO2-- HS- S--  
.64734 .19403 .62935 .21209  
.49180 .06892 .46952 .07976

KLEFNISSUDLAR VID PH HITA OG I DJUPVATNI SEM LOG K  
H4SIO4 H2CO3 HCO3- HS-  
-10.01186  
-8.60306 -7.55904 -11.35168 -7.27461 -12.62693

4 SVAD04720025 SVARTSENGI HOLA 3 26/04/72 SA

6 SOFNUMARPRYSTINGUR 3.7 KG/SM2 KRITISKUR PRYSTINGUR 0.0 KG/SM2  
8 FLATARMAL STUTS 0.000000 M2

10 EFNAGREINING VATNSSYNNIS I PPM OG MMOL PER KG  
11 PH SIO2 NA+ K+ CA++ CO2TOT SO4-- H2S CL- F-  
12 7.65 570.00 8100.00 1630.00 1182.00 1.30 0.00 33.30 0.00 15920.00 0.00  
13 9.49050 352.17391 41.68797 29.49101 .05347 0.00000 .34665 0.00000 449.08321 0.00000

15 EFNAGREINING GASSYNNIS I PER CENT H2S CO2 H2 GAS UPPLEYST I PETTIVATNI I PPM H2S CO2  
16 .5 95.0 .6 15.0 254.0

18 AFLMAELING EKKI GERD  
20 KISILHITI DJUPVATNS 241.5 GRADUR C ENTHALPIA DJUPVATNS 250.13 KCAL/KG AFL HOLU 0.00 KG/SEK

22 GUFUHLUTFALL VID SKILJUPRYSING 19.81 PER CENT GUFUHLUTFALL VID SUDU I 100 GRADUR .09205

24 JONABALANS I MILLIEQVIVALENTUM  
26 KATJONIR 452.950860 ANJONIR 449.817590

28 JONISKUR STYRKUR VID PH HITA .512039 I DJUPVATNI .410588

30 DJUPVATN SAMSEINING I PPM OG MMOL PER KG  
31 PH SIO2 NA+ K+ CA++ MG++ SO4-- CL- F-  
32 2.99 457.06 6495.13 1307.04 947.80 1.04 26.70 12765.74 0.00  
33 2.99584 7.61014 282.39720 33.42828 23.64792 .04288 .27797 360.10572 0.00000

35 H2S CO2TOT H2  
36 3.29 129.60 .02  
37 .09671 2.94480 .01137

39 VIRKNISTUDLAR VID PH HITA OG I DJUPVATNI

40 PH SIO2 NA+ K+ CA++ MG++ SO4-- CL- F-  
41 .76375 .64873 .61117 .24824 .31162 .19552 .61117 .63088  
42 .64084 .48744 .44072 .09957 .14564 .06668 .44072 .46503

44 HCO3- CO2-- HS- S--  
45 .64873 .19552 .63088 .21354  
46 .48744 .06668 .46503 .07734

48 KLEYFNISSTUDLAR VID PH HITA OG I DJUPVATNI SEM LOG K

49 H4SIO4 H2CO3 HCO3- HS-  
50 -10.01186  
51 -8.61126 -7.59991 -11.41351 -7.30015 -12.61791

SVAD04720028 SVARTSENGI HOLA 3 27/04/72 SA

SOFNUNARPRYSTINGUR 3.8 KG/SM2 KRITISKUR PRYSTINGUR 0.0 KG/SM2  
FLATARMAL STUTS 0.000000 M2

EFNAGREINING VATNSSYNNIS I PPM OG MMOL PER KG  
PH S102 NA+ K+ CA++ CO2TOT SO4-- H2S CL- F-  
7.75 568.00 8000.00 1300.00 1136.00 0.00 31.30 0.00 16020.00 0.00  
9.45720 347.82608 33.24808 28.34331 .06993 0.00000 .32583 0.00000 451.90409 0.00000

EFNAGREINING GASSYNNIS I PER CENT H2S CO2 H2 GAS\_UPPLEYST I PETTIVATNI I PPM H2S CO2  
.6 97.8 0.0 29.0 470.0

AFLMAELING EKKI GERD  
KISILHITI DJUPVATNS 241.4 GRADUR C ENTHALPIA DJUPVATNS 249.98 KCAL/KG AFL HOLU 0.00 KG/SEK

GUFUHLUTFALL VID SKILJUPRYSTING 19.64 PER CENT GUFUHLUTFALL VID SBDU I 100 GRADUR .09353

JONABALANS I MILLIEQVIVALENTUM  
KATJONIR 437.900640 ANJONIR 452.607220

JONISKUR STYRKUR VID PH HITA .494727 I DJUPVATNI .397522

DJUPVATN SAMSEINING I PPM OG MMOL PER KG  
PH S102 NA+ K+ CA++ MG++ SO4-- CL- F-  
2.99 456.39 6428.14 1044.57 912.79 1.36 25.15 12872.36 0.00  
2.99612 7.59904 279.48462 26.71543 22.77437 .05619 .26181 363.11320 0.00000

H2S CO2TOT H2  
6.09 176.77 0.00  
.17901 4.01670 0.00000

VIRKNIUSTUDLAR VID PH HITA OG I DJUPVATNI  
PH S102 NA+ K+ CA++ MG++ SO4-- CL- F-  
.76490 .65122 .61421 .25072 .31380 .19821 .61421 .63363  
.64245 .49052 .44431 .10122 .14735 .06819 .44431 .46835

HC03- CO2-- HS- S--  
.65122 .19821 .63363 .21617  
.49052 .06819 .46835 .07891

KLEFNFISSTUDLAR VID PH HITA OG I DJUPVATNI SEM LOG K  
H4S104 H2CO3 HC03- H2S HS-  
-10.01186  
-8.61082 -7.59773 -11.41021 -7.29879 -12.61838

SVAD11730132 SVARTSENGI HOLA 3 25/10/73 KG/SA SAMA GASHLUTFALL OG I 0140

SOFNUNARPRYSTINGUR 2.1 KG/SM2 KRITISKUR PRYSTINGUR 0.0 KG/SM2  
FLATARMAL STUTS 0.000000 M2

EFNAGREINING VATNSSYNNIS I PPM OG MMOL PER KG	MG++	CO2TOT	SO4--	H2S	CL-	F-
PH	CA++	K+				
6.90	1179.80	1288.00	47.40	0.00	16300.00	0.00
8.84115	29.43612	32.94117	0.00000	0.49344	0.00000	0.00000
531.00	8172.00	8172.00	1.50	0.00	0.00	0.00
8.84115	355.30434	32.94117	0.00000	0.49344	0.00000	0.00000

EFNAGREINING GASSYNNIS I PER CENT H2S CO2 H2 GAS UPPELVEYSTI I PPM H2S CO2  
0.0 94.5 1.0 13.0 475.0

AFLMÆLING EKKI GERD  
KISILHITI DJUPVATNS 234.7 GRADUR C ENTHALPIA DJUPVATNS 242.33 KCAL/KG AFL HOLU 0.00 KG/SEK

GUFUHLUTFALL VID SKILJUPRYSING 20.83 PER CENT GUFUHLUTFALL VID SUDU I 100 GRADUR .06420

JONABALANS I MILLIEQVIVALENTUM  
KATJONIR 447.241170 ANJONIR 460.796230

JONISKUR STYRKUR VID PH HITA .506236 I DJUPVATNI .400745

DJUPVAIN SAMSETNING I PPM OG MMOL PER KG	MG++	SO4--	CL-	F-
PH	CA++			
2.99	933.94	37.52	12903.33	0.00
2.99383	6469.08	1.18	37.52	0.00
6.99880	281.26456	0.04884	39061	363.98699
2.99383	6469.08	1.18	37.52	0.00

H2S CO2TOT H2  
2.70 176.85 .03  
.07951 4.01844 .01872

VIRKNISTUÐLAR VID PH HITA OG I DJUPVAINI

PH	NA+	K+	CA++	MG++	SO4--	CL-	F-
7.6413	64956	61218	24906	31234	19641	61218	63179
64968	49949	45360	10728	15467	07301	45360	47748

HC03- CO2-- HS- S--  
.64956 .19641 .63179 .21441  
.49949 .07301 .47748 .08417

KLEYFISSTUÐLAR VID PH HITA OG I DJUPVAINI SEM LOG K

H4S104 H2CO3 HCO3- H2S HS-  
-10.01186  
-8.58936 -7.48877 -11.24593 -7.23066 -12.64327

2  
4 SVAD11730140 SVARTSENGI HOLA 3 05/11/73 SA

6 SOFNUNARPRYSTINGUR 2.4 KG/SM2 KRITISKUR PRYSTINGUR 0.0 KG/SM2  
8 FLATARMAL STUTS 0.000000 M2

10 EFNAGREINING VATNSSYNNIS I PPM OG MMOL PER KG  
PH SID2 NA+ K+ CA++ MG++ CO2TOT SD4-- H2S CL- F-  
7.81 507.00 9355.00 1320.00 1205.90 2.41 0.00 36.60 .10 16675.00 0.00  
8.44155 406.73913 33.75959 30.08732 .09913 0.00000 .38101 .00293 470.38081 0.00000

12 EFNAGREINING GASSYNNIS I PER CENT H2S CO2 H2 GAS UPPLEYST I PETTIVATNI I PPM H2S CO2  
0.0 94.5 1.0 21.0 489.0

14 AFLMAELING\_EKKI GERD  
16 KISILHITI DJUPVATNS 232.1 GRADUR C ENTHALPIA DJUPVATNS 239.40 KCAL/KG AFL HOLU 0.00 KG/SEK

18 GUFUHLUTFALL VID SKILJUPRYSTING 19.71 PER CENT GUFUHLUTFALL VID SÖDU I 100 GRADUR .07017

20 JONABALANS I MILLIEQVIVALENTUM  
22 KATJONIR 500.871640 ANJONIR 471.200950

24 JONISKUR STEYRUP VID PH HITA .561244 I DJUPVATNI .450567

26 DJUPVATN SAMSETNING I PPM OG MMOL PER KG  
PH SID2 NA+ K+ CA++ MG++ SD4-- F-  
2.99 407.01 7510.20 1059.69 968.09 1.93 29.38 13386.70 0.00  
2.99672 6.77688 326.53045 27.10222 24.15412 .07958 .30587 377.62203 0.00000

28 H2S CO2TOT H2  
4.22 170.12 .03  
.12390 3.86549 .01771

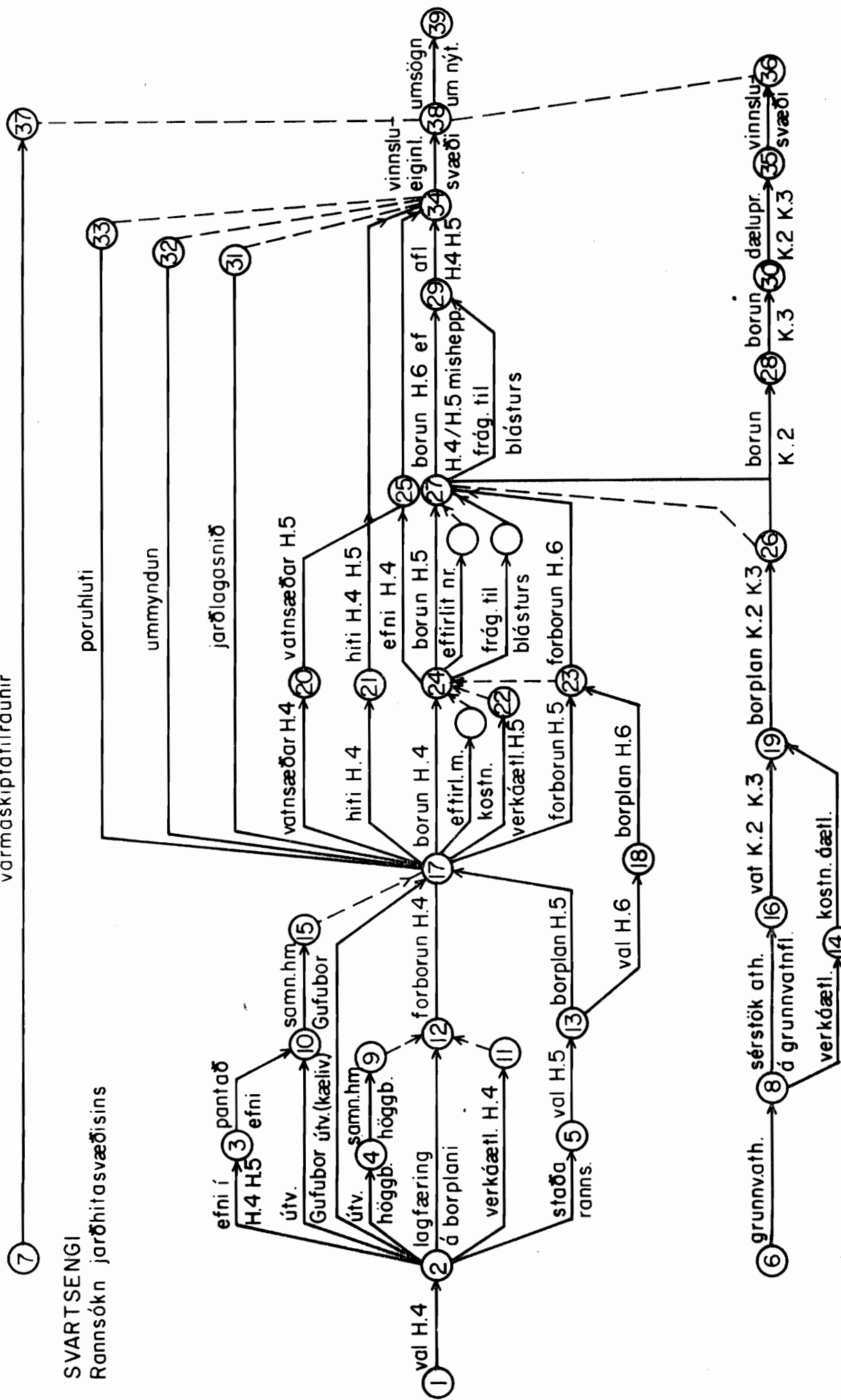
30 VIRKNISTUDLAR VID PH HITA OG I DJUPVATNI  
PH SID2 NA+ K+ CA++ MG++ SD4-- CL- F-  
.76075 .64212 .64212 .60310 .24176 .30592 .18854 .60310 .62359  
.64742 .49288 .49288 .44531 .10411 .15193 .06974 .44531 .47008

32 HCO3- CO2-- HS- S--  
.64212 .18854 .62359 .20671  
.49288 .06974 .47008 .08090

34 KLEFNISSTUDLAR VID PH HITA OG I DJUPVATNI SEM LOG K  
H4S104 H2CO3 HCO3- H2S HS-  
-9.98862  
-8.58166 -7.44805 -11.18501 -7.20516 -12.65325

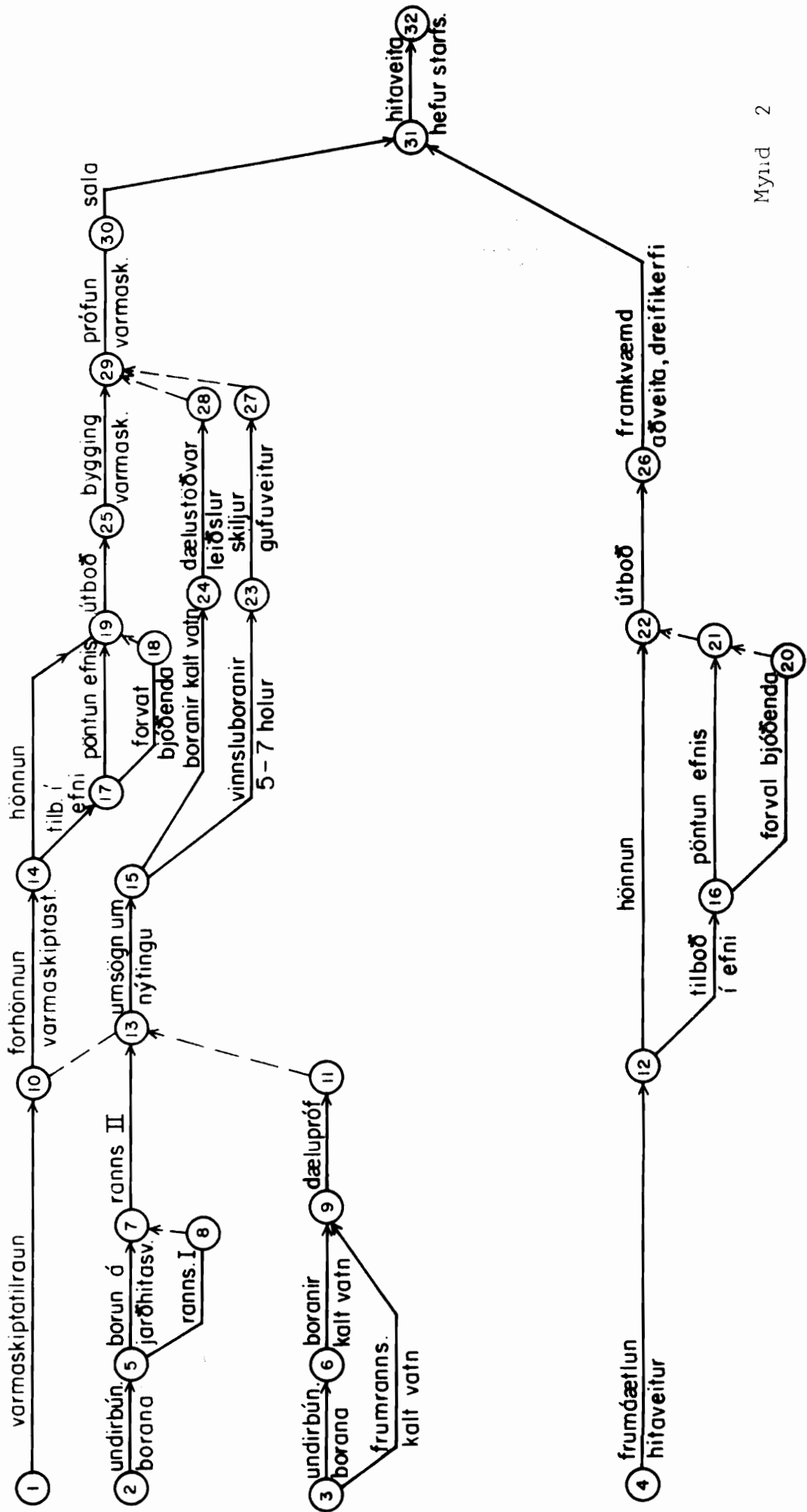
SVARTSENGI  
Rannsókn jarðhitasvæðisins

varmaskiptatilraunir

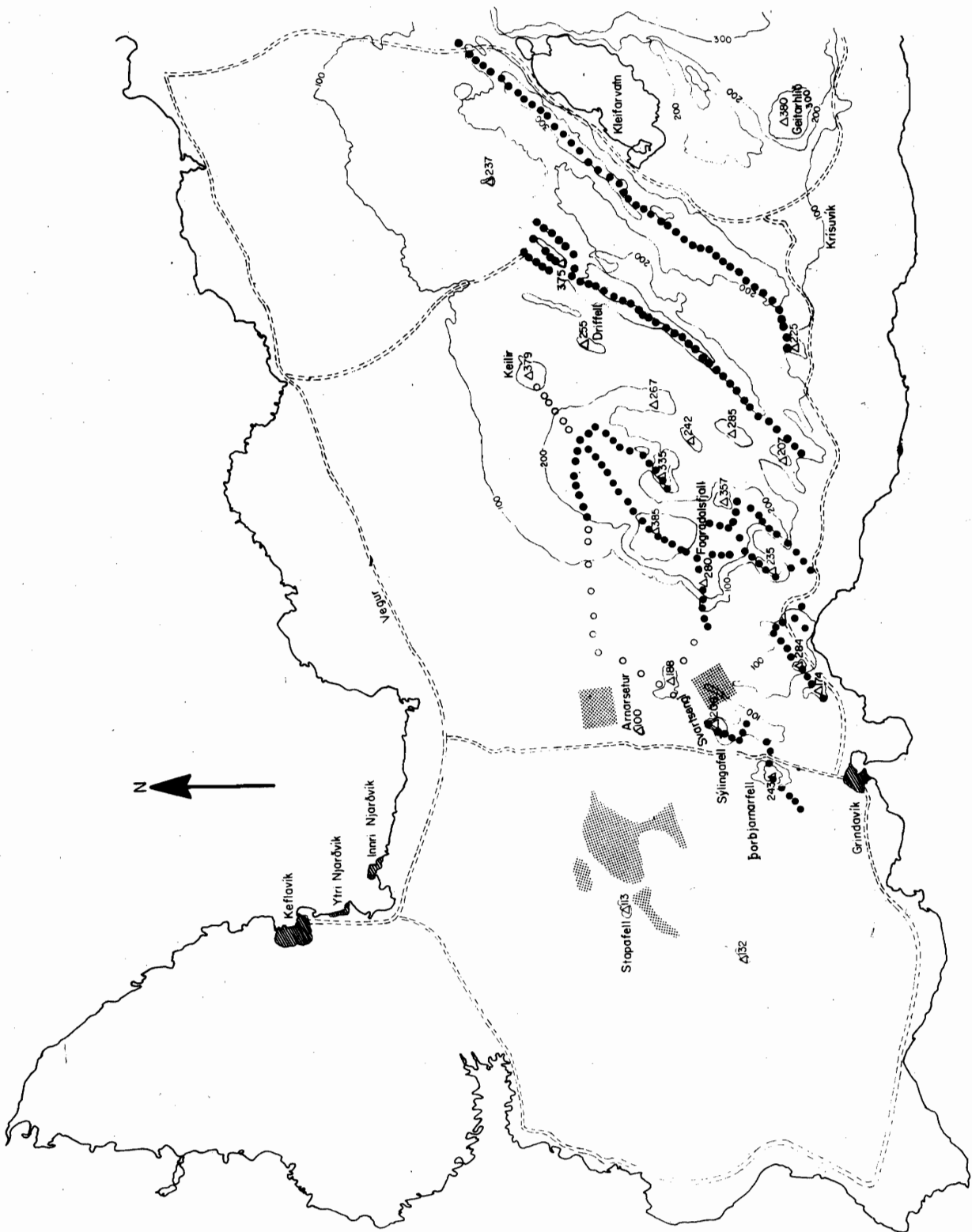







SVARTSENGI  
Hitaveita







Skiyringar:

-  Likleg vinnusvæði
-  Vatnaskil
-  Likleg vatnaskil

ORKUSTOFNUN/

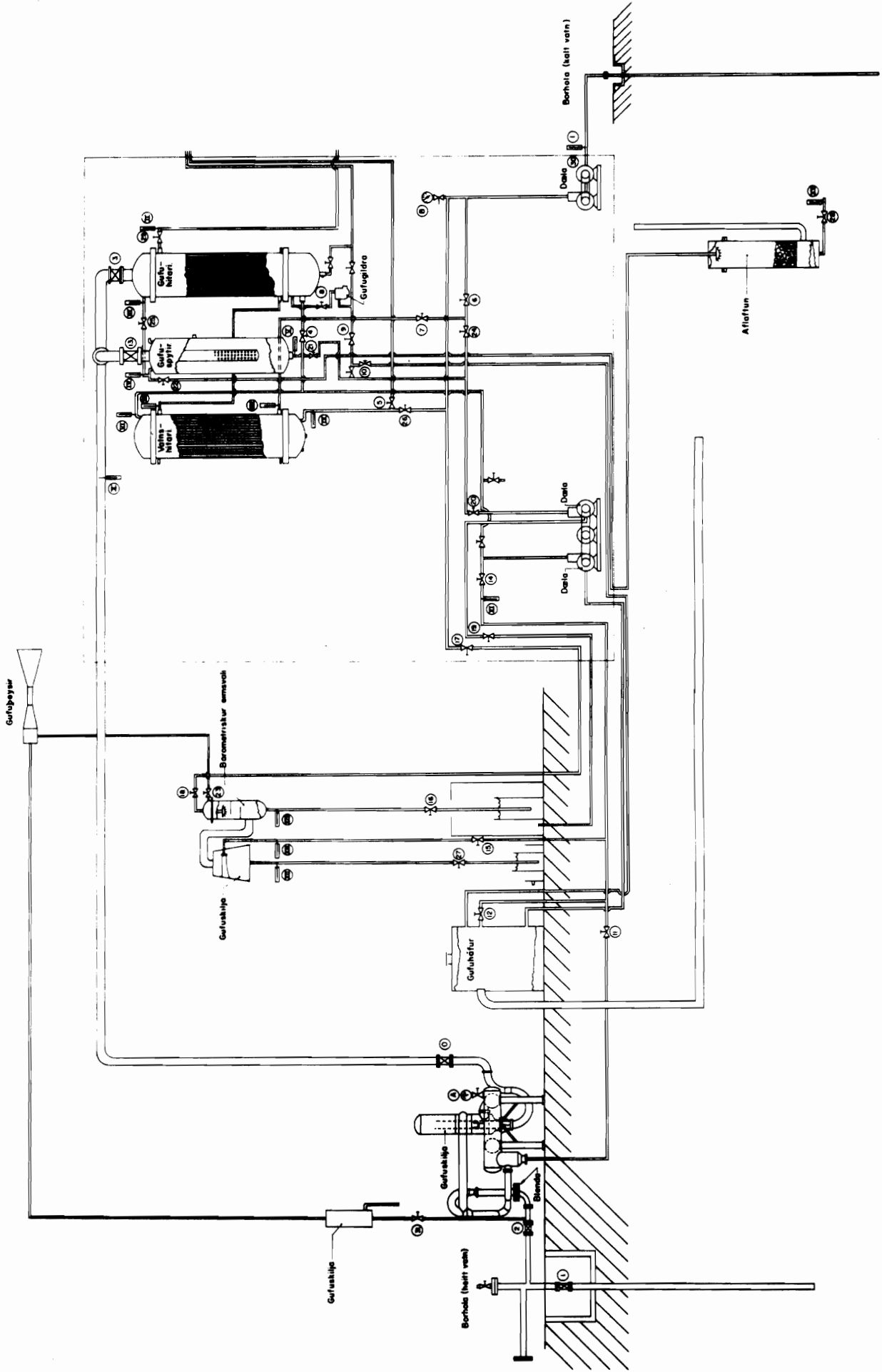
SVARTSENGI

Likleg vinnusvæði kolds vatns

22/374	SA/AV	Tmr. 20	Fnr. 11708
		L.Svarföld	

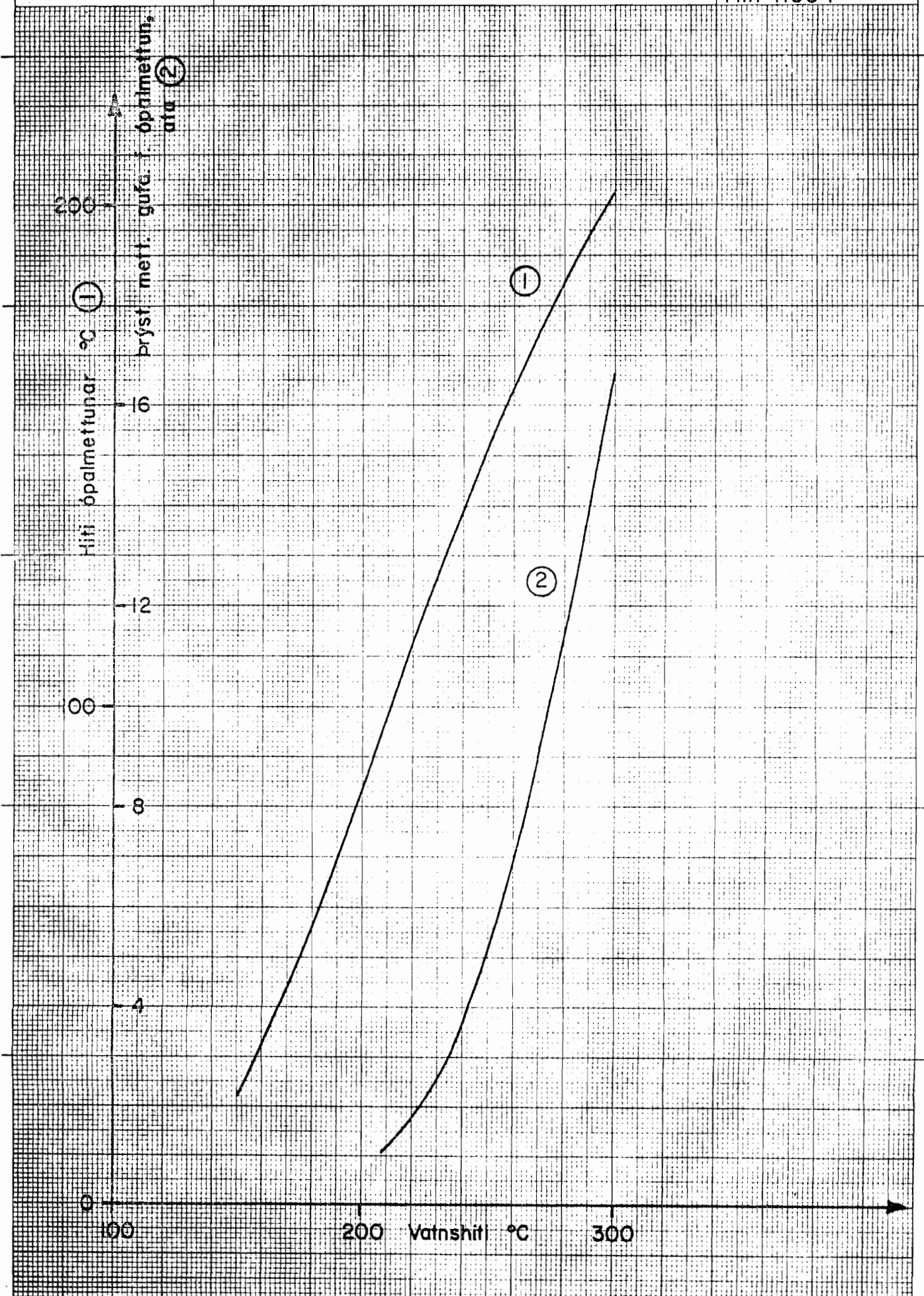


1:100.000



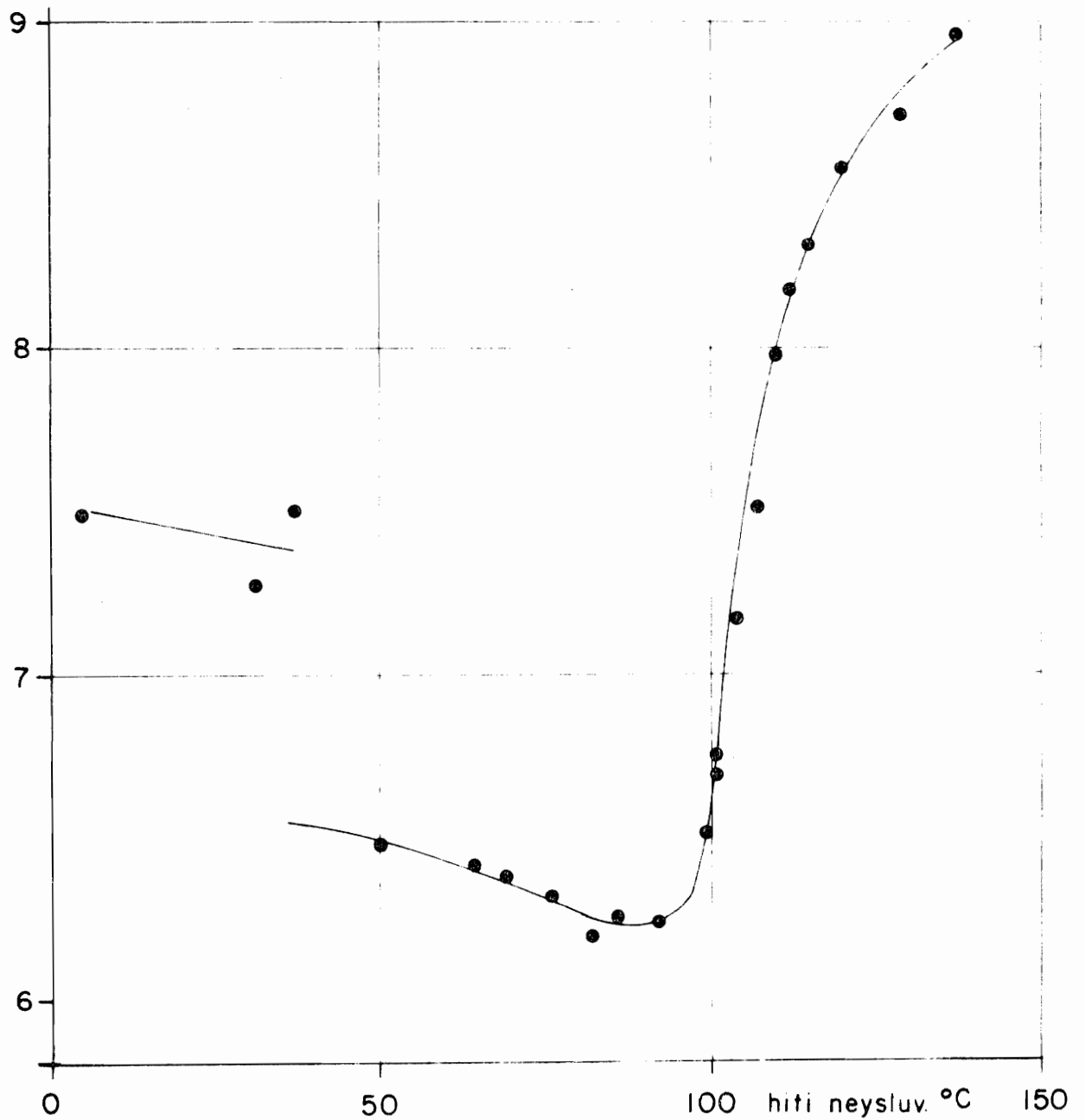
MYND 6

Samband vatnshita, áður en  
suða hefst og hita/þrýstings  
kísilútfellinga (óþalmettunar)



Samband sýrustigs og hitastigs í upphituðu fersku vatni við beina innspýtingu gufu (4.2 ata) frá aðalskilju og forhitun í 37° með gufu (0.14 ata) í eimsvala

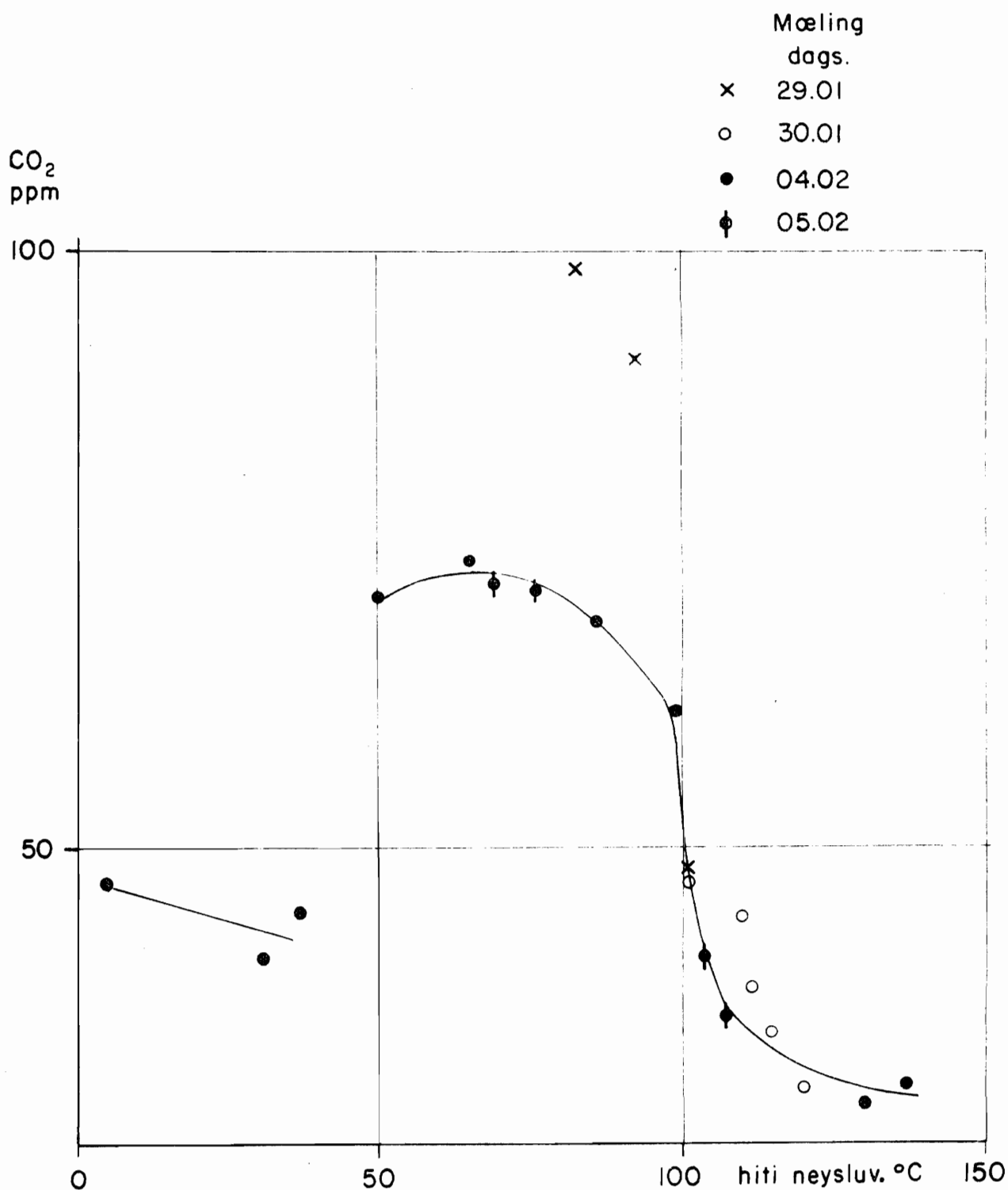
pH/20°C

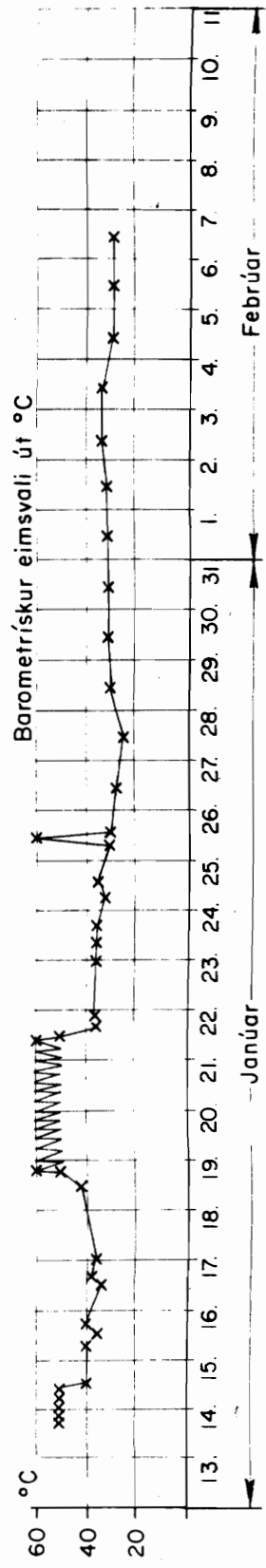
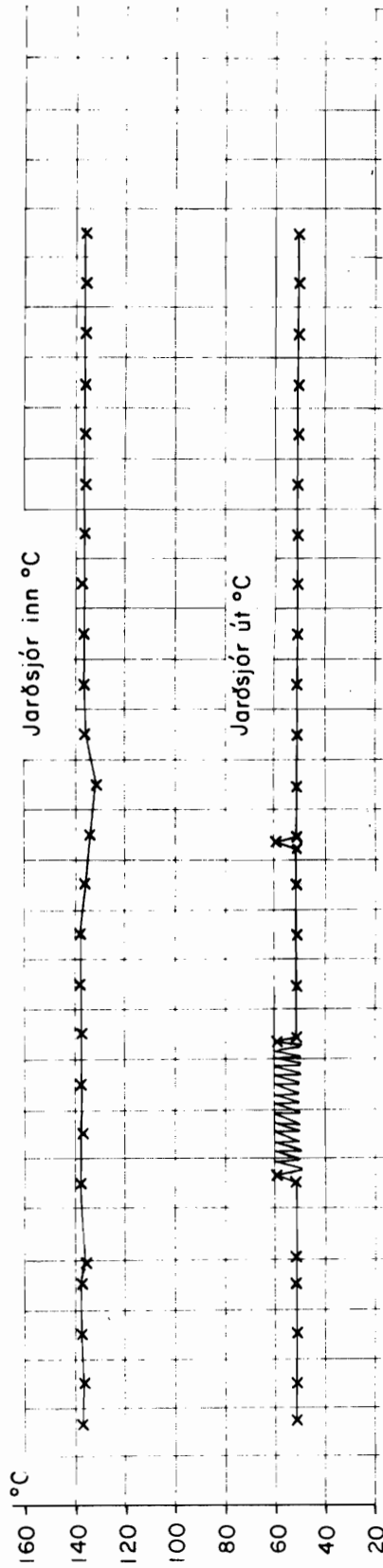
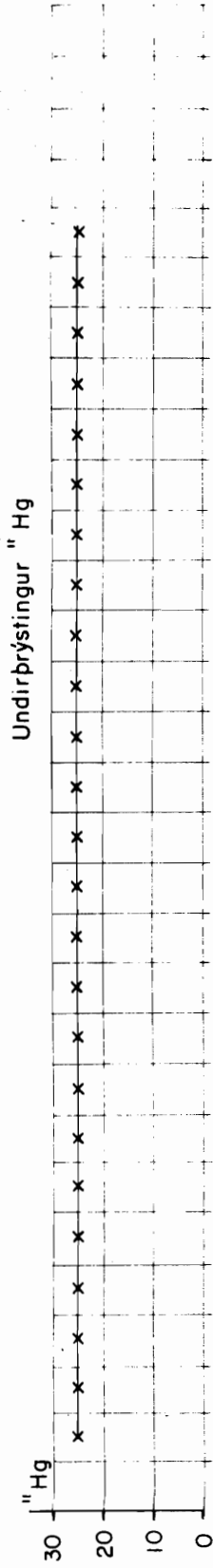




Samband kolsýruinnihalds og hitastigs í upphituðu fersku vatni við beina innspýtingu gufu (4.2 ata) frá aðalskilju og forhitun í 31–37°C með gufu (0.14 ata) á eimsvala.

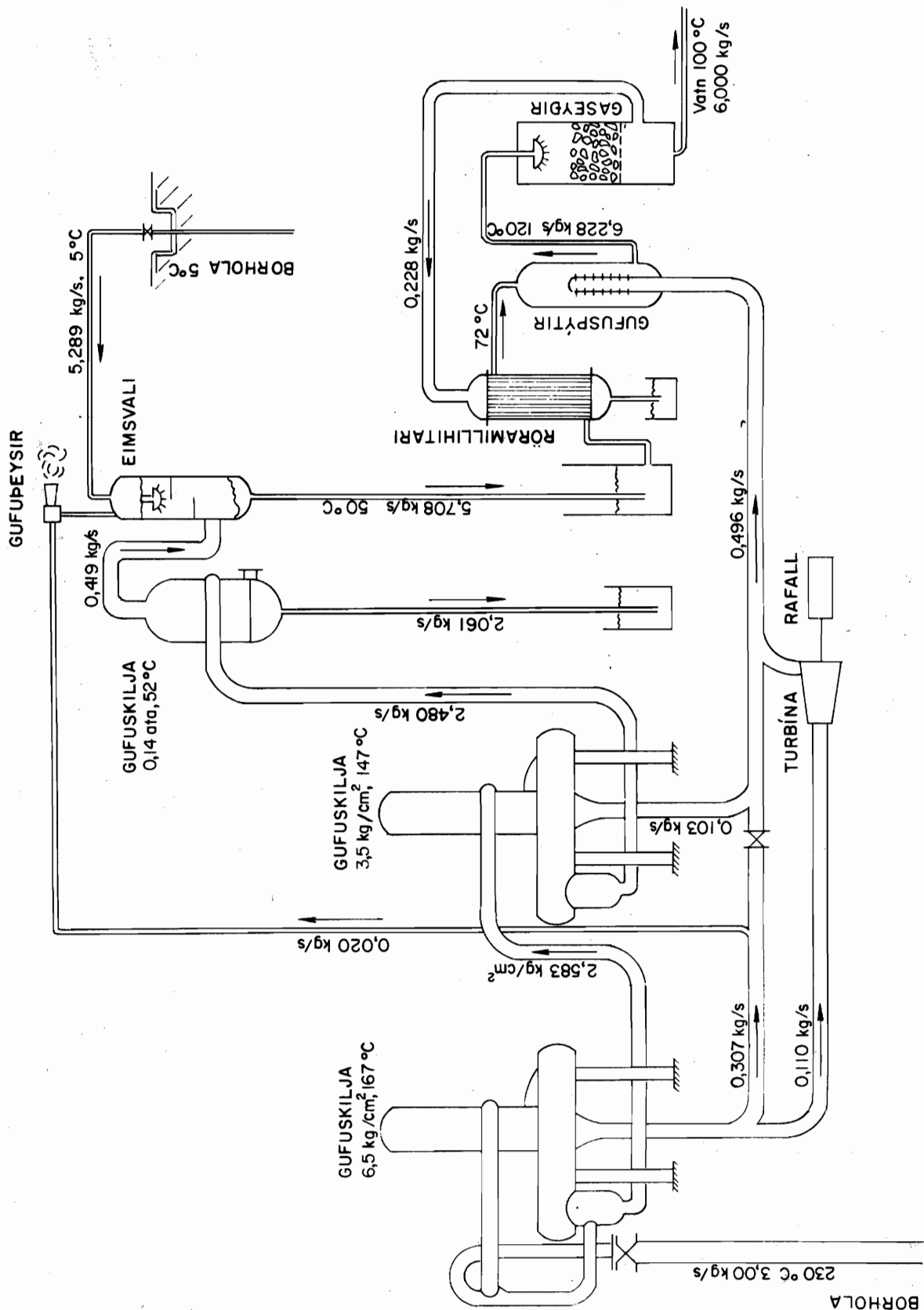
Sveiflur á CO<sub>2</sub> frá degi til dags eru taldar stafa af breytingu á CO<sub>2</sub> innihaldi djúpvatnsins.



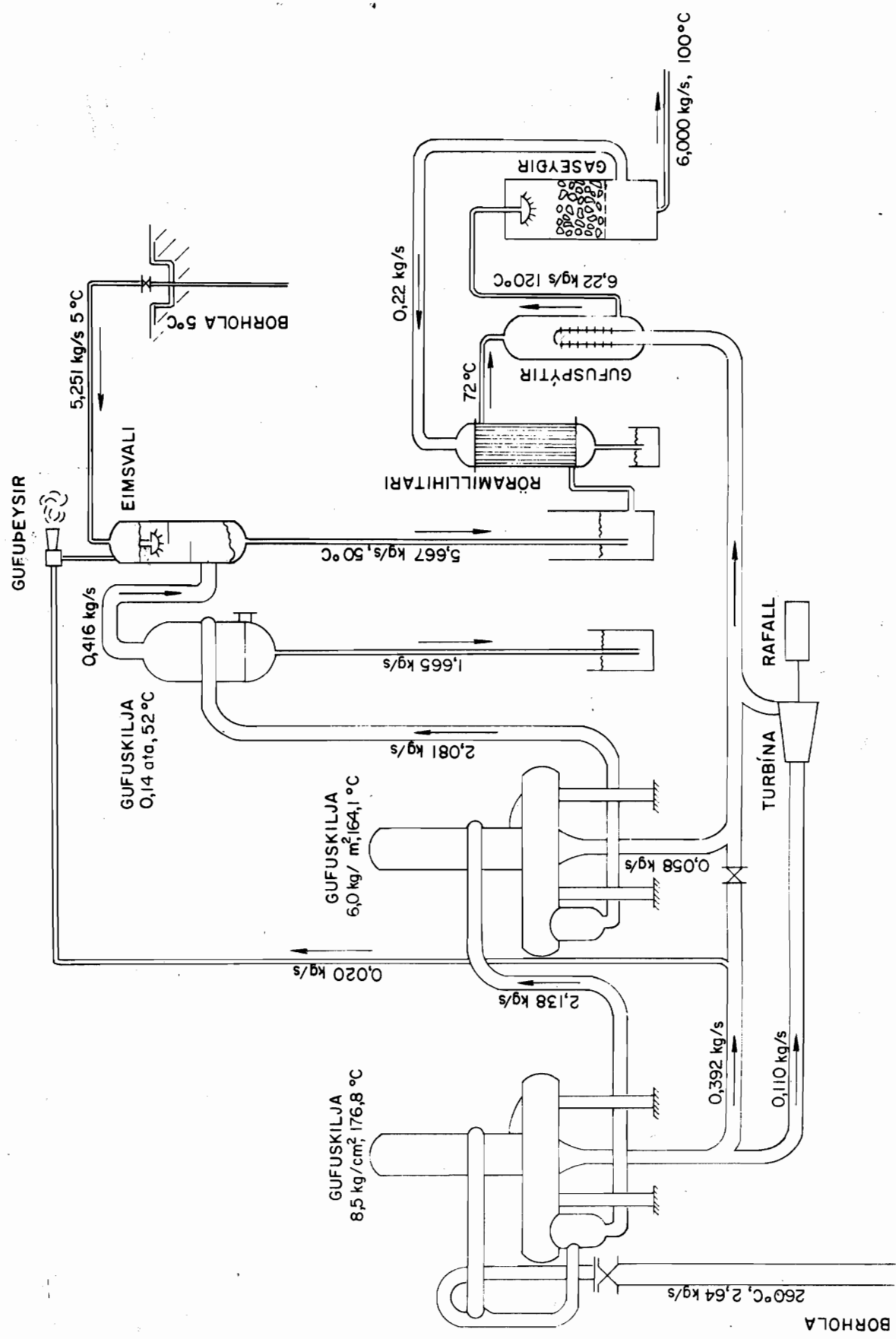




Tillaga I

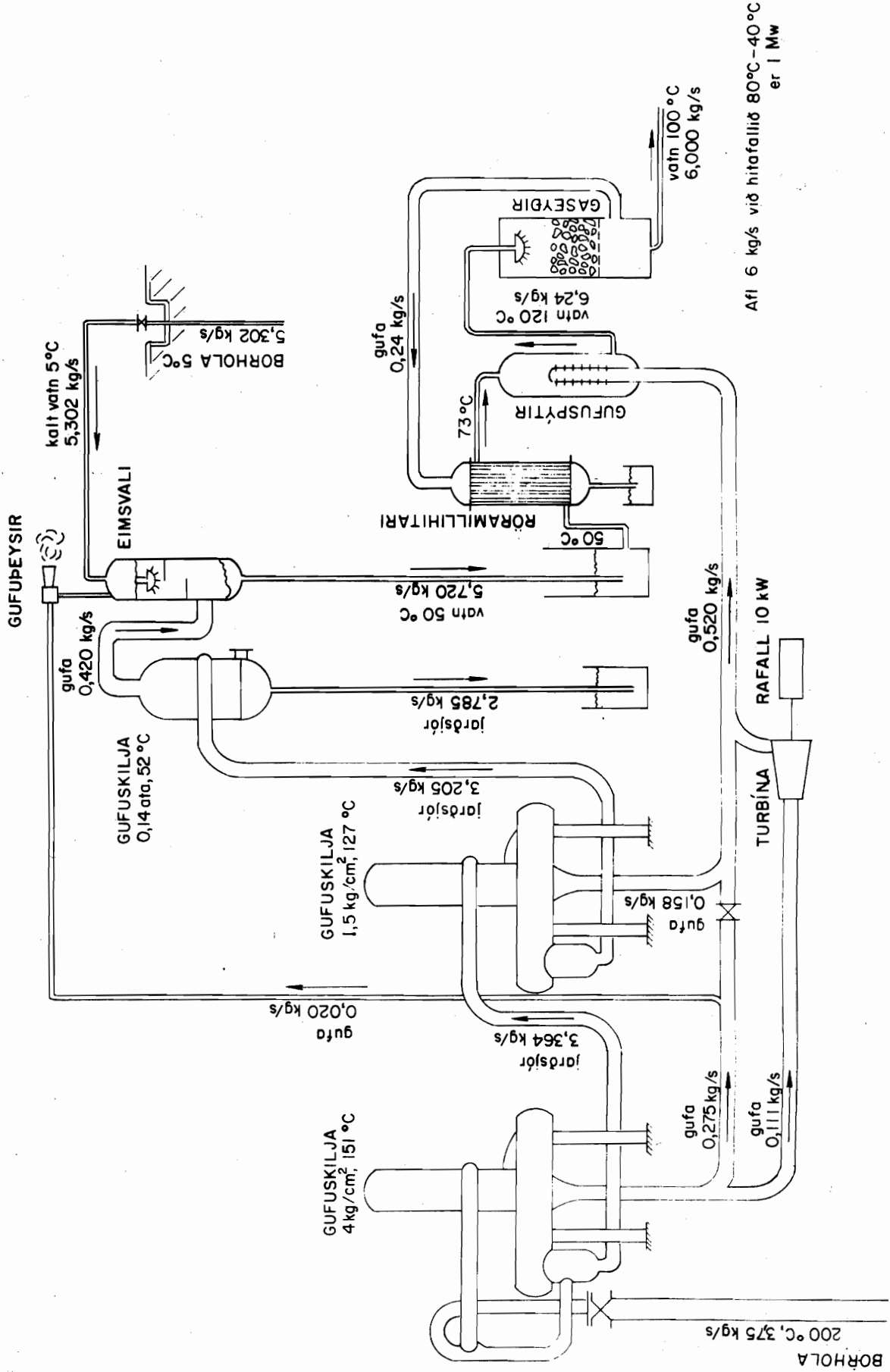


Tillaga 2



SVARTSENGI  
Fyrirkomulag varmaskiftstöðvar

Tillaga 3



Afl 6 kg/s við hitafallið 80°C-40°C er 1 Mw