



**ORKUSTOFNUN**

**Mæling gufuæða fyrir Hitaveitu Suðurnesja**

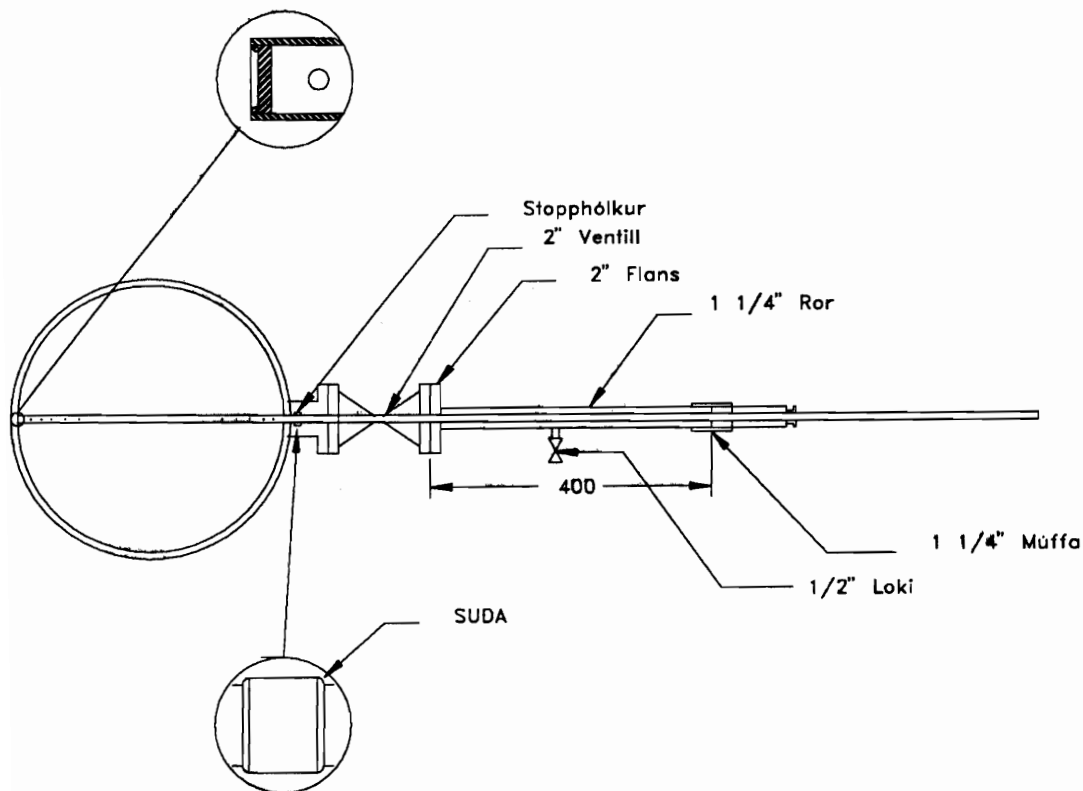
**Jón Örn Bjarnason,  
Sæþór L. Jónsson**

**Greinargerð JÖB-SLJ-93-01**

## MÆLING GUFUGÆÐA FYRIR HITAVEITU SUÐURNESJA Á REYKJANESI

### 1 Inngangur

Yfirleitt er sá aðili sem notar gufu hinn sami og sá sem framleiðir hana. Þetta á þó ekki við á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi, þar sem Hitaveita Suðurnesja framleiðir gufu, en Íslenska Saltfélagið notar gufuna í sinni framleiðslu. Hér er því um að ræða viðskipti með gufu milli óskyldra aðila, og þess vegna nauðsynlegt að menn komi sér saman um aðferð til að meta gæði hennar. Löng hefð er fyrir því í raforkuiðnaði erlendis að meta gæði gufu til gufuhverfla. Um mælingar gufugæða gilda staðlar, í Bretlandi B.S. 3285, [1], í Þýskalandi VDI 2043, [2], í Bandaríkjunum ASTM D 1066-68, [3]. Mjög er mismunandi eftir stöðlum hversu flóknir stútar eru notaðir til sýnatökunnar, en hér er valið að fylgja breska staðlinum B.S. 3285, þar eð hann er mjög aðgengilegur og stúturinn ódýr í smíðum.



Mynd 1. Ísóknéttiskur söfnunarstútur

Aðferðin sem notuð er kallast "ísókínétísk" sýnataka, en það þýðir að söfnunarhraðinn í götunum á söfnunarstútnum er sá sami og meðalhraðinn í pípunni sem sýnið er tekið úr (mynd 1). Reikna verður söfnunarhraðann út frá áætluðu streymi í gufupípunni. Þá eru götin á sýnatökustútnum staðsett eftir eftirfarandi formúlu [1, bls. 11].

$$r_n = R * \sqrt{(2N_a - 1)/N_p}$$

þar sem

$r_n$  = fjarlægð frá pípumíðju

$R$  = radíus rörsins að innan

$N_a$  = númer gatsins, frá miðju röri talið

$N_p$  = fjöldi gata á sýnatökustútnum

Ísókinétíski stúturinn var smíðaður sérstaklega fyrir þessa sýnatöku.

## 2 Sýnataka

Að beiðni Hitaveitu Suðurnesja voru tekin tvö sýni til greiningar þann 29. október 1992. Annað var tekið með ísókinétískri aðferð, úr þar til gerðum stút á Ø 500 mm gufulögn rétt framan við aðalvarmaskipta saltverksmiðjunnar, við göngubrú sem liggur yfir gufulagnirnar. Hitt var þéttivatnssýni, sem tekið var úr botni varmaskiptanna.

Vegna mikillar saltmengunar í næsta nágrenni verksmiðjunnar verður að gæta ýtrustu varkárni til þess að forðast mengun við sýnatöku. Niðurstöður greininga benda eindregið til þess að sýnatakan hafi heppnast vel.

Þrýstingur á toppi holu 9 reyndist 29,5 bar-g, en þvermál blendu við holutoppinn 109 mm. Rennli í pípunni var reiknað út frá þessum stærðum og reyndist 22 kg/s. Sýnatökuhraði var reiknaður út frá hlutfalli flatarmáls gufupípunnar og flatarmáls gatanna á ísókinétíska stútnum og var um 116 ml/mín.

## 3 Niðurstöður

Niðurstöður efnagreininga á sýnum þeim sem tekin voru úr gufulögninni og varmaskiptinum eru skráðar í töflu 1. Í sýnunum reyndist lítið af uppleystum steinefnum, eins og sjá má. Til samanburðar er efnasamsetning skiljuvökva við 10 bar-g einnig sýnd í töflunni, en þessi samsetning er reiknuð út frá sýni sem tekið var úr holu 9 þann 22. janúar 1992.

Tafla 1. Efnasamsetning gufu og þéttivatns á Reykjanesi.

Styrkur efna í mg/kg.

Sýni nr.	92-0261	92-0262	92-0017
Dags.	92-10-29	92-10-29	92-01-22
Staður	Gufulögn	Varmaskiptir	Skilja
Sýrustig, pH/°C	4.42/21.8	5.55/21.8	6.09/184.
Leiðni $\mu\text{S}/\text{cm} / ^\circ\text{C}$	38.3/25.	26.4/25	–
Koldíoxíð ( $\text{CO}_2$ )	1033	76.5	14.7
Brennisteinsvetni ( $\text{H}_2\text{S}$ )	75.8	3.7	1
Kísill ( $\text{SiO}_2$ )	0.6	0.5	869
Natríum (Na)	0.05	0.12	12587
Kalíum (K)	0.02	0.03	1905
Magnesium (Mg)	0.008	0.016	1.16
Kalsíum (Ca)	0.07	0.37	2263
Klóríð (Cl)	1.04	0.99	25030
Súlfat ( $\text{SO}_4$ )	0.24	0.38	36.4
Járn (Fe)	0.45	0.08	0.47
Uppl. efni	3	3	45120

Hér tákna *uppl. efni* heildarmagn uppleystra efna í þéttivatninu, ákvarðað með þurreimingu.

Heildarstyrkur gass í gufu var ákvarðaður og reyndist hann nálægt 3800 mg/kg, eða 0,38% massa.

Tvennt er það í þessum niðurstöðum sem vekur athygli. Í fyrsta lagi hve mikið járn er í sýnunum, einkum sýninu úr gufulögninni. Grunur leikur á að þetta járn sé úr sýnatökustútnum komið, enda er sýrustig þéttivatnsins lágt; en stúturinn varð svartur. Í öðru lagi er eftirtektarvert að hlutföll annarra steinefna eru alls ekki þau sömu í gufunni (þéttivatninu) og í jarðsjónum. T.d. má nefna að styrkur natríums í gufulögninni er aðeins 4 milljónustu hlutar af styrk í skiljuvatninu, en fyrir kísil er hlutfallið 690 milljónustu og fyrir magnesíum 6500 milljónustu. Haldbær skýring á þessum mun er ekki fyrir hendi sem stendur.

Hingað til hefur natríum oftast verið notað sem mælikvarði á skiljunýtni, en af ofangreindu sést að sá mælikvarði er ekki einhlítur. Engu að síður sést að skiljunýtnin er harla góð; meðburður er aðeins 0,0066% sé miðað við heildarmagn uppleystra steinefna, 0,0042% sé miðað við klóríð, en 0,0004% sé miðað við natríum.

Úr gufulögninni var einnig tekið sérstakt sýni af gasi til þess að greina fleiri þætti. Niðurstöður þessarar greiningar eru sýndar í töflu 2. Súrefni og argon voru greind sameiginlega, en fullyrða má að um mengun væri að ræða ef súrefni myndist, því styrkur þess í jarðhitagasi er hverfandi.

*Tafla 2. Efnasamsetning gass á Reykjanesi.  
Hundraðshlutar rúmmáls.*

Sýni nr.	Dags.	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> + Ar	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
92-0261	92-10-29	96.51	2.66	0.17	0.05	0.59	0.02

Samsetningin er dæmigerð fyrir gas á Reykjanesi.

Jón Örn Bjarnason

Sæþór L. Jónsson

### Heimildir

- [1] B.S. 3285:1960. *Methods of Sampling Superheated Steam from Steam Generating Units*. British Standards Institution, 1960.
- [2] VDI 2043. *Measurements of Steam Wetness Fraction*. Verein Deutscher Ingenieure, 1980.
- [3] ASTM D 1066 – 68 T. *Tentative Method of Sampling Steam*. American Society for Testing and Materials, 1968.

## English Abstract

The purity of geothermal steam feeding the salt extraction plant at Reykjanes was determined on October 29, 1992 by the National Energy Authority, at the request of the Sudurnes Regional Heating Co.

The steam wetness (weight % water in the total mass flow of saturated steam) was determined by chemical analysis of the condensed steam. Since the mineral content of the geothermal brine, which constitutes the major part of the flow from the well, is high, any droplet or mist carry-over in the steam separator will show up as an increase in the mineral content of the steam condensate.

A steam sample was drawn from a 500 mm pipeline half-way between the steam separator and the salt plant. In order to obtain a representative sample, this was done by means of an "iso-kinetic probe", according to British Standard 3285. A sample of the total condensate from the heat exchangers was analyzed for comparison, since it is well known that droplets may cling to the pipe surface and will thus not be collected by the sampling probe.

The results of the chemical analyses are shown in Table 1. The steam pipe results are given in the first column, "Gufulögn", and the heat exchanger condensate results in the second column, "Varmaskiptir". The third column gives the composition of the brine phase in the separator at 11 bar absolute.

The results show that the steam is remarkably pure, containing only 3 mg/kg of dissolved solids (Table 1). The calculated steam wetness is thus 0.0066% based on total dissolved solids (TDS), 0.0042% based on the chloride (Cl) determination, and 0.0004% based on the sodium (Na) analysis. The discrepancy between the different chemical constituents has yet to be explained, but a similar discrepancy has been observed in the Svartsengi geothermal field. In any case, the steam separation efficiency appears to be about 99.994%, which is considered good in the geothermal industry.

The non-condensable gas concentration in the steam is 0.38% by weight, mostly carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). Table 2 gives the volume percentages of the various gas components.