



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

# BENSÍN, METANÓL, VETNI, KOLÍA & GRÓMUN

Ferð til Bandaríkjanna í ágúst 1979

Jón Steinar Guðmundsson, Orkustofnun  
Runólfur Þórðarson, Áburðarverksmiðju ríkisins

OS79048/JHD24

Reykjavík, desember 1979

# **BENSÍN, METANÓL, VETNI, KOLÍA & GRÓMUN**

**Ferð til Bandaríkjanna í ágúst 1979**

**Jón Steinar Guðmundsson, Orkustofnun  
Runólfur Þórðarson, Áburðarverksmiðju ríkisins**

**OS79048/JHD24**

**Reykjavík, desember 1979**

FORMÁLI

Í meðfylgjandi ferðaskýrslu greinir frá heimsókn höfunda til fyrirtækja og stofnana í Bandaríkjunum, sem m.a. starfa að málefnum er varða ný brennsluefni, og ferð annars okkar (JSG) á alþjóðlegan fund um útfellingar og grómun.

Á Orkustofnun er starfandi vinnuhópur um "vetni og ný brennsluefni", sem hefur það verkefni að meta möguleika til eldsneytisframleiðslu á Íslandi. Tilgangur ferðarinnar var því m.a. að fá frekari upplýsingar um mál er varða verkefni vinnuhópsins, en einnig til að kynna nýjum aðferðum við vetnisframleiðslu, sem Áburðarverksmiðja ríkisins gæti hugsanlega notað á næstu árum. Í þeim heimsóknum, sem ferðaskýrslan greinir frá, var fjallað um framleiðslu og geymslu vetnis, bensínframleiðslu úr metanóli, og framleiðslu olíu úr kolum (kolía).

Útfellingar og grómun (fouling) snerta fjölmarga þætti jarðhitánýtingar. Full ástæða er því til að fylgjast náið með framþróun þessara mála, t.d. með því að sækja alþjóðlega fundi.

Til að gera þær upplýsingar, sem aflað var í ferðalaginu til Bandaríkjanna aðgengilegar, var ákveðið að skrifa þessa skýrslu. Frekari upplýsingar er að fá í þeim gögnum, sem getið er í hinum ýmsu köflum, en þau eru í vörslu höfunda.

JSG & RD



EFNISYFIRLIT

	Bls.
FORMÁLI	3
1 ALÞJÓÐLEG RÁÐSTEFNA UM GRÓMUN	
TROY, NEW YORK, 13.-17. ÁGÚST 1979	7
1.1 Ráðstefnan	7
1.2 Erindin	7
1.3 Annað	8
2 MOBIL RESEARCH & DEVELOPMENT CORPORATION	
NEW YORK, 20. ÁGÚST 1979	9
2.1 Tilgangur og viðmælendur	9
2.2 Hvatinn er lykillinn	9
2.3 Efnahvarfínn	9
2.4 Bara bensín	10
2.5 Kostnaðartölur	10
2.6 Nýja Sjáland	10
2.7 Kolavökvar	11
2.8 Verkfræðifyrirtæki	11
2.9 Skýrslur	11
3 BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY	
UPTON, NEW YORK, 21. ÁGÚST 1979	12
3.1 Staðurinn og mennirnir	12
3.2 Hvers vegna kosta Bandaríkjamenn rannsóknir á SPE-tækninni?	12
3.3 Vetnisgeymsla í málmsamböndum	13
3.4 Geymsla H <sub>2</sub> með smákúlum	14
3.5 Það sem O'Hare hafði að segja	14
3.6 Jarðhitamál	15
3.7 Kolavökvar	16
3.8 Skýrslur o.fl.	16

4	GENERAL ELECTRIC COMPANY	
	WILMINGTON, MASS., 22. ÁGÚST 1979	19
4.1	Viðmælendur og fyrirtæki	19
4.2	Starfssvið DECP-deildarinnar	19
4.3	Fjöldaframleiðsla SPE-tækja	20
4.4	SPE-rafgreinir	20
4.5	Skýrslur	
5	EXXON RESEARCH & ENGINEERING COMPANY	
	FLORHAM PARK, NJ, 28. ÁGÚST 1979	22
5.1	Viðmælendur	
5.2	EDS-aðferðin	22
5.3	Nokkrar tölur	23
5.4	Niðurstöður	23
5.5	Skýrslur & greinar	23

1 ALÞJÓÐLEG RÁÐSTEFNA UM GRÓMUN

---

TROY, NEW YORK, 13.-17. ÁGÚST 1979

---

1.1 Ráðstefnan

Þessi ráðstefna (International Conference on the Fouling of Heat Transfer Equipment) var sú fyrsta sinnar tegundar og fjallaði einungis um útfellingar og grómun. Um 100 manns frá 10 þjóðlöndum sátu ráðstefnuna.

Ráðstefnan var skipulögð þannig, að flutt voru ítarleg yfirlits-erindi um helstu flokka eða tegundir grómunar (solubility, particulate, reaction, biological and corrosion fouling), og síðan stutt erindi um einstök rannsóknaverkefni. Auk þess störfuðu umræðuhópar um ofangreindar grómunartegundir.

1.2 Erindin

Eftirfarandi yfirlitserindi voru flutt á ráðstefnunni:

1. N. Epstein, Fouling: Technical Aspects.
2. J.G. Knudsen, Experimental Methods in the Fouling of Heat Transfer Surfaces.
3. D.H. Lister, Corrosion Fouling.
4. T.R. Bott, Fouling Due to Liquid Solidification.
5. W.G. Characklis, Microbial Fouling.
6. J.S. Gudmundsson, Particulate Fouling.
7. G.F. Froment, Chemical Reaction Fouling Due to Petroleum and Petrochemical Feedstocks.
8. D.B. Lund, Chemical Reaction Fouling Due to Foodstuffs.
9. D. Hasson, Precipitation Fouling.
10. W.L. Van Nostrand og J. Haluska, Economic Aspects of Fouling.

Flutt voru 20 stutt erindi en þau voru ekki lögð fram í prentuðu formi. Ráðgert er að öll erindin og umræðurnar verði gefin út í byrjun næsta árs. Hemisphere Publications Inc. sér um það mál.

### 1.3 Annað

1. Rætt var um varmadælur við Dr. H. Burton frá National Institute for Research in Dairying í Englandi. Sagði hann frá dælum sem verið er að setja upp og nýta 40-50°C vatn til upphitunar eins og verið er að hugsa um við nýtingu jarðhita. Frekari upplýsinga er að vænta.
2. Rætt við Mr. N.L. Van Nostrand frá Exxon. Hann sagði frá rannsóknum Exxon á framleiðslu kolavökva o.fl. Vegna áhuga okkar fyrir nýjum eldsneytistegundum skipulagði Van Nostrand heimsókn til Exxon, eins og greint er frá í kafla 5.



2 MOBIL RESEARCH & DEVELOPMENT CORPORATION

---

NEW YORK, 20. ÁGÚST 1979

2.1 Tilgangur og viðmælendur

Tilgangurinn með því að heimsækja Mobil var sá að kynna aðferð þeirra til að framleiða bensín úr metanóli. Aðallega var rætt við Mr. F.J. Krambeck, "Manager Systems Research", en einnig við Mr. A.J. Silvestri, "Manager Planning Coordination", sem skipulagði þessa heimsókn.

2.2 Hvatinn er lykillinn

Við framleiðslu bensíns úr metanóli notar Mobil sérstakan hvata, sem þeir kalla ZSM-5. Hvatinn hefur verið notaður með góðum árangri í olíuiðnaði við: "xylene isomerization, distillate dewaxing, ethylbenzene production, toluene disproportionation". Það var fyrir tilviljun að það uppgötvaðist að ZSM-5 væri heppilegur við bensínframleiðslu úr metanóli. Mobil-menn eru sannfærðir um notagildi þessa hvata. Í dag er ZSM-5 notaður í 14 "isomerization"- og 7 öðrum verksmiðjum, ásamt tilraunaverksmiðju Mobil. Helstu kostir ZSM-5 felast í því hvað hann heldur virkni sinni lengi. Við bensínframleiðsluna þarf að skipta um hvata árlega og endurnýja virknina mánaðarlega.

2.3 Efnahvarfinn

Metanólið breytist í bensín í hvarfa (reactor) við 700-800°F og 150 psi. Frá hvarfanum kemur 80% bensín, annað er gas og tjörur. Metanólið streymir yfir ZSM-5 hvatann í hvarfanum og verður að bensíni. Þessa hvarfa má byggja með ýmsu móti: "adiabatic fixed bed reactor (AFBR), tubular reactor (TR), fluid bed reactor (FBR)". Þeir hjá Mobil eru búnir að fullprófa AFBR og geta fullhannað slíka hvarfa í dag. TR er verið að þróa með Lurgi, en FBR er enn á tilraunastigi.

#### 2.4 Bara bensín

Enn sem komið er, er einungis hægt að framleiða bensín með Mobil-aðferðinni. Bensínið er há-octan. Þessi tækni er til í dag. Fræðilega séð á ekkert að vera því til fyrirstöðu að framleiða gasolíu (distillate) með svipaðri tækni. Þetta mál er í athugun hjá Mobil og er enn á tilraunastigi. Hugmyndin er sú að nota sama hvata (ZSM-5) við annað hitastig og þrýsting. Það er spurning hver sé virkni hvatans við þessar nýju aðstæður.

#### 2.5 Kostnaðartölur

Nýjar kostnaðartölur (1979) sýna að bensínið kostar 122 cent/gallon sé miðað við 28.000 T/D af Wyoming kolum og 10.000 B/D af bensínframleiðslu. Reiknað var með 12% DCF (discounted cash flow). Sambærilegur bensínkostnaður með Fischer-Tropsch (F-T) aðferðinni reiknast 180 cent/gallon. Talað var um að Mobil aðferðin og F-T (eins og í Suður-Afríku) hefðu svipaða varmanýtni. Hinsvegar þarf umfangsmeiri eftirvinnslu á framleiðslu F-T aðferðinni þar sem bensínprósentan er miklu lægri.

#### 2.6 Nýja Sjáland

Fyrirspurnir hafa borist frá N.S. varðandi Mobil-aðferðina. Nýsjálandingar eru að velta fyrir sér metanólframleiðslu úr jarðgasi, sem síðan mætti breyta í bensín. Þessa stundina er verið að vinna í þessu máli. Mobil er/ætlar að gera N.S. tilboð um 50.000 B/D bensínverksmiðju sem fullnægði 50% af þeirra þörfum. Á N.S. er auk þess verið að kanna notkun metanóls í bensín (blöndun).

## 2.7 Kolavökvar

Mobil tekur þátt í tilraunum Hydrocarbon Research Inc. á H-Coal, en það er framleiðsla fljótandi kolavökva (eldsneytis) úr kolum. Sú tilraunaverksmiðja hefur ekki hafið starfrækslu ennþá, en mikillar "hreinsunar" þarf við til að kolavökvinn geti orðið nothæfur í efna-  
iðnaði og/eða sem eldsneyti.

## 2.8 Verkfræðifyrirtæki

Bent var á að fyrirtækið Davy Powergas hannar og framleiðir metanól-  
verksmiðjur sem byggja á ICI-aðferðinni. Lurgi framleiðir einnig  
metanólverksmiðjur.

## 2.9 Skýrslur

"Development Studies on Conversion of Methanol and Related Oxygenates  
to Gasoline", Final Report FE 1773-25, S.E. Voltz, J.J. Wise o. fl.,  
Mobil Research and Development Corporation, nóvember 1976, Paulsboro,  
New Jersey.

3 BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY

UPTON, NEW YORK, 21. ÁGÚST 1979

3.1 Staðurinn og mennirnir

Brookhaven stjórnar stórum hluta verkefnis Department of Energy (DOE) um vetni. Þeir hafa umsjón með SPE (solid polymer electrolysis)-tækni General Electric og sjá um viðtækar rannsóknir á geymslu vetnis, þá sérstaklega sem hydríðs. Mikið af hydríðrannsóknum fer fram hjá Brookhaven.

Varðandi vetnismál þá var aðallega talað við Dr. F.J. Salzano og Mr. A. Mezzina. Mr. M.J. Rosso sýndi okkur svo þær rannsóknir sem er verið að gera á hydríðum. Auk þess var talað við Mr. T. O'Hare um mál er varða "synthetic fuels" og framleiðslu orkufrekra efnasambanda. Talað var við Dr. P.T. Fallon og Dr. M. Sasone um framleiðslu kolavökva. Brookhaven sér jafnframt um mál er varða jarðhita fyrir DOE. Talað var við Dr. L.E. Kukacka sem stjórnar verkefni DOE um efni (materials) við jarðhitanytingu. Þar má nefna tæringu málma, ný sement í borholur og nýja tegund röra sem þola heita, salta jarðhitavökva.

3.2 Hvers vegna kosta Bandaríkjamenn rannsóknir á SPE-tækninni?

Í dag eyða Bandaríkjamenn svo til öllu því fé sem þeir hafa til rannsókna á vetnisframleiðslu með rafgreiningu í SPE-tæknina. Á sama tíma eyða Evrópuþjóðirnar og Alþjóða orkumálastofnunin (IEA) öllu sínu fé til rannsókna á hefðbundnum aðferðum (eins og Áburðarverksmiðjan notar). Salzano útskýrði málið.

Þegar Brookhaven, fyrir hönd U.S. Department of Energy (DOE), fór þess á leit við fyrirtæki að þau tækju að sér rannsóknir á vetnisframleiðslu með rafgreiningu (í útboðslýsingu Brookhaven var alls ekki getið um hvaða aðferð ætti að nota við rafgreininguna) voru bara tvö fyrirtæki sem sýndu málinu áhuga, Teledyne (sem er efnarafaladeild Allis-Chalmers) og General Electric (GE), en engin erlend

buðu sig fram. Teledyne vildi mikla peninga (um 2M\$) til að rannsaka hefðbundna rafgreiningu (alkaline cells) en GE bauð fram nýja tækni sem byggði á efnarafalatækni þeirra og áttu rannsóknirnar að kosta um 1M\$. Þeir hjá Brookhaven voru hrifnir af þeim möguleikum sem SPE-tæknin býður upp á og kusu að verja fjármunum þar. Talið var ástæðulaust að leggja fé í hefðbundnar aðferðir þar sem aðrar þjóðir ynnu mikið og gagnlegt starf á því sviði. Bandaríkjamenn vilja njóta þeirra rannsókna sem aðrar þjóðir gera á "alkaline"-tækni (m.a. með þátttöku í IEA) en leggja hinsvegar áherslu á SPE, sem gæti komið öllum til góða. Í dag leggur Brookhaven 5-10 sinnum meira fé í SPE hjá GE en til Teledyne vegna "alkaline"-tækni. Brookhaven telur SPE-tæknina vera góða, en leggur áherslu á að betrumbætt "alkaline"-tækni geti verið jafn ákjósanleg. Það er því ekki vegna tækni- og/eða kostnaðarlega þátta sem SPE er í fyrirrúmi í USA, heldur eru ástæðurnar allt að því "sagnfræðilegar". Talað var um að í jan./feb. á næsta ári þurfi GE að leggja spilin á borðið varðandi stöðu SPE í dag og væntanlega þróun til þess að Brookhaven (eða DOE) haldi áfram að kosta rannsóknirnar.

### 3.3 Vetrnisgeymsla í málmsamböndum

Brookhaven stjórnar þeim rannsóknum DOE sem tengjast vetni á einhvern hátt. Einn þáttur þessara rannsókna er geymsla vetnis í málmsamböndum (hydrið). Hluti rannsókna fer fram hjá Brookhaven og hluti hjá Denver Research Institute. Allar þessar rannsóknir hafa sýnt að "hydrið" eru alls ekki hentug til staðbundinnar geymslu á vetni. Ástæðan er m.a. talin vera of hár kostnaður. Hinsvegar er ekki alveg eins ljóst um notkunarmöguleika málmsambanda til vetrnisgeymslu í farartækjum. Sumir segja (t.d. Mezzina) að notkun "hydriða" í farartækjum komi ekki til greina. Það var á þeim Brookhaven-mönnum að skilja að héðan í frá verði ekki miklu fé varið til rannsókna á málmsamböndum til vetrnisgeymslu.

Í þessu sambandi má minnst á þær rannsóknir sem Rosso er að gera á eiginleikum málmsambanda við staðbundna (bulk storage) geymslu vetnis. Hann stjórnar kostnaðarsömum tilraunum sem Brookhaven er að gera. Verið

er að byggja kerfi til að rannsaka eiginleika "iron-titanium" málm-sambanda. Vandamálið er þensla (expansion), lág varmaleiðni og mulningur (hydride embrittlement) sem leiða til þess að "hydriðin" endast ekki lengi og hafa óæskilega eiginleika í stórum kerfum. Rosso er að fást við útfærslu hugmynda (engineering design) sem líta betur út á pappír en í reynd. Rosso var ekki vongóður um notagildi málm-sambanda í framtíðinni en sagði að þetta væru hlutir sem yrði að prófa áður en hætt væri við þá. Í framhaldi af þessum döpru niðurstöðum um málm-sambönd er nú verið að prófa önnur kerfi til geymslu, og þá sérstaklega hvort blanda megi saman aðferðum, t.d. að nota "hydrið" í varmadælur.

### 3.4 Geymsla H<sub>2</sub> með smákúlum

Brookhaven-menn töluðu mikið um nýja aðferð til að geyma vetni; "microcavities". Þetta er t.d. 40  $\mu$ m sandur sem dregur í sig vetni (absorption) við 6000 psi þrýsting. Við andrúmsloftshita halda kúlurnar vetninu, en þegar þær eru hitaðar yfir 150°F þá losnar vetnið. Þessar rannsóknir eru enn á byrjunarstigi. Þessi aðferð virðist bjóða upp á marga athyglisverða möguleika á lægra verði en málm-sambönd gera.

### 3.5 Það sem O'Hare hafði að segja

O'Hare var yfirmaður verkfræðirannsóknadeildar Kellogg fyrirtækisins (mjög stórt verkfræðifyrirtæki, sem m.a. hannar og smíðar ammóníaks-verksmiðjur), en vinnur núna hjá Brookhaven.

Hann talaði um þann "kostnað" (peningar o.fl.) sem framleiðsla eldsneytis hefur í för með sér; umhverfismál og mengun og heilbrigðismál. O'Hare sagði að það eina sem Íslendingar ættu ekki að gera væri að flytja inn kol. Hann sagði að menn færu ekki út í eldsneytisframleiðslu úr kolum fyrr en fokið væri í öll skjól. Nýtnin er lág og það væri erfitt að búa til eldsneyti úr kolum, auk þess væri framleiðslan ekki sambærileg við það sem kemur frá núverandi olíuhreinsunarstöðvum.

Það sem Íslendingar eiga að gera er að flytja út orku. Þar má nefna ammóníak. Á bandaríska ammóníaksmarkaðinum og í norðurálfu var Norsk Hydro (N-H) helsti keppinautur Bandaríkjamanna. Árið 1961 framleiddi N-H t.d. ammóníak fyrir 60\$/tonn. Þá var heimsmarkaðsverðið 90-100 \$/tonn. Þegar jarðgas fór að segja meira til sín varð verðið 46 \$/tonn.

Með nýrri og stærri verksmiðjum (1000 tonnum/dag) og gasverði 0,18 \$/GJ kostaði ammóníakið 16-20 \$/tonn. Þá urðu N-H verksmiðjurnar úreltar því þær notast við rafgreiningu. Jarðgas kostar í dag 2-3 \$/GJ. Til þess að ammóníaksverksmiðjur séu samkeppnisfærar í dag þurfa þær að vera 2000-3000 tonn/dag. Þá ræddi hann um framleiðsluvörur sem þurfa CO/CO<sub>2</sub> ásamt H<sub>2</sub>. Það auðveldasta í flutningum er urea (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>), sem er áburður fyrir hrísgrjón. O'Hare telur að við getum flutt urea til Bandaríkjanna á lægra verði en samsvavar framleiðslukostnaði þar í landi. Þegar ureaframleiðslan er komin í gang ættu Íslendingar að snúa sér að framleiðslu metanóls. Metanólið ætti að nota til bensínframleiðslu með Mobil-aðferðinni. Bensín úr stórum slíkum verksmiðjum kostar í dag um 1 \$/gallon. Þá verður vetnið líka að kosta minna en 8 \$/GJ. Hinsvegar ættu Íslendingar að geta framleitt vetni fyrir 6 \$/GJ. Vandamálið er það að metanól/bensín verksmiðjur þurfa að vera mjög stórar, það leiðir af sér nauðsynlegan útflutning á bensíni. En þar mega Íslendingar ekki láta staðar numið; næsta skrefið er að framleiða "higher alcohols" með aðferð sem Frakkar eru að þróa. Brookhaven er með rannsóknir í gangi þar sem "higher alcohols" er breytt í þotuelsneyti og gasolíu fyrir dieselvélar. Allt þetta mætti gera á næstu 10 árum. Badger í Boston hannar metanól/bensín verksmiðjur. Statsminjen í Hollandi hannar urea-verksmiðjur.

### 3.6 Jarðhitamál

Kukacka sagði frá þróun nýrra efna sem hann sér um fyrir DOE. Um er að ræða málma og önnur efni sem hæfa við nýtingu jarðhita. Þar má nefna ný sement í borholur og sérstök rör úr steypu og plasti. Þetta

eru rör sem tærast hverfandi við jarðhitaaðstæður og þola háan hita og þrýsting en eru um 1/3 ódýrari en stálrör. Málið er enn á þróunarstigi. Kukacka bauðst til að prófa íslenskt borholusement og vildi að við tækjum þátt í steypuplaströraverkefninu. Kukacka afhenti margar og fróðlegar greinar um rannsóknirnar. Þessi nýju rör bjóða upp á ýmsa athyglisverða möguleika fyrir hitaveitur og ylrækt á Íslandi.

### 3.7 Kolavökvar

Eins og fleiri er Brookhaven að rannsaka framleiðslu vökva úr kolum. Þeir Sasone og Fallon vinna að verkefnum á þessu sviði. Að þeirra eigin sögn eru rannsóknirnar á það miklu frumstigi að óvarlegt væri að spá um framtíðarmöguleika þeirra aðferða sem Brookhaven er með í athugun.

### 3.8 Skýrslur o.þ.h.

- 1 C Braun, E.A. Cherniavsky, F.J. Salzano, BNL-20989, (January 1976).
- 2 F.J. Salzano, C. Braun, A. Beaufriere, S. Srinivasan, G. Strickland, J.J. Reilly, BNL-21498, (April 1976).
- 3 A.H. Beaufriere, F.J. Salzano, R.J. Isler, W.S. Yu, Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 1, pp. 307-319, (1976).
- 4 F.J. Salzano o.fl., Electrolysis Based Hydrogen Storage Systems, Semiannual Report January 1 to June 30, 1977, BNL-50760, (October 1977).
- 5 F.J. Salzano o.fl., Electrolysis Based Hydrogen Storage Systems, Semiannual Report July 1 to December 31, 1977, BNL-50852, (January 1978).
- 6 F.J. Salzano, C. Braun, Water Electrolysis vs. Thermochemical Production of Hydrogen. A Parametric Assessment, BNL-20878.



- 7 T.M. Henderson, R.J. Teitel, J.E. Luderer, Microcavity Systems for Atomotive Applications, Final Program Report, (November 21, 1978).
- 8 G. Strickland, W.S. Yu, Some Rate and Modeling Studies on the Use of Iron-Titanium Hydride as an Energy Storage Medium for Electric Utility Companies, BNL-50667, (April 26, 1977).
- 9 L.E. Kukacka o.fl., Cementing of Geothermal Wells, Progress Report No. 11 October-December 1978. BNL-51013.
- 10 L.E. Kukacka o.fl., Alternate Materials of Construction for Geothermal Applications, Progress Report No. 17 October-December 1978, BNL-50979.
- 11 L.E. Kukacka o.fl., Alternate Materials of Construction for Geothermal Applications, Progress Report No. 18 January-March 1979, BNL-51036.
- 12 G.L. Kalousek, Development of Cement for Geothermal Wells, Final Report, BNL-51024, (March 1, 1979).
- 13 T. Sugama, L.E. Kukacka, "The Effect of Dicalcium Silicate ( $Ca_2S$ ) and the Thermal Stability of Vinyl-Type Polymer Concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 9, pp. 69-76, (1979).
- 14 T. Sugama, L.E. Kukacka, W. Horn, Hydrothermal Stability of Vinyl-Type Polymer Concrete Containing Tricalcium Silicate ( $Ca_3S$ ), Cement and Concrete Research, Vol. 9, pp. 461-471, (1979).
- 15 A. Zeldin, L.E. Kukacka, N. Carciello, Polymer Systems in Geothermal Applications, J. Appl. Polymer Sci., Vol. 23, 3179-3191, (1979).
- 16 S.V. Cabibbo, R.M. Costello, T. Ammerlaan, Economic Assessment of Using Non-Metallic Materials in the Direct Utilization of Geothermal Energy, Final Report, (February 28, 1979).
- 17 P. Fallon, M. Steinberg, Flash Hydropyrolysis of Coal, BNL-50698, (January 1979).
- 18 M. Steinberg o.fl., Reaction, Process, and Cost Engineering for the Flash Hydropyrolysis (FHP) of Coal, BNL-25232, (November 1978).

- 19 V.D. Dang, M Steinberg, Coal Conversion in Flash Hydrolysis Reactors, BNL-26209, (May 1979).
- 20 P.T. Fallon, B. Bhatt, M. Steinberg, The Flash Hydrolysis of Lignite and Sub-Bituminous Coals to Both Liquid and Gaseous Hydrocarbon Products, BNL-26210, (May 1979).
- 21 Proceedings of the DOE Chemical/Hydrogen Energy Systems Contractors Review, Hunt Valley, Maryland, CONF-771131, (August 1978) November 16-17, 1977.
- 22 Proceedings of the DOE Chemical/Hydrogen Energy Systems Contractors Review, Washington, CONF-781142, November 27-10, 1978. (May 1979).
- 23 M. Beller (ed.), Sourcebook for Energy Assessment, BNL-50483, (December 1975).

4 GENERAL ELECTRIC COMPANY

---

WILMINGTON, MASS., 22. ÁGÚST 1979

---

4.1 Viðmælendur og fyrirtækið

Rætt var við Leonard J. Nuttall, applications engineer, og David J. Raley, marketing manager. Báðir vinna í deild sem nefnist Direct Energy Conversion Programs (DECP). Í þessari deild er einungis unnið að verkefnum á sviði SPE-tækni. Fjöldi starfsmanna er um 100 og rekstrarkostnaður um 4 M\$/ári. Sá hluti General Electric Company sem er í Wilmington nefnist Aerospace Instruments & Electrical Systems Department og vinna um 1500 manns á staðnum.

4.2 Starfssvið DECP-deildarinnar

Upphaf DECP-deildarinnar má rekja til geimferðaáætlunar Bandaríkjanna en General Electric þróaði, m.a. efnarafala (fuel cell) fyrir Gemini geimskipin. Í þessa efnarafala notuðu þeir SPE-himnur sem Dupont þróaði og kallar Nafion. Öll raforkan sem Gemini-skipin notuðu fékkst með efnarafölum.

Í dag má segja að DECP-deildin vinni að verkefnum á eftirtöldum sviðum: "Water Electrolysis; Chlorine Generation; Fuel Cells; Electrochemical Sensors". Starfsemin spannar allt frá rannsóknum til framleiðslu. Sum tæki eru í fjöldaframleiðslu en önnur eftir þöntun. Á undanförunum árum hafa þeir framleitt "Life Support Systems" fyrir kafbáta og fyrirhugaðar geimstöðvar. Um er að ræða rafgreiningu á vatni til framleiðslu súrefnis.

Það kom fram að öll tækin (rafgreinar og efnarafalar) byggja á SPE-tækninni og er unnið að frekari þróun þeirra samtímis.

### 4.3 Fjöldaframleiðsla SPE-tækja

General Electric Company fjöldaframleiðir í Wilmington lítil SPE-tæki sem framleiða vetni fyrir "Gas Chromatograph". Fyrirtækið framleiðir um 100 stk. á mánuði og hefur framleitt um 5000 stk. fram til þessa. Hver "Hydrogen Generator" vegur 15 kg og er um 30 cm á kant. Þessi tæki kosta \$ 1800.

Auk þess framleiðir General Electric Company mælitæki (Electrochemical Gas Sensor Instrument) sem mælir styrk gastegunda (CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S) í andrúmslofti.

### 4.4 SPE-rafgreinir

Um SPE-rafgreina GE hefur mikið verið skrifað og eru nú þegar til fjöldi skýrslna og greina um tæknina. Tilgangur ferðarinnar til Wilmington var að sjá SPE-rafgreina í reynd svo auðveldara yrði að móta sér raunhæfa skoðun um þessa tækni sem lofar svo miklu.

Búið er að reka 50 kW SPE-rafgreini í lengri tíma við 1,85 V, 180°C og 300 psi. Flatarmál skautanna er 2,5 ft<sup>2</sup> og kostar himnuefnið, með hvata, um 88 \$/ft<sup>2</sup>. Nuttall vildi ekki segja hvaða efni væri í hvatanum. Hinsvegar sýndi hann okkur tækin sem "brenna" hvatann í Nafion himnuna. Hvatinn er pressaður eða brenndur á himnuefnið við háan þrýsting og hátt hitastig. Markmið GE er að ná kostnaði himnuefnisins með hvatanum niður í 18 \$/ft<sup>2</sup>. Dupont ætlar/er að setja upp nýja Nafion verksmiðju og kostar þá himnuefnið (án hvata?) um 15 \$/ft<sup>2</sup>. Eitt af því sem Nuttall og félagar hafa gert til að lækka kostnað himnu/hvata efnisins, er að minnka það magn hvata sem er pressað á himnuefnið. Til að byrja með notuðu þeir 4 mg/cm<sup>2</sup> en "normal catalyst loading" er nú nærri 0,25 mg/cm<sup>2</sup>.

Talað er um að SPE-rafgreinar komi til með að kosta 150 \$/kW í fullhönnuðu kerfi. SPE-blokkinn er búinn til úr grafíti en það tærist í návist Nafion himnunnar. Komið er í veg fyrir slíka tæringu með því

að steypa titanium himnu á blokkina. Þess má geta að almannarómur segir að hvatinn á Nafion himnunum sé platíum duft í fínu neti af gullþráðum. Er þá skiljanlegt hversvegna talað er um að SPE-tæknin verði seint samkeppnisfær við "alkaline" tækni, sem flestir nota núna.

Það var sérstaklega athyglisvert hvað SPE-rafgreinarnir taka lítið pláss. Ein ástæðan fyrir þessu er hvað straumbéttleikinn er hár. Markmiðið er 1000 ASF ( $A/ft^2$ ) og 1,6 VDC. Um þessar mundir er verið að setja saman 200 kW SPE-rafgreini. Hann á að vera kominn í framleiðslu seint á þessu ári (1979). Flatarmál hans er  $2,5 ft^2$  eins og 50 kW rafgreinisins. Í framhaldi af því á að smíða 500 kW rafgreini sem ætti að fara í gang 1981. Flatarmálið verður  $10 ft^2$ , sem er hin endanlega stærð. Að lokum á að prófa 5000 kW SPE-rafgreini 1983, þá með  $10 ft^2$  flatarmáli. Sá tilraunarafgreinir verður byggður og rekinn í samvinnu við Niagara-Mohawk Power Co. Allar nýjustu kostnaðartölur eru í grein sem Nuttall hefur skrifað nýlega og við fengum eintak af. Það má segja að SPE-tæknin virðist bjóða upp á möguleika sem rétt er að fylgjast all náði með á næstu árum, ekki einungis vegna hugmynda um eldsneytisframleiðslu á Íslandi, heldur líka vegna hugsanlegrar stækkunar Áburðarverksmiðju ríkisins á næstu árum.

#### 4.5 Skýrslur

- 1 L.J. Nuttall, Production and Application of Electrolytic Hydrogen Present and Future, (April 6, 1979).
- 2 A.H. Gruber o.fl., A New Family of Miniaturized Self-Contained CO Dosimeters and Direct Reading Detectors, U.S.E.P.A. Symp. Personal Air Pollution Monitors, Chapel Hill, North Carolina, (January 22-24, 1979).

5 EXXON RESEARCH & ENGINEERING COMPANY

---

FLORHAM PARK, NJ, 28. ÁGÚST 1979

---

5.1 Viðmælendur

Rætt var við Mr. J.S. Morrison (EDS-Project) og Mr. J.F. Garnish (Project Development & Planning Staff) í deild sem fer með "Synthetic Fuels Reseach". Helsti tilgangur heimsóknarinnar var að fá upplýsingar um "Exxon Donor Solvent" (EDS) aðferðina til að framleiða kolíu (olíu-vökva úr kolum). Mr. W.L. Van Nostrand (sjá kafla 1) kom þessari heimsókn á.

5.2 EDS-aðferðin

Frá 1966 hefur Exxon unnið að verkefnum á sviði kolavökva. Árið 1977 samdi Department of Energy (DOE) við Exxon um 240 M\$ verkefni til að rannsaka og þróa aðferð til framleiðslu kolíu. DOE borgar 50% en Exxon og önnur fyrirtæki (frá USA, Þýskalandi og Japan) 50%. EDS-verkefnið er væntanlega hið stærsta sinnar tegundar.

EDS-aðferðin byggir á því að nota leysi (solvent). Leiðarljós þeirra Exxonmanna hefur verið að fá fram kolíuaðferð sem væri sveigjanleg, nothæf og áreiðanleg. EDS-aðferðin er samsett úr vinnslueiningum sem komin er reynsla á að mestu leyti. Einn helsti kosturinn við EDS er sá, að kolin eru aldrei í snertingu við hvatann. Það er bara leysirinn sem streymir um hvatann, en þar eykst vatnsinnihald leysisins, sem leysirinn gefur svo frá sér til kolanna í næsta þrepi. Kolavökvinn verður svo til við háan þrýsting og hita í snertingu við vetnishlaðinn leysi. Kolían er síðan eimuð og skiljast þá að leysirinn og léttari olíur. Þyngri hlutinn (bottoms) af kolíunni getur numið 45-50% af heildarmagninu. Í allri kolíuframleiðslu er það höfuðatriði að dreggjarnar verði sem minnstar. Exxon er með aðferð (Flexicoking) til að breyta sem stærstum hluta dreggjanna í léttari olíur. Afgangar þeirrar framleiðslu eru síðan notaðir sem eldsneyti og til vetnisframleiðslu.

EDS-aðferðinni er lýst nákvæmlega í þeim greinum og skýrslum sem voru afhentar. Eins fengust greinar um eldsneytisframleiðslu í Suður Afríku.

### 5.3 Nokkrar tölur

Nú er verið að byggja tilraunaverksmiðju í Baytown, Texas, sem á að vinna kolíu úr 250 T/D af kolum. Áætlað er að verksmiðjan fari í gang í byrjun næsta árs 1980. Sú verksmiðja kostar um 110 M\$.

Morrison og Garnish sögðu að í kolíuverksmiðju af fullri stærð væri stofnkostnaðurinn 8 sinnum meiri en í sambærilegri olíuhreinsunarstöð. Miðað við 30.000 T/D verksmiðju reiknast kolíuverðið (sambærileg gæði og hráolía) 30-35 \$/B (\$/tunnu) sem er öllu herra en hráolía kostar hjá OPEC núna. Þeir framreikna að eftir 1995 muni kolía og hráolía kosta svipað. Skv. þessum tölum verður ekki farið að reisa kolíuverksmiðjur fyrr en eftir 10-15 ár. Bent var á að framreiknaður kostnaður kolíu með hinum mismunandi aðferðum væri mjög svipaður. Það sem skipti því máli væri starfshæfni aðferðarinnar. Þeir Exxon-menn segja að EDS hafi mjög góða starfshæfni. Kolaverðið reiknast 25-30% af reksturskostnaði EDS-verksmiðja.

### 5.4 Niðurstöður

Af þeim fjölmörgu aðferðum til framleiðslu kolíu, sem verið er að þróa og prófa, virðist EDS-aðferðin vera komin einna lengst á veg. Búið er að leysa alla helstu tæknilegu þættina og verið er að byggja stóra verksmiðju til að sannreyna aðferðina við stórframleiðslu. Það virðist einsýnt að kolíutæknin verður ekki á almennum markaði fyrr en eftir 10-15 ár í fyrsta lagi.

### 5.5 Skýrslur & greinar

- 1 W.R. Epperly, J.W. Taunton, Statur of Exxon Donor Solvent Coal Liquefaction Process Development, Sixth Int. Coal Cas Conf., (August 2, 1979).

- 2 W.R. Epperly, Cooperative Agreement - A New Mechanism for Joint Government/Industry Projects, NCMA, (July 1979).
- 3 B.T. Fant, Refining Coal Liquids, API Refining Department 43rd. Midyear Meeting, Toronto, (May 10, 1978).
- 4 C.W. Quinlan, C.W. Siegmund, Combustion Properties of Coal Liquids from the Exxon Donor Solvent Process, Am. Chem. Soc. Symp. on Combustion of Coal and Synthetic Fuels, Anaheim, CA, (1978).
- 5 W.N. Mitchell, K.L. Trachte, S. Zaczepinski, Performance of Low Rank Coals in The Exxon Donor Solvent Process, U.S. Department of Energy and University of North Dakota Lignite Symp., (May 30-31, 1979).
- 6 S. Zaczepinski o.fl., Upgrading of Coal Liquids, API Midyear Meeting San Francisco, (May 14-17, 1979).
- 7 B.T. Fant (project director), EDS Coal Liquefaction Process Development; Phase III A, Exxon Donor Solvent Coal Liquefaction Commercial Plant Study Design, Interim Report FE-2353-13, Exxon Research & Engineering Company, (January 1978).
- 8 W.R. Epperly (project director), EDS Coal Liquefaction Process Development; Phase IV, Quarterly Technical Progress Report for the Period January 1- March 31, 1979, FE-2893-29, Exxon Research & Engineering Company, (June 1979).
9. J.C. Hoogendoorn, Experience with Fischer-Tropsch Synthesis at Sasol, (heimild óþekkt).
10. J.C. Hoogendoorn, Gas from Coal for Synthesis of Hydrocarbons, Status of Sasol II, (heimild óþekkt).