

VETNISORKUSTÖÐ

**ORKUSTÖÐ SEM BYGGIR Á JARHITAORKU,
RAFGREININGU MEÐ VARMARAFMAGNI,
NOTKUN MÁLMHÝDRÍÐA TIL VETNISGEYMSLU OG
STJÓRNUN GEYMSLUNNAR MEÐ VARMASTÝRINGU**

*Þorsteinn I. Sigfússon
Skýrsla til Orkusjóðs, mars 2004*

1. Inngangur

Skýrsla sú er hér birtist er lokaskýrsla Þorsteins I. Sigfússonar prófessors til Orkusjóðs vegna byggingar orkustöðvar til þess að vinna raforku úr jarðhitavatni, rafgreina með henni vatn og geyma vetnið sem þá verður til á formi málmhýdríða. Stjórnun orkugeymslunnar og losun vetnisins úr viðjum hýdríðsins er síðan framkvæmd með notkun jarðhita.

Í upprunalegri greinargerð ÞIS til Orkusjóðs var eftirfarandi ráðgert:

“Umsóknin til Orkusjóðs felur í sér að byggja orkustöð sem vinnur raforku úr heitu vatni, jarðhita eða hvers kyns afgangsvarma. Raforkuna notar stöðin til þess að rafgreina vatn og vinna vetni. Vetnið er síðan unnt að geyma á formi málmhýdríða. Í hugmyndinni eru valin hýdríð sem hafa losunarhitastig nálægt hita jarðhitavatns á bilinu 75-95C. Við festingu vetnis í hýdríðinu er nauðsynlegt að kæla geymsluna með 5-20C heitu vatni. Þegar síðan óskar er eftir notkun raforku frá kerfinu má virkja hana með einföldum efnarafala. Umsóknin felur í sér að smíða frumgerð sem ekki á sinn líkan í heiminum”

Í ársbyrjun 2004 hafði þegar tekist að smíða varmarafala til þess að vinna raforkuna úr lághita jarðhitavatni, framkvæma rafgreiningu með PEM rafgreini, geyma vetnið sem þannig fékkst með Lanthanum Pentahýdríð geymslu og losa vetnið úr hýdríðinu með notkun jarðhitavatns.

Þannig tókst að uppfylla öll þau áform sem sótt var um styrk til og smíða frumgerðir af öllum tækjunum. Skal nú vikið að þeim, en megináherslan lögð á vetnisgeymsluna.

Þær tvær gerðir varmaskipta sem smíðaðar voru eru sýndar á myndum 3 og 4 að neðan.



Mynd 3. Varmaskiptir úr stáli. Rafafli varmarafala getur verið á bilinu 30 til um 300 wött eftir fjölda laga í varmaskiptinum.



Mynd 4. Varmaskiptir úr áli. Rafafli varmarafala í þessu tilviki er aðeins nokkur wött, en unnt er að auka það með fleiri lögum.

3. Vetnisframleiðslan.

Ólíkt raforkuframleiðslunni var vetnisframleiðslan í verkefninu framkvæmd með þekktri tækni, PEM rafgreiningarhimnu frá DuPont. Himnan er sýnd á afstöðumyndinni að neðan þar sem sýnd er vetnisframleiðsla með rafmagni úr varmarafala úr stáli..



Mynd 5. Örin sýnir PEM rafgreiningarhimnu sem vinnur vetni úr varmarafmagni með jarðhitavatni.

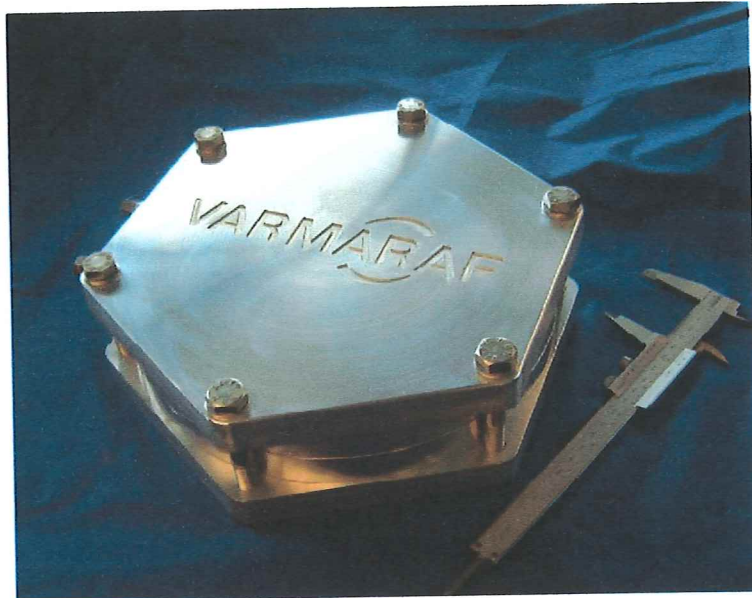
4. Vetnisgeymslan.

Meginhluti verkefnisins fólst í að smíða tæki sem geymt getur vetnið á formi málmhýdríðs. Samvinna um þetta verk var við Japan Steel Works sem lagt hafa til hýdríð til notkunar í geymslunni. Málmhýdríð sem notað var er $MmNiAl$ blanda með um 1,3% geymslurým.

Gerðar voru nokkrar frumgerðir af einföldum geymslum. Sú fullkonnasta er sýnd á mynd 6 en hún felur í sér að notað er samtímis málmhýdríð og varmarafmagn. Tæknilegar niðurstöður þeirra athuganna sem gerðar voru eru þær að bæta megi geymslurým málmhýdríða með Varmarafmagnstækni um allt að 20% miðað við rúmmál málmhýdríðanna. Sú lausn sem skoðuð var til að ná þessu fram hafði í för með sér aukið rúmmál á þeim búnaði sem fylgir geymslunni. Þessi rúmmálsaukning er á bilinu 18% - 45%. Þessi niðurstaða benti til þess að ávinningurinn af notkun varmarafmagns í sambandi við hýdríðið varð ekki eins mikill og vonast var til. Sú raforka sem fer í að ná þessari auknu geymslurým er um 8,5..12% af orkuinnihaldi vetnisins sem er neikvætt fyrir þessa aðferð.

Áætluð kostnaðaraukning er of dýr til að borga sig miðað við að stækka geymsluna. Varmarafmagnið býður hinsvegar upp á aukið svið á þeim vinnuþrýsting sem geymslan er keyrð á. Þetta getur haft ýmsa kosti í för með sér en þá er ekki hægt að

meta án þess að skoða heildarbúnaðinn, vetnisnotendur / vetnisframleiðendur sem tengdir eru við geymsluna.



Mynd 6. Vetnisgeymsla fyrir málmhýdrið sem smíðuð var af Varmarafi ehf.

5. Efnarafali

Notaður var efnarafali frá Heliocentris þar sem hægt er að mæla orkuústreymi úr málmhýdriðkerfinu. Þessi efnarafali var keyptur sérstaklega fyrir verkefnið og mun nýtast í mörgum öðrum tilvikum.

6. Niðurstöður í samantekt.

Verkefnið hefur í heild sinni leitt til margvíslegra landvinninga á sviði vetnistækni og að mörgu leyti uppfyllt fremstu vonir er við það voru í upphafi bundnar. Það hefur tekið lengri tíma en ætlað var í fyrstu - en hefur þó skilað þeim frumgerðum sem stefnt var að því að byggja og er það mjög ánægjuleg staðreynd nú við lok verkefnins.

Skulu nú upp taldar nokkrar markverðar niðurstöður:

- 6.1. Fyrsta notkun varmarafmagns til vetnisframleiðslu í heiminum.
- 6.2. Fyrsta vetnisframleiðsla úr jarðhitavatni með varmaorku jarðhitavatsins sjálfs.
- 6.3. Fyrsta dæmi um samspil jarðhita og vetnisgeymslu og fyrsta tæki í heimi sem notar jarðhita til stýringar vetnisgeymslu.

IFE Orkustofnunin í Kjeller í Noregi hefur nú fengið varmarafala og sett inn í orkukerfi sitt í sambandi við post-doc verkefni þar sem Þorsteinn I. Sigfússon tengist. Þá hefur vetnisgeymsla Varmarafs verið tekin inn í vetniskerfi í IFE og er þar nú tengd rannsóknnum í alþjóðlegu vetnisverkefni.

7. Þakkarorð.

Undirritaður vill færa Orkusjóði alveg sérstakar þakkir fyrir stuðninginn sem sjóðurinn hefur veitt þessu sérstaka verkefni. Án þessa stuðnings hefði ekki tekist að fullgera þær frumgerðir sem gerðar hafa verið. Með þessum stuðningi hefur orðið til áherslusvið sem gjarnan er nefnt "geothermal hydrogen" sem vakið hefur mikla athygli víða um heim. Þá hefur orðið til vetnistrannsóknastofa sem staðsett er í sérbúinni aðstöðu að Keldnaholti í Reykjavík. Með þessum orðum er Orkusjóði þakkaður stuðningurinn og þær óskir settar fram að sjóðurinn megi áfram efla nýsköpun á sviði vistvænna orkugjafa á Íslandi.

8. Helstu tilvitnanir

T.I Sigfusson

Invited Workshop plenary: "Alternative power solutions in Iceland", Alternative Power Solutions for Stationary Applications Workshop, Munich, 18.02.03

T.I.Sigfusson

Invited Plenary Presentation: "Hydrogen Implementation in Iceland: Some Lessons from a University Spin-Off Project", Global Climate and Energy Project Workshop, Stanford University, 14.04.03.

T.I.Sigfusson

Conference plenary: "Hydrogen Possibilities and Spin-Offs in Iceland", Hydrogen to The Public Conference, Icelandic New Energy, Reykjavik 25.04.03.

Hallmar Halldorsson

"Geothermal Hydrogen in Iceland", a meeting at IFE Norway, okt 2003.

T.I.Sigfusson

Plenary presentation: "Thermally managed hydrogen storage", NORSTORE opening seminar, University of St. Petersburg, Russia, 4.04.03.

T.I.Sigfusson, Bragi Árnason, Árni Geirsson and Bjarni Hafsteinsson

"Geothermal Hydrogen", European Hydrogen Energy Conference, Grenoble, France, 05.09.03. Published in Proceedings.

Hallmar Halldórs, Birgir Þór Birgisson, Hjalti Þór Pálmason, Björn Sighvatsson, Arngrímur Einarsson, Ingi Þór Finsson

“Varmakljúfur”, Lokaskýrsla í Verkefnastjórnun við Háskóla Íslands 5.11.2003

Sean Kilgrow, Bjarni Hafsteinsson, Arni Geirsson and Thorsteinn I. Sigfusson:
"Harnessing of Low Temperature Geothermal and Waste Heat Using Power Chips™
in Varmaraf Heat Exchangers", Multiple Integrated Use of Geothermal Resources
Conference, IGC, Iceland, Sept 15th-17th 2003, Published in Proceedings.

Stefnt er að því í boðserindi á Alþjóðaráðstefnunni í Yokohama í Japan nú í sumar að greina frá niðurstöðum þessa verkefnis í boðserindi Þorsteins I. Sigfússonar prófessors á ráðstefnunni og samvinnuaðilinn Japan Steel Works mun væntanlega greina frá verkefninu í sýningarástöðu sinni á svæðinu.



Orkusjóður 2.000.000
Orkusjóður 2.000.000
Orkusjóður síðasta greiðsla ógreitt 2.000.000
Alls 6.000.000

1.11.2002
17.2.2003

ÚTGJÖLD

Skv. bókhaldi HÍ

Vörur til hita og vatnslagna 11.172
Raflagnæfni 3.785
Helioentris mælikerfi 476.065
Flugflutningar 126.219
Varmaraf-varmarafalar 196.710
" 152.669
Verkfræðistofan Vista hugb. 99.846
Málmhýdríð frá JSW 750.000
Tæknivinna Varmaraf 600.000
Tæknivinna Varmaraf 2.416.466
Alls

1.10.2002
25.9.2002
10.12.2000
4.12.2002
30.7.2002
20.1.2004
17.1.2003
19.3.2003
23.1.2004

Vinna summarstúdentanna
Christian J. Quintan

80.000

Vinna verkfræðinga
annarra en ÞIS 2003 og 2004

2.555.000

Ferðakostnaður

17.2.2003

135.710

Hlutur í yfirvinnu ÞIS allt tímabilið

812.824

Kostnaður alls

6.000.000