

## **SLUTTRAPPORT**

**Nordisk Energiforskning  
1999-2002**

**Bioenergiprosesser/fotosyntese (1999-2000)  
Elektrokjemisk energikonvertering (energiomvandling)  
Energi og samfunn  
Energifleksible varmesystem  
Forbrenning av biomasse  
Petroleumsteknologi  
Prosessintegrasjon  
Tekniske system i et fritt el-marked**

---

**Nordisk Energiforskning  
Holbergsgate 1, NO-0166 Oslo  
Tel: +47 2335 3390  
[www.nefp.info](http://www.nefp.info)**

## INNHOLDSFORTEGNELSE

|  | <b>Side</b> |
|--|-------------|
| <br>                                     |             |
| <b>Bioenergiprosesser/fotosyntese</b>    |             |
| Summary .....                            | 4           |
| Målsetning og faglig innretning .....    | 4           |
| Fagkollegiets sammensetning .....        | 4           |
| Forskere engasjert i programmet .....    | 4           |
| Forskningsaktiviteter .....              | 5           |
| Seminar/kurs/konferanser .....           | 5           |
| Regnskap .....                           | 6           |
| <br>                                     |             |
| <b>Elektrokjemisk energikonvertering</b> |             |
| Summary .....                            | 7           |
| Målsetning og faglig innretning .....    | 8           |
| Fagkollegiets sammensetning .....        | 9           |
| Forskere engasjert i programmet .....    | 9           |
| Forskningsaktiviteter .....              | 11          |
| Seminar/kurs/konferanser .....           | 13          |
| Regnskap .....                           | 14          |
| Publikasjoner .....                      | 14          |
| <br>                                     |             |
| <b>Energi og samfunn</b>                 |             |
| Summary .....                            | 20          |
| Målsetning og faglig innretning .....    | 21          |
| Fagkollegiets sammensetning .....        | 23          |
| Forskere engasjert i programmet .....    | 23          |
| Forskningsaktiviteter .....              | 23          |
| Seminar/kurs/konferanser .....           | 24          |
| Regnskap .....                           | 24          |
| Publikasjoner .....                      | 25          |
| <br>                                     |             |
| <b>Energifleksible varmesystem</b>       |             |
| Summary .....                            | 31          |
| Målsetning og faglig innretning .....    | 32          |
| Fagkollegiets sammensetning .....        | 33          |
| Forskere engasjert i programmet .....    | 33          |
| Forskningsaktiviteter .....              | 34          |
| Seminar/kurs/konferanser .....           | 34          |
| Regnskap .....                           | 35          |
| Publikasjoner .....                      | 35          |
| <br>                                     |             |
| <b>Forbrenning av biomasse</b>           |             |
| Summary .....                            | 38          |
| Målsetning og faglig innretning .....    | 38          |
| Fagkollegiets sammensetning .....        | 39          |
| Forskere engasjert i programmet .....    | 39          |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Seminar/kurs/konferanser ..... | 40 |
| Annen aktivitet .....          | 42 |
| Regnskap .....                 | 42 |
| Publikasjoner .....            | 42 |

### **Petroleumsteknologi**

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Summary .....                         | 48 |
| Målsetning og faglig innretning ..... | 50 |
| Fagkollegiets sammensetning .....     | 51 |
| Forskere engasjert i programmet ..... | 52 |
| Forskningsaktiviteter .....           | 53 |
| Seminar/kurs/konferanser .....        | 54 |
| Annen aktivitet .....                 | 55 |
| Regnskap .....                        | 55 |
| Publikasjoner.....                    | 56 |

### **Prosessintegrasjon**

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Summary .....                         | 62 |
| Målsetning og faglig innretning ..... | 63 |
| Fagkollegiets sammensetning .....     | 63 |
| Forskere engasjert i programmet ..... | 64 |
| Forskningsaktiviteter .....           | 64 |
| Seminar/kurs/konferanser .....        | 65 |
| Annen aktivitet .....                 | 66 |
| Regnskap .....                        | 66 |

### **Tekniske system i et fritt el-marked**

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Summary .....                         | 67 |
| Målsetning og faglig innretning ..... | 67 |
| Fagkollegiets sammensetning .....     | 67 |
| Forskere engasjert i programmet ..... | 67 |
| Forskningsaktiviteter .....           | 68 |
| Seminar/kurs/konferanser .....        | 68 |
| Annen aktivitet .....                 | 68 |
| Regnskap .....                        | 69 |

## **BIOENERGIPROCESSER/FOTOSYNTESE**

### **Summary**

All activities in the field of artificial photosynthesis were completed in 1998.

The field of Bioenergy Processes emphasizes basic research related to the biological processes used for the production of ethanol from lignocellulosic raw materials. Areas of research include various aspects of the exploitation of this inexpensive biomass, especially conversion of the hemicellulose fraction and the potential for treatment and utilization of processing water and waste water, including the production of biogas.

In 1999 and 2000, research activities were mainly a continuation of previous efforts in the fields of enzymatic hydrolysis, inhibition and application of genetically modified organisms. There has been substantial progress in these fields.

5 dr.-students were engaged in the period 1999-2000 and have completed their dr.-degree.

### **Målsetning og faglig innretning**

Alle aktiviteter på området artifiçiel fotosyntese blev avsluttet i 1998.

Området bioenergi prosesser vedrører forskning i grundlæggende forhold af betydning for effektivisering af de biologiske processer, der indgår i fremstilling af etanol af lignocellulose. Det drejer seg om aspekter vedrørende udnyttelse av denne billige biomasse, specielt udnyttelse af hemicellulosefraktionen og muligheder for oprensning og genbrug af procesvand, herunder produktion af biogas.

Forskningen har i 1999 og 2000 væsentligst været en fortsættelse af den tidligere indsats på områderne enzymatisk hydrolyse, inhibering og anvendelse af genmodificerede organismer, der stipendiaterne har været inde i afsluttende faser av deres arbejde.

### **Fagkollegiets sammensetning**

Danmark: Civ.ing., forskningskonsulent Ulf Meyer Henius (formann)  
 Finland: Prof. Allan Johansson, VTT Esbo  
 Norge: Forsker Mikal Heldal, Universitetet i Bergen  
 Sverige: Rektor, prof. Bertil Andersson, Linköping Universitet

### **Forskere engasjert i programmet**

*Området bioenergi prosesser:*

H. Palonen, Helsinki Tekniske Universitet/VTT  
 T.G. Jantsch, Borregaard/Lunds Universitet  
 J. Karlsson, Lunds Universitet  
 B. Johansson, Lunds Universitet

*Området naturlig fotosyntese:*

V. Burkow Volland, Universitetet i Tromsø (1999)

### **Forskningsaktiviteter**

H. Palonen har fortsat undersøgelserne af *T. reesei*'s enzym-system rolle, specielt mekanismerne ved cellulosebindingen og adsorption til lignin. Det har tidligere vist sig at lignin formentlig adsorberes endnu kraftigere til dette enzymesystem end cellulose og at enzymforbruget derfor kan nedsættes hvis lignin fjernes før enzymtilsætningen. Derfor er der gjort forsøg med at tilsætte ligninbrydende enzymer (laccaser) med godt resultat.

T.G. Jantsch undersøger dels mulighederne for at effektivisere spildevandsbehandlingen fra sulfitpulpning processer og dels muligheden for at udnytte en større del af SSL (Spent Sulphit Liquor) processtrømmens hemicelluloseindhold til etanolfremstilling. Der er gjort lovende forsøg med at anvende en UASB reaktor kontaktproces. Muligheden for at anvende en termofil bakterie til etanol-fremstillingen undersøges. Sideløbende er der udviklet metoder til proceskontrol.

J. Karlsson studerer synergieffekter mellem to enzymer der produceres af *T. reesei*, og resultaterne tyder på at den enzymatiske hydrolyse vil blive mere effektiv, hvis den gennemføres i flere trin. Der er nu gjort forsøg med at øge produktionen af disse enzymer i genmodificeret *T. reesei*.

B. Johansson har fortsat arbejdet med genmodificering af *S. cerevisiae* med henblik på at gøre denne glukosefermenterende gær i stand til også at fermentere xylose, hvilket vil være af stor betydning for effektiv udnyttelse af lignocelluloseråvarer.

### **Seminar/kurs/konferanser**

1999

Workshop og møde med IEA Bioenergy's samarbejdsgruppe for "Biotechnology for ethanol production from lignocellulosics", 14. oktober, København.

Generalmønstring 1999 blev afholdt 30. november, i forbindelse med Energiforskningskonferansen i Oslo.

2000

Det andet Nordiske Etanolseminar, 11.-13. oktober, Forskningscenter Risø.

2001

Fellesarrangement med IEA november 2001, VTT.

**Regnskap**

| Nordisk aktivitet | 1999      | 2000      | 2001     | 2002 | Totalt    |
|-------------------|-----------|-----------|----------|------|-----------|
| Bevilgninger      | 1 800 000 | 1 140 000 | 200 000  | -    | 3 140 000 |
| Utgifter          | 1 363 825 | 1 251 551 | 543 161  | -    | 3 158 537 |
|                   | 436 175   | -111 551  | -343 161 | -    | -18 537   |

## ELEKTROKEMISK ENERGIKONVERTERING

### Summary

A Nordic Fuel Cell Research Program started in 1991 as one out of eight activities under the Nordic Energy Research Program. In the following 4-year periods the activity was continued with a wider definition under the name “Electrochemical Energy conversion”. In the last four years it involved studies of lightweight Li-batteries and metal hydrides as combined storage and electrode in batteries – in addition to studies on SOFC, PEM and direct methanol fuel cells.

The program has on purpose been conducted as an educational program, investing most of its funds to employ dr/Ph.D.- students and scientists at the post-doc level. Also, the Board has given “networking” a high priority. This has been accomplished by organizing two or three annual workshops, usually with two or three invited speakers from non-Nordic countries. These workshops have alternated in themes between high-temperature chemistry, polymers for fuel cells and batteries, advanced electrochemistry and the use of computer simulation to predict ion transport in energy materials. Co-sponsorship from other international projects have in several cases given more than critical mass to the meetings.

12 dr-students were engaged in the period 1999-2002, four have completed their dr-degree in this period, while 7 are still in progress. 7 scientist at the post-doc level have been employed- 5 of them with 50% funding from other sources. Finally, the Board of “Electrochemical Energy conversion” has recruited 4 dr-students in the Baltic nations of Estonia and Lithuania. Three of the latter dr-studies are still in progress.

Many interesting and valuable results have been obtained, and the information exchange and cooperation between Nordic research communities have been considerably improved.

The present Nordic collaboration officially ended December 31<sup>st</sup> 2002, when a new four year program of NEFP was launched. However, electrochemical energy technologies related to hydrogen production and storage will still be addressed in the new program, as will fuel cells in the shape of a network-project.

The publication list includes only papers in refereed journals. Due to the page limit we have been forced to omit references to approx. twice as many presentations published in conference proceedings.

## Målsetning og faglig innretning

Fagkollegiet for "Elektrokemisk energikonvertering" har som i de tidligere 4-års-programmer valgt at satse bredt på at styrke basiskompetancen indenfor udvikling af brændselscelle-teknologi og materialer til avancerede (Li- og metalhydrid) batterier. Elektrokemisk energikonvertering omhandler således teknologierne lavtemperatur polymerbrændsels-celler (PEM), højtemperatur brændselsceller (SOFC), avancerede letvægt-batterier, og hydrogenlagring i metalhydrider. Disse teknologier er nødvendige for at opnå en bedre udnyttelse af fossile brændsler (methan, olie, kul) til fremdrift af køretøjer og til stationær kraft-varme produktion. Specielt virkeliggørelsen af det såkaldte "hydrogen-samfund" er 100% afhængig af, at billige, pålidelige og mere energi-økonomiske konverteringssystemer udvikles. Derfor udføres der studier i alle ledene i kæden: fremstilling, lagring og brug af hydrogen og andre brændsler i brændselsceller. De fremtidige elektriske anvendelser af batterier og brændselsceller vil dække hele spektret fra 50-100W (håndbåren elektronik med methanol som brændsel) over 3-8 kW (decentral varme/elproduktion i 1-familieboliger baseret på biobrændsel og naturgas), 25 -200 kW (personbiler og busser med hydrogen og/eller methanol som brændstof) til stationære anlæg i MW-størrelse (stationære kraftværker og fremdrift af skibe, naturgas/LNG).

Materialekravene til de aktive komponenter (elektroder, elektrolyt og strømsamlere) i batterier og brændselsceller er meget betragtelige, for eks. i forhold til photovoltaics: Konkurrencedygtige systemer kan producere mellem 0.1 og 1 W/cm<sup>2</sup>, hvilket er 10-100 x mere end for solceller, og formodentligt 1000x eller mere end for systemer baseret på mikroorganismer og alger.

Uanset hvilken type slutbruger-teknologi, der er tale om, så har frembringelse af teknologiske fremskridt sin basis i fagene elektrokemi, materialeudvikling- og karakterisering, samt modellering af systemer på makroniveau, såvel som transport af ioner på det atomare plan. Stipendiaternes projekter og de publicerede videnskabelige arbejder afspejler den ovenfor beskrevne mangfoldighed.

Basiskompetencen i Norden på disse områder er blevet støttet gennem uddannelse af nordiske stipendiater på dr-ing/PhD/dr-scient og post doc niveau. Stipendiaterne har været placeret i allerede aktive forskningsmiljøer, - på NTNU og UiOslo, Chalmers og KTH, HUT i Helsingfors og Risø/DTU/Odense U i Danmark. De resulterende publikationer vidner om ingeniørmæssige og videnskabelige fremskridt fuldt på højde med det internationale niveau. Det opfattes ofte i offentligheden, at brændselsceller og effektive batterier er konkurrerende systemer, når det gælder el-biler. I realiteten vil ethvert el-drevet køretøj være et hybridt system, hvorfor der er brug for begge teknologier. Fagkollegiet har således i sit valg af støttede projekter valgt en "både-og" strategi- og ikke en "kun det ene og ikke det andet" holdning.

Et lige så vigtigt tiltag gennem fireårs-perioden har været arrangement af ca. 2 tematiske workshops hver år. Disse tematiske workshops er typisk faldet i tre kategorier: faststof- og elektrokemiske kemiske aspekter af brændselscelle og batterimaterialer, polymermembraner, samt modellering af iontransport. Samtlige stipendiater har deltaget i disse workshops og har bidraget med posters og foredrag- uanset om temaet har ligget langt fra deres eget projekt. Typisk har der været mindst



2-3 internationalt kendte inviterede foredragsholdere ved hvert møde. Konferencer og workshop's har været en vigtig ingrediens i opbygning af et nordisk netværk, samt at bidrage til at Norden har kunnet få en interface til det store udland.

Een af workshop-serierne, vintermødet på Geilo, har næsten etableret sig som en institution i nordisk energiforskning. I flere tilfælde blev Geilo-workshoppene medfinansieret med andre internationale konsortier, såsom i 2001, hvor Eu-projekterne HiT/OSSEP/INTAS var medarrangører, og i 2002, hvor mødet blev holdt sammen med "3rd Petite Workshop on The Defect Chemical Nature of Advanced Materials". Successen af disse tematiske workshops erkendes stadig, hvor der kommer henvendelser fra hele verden angående Geilo-2003, som imidlertid ikke finder sted, da Fagkollegiet for "Elektrokemisk energikonvertering ikke videreføres i den nye 2003-2006 programperiode.

### **Fagkollegiets sammensætning 1999-2002**

|         |   |
|---------|---|
| Danmark | Senior forsker, Ph.D. Finn Willy Poulsen (formand)<br>Afd. Materialeforskning, Forskningscenter Risø, Roskilde  |
| Finland | Dr. M. Wasberg, Åbo Academy / Professor Markku Lampinen, Helsinki University of Technology, / Mikael Parronen, Helsinki University of Technology. Wasberg og Parronen udførte som suppleanter et udemærket arbejde. De officielt udpegede finske repræsentanter – først dir. Peter Lund, HUT senere professor M. Lampinen var stort set fraværende i hele perioden. |
| Norge   | Prof. Truls Norby, Oslo University, Norway  |
| Sverige | Tilförordnat professor Per Jacobsson, Chalmers University of Technology, Sweden   |

### **Forskere engasjert i programmet 1999-2002**

#### *Nordiske Senior-Forskere*

Seniorforsker Rolf Jarle Aaberg, Norges teknisk-naturvidenskabelige Universitet (Life-cycle analyse af brændsler til brændselsceller) 50 % funding, 1/1 99 – 31/12 99.

Seniorforsker Erik O. Ahlgren, Forskningscenter Risø (Metalhydrid-elektroder ), 1/12 98- 30/6 99

Senior scientist Kristina Edström, Ångström Laboratory, Uppsala University (Li-batteries), 50 % finansiering, 1/1 01-31/12 02

Senior scientist Mikael Paronen, Helsinki University (New electrolyte materials for PEM fuel cells), 50 % finansiering, 1/1 01-31/12 02

Alexander Matic, Inst. För tillämpad Fysik, Chalmers Spectroscopy and modelling of polymer electrolytes, 50% finansiering, 1/1 00-31/12 00

Patric Johansson, Materialfysik Chalmers  
Spectroscopy and modelling of polymer electrolytes, 50% financiering, 1/1 00 – 31/12 00

Senior scientist Lars Ole Valøen, NTNU, Trondheim,  
Metal hydrides, 50 % financiering, 1/1-31/12 02

*Nordiske Stipendiater*

\*Terhi Nissinen, Helsinki University (Catalysts for alkaline fuel cells)  
1/1 00- 31/12 02

Sten Egil Johnsen, Norwegian University of Science and Technology (Metal hydrides for hydride batteries) 1/9 99-31/12 02

<sup>1</sup>Stipendiat Pia Somerkoski, Helsingfors Universitet  
(Polymerer til PEM-brændselsceller) 1/1 99 – 31/12 99

Karin Vels Jensen, Technical University of Denmark / Risø National Laboratory  
(Electrode-electrolyte surface interaction in SOFC), 1/6 99- 31/5 02

\*Henrik Nilsson, Chalmers University of Technology (Li-ion conducting polymers with new anions), 1/5 01- 30/4 04

\*Matti Noponen, Helsinki University of Technology (Gas distribution in air electrodes for PEM fuel cells) 1/7 00 – 30/6 03

\*Thomas Vernersson, Helsinki University (Characterization and modeling of polymer membranes for direct methanol fuel cells) 1/7 00 – 31/12 03

\*Annette Munch Elmér, Polymer Technology, Lund University of Technology (Li-polymer electrolytes for Li-batteries) 1/1 99 – 31/12 02 (inkl. svangerskapspermisjon)

\*Anne-Kristine Meland, Norwegian University of Science and Technology (Thermodynamic aspects of PEM fuel cells) 1/7 99-08/10 03 (inkl. svangerskapspermisjon)

<sup>1</sup>Stipendiat Benjamin Hinum, DTU/Forskningscenter Risø  
(Kation-diffusion i SOFC-materialer) 1/2 99 – 2/1 01

\*Marius H. Widerøe (Oslo) Hydrogen i keramiske materialer, 15/12 01- 14/12 04

\*Thor A. Aarhaug (NTNU), Trondheim , PEM-brændselsceller 1/11 2002-31/10 2005.

*Baltiske stipendiater*

Heiki Kasemägi, Dept. of Theoretical Physics, Tartu University, Estonia (MD-simulation of electrode-electrolyte interfaces in Li-polymer batteries), 1/9 99 – 31/8 02

\*Andi Hektor, Dept. of Theoretical Physics, Tartu University, Estonia (Computer simulation of cross-linked PEO for Li-ion polymer batteries) 1/9 00 – 31/

\*Vaiva Sirvinskaite, Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania (SOFC materials produced by RF-sputtering) 1/1 01 – 31/12 03

\*Marius Zadvydas, Kaunas University of Technology, Lithuania (SOFC materials produced by plasma spraying ) 1/1 01 – 31/12 03

\* fortsætter studier ind i nye NEFP periode

! studiet afbrudt før tiden i forståelse med veileder og fagkollegiet.

**Forskningsaktiviteter**

Der har været aktiviteter på seks områder: SOFC, PEM, direkte methanol-brændselsceller (DMFC), polymerer til Li-batterier, metalhydrider og computer simulering af iontransport i amorfe systemer. Væsentlige resultater fra disse skitseres i det følgende.

*SOFC*

Tyngdepunktet i SOFC-forskningen ligger ved Risø/Haldor Topsøe A/S i Danmark. November 2002 modtog NEFP-stipendiat, Karin Vels Jensen, Risø, civilingeniør A. R. Angelo's legat på 35.000 kr på baggrund af arbejdet under hendes Ph.D.-studium: "The Nickel-YSZ Interface - Structure, composition and electrochemical properties at 1000°C". Hun har korreleret sine resultater til den makroskopiske ydeevne af en brændselscelle ved hjælp af flere avancerede mikroskopi-teknikker i et fint samspil. Under Ph.D.-studiet opholdt hun sig 4 mdr. hos prof. Truls Norby, Universitet i Oslo samt 5 mdr. hos prof. Reine Wallenberg, Lunds Universitet, som en del af de forpligtigelser, NEFP-stipendiater har. Karin er nu ansat som forsker i Afdelingen for Materialeforskning, Forskningscenter Risø, og arbejder med overflade-spektroskopier i SOFC- projektet.

De to litauiske stipendiater studerer plasma-teknikker til fremstilling af tynde keramikbelægninger til højtemperaturbrændselsceller. De to institutioner i Kaunas har betragtelig erfaring og udstyr til denne forskning, stammende fra sovjet-tiden.

### *PEM*

På HUT studeres massetransport ved fri, henholdsvis tvungen konvektion ved elektroderne. Avancerede måleopstillinger til måling af respons af individuelle segmenter af elektroderne er udviklet. Parallelt hermed er udviklet en matematisk model til simulering af PEM-cellers polarisations-egenskaber.

### *Direkte methanol-brændselsceller*

Et samarbejde mellem KTH og Syddansk Universitet, tidl. Odense Universitet, vedrørende methanol cross-over i membranceller er etableret. En specielt udviklet celle tillader studie af dette problem ved massespektrometri. Der er sideløbende en model under udvikling, som skal bench-markes mod data fra litteraturen.

### *Polymerer til Li-batterier*

Dette arbejde foregår primært ved Fysiska Institutionen i Chalmers og på Ångströmlaboratoriet i Uppsala. Førstnævnte sted studeres nye Li-salte både eksperimentelt og ved computersimuleringer samt polymer-elektrolytten ved en række laser-spektroskopier. Uppsala-gruppen studerer hele Li-batterier, og nye interkalationselektroder. Uppsalagruppen er endvidere anker-punkt i samarbejdet med Tartu Universitet, Estland vedr. computersimulering af iontransport, se nedenfor.

### *Metalhydrider*

NTNU studerer absorption og desorption af hydrogen i metalhydrid-elektroder i alkalisk opløsning. En impedans-model er udviklet, som på fortrinlig vis rationaliserer den observerede elektrokemiske opførsel. Udviklingen indenfor hydrogenlagring i nye typer nano-kulstofstrukturer er fulgt og en kritisk rapport er udfærdiget. I et dr-studie er hydrogen-absorberende legeringer af typen  $AB_5$  ( $MmNi_{3.44}Co_{0.67}Al_{0.28}Mn_{0.48}$ ) og  $AB_2$  ( $Zr_{0.48}Ti_{0.52}V_{0.35}Ni_{0.91}Mn_{0.48}Cr_{0.24}$ ) undersøgt. Specielt er den initiale aktivering studeret. En speciel teknik, udviklet på KTH til karakterisering af individuelle elektrode-korn, er bragt i anvendelse. Doktor-arbejdet (S-E. Johnsen, primo 2003) er i stor udstrækning udført på KTH.

### *Modellering af iontransport i Li- polymer-elektrolytter til Li-batterier*

NEFP har finansieret to dr-studier indenfor computersimulering af ioners koordination og transport i polymer-matricer. Dette er et intenst samarbejde etableret mellem Ångström Advanced Battery Centre ved Afd. för Materialkemi ved Uppsala Universitet (prof J.O. Thomas) og dr. Alvo Aabloo, Tartu Universitet. Molecular Dynamics (MD) simulering og kvantemekanisk modellering (QM/MM) er bragt til perfektionering til beskrivelse af polyethylenoxid (PEO) med opløste lithium salte. Indflydelse af sidekædelængde, type af lithiumsalt opløst i polymeren og indflydelse af tilsatser af nano partikler af tilsyneladende inerte oxider er udført. Studierne har øget vor forståelse på det atomare plan af vekselvirkningen mellem polymerkædernes dynamik og lithium-ionernes mobilitet.

## Seminarer/kurs/konferencer

### 1999

#### *Hydrogen in Electrochemical Energy Conversion*

Nordisk seminar i Geilo 3-5 marts med 36 deltagere, heriblandt inviteret foredragsholder Catherine McCammon, Bayrisches Geoinstitut, Tyskland.

*Symposium on Materials and Methods in Polymer Fuel Cell Research*, KTH, 10-11 marts, med 25 deltagere ialt fra Finland og Sverige, herudover inviterede fra Tyskland, Letland, Danmark (1 fra hver nation) og 2 fra Norge.

Generalmønstringen blev afholdt i forbindelse med den IV Nordiske Energikonference i Oslo, 29-30 November.

### 2000

Seminar i Geilo 8-10 marts, "Materialer for elektrokemisk energiomvandling"

Li-batterimøde i Lund, 4-5 maj, med 2 eksterne eksperter fra henholdsvis fra UK og USA.

4th Nordic Symposium on Hydrogen and Fuel Cells for Energy Storage  
4-5 December 2000, Helsinki, Finland.

Generalmønstring 29-30 november VILNIUS, Litauen.

### 2001

#### **Joint EU/NEFP meeting on "Solid State Proton Conductors"**

Geilo 20-25 marts.

Nordic-Baltic Symposium: "Molecular Scale Interactions in ion conducting polymers"  
Tartu 19.-22. maj

NEFP seminar: "New Materials and Technologies for Low Temperature Fuel Cells"  
Helsinki, 27-28 september

Generalmønstring "Elektrokjemisk Energikonvertering"  
Helsingør, 10-11 december.

### 2002

-Fagkollegiet deltager i Workshop og virksomhedsbesøg om hydrogen på Orkustofnun, Reykjavik Energy. Foredrag d. 23/2 ved The first Bragastofa scientific programme Nordic meeting på University of Iceland,. Skrivning af ansøgning til NEFP 2003-2006 programmet. Island 20.-24. februar.

- Seminar: "3rd Petite Workshop on The Defect Chemical Nature of Advanced

Materials". Arrangeret sammen med Oslo Universitet. Foredragsholdere fra Tyskland, Japan, Sydkorea, England. Geilo 17.-21. april.

- Seminar: "Frontiers in battery and fuel cell research"  
Inviterede foredragsholdere: Diana Golodnitsky, Tel Aviv University (Israel), og Erik Kelder (Delft,NL), Uppsala, Sverige, 10.-11. juni 2002
- Generalmønstring med 7 inviterede fra Riga, 1 fra Tartu, Estland.  
Besøg på Institute of Solid State Physics, University of Latvia  
Visit til City dump/land fill, med nyt 5 MW elværk baseret på opsamling af methan fra affald. Riga, Letland, 27.-29. nov.

#### *Aktiviteter mod Baltikum*

To af generalmønstringerne er afholdt i henholdsvis Vilnius (2000) og i Riga (2002). Sammen med et tidligere info-møde i Tallinn har disse fungeret som kontaktflade til forskere i de respektive lande. Efter generalmønstringen i Vilnius dec. 2000 besøgte F.W. Poulsen, Risø og T. Norby, UiO forskergrupperne under prof. Sigitas Tamulevicius og Pranevicius ved University ved Kaunas University of Technology og Vytautas Magnus University. Dette resulterede i rekruttering af to litauiske dr-studerende under NEFP.

#### **Regnskap**

| Nordisk aktivitet | 1999      | 2000      | 2001      | 2002      | Totalt     |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Bevilgninger      | 3 500 000 | 3 500 000 | 3 500 000 | 3 500 000 | 14 000 000 |
| Utgifter          | 2 066 465 | 2 430 841 | 4 290 355 | 4 366 144 | 13 153 805 |
|                   | 1 433 535 | 1 069 159 | -790 355  | -866 144  | 846 195    |

| Nærområde Aktivitet | 1999 | 2000    | 2001    | 2002    | Totalt  |
|---------------------|------|---------|---------|---------|---------|
| Utgifter            | 0    | 191 000 | 397 000 | 292 000 | 808 000 |

#### **Publikasjoner (dr.avhandlinger, artikler, proceedings, andre rapporter)**

##### **Dr-afhandlinger:**

NEFP-stipendiater forsvarede deres Doktor-grader i 1999:

Rene Stig Bergquist, DTU:

*Polymer elektrolyt brændselsceller med driftstemperatur op til 200 °C*

Sami Hietala, Helsingfors Universitet :

*Characterisation of Poly(vinylidene fluoride) - graft-Poly(styrene sulfonic acid) Polymer Electrolyte Membranes*

NEFP-stipendiat Bent Tveten, Oslo Universitet, forsvarede, 17 november 2000 sin afhandling: "*The role of hydrogen and rare earth metals in the formation of protective metal-oxides*", for den tekniske doktorgrad ved KTH, Stockholm, ISBN 91-7170-603-8, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2000.

Karin Vels Jensen, Ph.D. Thesis, June 2002, DTU, Lyngby, Denmark " *The Nickel-YSZ Interface*" 219 pp.

### **Internationale publikationer med "acknowledgement" til NEFP**

(bidrag ved konferencer er af pladshensyn udeladt.)

Aaberg R.J., Tunold R., Odegard R., On the electrochemistry of metal-YSZ single contact electrodes SOLID STATE IONICS (2000) 136: 707-712 .

A.M. Andersson, A. Henningsson, H. Siegbahn, U. Jansson & K. Edström, XPS Characterisation of Electrochemically Lithiated Graphite. Accepted by *J. Power Sources*. (2002).

A. M. Andersson, Marie Herstedt, A. Bishop & K. Edström, The Influence of Lithium Salt on the Interfacial Reactions Controlling the Thermal Stability of Graphite Anodes. *Electrochim. Acta.* **47** (2002) 1885-1898.

Elomaa M, Hietala S, Paronen M, et al., The state of water and the nature of ion clusters in crosslinked proton conducting membranes of styrene grafted and sulfonated poly(vinylidene fluoride), J MATER CHEM 10: 2678-2684 2000

Ennari J, Hietala S, Paronen M, et al., New polymer electrolyte membranes for low temperature fuel cells, MACROMOL SYMP 146: 41-45, 1999

T. Eriksson, A.M. Andersson, Ö. Bergström, K. Edström, T. Gustafsson & J.O. Thomas. An XRD Furnace for *in situ* Studies of Insertion Processes in Electrode Materials at Elevated Temperatures. *J. Appl. Cryst.* **34** (2001) 654.

L. Fransson, E. Nordström, K. Edström, L. Häggström, J.T. Vaughey, C. S. Johnson, R. Benedek & M.M. Thackeray, Structural Transformations in Lithiated  $\text{Li-Cu}_6\text{Sn}_5$  Probed by *In situ* Mössbauer Spectroscopy and X-ray diffraction. *J. Electrochem. Soc.* 149 (2002) A710.

L. Fransson, J.T. Vaughey, K. Edström & M.M. Thackeray Structural Transformation in Intermetallic Electrodes an *in situ* XRD Study of Lithiated MnSb and  $\text{Mn}_2\text{Sb}$  Anodes, *J. Electrochem. Soc.* 150 (2003) A86.

C. Gejke, E. Nordström, L. Fransson, L. Häggström, K. Edström & L. Börjesson, Infrared and  $^{119}\text{Sn}$  Mössbauer Study of Lithiated Tin Borate Glasses, *J. Mat. Chem.* **12** (2002) 2965..

C. Gejke, K. Edström & L. Börjesson, Cycling Performance and Temperature Stability of a Tin-Borate Glass Anode, *Electrochem. Comm.*, 5 (2003) 27.

M. Herstedt, L. Fransson & K. Edström, Rate Capability of Swedish Natural Graphite as Anode in Lithium Ion Batteries , Submitted to *J. Power Sources* (2002).

Hietala S, Paronen M, Holmberg S, Näsman J., Juhanoja J., Karjalainen M., Serimaa R., Toivola M., Lehtinen T., Parouvuori K., Sundholm G., Ericson H., Mattsson B., Torell L., and Sundholm F., Phase separation and crystallinity in proton conducting membranes of styrene grafted and sulfonated poly(vinylidene fluoride)  
J POLYM SCI POL CHEM 37 (12): 1741-1753, 1999

Hietala S, Maunu SL, Sundholm F. Sorption and diffusion of methanol and water in PVDF-g-PSSA and Nafion (R) 117 polymer electrolyte membranes  
J POLYM SCI POL PHYS 38 (24): 3277-3284 , 2000

Hietala S, Maunu SL, Sundholm F, et al., Water sorption and diffusion coefficients of protons and water in PVDF-g-PSSA polymer electrolyte membranes  
J POLYM SCI POL PHYS 37 (20): 2893-2900 (1999)

Hietala S, Skou E, Sundholm F., Gas permeation properties of radiation grafted and sulfonated poly-(vinylidene fluoride) membranes, POLYMER 40: 5567-5573 1999

Hietala S, Maunu SL, Sundholm F. Structure of styrene grafted poly(vinylidene fluoride) membranes investigated by solid-state NMR, MACROMOLECULES 32: 788-791, 1999

P. Holtappels, F. W. Poulsen and M. Mogensen, Electrical conductivities and chemical stabilities of mixed conducting pyrochlores for SOFC applications, Solid State Ionics, 135, (2000), 675-679

Hultquist G, Tveten B, Hornlund E, Self-repairing metal oxides (vol 56, pg 344, 2001) OXID MET 57 (5-6): 585-585 , 2002

G. Hultquist, B. Tveten, E. Hörnlund, M. Limback and R. Haugsrud, -“Selfrepairing metal oxides”, Oxidation of Metals, Vol. 56, Nos. 3/4, 313, 2001.

G. Hultquist, B. Tveten and E. Hörnlund, -“Hydrogen in chromium: Influence on the high-temperature oxidation kinetics in H<sub>2</sub>O, oxide-growth mechanisms, and scale adherence”, Oxidation of Metals, Vol. 54, Nos. 1/2, 1, 2000.

P. Johansson, S. Béranger, M. Armand, H. Nilsson and P. Jacobsson, Spectroscopic and Theoretical Study of the 1,2,3-Triazole-4,5-dicarbonitrile (TADC) Anion and Its Lithium Ion Pairs, Solid State Ionics 156 (2003) 129-139

P. Johansson and P. Jacobsson, New Lithium Salts on the Computer: Fiction or Fact? Electrochimica Acta, 2001, Vol 46, 1545-1552.

P. Johansson and P. Jacobsson, Ion-pairs in Polymer Electrolytes Revisited: An ab initio Study, Journal of Physical Chemistry A, 2001, Vol 105, 37, 8504-8509.

P. Johansson, Ab initio Structures and Vibrational Spectra of Li[C(CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>] and Li[CH(CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>], Journal of Physical Chemistry A, 2001, Vol 105, 40, 9258-9264.



P. Johansson, First Principles Modelling of Amorphous Polymer Electrolytes: Li<sup>+</sup>-PEO, Li<sup>+</sup>-PEI and Li<sup>+</sup>-PES Complexes, *Polymer*, 2001, Vol 42, 9, 4367-4373.

S.-E. Johnsen, G. Lindbergh, A. Lundqvist, and R. Tunold, A single particle investigation on the kinetics of metal hydride materials, *J. Electrochem. Soc.* (in press 2003).

Jokela K, Galambosi S, Karjalainen M, Torkkeli M, Serimaa R, Etelaniemi V, Vahvaselka S, Paronen M, Sundholm F, Temperature-dependent X-ray scattering studies on radiation grafted and sulfonated poly(vinylidene fluoride) *MATER SCI FORUM* 321-3: 481-486 Part 1&2 2000

Kasemagi H, Klintonberg M, Aabloo A. and J.O. Thomas, Molecular dynamics simulation of the effect of adding an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticle to PEO-LiCl/LiBr/LiI systems, *J MATER CHEM* 11 (12): 3191-3196 2001.

Kasemagi H, Klintonberg M, Aabloo A, and J.O. Thomas, Molecular dynamics simulation of the LiBF<sub>4</sub>-PEO system containing Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles, *SOLID STATE IONICS* 147 (3-4): 367-375, 2002

Laukkanen A, Hietala S, Maunu SL, et al., Poly(N-vinylcaprolactam) microgel particles grafted with amphiphilic chains, *MACROMOLECULES* 33: 8703-8708 2000

Mattsson B, Ericson H, Torell LM and Sundholm F., Degradation of a fuel cell membrane, as revealed by micro-Raman spectroscopy, *ELECTROCHIM ACTA* 45 (8-9): 1405-1408 2000

Mattsson B, Ericson H, Torell LM and Sundholm F., Micro-Raman investigations of PVDF-based proton-conducting membranes, *J POLYM SCI POL CHEM* 37 (16): 3317-3327, 1999

M. Mogensen, S. Primdahl, K. Vels Jensen, M.J. Jørgensen, C.- Bagger, Foreign phases and SOFC electrode kinetics, *Proc. 7<sup>th</sup> Int. Symp. On SOFC*, June 3-8, Tsukuba, Japan, Eds. H. Yokokawa, S.C. Singhal, Pennington NJ (2001) 521-528.

M. Mogensen, K. Vels Jensen, M. J. Jørgensen, S. Primdahl, Progress in understanding SOFC electrodes, *Solid State Ionics* 150 (2002) 123 -129.

Nissinen T, Valo T, Gasik M, Rantanen J, Lampinen M., Microwave synthesis of catalyst spinel MnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> for alkaline fuel cell, *JOURNAL OF POWER SOURCES* 106 (2002): 109-115.

S. Nordlinder, K. Edström, T. Gustafsson & J. Lindgren, Structure and Electrochemical Performance of Na<sup>+</sup>-, K<sup>+</sup>- and Ca<sup>2+</sup>-Vanadium Oxide Nanotubes , Accepted by *J. Electrochem. Soc.* (2002)

Ostrovskii D, Paronen M, Sundholm F. and Torell L.M.. State of water in sulfonated poly(vinyl fluoride) membranes: an FTIR study SOLID STATE IONICS 116: 301-310, 1999

Paronen M, Karjalainen M, Jokela K, Structure of sulfonated poly(vinyl fluoride) J APPL POLYM SCI 73 (7): 1273-1284 ,1999

Phillips RJ, Bonanos N, Poulsen FW, Ahlgren E.O. , Structural and electrical characterisation of SrCe<sub>1-x</sub>Y<sub>x</sub>O<sub>3</sub>, SOLID STATE IONICS 125 : 389-395, 1999

F. W. Poulsen, Speculations on the existence of hydride ions in proton conducting oxides, Solid State Ionics, 145 (2001), 387-397

F. W. Poulsen, M. Glerup and P. Holtappels, Structure, Raman spectra and defect chemistry modelling of conductive pyrochlore oxides, Solid State Ionics, 135, (2000), 595-602

F. W. Poulsen, Defect chemistry modelling of oxygen-stoichiometry, vacancy concentrations, and conductivity of (La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>)<sub>y</sub>MnO<sub>3±δ</sub>, Solid State Ionics, 129, (2000), 145-162

S. Sharma, L. Fransson, E. Sjöstedt, L. Nordström, B. Johansson & K. Edström, A Theoretical and Experimental Study of the Lithiation of <sup>6</sup>-Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> in a Lithium-Ion Battery , Accepted by *J. Electrochem. Soc.* (2002)

M. M. Thackeray, J. T. Vaughey, C. S. Johnson, A. J. Kropf, R. Benedek, L. M. L. Fransson & K. Edström, Structural Considerations of Intermetallic Electrodes for Lithium Batteries, Accepted by *J. Power Sources* (2002).

Torkkeli M, Serimaa R, Etelaniemi V, et al.  
ASAXS study of styrene-grafted sulfonated poly(vinylidene fluoride) membranes J POLYM SCI POL PHYS 38 (13): 1734-1748, 2000

B. Tveten, G. Hultquist and D. Wallinder, -“Hydrogen and yttria in chromium: Influence on the high-temperature oxidation kinetics in O<sub>2</sub>, oxide-growth mechanisms, and scale adherence”, Oxidation of Metals, Vol. 55, Nos. 3/4, 279, 2001.

B. Tveten, G. Hultquist and T. Norby, -“Hydrogen in chromium: Influence on the high-temperature oxidation kinetics in O<sub>2</sub>, oxide-growth mechanisms, and scale adherence” Oxidation of Metals, Vol. 51, Nos. 3/4, 221, 1999.

Tveten B, Hultquist G, Wallinder D., Hydrogen and yttria in chromium: Influence on the high-temperature oxidation kinetics in O-2, oxide-growth mechanisms and scale adherence, OXID MET 55 (3-4): 279-289, 2001

Tveten B, Hultquist G, Norby T., Hydrogen in chromium: Influence on the high-temperature oxidation kinetics in O-2, oxide-growth mechanisms, and scale adherence OXID MET 51 (3-4): 221-233, 1999

K. Vels Jensen, S. Primdahl, M. Mogensen, Studies of the Ni-YSZ interface in solid oxide fuel cell anodes. Mass and charge transport in inorganic materials: fundamentals to devices, P. Vincenzini, V. Buscagli (eds.) Techna, Faenza (2000) 1443-1449.

K. Vels Jensen, R. Wallenberg, I. Chorkendorff and M. Mogensen, Microstructural and chemical changes at the Ni-YSZ interface, Solid State Ionics 144 (2001) 197-209.

K. Vels Jensen, R. Wallenberg, I. Chorkendorff and M. Mogensen, Effect of impurities on the structural and electrochemical properties of the Ni-YSZ interface, (submitted June 2002).

Vie P, Paronen M, Stromgard M., Rauhala E., and Sundholm F., Fuel cell performance of proton irradiated and subsequently sulfonated poly(vinyl fluoride) membranes, J MEMBRANE SCI 204 (1-2): 295-301, 2002

D. Wallinder, G. Hultquist, B. Tveten and E. Hörnlund, Hydrogen in chromium: Influence on corrosion potential and anodic dissolution in neutral NaCl solution", Corrosion Science, 43, 1267, 2001.

*Resultater (nordisk nytte etc.)*

De uddannelsesmæssige og videnskabelige resultater er beskrevet ovenfor. Der er etableret netværk mellem forskere i de nordiske/baltiske lande som følger:  
 netværk 1 Computersimulering: Uppsala, Tartu ; netværk 2 Udvikling og afprøvning af polymerer: Odense, Helsinki, KTH, Chalmers, NTNU; netværk 3 Udvikling og afprøvning af direkte methanolbrændselsceller: Odense Univ, Helsinki; netværk 4 indenfor SOFC Risø, DTU, Oslo, NTNU , Litauen.

## ENERGI OG SAMFUNN

### Summary

The starting point of the Energy and Society program was to focus on issues of optimal energy production, -transmission, and -use and studies of how to organize the Nordic energy markets to obtain optimal socio-economic performance and reach environmental goals. Special emphasis was put on the electricity market functioning and policy regulation.

The deregulation of the electricity markets increase trade and improve several aspects of the market performance; a better utilization of heterogeneous technologies in an open trade environment, an improvement in the combined flexibility in supply and demand to stochastic shifting temperatures and variability in primary energy supply (water inflow), and the possibility to take advantages of an integrated common environmental policy. All these aspects have been touched upon within the Energy and Society program.

In the regulation period uncertainty about inflow and temperatures were handled by increasing production capacity. Under a deregulated framework the importance of flexibility of demand is highlighted, and therefore studied. The topicality of this issue has proven right during the last 4-5 months of the electricity market development.

Although international protocols concerned about combating environmental problems have been or will be signed, it has shown hard to agree upon policy instruments that could help to actually follow up on the targets set. Traditional instruments like tariffs and permit trading are not yet implemented in an international context. On the contrary, new instruments which effect has not yet been studied are introduced in the policy discussions. An example of such an instrument is green certificates. Our program present several article outputs taking up this issue.

Over the past years a large amount of electricity production facility acquisitions and ownership concentration have taken place. This raises the question of market power exploitation and consequently calls for regulation issues to be discussed. At the same time the deregulation of the electricity markets implied declining prices due to overcapacity. However, electricity demand grows, and eventually investments in new capacity may be profitable and the possibility to exploit market power may increase. Deregulation of markets also now and then led to increased electricity trade, which put a strain on the transmission capacity. Uncertainty about market development hamper investments, and new questions about imperfection in investment incentives are raised.

The Energy and Society program has produced 8 PhD's during the last 4 years, and a very high number of articles in both international refereed journals and working papers. During this four year period we organized 14 seminars/workshops.

## Målsetning og faglig innretning

Programmet Energi og samfunn favnet generelle problemstillinger omkring optimal energiproduksjon, -overføring og -anvendelse, og mest mulig kostnadseffektive løsninger på forurensningsproblemene innen både de enkelte land og det samlede nordiske området.

De siste 10 årene har større deler av de nordiske energimarkedene gradvis blitt deregulert og en stadig sterkere økonomisk og politisk integrering innenfor EU driver fram en deregulering av energimarkedene også i Europa. Dereguleringer nasjonalt trekker med seg dereguleringer på tvers av landegrensene, og bidrar til at handelen med ikke bare fossile energibærere, men også ledningsbunden energi øker. Dette er spesielt viktig for de nordiske landene da sammensetningen av produksjonsteknologi i de nordiske landene er svært forskjellig fra tilsvarende i de andre europeiske landene. Selv om det danske kraftproduksjonssystemet ligner mer på det europeiske enn på de andre nordiske landene sine systemer, blir Danmark sterkt påvirket gjennom at flere land i Europa forsøker å utnytte samspillet med det svenske og det norske kraftsystemet. Danmark blir ikke alene på denne banen lenger. Dessuten vil videre ekspansjon av dansk produksjon av kraft basert på vindmøller bli influert av utviklingen i det nordeuropeiske kraftmarkedet. Energi og samfunn har vært opptatt av utviklingen i de deregulerte energimarkedene i Norden og Europa.

Det nordiske kraftmarkedet er kjennetegnet ved et betydelig innslag av vannbasert kraftproduksjonssystem. Av totalt 350 TWh er om lag 60 prosent basert på vann i et nedbørmessig normalt år. Vannkraftproduksjonen kan variere med om lag 40 TWh hver vei i forhold til normalen. Samtidig er en stor del av oppvarmingsmarkedet el.basert og variabelt i forhold til temperaturen. Et fritt nordisk kraftmarked innebærer dermed en prising som kan medføre til dels betydelige svingninger over sesong og over døgnet. Spesielt kan dette være av betydning etter hvert som mer av kraften omsettes over børs og flere kundegrupper stilles overfor markedspriser til enhver tid. Dette vil bidra til at toppene i elektrisitetsetterspørselen flates ut. I tillegg til dette vil økt utnyttelse av lagringskapasiteten for energi i de vannkraftdominerte produksjonssystemene bidra til å jevne ut produksjonstiden for termiske kraftverk. Disse prosessene vil være svært viktig for enhetskostnadene (øre/kWh) for slike kraftverk. Et avgjørende spørsmål for prisnivå og utnyttelse kan være i hvilken grad etterspørselen er fleksibel i lavlastperioder. Vil prisen bli lavere enn kort tids marginalkostnaden ved termisk kraftproduksjon? Hva vil skje hvis vi kommer i en situasjon med vannmangel og prisene stiger – vil konsumentene reagere på de høyere prisene med redusert etterspørsel? Konsumentenes evner til å tilpasse seg varierende el.priser er studert i programmet.

Kyotoprotokollen har fastsatt kvoter for utslipp av CO<sub>2</sub> for Annex I land. Samtidig åpnes for kvotehandel med CO<sub>2</sub> utslipp. Dette vil bidra til en ytterligere integrering av de nordiske og Vesteuropeiske kraftmarkeder. Betydningen av disse prosesser er viktige for våre egne nærområder. Begrenset tilgang på nye vannkraftprosjekter, begrensning i bruk av fossile energibærere gjennom Kyotoprotokollen, og begrenset adgang til å satse på atomenergi betyr økt fokus på andre fornybare energikilder. I hvilken grad slike kilder vil komme inn i energimarkedene vil være avhengig av kostnadene ved slik teknologi, fleksibiliteten i næringsliv og husholdninger og politiske virkemidler. Politiske virkemidler kan deles opp i de som direkte bidrar til å begrense bruken av fossil energi, og i støtte til prosjekter som involverer satsing på fornybar energi. Samspillet mellom de tradisjonelle energimarkedene, markeder for fornybar energi og politiske virkemidler har vært fokusert i programmet. Spesielt gjelder dette framveksten av nye politiske instrumenter som grønne sertifikatordninger. Dette synes å være et populært nytt virkemiddel i Europa, og det synes å

spre seg nordover til oss. Foreløpig har det vært en begrenset mengde med gode analyser av virkningen av slike virkemidler. Forskere i Energi og Samfunn har vært helt i fronten av å studere de økonomiske virkningene av den typen instrumenter i el.markedet.

En deregulering av energimarkeder åpner opp for kjøp og salg av produksjonsverker i kraftforsyningen. Dette har da også skjedd i stort omfang spesielt i Norge og Sverige de siste årene. Dette kan handle om fullstendige overtakelser eller oppkjøp av andeler i andre selskaper. Oppkjøp av andeler kan, hvis andelene er store nok, gi vesentlig innflytelse på atferden til de selskapene man eier andeler, i for eksempel gjennom styrerepresentasjon. Markedskonsentrasjonen øker og på et eller annet nivå kan det oppstå spørsmål om konsentrasjonen er blitt for stor slik at markedsrett kan utnyttes. Både innen Norge og Sverige har man store kraftselskaper i denne sammenheng. Vannkraftmarkedet er dessuten spesielt i forhold til andre markeder i den forstand at primærenergien er stokastisk og utenfor bestemt, mens en i termiske kraftverker i større grad kan bestemme produksjonen gjennom innkjøp av primærenergi uran, olje, kull eller gass. Studier av muligheter for utøvelse av markedsrett i vannkraftdominerte produksjonssystemer som er bundet sammen av ledningsbundne transportmuligheter med kapasitetsskranke har også vært tema i programmet.

Andre aspekter ved deregulering av energimarkeder har også vært studert, som for eksempel regulering av de naturlige monopolene transmisjon og distribusjon av elektrisitet. Dette berører alle de nordiske landene. En deregulering medfører også framvekst av nye markeder, som for eksempel finansielle markeder for prissikring, og endrer betydning av andre markeder som for eksempel spotmarkedet. Ulike reguleringsregimer kan gi ulike incitament som letter eller gjør det vanskeligere å oppnå eksplisitte økonomiske, energipolitiske eller miljømessige mål. Studier av reguleringsmekanismer er derfor sentrale i programmet.

Energisektoren i Norden har investert betydelige summer i produksjonskapasitet under en lang periode der dette markedet har vært regulert. Deregulering medfører økt usikkerhet i disse markedene. Betydningen av usikkerhet i forbindelse med investeringer i energibransjen kan være betydelig. Andre aspekter av usikkerhet som kan ha stor betydning for industrien er usikkerhet knyttet til investeringer i industribedrifter som er viktig på etterspørselssiden i energimarkedene, slik som for eksempel aluminiumsindustri i Norge og på Island. Et ytterligere aspekt som uroer investeringsbeslutninger i energimarkedene er usikkerhet knyttet til internasjonale avtaler om reduksjoner av forurensinger knyttet til energiproduksjon. Deregulering av energimarkedene i Norden har ledet til at investeringer i ny kapasitet nærmest har stoppet opp. Dels kan dette skyldes at det gjennom det regulerte regime ble bygget ut for stor kapasitet. Etter hvert som etterspørselen stiger og ledig kapasitet utnyttes vil usikkerhet omkring investeringsbeslutninger bli et viktigere område for forskningen. Hvordan en skal håndtere usikkerhet i bedriftsøkonomisk og i energipolitisk sammenheng, er et tema som flere har studert innenfor programmet.

Formålene med det Nordiske Forskningsprogrammet er flere. For det første skal en gjennom programmet bidra til at informasjon om forskning omkring forholdet mellom økonomi, teknologi, energi og forurensninger innen de enkelte land kommer de enkelte lands forskningsmiljøer, myndigheter og allmennhet til gode. For det andre skal programmet bidra til at den kompetanse som eksisterer bygges videre opp og spres mellom de enkelte land. Forskere fra de nordiske land utgjør et nettverk som på lang sikt kan danne et bredere fundament for videre forskning. Et hovedpoeng er også at de nordiske landene hver for seg innehar en betydelig kompetanse innen hvert sitt felt og at det kan sies å eksistere stordriftsfordeler ved en samlet nordisk satsing. Samtidig er det viktig at det stimuleres til kompetanseoppbygging og internasjonal publisering av arbeidene. Internasjonal publisering anses viktig med tanke på å spre informasjon og å sikre en internasjonal kvalitet rundt kompetanseoppbyggingen. Gjennom en utstrakt seminarvirksomhet og reisevirksomhet har denne nettverksbyggingen fungert utmerket i Energi og Samfunn gjennom de siste 4 årene. 8

phD studenter er blitt utdannet gjennom programmet og disse har blitt sterkt knyttet opp mot både nordiske og internasjonale forskernettverk.

### Fagkollegiets sammensetning

|          |  |
|----------|--|
| Danmark: | Lektor J. Birk Mortensen, Københavns Universitet fra           |
| Finland: | Prof. P. Haaparanta, Helsinki School of Economics              |
| Island:  | Prof. G. Magnusson, Háskoli Íslands, Reykjavík                 |
| Norge:   | Forsknings sjef T. Bye, Statistisk Sentralbyrå, Oslo (formann) |
| Sverige: | Prof. L. Bergman, Handelshögskolan i Stockholm                 |

### Forskere engasjert i programmet

Følgende personer har vært stipendiater i perioden 1999-2002

|   |               |
|---|---------------|
| *Stipendiat Niclas Damsgaard, Handelshögskolan i Stockholm      | 010199-311202 |
| * Stipendiat Maria Kopsakangas-Savolainen, Universitetet i Oulu | 010199-300602 |
| * Stipendiat Søren Leth Pedersen, AKF Danmark                   | 010199-310702 |
| * Stipendiat Pauli Murto, Helsinki University of Technology     | 010199-311202 |
| * Stipendiat Gjermund Nese, SNF, Bergen                         | 010199-311202 |
| * Stipendiat Klaus Skytte, Forsknings senter Risø               | 010199-310102 |
| * Stipendiat J.T. Sturluson, Handelshögskolan i Stockholm       | 010199-310802 |

Følgende var knyttet til programmet som veiledere:

|  |               |
|--|---------------|
| * Forskningsprofessor Erik S. Amundsen, SNF Bergen, Norge      | 010199-311202 |
| * Seniorforsker Fridrik M. Baldursson, Háskoli Íslands, Island | 010199-311202 |

Ved bruk av midler på seminarer og reiser greide vi i tillegg å knytte faglige forbindelse med mange institusjoner som ikke direkte ble finansiert av fagkollegiet.

### Forskningsaktiviteter/evt. prosjektopplisting

I programmet har en tatt opp en hel rekke problemstillinger som er relevante for de programformuleringer som framgår i avsnitt 1 og 2. Nedenfor listes en del av disse problemstillingene som man også kan finne igjen i den litteraturlisten som er gitt i avsnitt 8.

- Introduksjon av grønne sertifikater vil ha pris og volumeffekter i energimarkedene som ikke er trivielle.
- Introduksjon av grønne sertifikater i energimarkedene vil ha samspillseffekter med kvotemarkeder for utslipp, eller avgifter på slike utslipp, som heller ikke er trivielle.
- Krysseierskap i kraftforsyningen kan medføre bruk av markedsrett. Splitting av kraftselskaper kan være løsningen.
- Sammenhengene mellom futuresmarkeder og spotmarkeder burde være stringent, men er den det? Kan deltakelse i begge markeder medføre at det er mulig å utnytte markedsrett mellom disse markedene?
- Kan danske og norske hushold substituere olje med elektrisitet og omvendt? I hvilken grad kan de dette?
- Virker miljøpolitikk på oppvarmingsmarkedet i Danmark?
- Hva betyr irreversibilitet for investeringsviljen i kraftproduksjonskapasitet?

- Hva er den optimale timingen av investeringer i kraftproduksjonskapasitet når det er snakk om sprangvise kapasitetsutvidelser.
- Vinkraftens betydning i et deregulert nordisk elektrisitetsmarked.
- Regulerkraftmarkedets betydning i et deregulert kraftmarked.
- Innelåste kraftmarkeder kan bety konkurransemessige fortrinn for energitung industri på Island. Er det så enkelt eller kan miljøargumenter forkludre dette?

### **Seminar/kurs/konferanser**

#### **1999**

- 1) Seminar: Informasjonsseminar for nye pHd. 16-17. februar. København
- 2) Seminar: Coordination in deregulated energy markets. 22-24.mars. Ivalo, Saarielkä, Finland
- 3) Seminar: Design of Energy Markets and the Environment. 20-21. mai. København.
- 4) Generalmønstring: I tilknytning til energiforskningskonferansen. 29-30 nov. Oslo

#### **2000**

- 1) Multiregionella modeller. 9-10 mars. Helsinki
- 2) Generalmønstring. 10-11. november. Island

#### **2001**

- 1) Workshop: The Baltic and Nordic energy market. 2-4. mai. Riga, Latvia
- 2) Market Power in electricity markets. 30-31. august. Oslo
- 3) Generalmønstring. 15-16. november. Stockholm

#### **2002**

- 1) Workshop: Kyoto-protokollen – klimaproblematikk. 25-26 april, Helsinki, Finland
- 2) Seminar: Energieffektivitet . 18-20 april, Island.
- 3) Workshop: Energy challenges in deregulated markets. 14-16 mai, St.Petersburg
- 4) Electricity market reforms: Experiences and Lessons for the future,
- 5) Generalmønstring: 12-13. desember, Helsinki

### **Regnskap**

#### *Budsjettdisponering i perioden*

Programmet Energi og Samfunn brukte samlet over perioden 1995 til 1998 vel 13 millioner kroner eller i gjennomsnitt noe over 3 millioner norske kroner per år. Det første året i perioden var bruken noe mindre enn for de senere årene. Dette skyldes at det alltid tar noe tid å få engasjert alle doktorgradstudentene. De oppsparte midlene fra dette første året ble forskjøvet utover til siste året i programperioden slik at de kunne benyttes til en ekstra innsats for å få dokumentert og formidlet arbeidene på en ordentlig måte. Blant annet ble det brukt mer ressurser på konferanser og seminarer de to siste årene enn de to første, blant annet til et sluttseminar med stor internasjonal deltakelse.



| Nordisk aktivitet | 1999      | 2000      | 2001      | 2002      | Totalt     |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Bevilgninger      | 4 100 000 | 3 500 000 | 3 500 000 | 3 500 000 | 14 500 000 |
| Utgifter          | 2 835 778 | 3 410 376 | 3 782 058 | 2 839 101 | 12 867 313 |
|                   | 1 264 22  | 89 624    | - 282 058 | 660 899   | 1 832 798  |

| Nærområde aktivitet | 1999 | 2000 | 2001    | 2002    | Totalt  |
|---------------------|------|------|---------|---------|---------|
| Utgifter            | 0    | 0    | 101 000 | 151 000 | 252 000 |

### Publikasjoner (dr.- avhandlinger, artikler)

Nedenfor er en publikasjonsliste som totalt omfatter et stort antall publiseringer i internasjonale tidsskrifter, nasjonale tidsskrifter, working (Discussion paper serier, institusjonsrapporter eller lignende). Dette må sies å være en meget høy produksjon i forhold til de ressurser som er avsatt til programmet, og vesentlig høyere enn for forrige fireårsperiode.

Amundsen, E., Fridrik M. Baldursson and J.B. Mortensen (2003). Price volatility and banking in green certificate markets. Institute of Economic Studies Working Paper W03:01, University of Iceland.

Amundsen, Eirik S. and Jørgen Birk Mortensen (2001): The Danish Green Certificate System: some simple analytical results. *Energy Economics*. Volume 23, Issue 5, September 2001, Pages 489-509.

Amundsen, E.S. and R. Schöb (1999) «Environmental Taxes on Exhaustible Resources», *European Journal of political Economy*, Vol. 15, 311 – 329.

Amundsen, E.S, Nesse, A. and S.Tjøtta (1999) «Deregulation of the Nordic Power Market and Environmental Policy», *Energy Economics*, 21, 417 – 434.

Amundsen, E.S. "Green Electricity" in Hope, E., L. Melamed and M. Lychagin (eds.) "Electricity Economics: Policies" (in Russian), Novosibirsk Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 2000

Amundsen, E.S. and J. Birk Mortensen, (2001) "The Danish Green Certificate System: Some simple analytical results", *Energy Economics*, Vol 23/5, 489-509

Amundsen, E.S. and L. Bergman (2002) "Will Cross-ownership Reestablish Market Power in the Nordic Power Market?", *The Energy Journal*, 23,73-95

Amundsen, E.S. and L. Bergman (forthcoming), " The Deregulated Electricity Markets in Norway and Sweden: A Tentative Assessment" in Glachant, J.M. and D. Finon (eds) "*Competition in European Electricity Markets: A cross-Country Comparison*", Edward Elgar.

Amundsen, E.S., L. Bergman and B. Andersson, (1998) "Competition and Prices on the Emerging Nordic Electricity Market", Working Paper in Economics, No. 0298, Department of Economics, The University of Bergen.

Amundsen, E.S. and G. Nese (2002) "Provision of Renewable Energy Using Green Certificates: Market Power and Price Limits", Working Paper No. 18/02 (June), SNF.

Amundsen, E.S. and G. Nese (2002) "Provision of Renewable Energy Using Green Certificates: Market Power and Price Limits", Working Paper No. 18/02 (June), SNF.

Baldursson, Fridrik (1999). Modelling the price of industrial commodities, *Economic Modelling*, 16, 331-353.

Baldursson, Fridrik and Nils-Henrik von der Fehr (2002). Prices vs quantities: the case of risk averse agents. Revised and resubmitted to the *Journal of Environmental Economics and Management*.

Baldursson, Fridrik and Nils-Henrik von der Fehr (2002). Prices vs. quantities: the irrelevance of irreversibility. Invited to revise and resubmit by the *Scandinavian Journal of Economics*.

Baldursson, Fridrik (2002). Nature, energy intensive industry and electricity restructuring [in Icelandic: Náttúran stóriðja og nýskipan raforkumála], *Vélabrögð*, 22.

Baldursson, Fridrik and Eirik Amundsen (2002). A dynamic model of a market for green electricity certificates [In Icelandic: Kvikt líkan af grænum raforkumarkaði]. To appear in proceedings of the 1<sup>st</sup> biannual conference of Icelandic mathematicians at Reykholt, Iceland.

Baldursson, Friðrik (2001). The Electricity Supply Industry in Iceland. Institute of Economic Studies Research Report R01:03.

Baldursson, Fridrik and Sveinn Agnarsson (2001). On some socioeconomic aspects of a proposed hydro power plant at Karahnjúkar, Iceland (in Icelandic). Institute of Economic Studies Research Report C01:02.

Baldursson, Fridrik and Sveinn Agnarsson (2001). On some socioeconomic aspects of a proposed aluminium smelter in Reydarfjörður, Iceland (in Icelandic). Institute of Economic Studies Research Report C01:03.

Baldursson, Fridrik (2001). Iceland and the California Electricity Debacle (in Icelandic). Institute of Economic Studies Research Report C01:04.

Baldursson, Fridrik and Nils-Henrik von der Fehr (2002). Prices vs quantities: the case of risk averse agents. Institute of Economic Studies Working Paper W02:02. Posted on the Social Science Research Network [www.ssrn.com](http://www.ssrn.com).

Bye, T.; Olsen, O.J.; Skytte, K., Grønne sertifikater - design og funksjon. Statistisk sentralbyrå, rapport 2002/11 (2002) 38 p.

Clements, L. A., A. Hall and J. T. Sturluson (1999) "The Viking CGE Model" IoES Working Papers Series.

Coq, C. Le; Skytte, K., Futures power markets and market power's future. In: New equilibria in the energy markets: The role of new regions and areas. Conference proceedings. Vol. 1. 22. IAEE annual international conference, Rome (IT), 9-12 Jun 1999. (International Association for Energy Economics, Cleveland, OH, 1999) p. 28-37

Hall, A., and J. T. Sturluson (2000) "Testing a CGE model: The tax-free year in Iceland as a natural experiment" in ed. M. Gudmundsson, T. T. Herbertsson and G. Zoega, *Macroeconomic Policy: Small Open Economy in an Era of Global Integration*, Institute of Economic Studies, Reykjavik.

Jensen, S.G.; Lemming, J.; Morthorse, P.E.; Olsen, O.J.; Skytte, K., Experience curves, renewable energy technologies and energy policy in Denmark. In: Submitted papers (on CD-ROM). 25. Annual IAEE international conference. Innovation and maturity in energy markets: experience and prospects, Aberdeen (GB), 26-29 Jun 2002. (IAEE, Aberdeen, 2002) 10 p.

Jensen, S.G.; Skytte, K., Simultaneous attainment of energy goals by means of green certificates and emission permits. *Energy Policy* (2003) Vol. 31, pp. 63-71

Jensen, S.G. and Skytte, K., Interaction between the power and green certificate market. *Energy Policy* (2002) Vol. 30, Issue 5, pp. 425-435.

Kopsakangas-Savolainen, Maria (1999): *Vertical Integration Versus Vertical Separation in the Deregulated Finnish Electricity Market*, Working paper no. 14, Department of Economics, University of Oulu, 1999.

Kopsakangas-Savolainen, Maria (2001): *Restructuring of Electricity Industry - International Experiences*, Working paper no. 17, Faculty of Economics and Industrial Management, University of Oulu, 2001.

Kopsakangas-Savolainen, Maria (2001): *Distribution Price of Electricity and Potential Welfare Improvements*, Working paper no. 18, Faculty of Economics and Industrial Management, University of Oulu, 2001.

Kopsakangas-Savolainen, Maria (2002): *A Study on the Deregulation of the Finnish Electricity Markets*, Acta Universitatis Ouluensis Oeconomica G11, Oulu 2002, Dissertation.

Leth-Petersen, S. (2002); *Micro Econometric Modelling of Household Energy Use: Testing for Dependence between Demand for Electricity and Natural Gas*; *The Energy Journal*, vol. 23, no. 4, pp. 57-84

Leth-Petersen, S. and Togeby, M. (2001); *Demand for Space Heating in Apartment Blocks: Measuring Effects of Policy Measures Aiming at Reducing Energy Consumption*; *Energy Economics*, 23, pp. 387-403

Leth-Petersen, Søren (2001); *Micro Evidence on Household Energy Consumption*; AKF Memo.

Leth-Petersen, Søren. og Kjellson, Elisabeth og Tøgeby, Mikael (2000); Demand for Space Heating in Apartment Blocks: Evidence from Denmark and Sweden; AKF Memo

Leth-Petersen, Søren (1999); Olie- og gasressourcerne i nationalregnskabet og vurdering af bæredygtighed; AKF Memo

Leth-Petersen, Søren; Bente Halvorsen, Bodil M. Larsen and Runa Nesbakken (2001); Residential Energy Demand in Liberalised Energy Markets. Evidence from Denmark and Norway; Submitted to The Journal of Energy and Development

Leth-Petersen, Søren (2002) : Empirical Studies of Micro Data on Residential Energy Demand. indeholder . Ph.d. afhandling:

Murto, P., and Keppo, J.(2002): "A game model of irreversible investment under uncertainty", International Game Theory Review, Vol. 4, No. 2 (2002) 127-140.

Murto, P., and Nese, G.(2002): "Input price risk and optimal timing of energy investment: choice between fossil and biofuels", Working Paper No. 25/02, Institute for Research in Economics and Business Administration, Bergen, May 2002 (also published as Working Paper in Economics, No. 1502, Department of Economics, The University of Bergen.)

Murto, P.(2003): "Timing of investment under technological and revenue related uncertainties", manuscript submitted to review.

Murto, P., Näsäkkälä, E., and Keppo, J.(2003): "Timing of investments in oligopoly under uncertainty: a framework for numerical analysis", manuscript submitted to review.

Murto, P.(2003): "Exit in duopoly under uncertainty", manuscript submitted to review. Accepted in RAND Journal of economics.

Murto, P. (2002): "Models of capacity investment in deregulated electricity markets", licentiate thesis, Helsinki University of Technology, October 2000.

Murto, P. (2003): The doctoral thesis P. Murto: "On investment, uncertainty, and strategic interaction with applications in energy markets" under review process.

Nese, G. (2002) "Acquisitions in the Electricity Sector: Active vs. Passive Owners", Working Paper in Economics, No. 1602, Department of Economics, The University of Bergen.

Nese, G. (2002) "Green Certificates in an International Market" Working Paper No. 75/02 (Desember), SNF.

Nielsen, L.H.; Morthorst, P.E.; Skytte, K.; Hjuler Jensen, P., Wind power and a liberalised North European electricity exchange. In: Wind energy for the next millennium. Proceedings. 1999 European wind energy conference (EWEC '99), Nice (FR), 1-5 Mar 1999.

Olsen, O.J.; Skytte, K., Consumer ownership in liberalised electricity markets - the case of Denmark. In: Conference proceedings (on CD-ROM). 23. Annual IAEE international conference: Energy markets

and the new millennium, Sydney (AU), 7-10 Jun 2000. (Australian Association for Energy Economics, Sydney, 2000) 17 p.

Olsen, O.J and Skytte, K., Consumer ownership in liberalized electricity markets - The case of Denmark. *Ann. of Public and Cooperative Economics*, Vol. 73 no 1, 2001, pp. 1-18.

Olsen, O.J. and Skytte, K., Competition and market power in northern Europe. Forthcoming in *European Electricity Reforms*, Edward Elgar Publishing, book, spring 2002.

Petersen, E.L.; Hjuler Jensen, P.; Rave, K.; Helm, P.; Ehmann, H. (eds.), (James and James Science Publishers, London, 1999) p. 379-382

Pineau, P.-O., and Murto, P.(2003) : "An oligopolistic investment model of the Finnish electricity market", forthcoming in *Annals of Operations Research* (earlier version has been published in the Working Papers series Energy: Oil, gas, electricity and nuclear energy, Cetai, HEC, Montréal, Canada).

Ravn, Hans and Skytte, Klaus, Uncertainty in Energy-Economic Modelling of the Electrical Power Sector. *Annals on Operations Research*, (2000) Vol. 97, pp. 213-229.

Ravn, H.F.; Skytte, K., Optimal use of heat pumps on the power exchange. In: *Proceedings. 7. International symposium on district heating and cooling*, Lund (SE), 18-20 May 1999. Frederiksen, S. (ed.), (Nordic Energy Research Programme, Lund, 1999) 14 p.

Skytte, K., Fluctuating renewable energy on the power exchange. *The International Energy Experience*, MacKerron & Pearson (Edt), Imperial College Press, 2000, p. 219-231.

Skytte, K., Market imperfections on the power markets in Northern Europe. A survey paper. *Energy Policy* (1999) Vol. 27 p. 25-32.

Skytte, K., The regulating power market on the Nordic power exchange Nord Pool. An econometric analysis. *Energy Economics* (1999) Vol. 21 p. 295-308.

Skytte, K.; Christensen, P.S., BRUS2. An energy system simulator for long term planning. *Mexican Journal of Physics*, (1999), Vol. 45, p. 530-538.

Skytte, K., Topics on electricity trade. Ph.D. thesis, University of Copenhagen and Risø, June 2001, 164 p.

Olsen, O.J.; Fristrup, P.; Munksgaard, J.; Skytte, K., *Konkurrence i elsektoren?*. (Jurist- og Økonomiforbundets Forlag, København, 2000) Book in Danish, 172 p

Skytte, K.; Christensen, P.S., Documentation of the Energy System Simulator BRUS II adapted to Mexico. World Bank and Risø, RISØ-I-1522(EN) (1999) 65 p.

Skytte, K., Market imperfections and electricity trade in northern Europe. In: *Det nordiske fagprogrammet energi og samfunn. Informasjonsseminar*, København (DK), 16-17 Feb 1999. (Energiforskningen, Ås, 1999) 7 p.

Skytte, K., Modelling markets for green certificates and the interaction with other electricity markets. In: *Coordination in deregulated electricity markets. Workshop*, Saariselkä (FI), 22-25 Mar 1999. (Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology, Helsinki, 1999) 19 p.

Skytte, K., National versus international markets for green certificates and power. In: *Conference papers. Design of energy markets and environment*, Copenhagen (DK), 20-21 May 1999. Mortensen, J.B.; Olsen, O.J.; Skytte, K. (eds.), (Nordic Energy Research Program, Ås, 1999) 14 p.

Sturluson, J. T. (1998). *Competition and Lumpy investment: Deregulation of the Icelandic Electricity Supply Industry*. M.Sc. Thesis, University of Iceland, 1998.

Voogt, Uyterlinde, Skytte, Nielsen et al., Renewable Energy Burden Sharing - REBUS. Effects of burden sharing and certificate trade on the renewable electricity market in Europe. ECN-report no. C--01-030, NL, June 2001. (also available at [http://www.ecn.nl/unit\\_bs/gr\\_cert/rebus/main.html](http://www.ecn.nl/unit_bs/gr_cert/rebus/main.html) ).

Voogt, Uyterlinde, Skytte, Leonardi and Whiteley, Renewable Energy Burden Sharing - REBUS. Requirements and expectations of utilities and consumer organisations in the renewable electricity sector in Europe. ECN-report no. C--01-031, NL, June 2001.

## **ENERGIFLEKSIBLE VARMESYSTEM**

### **Summary**

The research program have educated 8 well-qualified researchers in the topics heat production, heat distribution and use of thermal energy.

The research program has organized 7 academic courses for the scholarship holders and 7 seminars for industry and scholarship holders.

The scholarship holders have written 8 papers accepted in international journals and numerous papers published at international conferences.

The program has organized an international symposium with broad international participation on the topic in 1999 and 2002.

## Målsetning og faglig innretning

Målet med fagprogrammet energifleksibile varmesystemer har vært å utdanne PhD, Dr.ing og Tech lic kandidater innen for følgende tre områder:

- Varmeproduksjon
- Varmedistribusjon
- Sluttbruk av varme

Innenfor programmet skal stipendiatene få tilrettelagt kurser til utdannelsen og mulighet til å bygge opp et faglig nettverk. Fagrprogrammet har også som mål og opprettholde og videreutvikle nettverket mellom de nordiske utdannelsesinstitusjoner og forskningsmiljøer innen fagfeltet.

Disse tre områdene kan videre deles opp :

### A.

- Produksjonsanlegg for samtidig produksjon av flere energiprodukter (f.eks kraftvarmeverk)
- Produksjonsanlegg med utradisjonell produksjonskapasitet (småskalaanlegg)
- Produksjonsanlegg med "nye" typer brensel eller brenselmiks (i kombinasjon med varmepumper og/eller varmelager)

### B.

- Distribusjonsanlegg for varierende temperaturbehov (inkl. kjøling)
- Distribusjonsanlegg for områder med lav "varmetetthet"
- Distribusjonsanlegg for ukonvensjonelle distribusjonsmedier
- Distribusjonsanlegg for konverteringssituasjoner

### C.

- Måle-, styrings-, diagnose- og reguleringssystem i sammenheng med energifleksibile varmesystem
- Energiøkonomiske aspekter ved energifleksibiliteten (inkl. sluttbrukernes lastprofiler og lastutvikling)
- Systemsikkerhet



### fagkollegiets sammensetning

Fag kollegiet har i perioden bestått av følgende medlemmer:

| Navn                  | Land | Institusjon                                    | Periode   |
|-----------------------|------|--|-----------|
| Prof. L. Thörnqvist   | SE   | Lund Tekniska Högskola                         | 1999-2000 |
| Adm.dir. L. Gullev    | DK   | Vestegnens kraftvarmeselskab I/S               | 1999-2002 |
| Prof. C.-J. Fogelholm | FI   | Tekniska Högskolan i Helsingfors               | 1999-2002 |
| Prof. V.K. Jónsson    | IS   | Háskóli Islands                                | 1999-2002 |
| Førsteaman. R. Ulseth | NO   | Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet | 1999-2002 |
| Svend Frederiksen     | SE   | Lund Tekniska Högskola                         | 2001-2002 |

Prof. L. Thörnqvist var formann i perioden 1999-2000 og Adm.dir L. Gullev var formann i perioden 2001-2002.

### Engasjerte forskere i programmet

*Nordisk forsknings sjef:*

O.P.Pálsson Háskóli Islands 2000-2001

J. Stang SINTEF Energiforskning AS 2002

*Nordiske stipendiater*

| Navn                 | Land | Institusjon                                    | Periode   |
|----------------------|------|--|-----------|
| P. von Heiroth       | FI   | Helsingfors Tekniska Högskola                  | 1995-1999 |
| Chr. Nylund          | FI   | Helsingfors Tekniska Högskola                  | 1995-1999 |
| H. Pálsson           | IS   | Háskóli Islands                                | 1995-1999 |
| R.I. Thorarinsdottir | IS   | IceTec   | 1997-2000 |
| E. Jonson            | SE   | Lund Tekniska Högskola                         | 1996-2001 |
| Carl Carlander       | SE   | Luleå tekniska universitet                     | 2000-2001 |
| Juha Aaltola         | FI   | Helsingfors Tekniska Högskola                  | 2000-2002 |
| Heidi Mestl          | NO   | Norges Lanbrukshøyskole                        | 2000-2001 |
| Thormod Andersen     | NO   | Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet | 2000-2001 |
| Tommy Persson        | SE   | Lund Tekniska Högskola                         | 2000-2002 |
| Tuula Savola         | FI   | Helsingfors Tekniska Högskola                  | 2001-     |
| Sonja Richter        | IS   | Islands universiter??                          | 2001-     |
| Torben SkovNielsen   | DK   | Danmarks Tekniske Universitet                  | 2001-2002 |
| Frank Ø. Pederser    | DK   | Danmarks Tekniske Universitet                  | 2001-     |
| Irina Gabrielaitiene | LT   | Lund Tekniska Högskola                         | 2001-     |
| Vidar Sundberg       | NO   | Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet | 2002-     |

*Nærområdestipendiater*

| Navn                 | Land | Institusjon                            | Periode |
|----------------------|------|--|---------|
| Irina Gabrielaitiene | LT   | Vilnius Gediminas Technical University | 2001    |
| Artur Rogoza         | LT   | Vilnius Gediminas Technical University | 2001-   |
| Valdis Vitolind      | LA   | RTU                                    | 2002-   |
| Giedrius Šiupšinskas | LT   | Vilnius Gediminas Technical University | 2002-   |

**Forskningsaktivitet**

Forskningsaktiviteten i programmet har bestått av det faglige arbeidet til stipendiatene.

**Seminar/kurs/konferanser**

Flowsheet synthesis and optimisation of CHP power plants, Helsingfors 3-5 april 2000.

Control of heating and air conditioning in buildings København 13-15 september 2000

Energy Integration between Industry and Society Helsingfors 19-27 november 2001

Modelling of Energy Systems and Optimization Reykjavik 15.-17 april 2002

"Graduate Course in Turbine Technology, Part 1" Helsinki 7-9 oktober 2002

"Graduate Course in Turbine Technology. Part 2" Stockholm 4-8 november 2002

**Seminar**

Varmelast og kjølelaster i bygninger Trondheim oktober 1999.

Fjernovervåkning og fjernstyring av varmesystemer og energibruk Oslo 27 oktober 2000.

Modellering av energissytemer Reykjavik 2 november 2000.

PUR-celleplast og vakuüm muligheter begrensninger Århus 2 mai 2001.

Fremtidens ledningstap – Hvordan reduseres det? Århus 3 mai 2001

Friction Reducing Agents, Lund 14-15 mai 2001.

Energy Effectivity Kirkjubæjarklaustur 18- 20 april 2002.

### Konferanse

The 7th International symposium on district heating and cooling, May 18-20, 1999, Lund.

Ca. 50 internasjonale paper. med over 100 deltager fra 20 land

The 8th International symposium on district heating and cooling, August 14-16, 2000, Trondheim

38 internasjonal paper, 110 deltager fra 17 land. Konferansen var også et samarbeid med IEA og va ren del av IEA District heating and Cooling programmes End of annex seminar.

### REGNSKAP

| Nordisk aktivitet | 1999      | 2000      | 2001      | 2002       | Totalt     |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Bevilgninger      | 4 000 000 | 3 500 000 | 3 500 000 | 3 500 000  | 14 500 000 |
| Utgifter          | 3 521 118 | 2 872 584 | 3 897 000 | 5 002 778  | 15 293 480 |
|                   | 478 882   | 627 416   | - 397 000 | -1 502 778 | -793 480   |

| Nærområde aktivitet | 1999 | 2000   | 2001    | 2002    | Totalt  |
|---------------------|------|--------|---------|---------|---------|
|                     | 0    | 83 000 | 166 000 | 152 000 | 401 000 |

### Publikasjoner

#### PhD, Dr.ing licenciat eller tilsvarende

Halldor Palsson: *Methods for Planning and Operating Decentralized Combined Heat and Power Plants*, DTU (2000)

Ragnheidur I. Thorarinsdottir **Part 1:** *Corrosion of copper and copper alloys in geothermal district heating water containing sulphide.* **Part 2:** *Evaluation of EPDM, NBR and HNBR in geothermal district heating water containing sulphide.*, DTU. 2000

Carl Carlander, C. (2001). *Installation Effects and Self Diagnostics for Ultrasonic Flow Measurement*. Doctoral Thesis, Luleå University of Technology 2001.

Erik Jonsson (2001). *Värmeförluster från fjärrvärmenät i småhusområden -Inverkan av röргеometri och dimensioneringskriterier.* Lic.Tech. - afhandling, LTH 2001.

Bøhm, B. *Heat losses from buried district heating pipes, with specific interest in the transient behaviour*. Doctor Technices dissertation. Polyteknisk Press, DTU, 170 p.

Torben Skov Nielsen *Optimise operation of district heating systems*, Ph.D thesis DTU.

Juha Aaltola *Flexible heat exchanger network* Ph. D thesis Helsinki University of Technology 2002.

Persson, T, *Tappvarmvattenreglering i fjärrvärmecentraler för småhus, Lic.Tech. - afhandling*, LTH 2002

### **Internationelle tidsskriftartikler**

Andersen, K. K., O. P. Palsson, H. Madsen and L. H. Knudsen (2000). Experimental Design and Setup for Heat Exchanger Modelling. *J. of Heat Exchangers*, Vol.1 ,No. 3, pp. 163-176.

Bøhm, B. (2000). On transient heat loss from buried district heating pipes. *Int. J. Energy Res.* 2000; 24:1041-1048.

Carlander, C. and J. Delsing (2000). Installation effects on an ultrasonic flow meter with implications for self diagnostics, *Flow Measurements and Instrumentation* 11 (2000), pp. 109-122.

Dige Pedersen, J. and B. Bøhm (2000). On the calibration and application of heat flux sensors on buried district heating pipes. *Int. J. Energy Res.* 2000; 24:1041-1048.

Carlander, C. and J. Delsing (2000). Temperature and installation effects on small commercial ultrasonic flow meters, *Proceedings FLOMEKO 2000*.

Bøhm, B. (1999). In-Situ determination of heat losses from buried district heating pipes. *News from DBDH*, 4/1999, pp. 18-21.

Thorarinsdottir, R. I. and K. Nielsen (2000). Corrosion of copper alloys in sulphide containing district heating waters. (In Danish: Korrosion af kobberlegeringer i sulfidholdigt geotermisk fjernvarmevand). *VSS&ELnyt*, oktober 2000.

Accepted for publication:

Martinaitis, V., Rogoza, A. and Bikmaninen, I. Criterion to evaluate the "Twofold benefit" of the renovation of buildings and their elements. *International Journal "Energy and Buildings"*

### **Symposiepublikasjoner**

International Symposium, Lund, mai 1999

International Symposium Trondheim august 2002

**Resultater nordisk nytte**

Gjennom programmet er det blitt utdannet 8 eksperter på fagområdet. Samt at alle engasjerte stipendiater og fagkollegiet har utviklet og vedlikeholdt et faglig Nordisk nettverk.

## FÖRBRÄNNING AV BIOMASSA

### Summary

Biomass burning was one of the specialist programmes within the Nordic Energy Research Programme for the four years 1999-2002. The goal of the programme was to promote research into biomass burning at Nordic universities and research institutes, with the research activities seeking to develop cleaner and more efficient burning technology for biomass. The home research organisations were the Chalmers Institute of Technology (CTH), the Norwegian University of Science and Technology (NTNU), the Technical University of Denmark (DTU) and Åbo Akademi University (AA).

The programme carried out its activities through eight Nordic and three Baltic research fellowships for doctorate students and four senior researcher or research manager positions. Altogether 18 research fellows (15 Nordic and 8 Baltic) and five senior researchers were involved. The programme was funded by the Nordic Energy Research Programme to the tune of some 16 million Norwegian kroner, i.e. around NOK 4 million per year.

The programme arranged 4-6 courses and seminars per year and maintained close contact with businesses within the biomass area in the Nordic Region. It had a significant impact on the Region's profile within biomass burning and formed an important and intensive link between the four Nordic countries' strong national research programmes in the biomass area. The programme coordinated a number of joint Nordic research initiatives, and a number of different EU project proposals started up within it.

In the spring of 2002, the Subject Board drew up a detailed plan for a new form of Nordic cooperation on biofuels for the years 2003-2006. The plan included the inauguration of a new Nordic research school to be known as the Nordic School in Biofuel Science and Technology. This new school was due to start its work in spring 2003.

### Målsättning och facklig inriktning

Fackprogrammet Förbränning av biomassa syftade till att befrämja forskning kring biomassaförbränning vid nordiska universitet och forskningsinstitutioner. Målet med forskningsaktiviteterna var att bidra till utveckling av renare och mera effektiv förbränningsteknik för biomassor. Utvecklingen av bättre biomassaförbränningsteknik förutsätter detaljerad och djup förståelse av de grundläggande processer som sker vid förbränning av olika biomassor. Endast med dylik djup förståelse kan nya förbättrade tekniska lösningar utvecklas.

Fackprogrammet Förbränning av biomassa har under åren 1999-2002 producerat detaljerad information i synnerhet kring följande ämnesområden: (i) förbränningsbeteendet av biomassor i olika förhållanden: inverkan av partikelstorlek,

tryck, temperatur och gasatmosfär på pyrolys/förbränning/förgasning av olika typer av biomassor, (ii) bildning och sönderfall av föroreningar (emissioner) vid förbränning av biomassa: kolväten (tjära) och kolmonoxid, kväveoxider, metaller etc., (iii) reaktioner av askan och de övriga rök-gaskomponenterna i olika förhållanden: asksintring, beläggningar, rök-gassidans korrosion etc. Vidare har man satsat på utveckling och tillämpning av (iv) matematisk modellering av förbränningsrummet, brännaren, eldstaden: beräkning av strömning, förbränning och emissionskemi som verktyg till att planera och konstruera bättre förbränningsrum.

I programms slutskede blev mer och mer fokusering inriktad till det aktuella problemet beträffande förbränning av biomassor tillsammans med konventionella bränslen eller också olika typer av biomassor blandat. Dylig sameldning har visat sig ge överraskningar i form av bl a oväntade emissioner och driftproblem på grund av askans sintring och värmeytornas korrosion.

Forskningen har skett i nära samarbete med nordisk industri. Forskningen har varit relevant för följande biomassatekniker, som alla har stort industriellt intresse i Norden:

- småskaliga biomassaanläggningar inklusive de minsta villaugnarna
- kombinerad värme- och elproduktion i ångpannor med biomassaelddning på rost eller i fluidiserad bädd
- förbränning av cellulosafabrikens avlutar, i synnerhet svartlut, i sodapannor eller i planerade svartlutsförgasare
- användning av biomassor som tilläggsbränsle i kolpulvereldade kraftverk
- användning av biomassor i framtida s. k. kombikraftverken med en trycksatt fluidiserad bädd -reaktor kombinerad med gasturbin och ångpanna.

De medverkande universiteten har alla haft stor nationell projektverksamhet inom detta område, och NEFP-verksamhetens roll har varit att sammanbinda de nationella programmen. Endast med denna NEFP-aktivitet har man kunnat uppehålla det starka nordiska nätverk som redan lett till framgångsrika gemensamma EU-projekt osv.

### **Fackkollegiets sammansättning**

Fackkollegiet för förbränning av biomassa har under hela perioden 1999-2002 bestått av:

Prof. Mikko Hupa, ÅA (ordförande)  
 Prof. Kim Dam-Johansen, DTU  
 Prof. Bo Leckner, CTU  
 Prof. Johan Hustad, NTNU

### **Forskare engagerade i programmet**

Som seniorforskare och forskningschefer har under programmet medverkat:

R. Backman, forskn.chef, ÅA  
 J. E. Johnsson, forskn.chef, DTU  
 F. Frandsen, forskn.chef, DTU  
 A. Lyngfeldt, seniorforskare, CTH  
 Ö. Skreiber, seniorforskare, NTNU

Följande nordiska och baltiska doktorander var engagerade i programmet under fyraårsperioden:

Hanne Röjel, DTU  
 M. Stenseng, DTU  
 J. Nygaard Knudsen, DTU  
 T. Cording, DTU  
 F. Niklasson, CTH  
 D. Olsson, CTH  
 F. Ghirelli, CTH  
 D. Olsson, CTH  
 M. Fossum, NTNU  
 H. Risnes, NTNU  
 A. Norheim, NTNU  
 H. Prølls, NTNU  
 T. Norström, ÅA  
 D. Lindberg, ÅA  
 A. Larsson, Umeå Universitet/ÅA

A. Kavaliauskas, Lithuanian Energy Institute  
 A. Meijere, Riga Technical University  
 T. Parve, Tallinn Technical University

### **Seminarier, kurser, konferenser**

Programmet organiserade ett stort antal skräddarsydda kurser och seminarier inom biomassaeförbränningsområdet. Kurserna beskrivs nedan i årsföljd:

**År 1999:** Programmets första seminarium år 1999 hölls i juni i Chalmers tekniska universitet kring askfrågorna med drygt 20 aktiva deltagare. Följande seminarium gällde gasformiga emissioner och det hölls i Lyngby i september med ca 40 deltagare. Vid detta seminarium visade det sig att frågor kring klorets beteende vid biomassabränning fått allt större betydelse, och flera nya projekt kring klor och klorkorrosion har påbörjats i de deltagande grupperna. Det tredje seminariet senare på hösten hölls i Trondheim kring detaljerade mekanismer vid förbränning av enskilda bränslepartiklar. Mötet samlade över 40 deltagare. Programmets forskare deltog också alla i Energiprogrammets årsmöte i Oslo med en speciell endags-session, där alla stipendiater och forskningschefer presenterade sina planer och resultat till varandra. Programmet var också delarrangör vid kursen "Energy from Waste", som hölls i två delar i Åbo och i Helsingfors i oktober. Kursen var en stor framgång med ca 60 deltagare, många från industriföretag.



**År 2000:** Fackprogrammet började sitt omfattande verksamhetsår 2000 i januari i Tallinn med ett första arbetsmöte med de baltiska förbränningsforskarna. Vid detta möte presenterades det Nordiska Energiprogrammet och dess nya stipendiatprogram i Baltikum för representanterna från högskolorna i Tallinn, Riga och Vilnius. Mötet initierade det baltiska samarbetet och ledde till att de två första baltiska stipendiaterna antogs till att delta i programmets verksamhet. I februari fungerade programmet som delarrangör i ett större nordiskt seminarium i förbränning av trä i liten skala. Seminariet hölls i Nådendal, Finland, med ca 80 deltagare från både universitet och företag i de nordiska länderna samt ett tiotal inbjudna föredragshållare från andra europeiska länder. I mars ordnades i Åbo ett första seminarium kring det högaktuella temat CFD, "Computational Fluid Dynamics". CFD möjliggör en detaljerad modellering av förbränningsförloppet och gasströmningar, och utgör ett mycket lovande verktyg för teoretisk analys och jämförelse av nya intressanta eldstadskonstruktioner. Flera av programmets forskare utnyttjar CFD i sin forskning. Verksamheten fortsatte med två specialkurser i Lyngby, den ena i mätteknik och den andra i modellering av kinetiken i gasfasreaktionerna. Året avslutades med de alltid välbesökta forskarseminarierna i askor (Lyngby, augusti), svavel- och kväveoxider (Göteborg, oktober) och termisk omvandling av biobränslen (Trondheim, november).

**År 2001:** I april ordnades en kurs i Lyngby kring förbränning av fasta bränslen med Dr. Robert Hurt från Brown University som gästföreläsare, i maj en ny kurs inom numerisk strömningsmodellering, CFD. Den tredje kursen under 2001 gällde fluidicerad bädd förbränning och förgasning och den ordnades vid tekniska högskolan i Esbo. I oktober ordnade programmet ett första samarbetsseminarium kring forskningen i biomassaförbränning i Norden och Spanien. Seminariet hölls vid universitetet i Zaragoza. De spanska presentationerna gällde bl.a. biomassaförbränning i fluidicerad bädd, utnyttjande av lignin från svartlut, samt förgasning av avloppslam. Fortsatt informationsutbyte och samarbete med spaniorerna planeras. Programmets forskare ordnade ett tvådagars forskarseminarium kring kemi biomassaförbränning. Mötet hölls i Lyngby med första dagen ägnad åt rökgasemissioner och andra dagen åt askor och spårmetaller. Året avslutades med ett årsseminarium till alla forskare, som direkt engagerats av programmet. Vid detta seminarium presenterade programmets seniorforskare och samtliga stipendiater sina pågående forskningsprojekt. Årsmötet hölls i Helsingör i december 2001.

**År 2002:** Detta var det sista året för det nordiska fyraårsprogrammet och samtidigt det andra året med våra baltiska stipendiater. Alla tre baltiska studenter gjorde sina årliga forskarbesök hos sina värdar i Danmark och Finland och deltog i sgs alla våra seminarier och kurser.

Årets första evenemangskurs hölls i augusti i Lyngby och handlade om förbränning av fasta bränslen med Bo Leckner och Peter Glarborg som huvudföreläsare. Den andra kursen hölls i oktober i Åbo kring temat kemisk termodynamik i förbrännings- och askrelaterad modellering. Kursen förelästes av Rainer Backman. Båda kurserna var mycket välbesökta och fick mycket bra utvärdering av studenterna. Seminarierna kring svavel- och kväveoxider (SO<sub>x</sub> och NO<sub>x</sub>) och kring askor (engelskans "rocks") hölls som ett tvådagars större seminarium i Åbo. Seminariet hölls i oktober i Åbo och fick det fyndiga namnet "SO<sub>x</sub>NO<sub>x</sub>RO<sub>x</sub>". Året avslutades med ett årsseminarium till alla forskare, som direkt engagerats av programmet. Vid detta seminarium presenterade programmets seniorforskare och samtliga stipendiater sina pågående forskningsprojekt. Det sista årsmötet hölls i Tallinn i december 2002.

## Annen aktivitet

Programmets forskare hade mycket samarbete med varandra inom flera pågående projekt vid de deltagande institutionerna. Bl.a. deltog forskare från DTU och ÅA i flera mätkampanjer i den stora 12 MW cirkulerande fluidicerad bädd –pannan vid Chalmers tekniska högskola. Forskarna deltog också i ett antal EU-projekt.

## Regnskap

| Nordisk aktivitet | 1999      | 2000      | 2001      | 2002      | Totalt     |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Bevilgningar      | 3 800 000 | 3 800 000 | 3 800 000 | 3 800 000 | 15 200 000 |
| Utgifter          | 3 338 190 | 4 071 327 | 3 631 826 | 4 248 182 | 15 289 525 |
|                   | 461 810   | - 271 327 | 168 174   | - 448 182 | -89 525    |

| Nærområde aktivitet | 1999 | 2000    | 2001    | 2002    | Totalt  |
|---------------------|------|---------|---------|---------|---------|
| Utgifter            | 0    | 127 000 | 230 000 | 481 000 | 838 000 |

## Publikationer

Forskarna inom programmet har haft en omfattande publikationsverksamhet under programperioden. Nedan är en förteckning över de mest centrala vetenskapliga journalartiklarna, som publicerats av forskare med anknytning till programmet.

### ÅA:

Blander M., Milne T. A., Dayton D. C., Backman R., Blake D., Kühnel V., Linak W., Nordin A., Ljung A.: Equilibrium chemistry of biomass combustion: A round-robin set of calculations using available computer programs and databases, *Energy and Fuels*, 15 (2001) 2, pp. 344-349

Brink A., Boström S., Kilpinen P., Hupa M.: Modeling Nitrogen Chemistry in the Freeboard of Biomass-FBC, *The IFRF Combustion Journal*, September 2001, <http://www.journal.ifrf.net/200107brink.html>. (Also presented at the IFRF 13th MC, 2001, included in proceedings)

Brink A., Kilpinen P., Hupa M.: A Simplified Kinetic Rate Expression for Describing the Oxidation of Volatile Fuel-N in Biomass Combustion, *Energy and Fuels*, 15 (2001) 5, 1094-1099

Coda Zabetta E. G., Kilpinen P. T.: Gas-phase Conversion of NH<sub>3</sub> to N<sub>2</sub> in Gasification, Part II: Testing the Kinetic Model, *IFRF Combustion Journal*, published on the web: [www.journal.ifrf.net/articles.html](http://www.journal.ifrf.net/articles.html), 2001

Coda Zabetta E., Kilpinen P.: Improved NO<sub>x</sub> Submodel for In-Cylinder CFD Simulation of Low- and Medium-Speed Compression Ignition Engines, *Energy and Fuels*, 15 (2001) 6, pp. 1425-1433

Hupa M., Backman R., Skrifvars B.-J., Forssén M.: Liquor-to-liquor differences: Dust Composition and Melting Properties, *Journal of Pulp and Paper Science*, 27 (2001) 12, pp. 416-422

Kilpinen P., Kallio S., Konttinen J., Forssén M.: An Experimental and Modelling Study of Char Nitrogen Oxidation under Fluidised Bed Combustion Conditions, *Fuel Chemistry Division Preprints*, 46 (2001) 1

Kymäläinen M., Forssén M., DeMartini N., Hupa M.: The Fate of Nitrogen in the Chemical Recovery Process in a Kraft Pulp Mill, Part II: Ammonia Formation in Green Liquor, *Journal of Pulp and Paper Science*, 27 (2001) 3, pp. 75-81

Kymäläinen M., Holmström M., Forssén M., Hupa M.: The Fate of Nitrogen in the Chemical Recovery Process in a Kraft Pulp Mill, Part III: The Effect of Some Process Variables, *Journal of Pulp and Paper Science*, 27 (2001) 9, pp. 317-324

Mueller C., Skrifvars B.-J., Backman R., Hupa M.: Untersuchung des Verschlackungsverhaltens in stationären, biomassegefeuerten Wirbelschichten – Kombination von mathematischer Modellierung und innovativer Brennstoffanalyse, *VDI Berichte* (2001) 1629, pp. 499-505

Ruokojärvi P., Asikainen A., Ruuskanen J., Tuppurainen K., Mueller C., Kilpinen P., Yli-Keturi, N.: Urea as a PCDD/F inhibitor in municipal waste incineration, *Journal of Air & Waste Manage. Assoc.*, 51 (2001), pp. 422-431

Ruokojärvi P., Tuppurainen K., Mueller C., Kilpinen P., Ruuskanen J.: PCDD/F reduction in incinerator flue gas by adding urea to RDF feedstock, *Chemosphere*, 43 (2001), pp. 199-205

Saastamoinen, J., Kilpinen, P., Norström, T., New simplified rate equation for gas-phase CO oxidation at combustion, *Energy and Fuels*, Vol. 14, No. 6, 2000, pp. 1156-1160

Sandelin K., Backman R.: Trace elements in two pulverized coal-fired power stations, *Environmental Science & Technology* 35 (2001) 5, pp. 826-834

Tamminen T., Kujanpää J., Tikkanen A., Hupa M.: Continuous Dust Measurement as an Indication of Sootblowing Performance in a Recovery Boiler, *Tappi Journal* ([http://www.tappi.org/public/tappi\\_journal.asp](http://www.tappi.org/public/tappi_journal.asp)), 84 (2001) 5

Zevehoven-Onderwater M., Backman R., Skrifvars B.-J., Hupa M.: The ash chemistry of fluidized bed gasification of biomass fuels: Part I: Predicting the chemistry of melting ashes and ash-bed material interaction *Fuel*, 80 (2001), pp. 1439-1502

Zevenhoven-Onderwater M., Backman R., Skrifvars B.-J., Hupa M., Liliendahl T., Rosén C., Sjöström K., Engvall K., Hallgren A.: The ash chemistry of fluidized bed gasification of biomass fuels: Part II: Ash behavior prediction versus bench scale agglomeration tests, *Fuel*, 80 (2001), pp. 1503-1512

Zevenhoven R., Axelsen E. P., Hupa M.: Short Communication, Pyrolysis of waste-derived fuel mixtures containing PVC, *Fuel*, 81 (2002)

### CTU:

Breitholz, C., Leckner, B., and Baskakov, A.P., Wall average heat transfer in CFB boilers. *Powder Technology*, 120, 14-48, 2001.

Ekvall, T. and Finnveden, G., Allocation in ISO 14041- a critical review. *J. of Cleaner Production*, 9, 197-208, 2001.

Fernández, M.J., Kassman, H., and Lyngfeldt, A., Methods for measuring the concentrations of SO<sub>2</sub> and of gaseous reduced sulphur compounds in the combustion chamber of a circulating fluidized bed boiler. *Canadian J. of Chemical Engineering*, 78, 1138-1144, 2001.

Fernández, M.J., and Lyngfeldt, A., Concentration of sulphur compounds in the combustion chamber of a circulating fluidised-bed boiler. *Fuel*, 80, 321-326, 2001.

Johnsson, H., and Johnsson, F., Measurements of local solids volume-fraction in fluidized bed boilers. *Powder Technology*, 115, 13-26, 2001.

Kolar, A.K., Mehta, P.S., Leckner, B., and Johnsson, F., Advanced technology for combustion of biomass, IIT Madras, India, Energy conversion , Chalmers. Report to SIDA, 2000-01.

Lücke, K., Hartge, E.-U., Werther, J., Åmand, L.-E., and Leckner, B., Neue Luftstufungstechniken für die Mitverbrennung in Wirbelschichtfeuerungen. *VGB Power Tech*, 11, 55-63, 2001.

Lücke, K., Hartge, E.-U., Werther, J., Åmand, L.-E., and Leckner, B., Advanced air staging techniques to improve fuel flexibility, reliability and emissions in fluidized bed CO-combustion,, Final report of a Swedish/German research project jointly funded by VärmeForsk Service AB and VGB PowerTech E.V./ VGB research foundation, VärmeForsk. VärmeForsk project no.: P9-607, 2001.

Lyngfelt, A., Koldioxid kan slutlagras i jorden. *Forskning och Framsteg*, 7, 39-43, 2001.

Lyngfelt, A., Leckner, B., and Mattisson, T., A fluidized-bed combustion process with inherent CO<sub>2</sub> separation; application of chemical-looping combustion. *Chem. Eng. Science*, 56, 3101-3113, 2001.

Lönnermark, A., and Leckner, B., CFD-modellering av mindre biobränslepannor, etapp 2, pp 3101-3113, Energimyndigheten, P10462-2, Eskilstuna, 2002.

Mattisson, T., Lyngfelt, A., and Cho, P., The use of iron oxide as an oxygen carrier in chemical-looping combustion of methane with inherent separation of CO<sub>2</sub>. *Fuel*, 80, pp 1953-1962, 2001.

Minier, J.-P., and Peirano, E., The PDF approach to poly-dispersed turbulent two-phase flows. *Physics Reports*, 352 (1-3), 1-214, 2001.

Peirano, E., Delloume, V., Johnsson, F., Leckner, B., and Simonin, O., Numerical simulation of the fluid dynamics of a freely bubbling fluidized bed: influence of the air supply system. *Powder Technology*, 122, 69-82, 2001.

Peirano, E., Delloume, V., and Leckner, B., Two- or three-dimensional simulations of turbulent gas-solid flows applied to fluidization. *Chemical Engineering Science*, 56, 4787-4799, 2001.

Persson, H., Johansson, L., Tullin, C., Österberg, S., Johansson, M., and Leckner, B., Partikelemissioner från biobränsleeldade mindre fjärrvärmecentraler, *Värmeforsk.*, 758, Miljö- och förbränningsteknik, 2001.

Thunman, H., and Leckner, B., Ignition and propagation of a reaction front in cross-current bed combustion of wet biofuels. *Fuel*, 80, 473-481, 2001.

Thunman, H., Niklasson, F., Johnsson, F., and Leckner, B., Composition of volatile gases and thermochemical properties of wood for modeling of fixed or fluidized beds. *Energy & Fuels*, 15, 1488-1497, 2001.

#### NTNU:

Antal, M.J., S.G. Allen, X. Dai, B. Shimizu, M.S. Tam and M. Grønli. Attainment of the Theoretical Yield of Carbon from Biomass. *Ind. Eng. Chem. Res.* Vol 39. No 11, 2000.

Barrio, M. Biomass gasification for combined heat and power production. PhD Thesis to be defended in Spring 2002.

Barrio, M., Gøbel, B., Risnes, H., Henriksen, U., Hustad, J.E. and Sørensen, L.H. Steam gasification of wood char and the effect of hydrogen inhibition on the chemical kinetics. To be published in Proceedings from "Progress in Thermochemical Biomass Conversion", Tyrol, Austria 17-22 September 2000.

Barrio, M. and Hustad, J.E. CO<sub>2</sub> gasification of birch char and the effect of CO inhibition on the calculation of chemical kinetics. To be published in Proceedings from "Progress in Thermochemical Biomass Conversion", Tyrol, Austria 17-22 September 2000.

Grønli, M. and M.C. Melaaen. Mathematical Model for Wood Pyrolysis - Comparison of Experimental Measurements with Model Predictions. *Energy and Fuels*, Vol. 14, No. 4, pp. 791-800, 2000.

Risnes, H. Biomass gasification and high temperature filtration. PhD Thesis to be defended in Spring 2002.

Risnes, H., Sørensen, L.H. and Hustad, J.E. CO<sub>2</sub> reactivity of char from wheat, spruce and coke. Paper presented at "Progress In Thermochemical Biomass Conversion" (PITBC), Austria, Sept. 2000. Accepted for publication in the proceedings.

Skreiberg, Ø. Kinetic Modelling of the Low-Temperature NO<sub>x</sub> Reduction Potential by Staged Air Combustion, Proceedings of the 1st Biennial Meeting, Scand.-Nord. Sect. Comb. Inst., Gothenburg, Sweden, 18-20 April 2001.

Sørum, L., Grønli, M.G., Hustad, J.E. Pyrolysis characteristics and kinetics of municipal solid wastes, *Fuel* 80(2001) pp. 1217-1227.

Sørum, L., Grønli, M.G., and Hustad, J.E., Pyrolysis characteristics and kinetics of municipal solid wastes, *Fuel*, 80, pp. 1217-1227, 2001.

Sørum, L. Environmental aspects of municipal solid waste combustion. 2000:93.  
Fossum, M. Combustion of gas mixtures from biomass gasification combined with natural gas. PhD Thesis to be defended in Spring 2002.

#### **DTU:**

Alzueta, M.U., Bilbao, R., and Glarborg, P., Inhibition and Sensitization of Fuel Oxidation by SO<sub>2</sub>, *Combustion and Flame*, 127, pp 2234 – 2251, 2001.

Alzueta, M.U., Glarborg, P., and Dam-Johansen, K., Experimental and Kinetic Modeling Study of the Oxidation of Benzene, *International Journal of Chemical Kinetics*, 32, pp 498 – 522, 2000.

Bendtsen, A.B., Glarborg, P., and Dam-Johansen, K., Visualization methods in analysis of detailed chemical kinetics modelling, *Computers & Chemistry*, 25, pp 161-170, 2001.

Björkman, A., Projects on coal characterization, *Fuel*, 80, pp 155-166, 2001.

Frandsen, J.B.W., Kiil, S., and Johnsson, J.E., Optimisation of a wet FGD pilot plant using fine limestone and organic acids, *Chemical Engineering Science*, 56, pp 3275 – 3287, 2001.

Frey, M.G., Jensen, A., Dam-Johansen, K., and Rasmussen, S., Bag House Filter Performance Studied by Numerical Simulations, *The Transactions of the Filtration Society*, 2(1), pp 3-12, 2001.

Jensen, P.A., Sander, B., and Dam-Johansen, K., Pre-treatment of straw for power production by pyrolysis and char wash, *Biomass & Energy*, 20, pp 431 – 446, 2001.

Jensen, P.A., Sander, B., and Dam-Johansen, K., Removal of K and Cl by leaching of straw char, *Biomass & Energy*, 20, pp 447 – 457, 2001.

Johnsson, J.E., and Jensen, A., Effective Diffusion Coefficients in Coal Chars, *Proceedings of the Combustion Institute*, Vol. 28, pp 2353-2359, 2000.

Kiil, S., Weinell, C.E., Pedersen, M.S., and Dam-Johansen, K., Analysis of Self-Polishing Antifouling Paints Using Rotary Experiments and Mathematical Modeling, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 40(18), pp 3906 – 3920, 2001.

Stenseng, M., Zolin, A., Cenni, R., Frandsen, F.J., Jensen, A., and Dam-Johansen, K., Thermal Analysis in Combustion Research, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 64, pp 1325 – 1334, 2001.

Sørensen, C.O., Johnsson, J.E., and Jensen, A., Reduction of NO over Wheat Straw Char, *Energy & Fuels*, 15(6), pp 1359-1368, 2001.

Sørum, L., Skreiberg, Ø., Glarborg, P., Jensen, A., and Dam-Johansen, K., Formation of NO From Combustion of Volatiles From Municipal Solid Wastes, *Combustion and Flame*, 123, pp 195-212, 2001.

Vargas, S., Frandsen, F.J., and Dam-Johansen, K., Rheological properties of high-temperature melts of coal ashes and other silicates, *Progress in Energy and Combustion Science*, 27, pp 237 – 429, 2001.

Zolin, A., Jensen, A., Jensen, P.A., Frandsen, F.J., and Dam-Johansen, K., The Influence of Inorganic Materials on the Thermal Deactivation of Fuel Chars, *Energy & Fuels*, 15(5), pp 1110 – 1122, 2001.

Zolin, A., Jensen, A., and Dam-Johansen, K., Coupling Thermal Deactivation with Oxidation for Predicting the Combustion of a Solid Fuel, *Combustion and Flame*, 125, pp 1341 – 1360, 2001.

Zolin, A., Jensen, A., Dam-Johansen, K., and Jensen, L.S., Influence of experimental protocol on activation energy in char gasification: the effect of thermal annealing, *Fuel*, 80, pp 1029 – 1032, 2001.

Zolin, A., Jensen, A., and Dam-Johansen, K., Kinetic Analysis of Char Thermal Deactivation, *Proceedings of the Combustion Institute*, 28, pp 2181 – 2188, 2000.

## **PETROLEUMSTEKNOLOGI**

### **Summary**

The present report describes the activities of the Petroleum Technology Group as part of the Nordic Energy Research Program during the period 1999 to 2002.

The Petroleum Technology Group was supported fully financially from the NEFP during 1999 and 2000 only. In 2001 and 2002 only the administrative costs and costs associated with activities in the Baltic States and in North West Russia were supported. Nordic scholarships and other Nordic activities were in these two last years financed by funds transferred from previous years and from external funds.

The objectives for the petroleum technology group have during this program period primarily been concentrated on the four following areas:

- to strengthen the Nordic research co-operation within Petroleum Technology and to maintain and extend the Nordic network.
- to work for an increased external funding of the Ph.D. scholarships and projects.
- to work for an extension of the area of interest geographically to include the Baltic region and North West Russia.
- to extend the research profile of the petroleum technology group to cover also environmental and renewable energy aspects of petroleum technology.

The Nordic network has during the last four years been maintained and extended and almost all Nordic scholarships have been financed externally by up to 50%.

Geographically the group has extended the area of interest to also include the Baltic region and North West Russia. Workshops have been arranged in both the Baltic countries as well as in North West Russia to develop this new network. At the end of the four years program period a total of nine students were granted scholarships in the Baltic region and in the North West Russia. In addition contacts were established to universities in all the Baltic States and in St. Petersburg.

The research areas covered by the Petroleum Technology group were extended to also include environmental areas related to petroleum technology and geothermal energy.

Thus the research topics covered in the period include:

- Oil and gas recovery
- Gas distribution techniques
- Chemical reactions
- Separation processes
- Petrophysics
- Environmental areas related to petroleum technology
- Geothermal energy



A total of 14 Nordic students and 11 students from the Baltic countries and Russia were engaged in the program from 1999 to 2002.

The Petroleum Technology Group has arranged workshops and seminars for the students and scientists in the established network in Nordic and Baltic countries and in St. Petersburg.

Research areas covered by the students include:

Compositional reservoir simulation of gas injection processes

Effects of critical state behaviour on well stability and solid production

Chalk instability and liquefaction

The use of Raman Spectroscopy in the analysis of Natural Gas

Underground Gas Storage

Vapour-Liquid-Equilibrium-measurements for process design purposes

Catalytic processes

Fluid Flow Characterisation of Greensands

Basin Analysis of the Baltic sedimentary basin

Modelling petrophysical properties and reservoir quality of lower paleozoic sandstones in the Baltic-Scania region

Hydrocarbon potential of the Tjörnes Basin, North Iceland

North Sea Chalk – textural, petrophysical and acoustic properties

Adsorption of amine polluted groundwater

Results from this research have been published at seminars, international conferences and in the form of Pd.D thesis and are listed in the list of references in the report.

## Målsætning og fagligt indhold

Nærværende rapport beskriver aktivitet og resultater inden for fagområdet Petroleumsteknologi under Nordisk Energiforskning i den nu afsluttede fireårige programperiode fra 1999 til 2002.

I denne periode har Fagkollegiet for Petroleums-Teknologi deltaget i NEFP's forskningsprogram, dog kun med fuld finansiel støtte i 1999 og 2000. I 2001 og 2002 har fagprogrammet kun modtaget støtte fra NEFP til dækning af administrative omkostninger samt til aktiviteter og stipendier inden for Nordens nærområder, men ikke til nordiske stipendier. Nordiske stipendier og aktiviteter inden for det nordiske område har i disse to sidste år været finansieret via overførte midler og gennem ekstern finansiering.

De overordnede mål for petroleums-teknologiprogrammet i denne periode kan sammenfattes i følgende:

- at styrke det nordiske forskningssamarbejde inden for Petroleumsteknologiområdet og at vedligeholde og udvide det nordiske kontaktnet.
- at arbejde for en øget kontakt til industrien med henblik på at øge den eksterne finansiering af fagprogrammet.
- at arbejde for en udvidelse af fagområdet geografiske kontaktområde til også at omfatte Baltikum og Nord-Vestrusland.
- at udvide fagområdet faglige profil til at dække miljø- og energimæssige aspekter af petroleumsteknologi samt arbejde for en teknologioverførsel fra petroleumsteknologiområdet til miljø- og energisektoren generelt.

Disse mål dannede basis for udarbejdelse og godkendelse af fagprogrammets budgetramme for den nye fireårsperiode 1999-2002.

Gennem denne programperiode har de områder, der er dækket af fagområdet, omfattet:

- Olie- og gasindvindingsmetoder
- Gas-distributionsteknikker
- Kemiske reaktioner
- Separationsprocesser
- Petrofysik

### *Udvidelse af det geografiske kontaktområde*

Som et led i arbejdet med at udvide fagområdet geografiske kontaktområde blev der i 1999 afholdt et informationsmøde med repræsentanter fra de baltiske lande samt indbudte gæster fra DTU med det formål at fremme kontakten til de baltiske lande.

Kontakten til de baltiske lande resulterede i at Fagprogrammet umiddelbart derefter kunne knytte 5 baltiske studerende til programmet gennem uddeling af stipendier.

I takt med, at en udbygning inden for de baltiske lande blev etableret, har det - med udgangspunkt i fagområdets faglige profil - været naturligt at udvide det geografiske kontaktområde yderligere til at omfatte andre lande inden for Nordens Nærområde.

Gennem workshops i både 2000 og 2002 er det således også lykkedes at få opbygget et netværk i Nord-Vestrusland specielt med universiteterne i Skt. Petersborg-området. Ved afslutningen af fagprogrammets fireårsperiode havde fagprogrammet således 6 studerende alene fra dette område.

### *Tilpasning af fagligt indhold*

Ved tilpasning af fagprogrammets faglige profil i perioden har der i høj grad været skelet til, hvad der kunne være fremtidige interesseområder for industrierne i Norden og de baltiske lande inden for områder, der relaterer sig til petroleumsteknologi. I tillæg til fagprogrammets øvrige indsatsområder har der derfor i programperioden været arbejdet med følgende to nye indsatsområder:

- Distributionssystemer for naturgas, herunder lagringssystemer
- Udnyttelse af geotermisk energi

Distributionssystemer for naturgas, som omfatter naturgasnet og lagring af naturgas i kaverner og akviferer, er en naturlig udvidelse af de proces tekniske og reservoir tekniske elementer i det tidligere program.

Efter at Island er indtrådt i Fagkollegiet fra den nye fireårsperiodes start, er det blevet muligt at inddrage Islands ekspertise på området geotermisk energi inden for fagområdet. Dette område arbejdes der også med i flere lande inden for Nordens Nærområde.

Programperioden fra 1999 til 2002 har således været præget af store ændringer i programmets struktur og faglige indhold.

Det er fagkollegiets opfattelse, at de mål, der blev fastsat ved programperiodens start, med hensyn til aktivitetsudvidelse både fagligt og geografisk er blevet nået i perioden.

### **Fagkollegiets sammensætning**

- Docent G. Lind, Göteborgs Universitet/Chalmers Tekniska Högskola, Sverige (formand 1999 og 2000)
- Afdelingsleder J. Reffstrup, Dansk Olie og Naturgas A/S, Danmark (formand 2001 og 2002)
- Prof. J. Aittamaa, Tekniska Högskolan, Helsingfors, Finland (1999-marts 2000)
- Engineering Fellow M. Nurminen, Neste Engineering OY, Finland (marts 2000-2002)
- Forskn. dir. V. Stefánsson, Orkustofnun, Island
- Professor H. Asheim, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Norge

### **Forskere engageret i programmet**

#### *Nordiske stipendiater gennem programperioden:*

P. Rautanen, Tekniska Högskolan, Helsingfors, Finland - 01.05.1995 - 30.04.1999

M. Solymar, Chalmers Tekniska Högskola, Sverige - 01.01.1997 - 31.12.2002

M. Stage , Danmark og Grønlandske Geologiske Undersøgelser  
01.04.1996 - 31.05.2000

S. Brunsgaard Hansen, Danmarks Tekniske Universitet - 01.07.1997 - 31.12.2000

S. Poulsen Danmarks Tekniske Universitet - 01.07.1997 -31.12.2000

M. Hostrup Danmarks Tekniske Universitet - 01.10.1997 - 01.04.1999

S. i Jákupsstovu, Frodskaparsetur Faeroya - 01.08.1998 - 31.12.2002

L. Backman, Tekniska Högskolan, Helsingfors, Finland - 01.04.1999 - 31.03.2000

B. Richter, Islands Universitet - 01.07.1999 - 31.12.2002

S. Derawi, Danmarks Tekniske Universitet - 01.01.2000 - 31.12.2001

R.E. Flatebø, Høgskolen i Stavanger, Norge - 01.01.2000 - 31.12.2002

T. Zeelie, Tekniska Högskolan, Helsingfors, Finland - 01.01.2000 -31.12.2002

Birte Røgen, Danmarks Tekniske Universitet - 01.01.2001 - 31.12.2002

P.K. Uusi-Kyyny, Tekniska Högskolan, Helsingfors, Finland  
01.01.2002 - 30.06.2003

#### *Baltiske stipendiater*

Tarmo All, Tartu Universitet, Estland - 01.07.1999- 31.12.2002

Edgars Birgers, Letlands Universitet - 01.11.2000 - 31.12.2002

Linus Kilda, Institut for Geologi og Geografi, Vilnius, Litauen  
01.07.1999 - 31.12.2002

Janek Reinik, Tallinns Tekniske Universitet, Estland - 01.09.1999 - 31.12.2002

Jolanta Cyziene, Institut for Geologi og Geografi, Vilnius, Litauen  
01.11.2000 - 31.12.2002 (31.12.2003)

*Russiske stipendiater*

Daria Khvostichenko, St. Petersburg State University - 01.07.2001 - 31.12.2002

Vasily A. Andreev, St. Petersburg State University - 01.07.2002 - 31.12.2002

Aleksander E. Cherpovitsyn, Mining Institute of St. Petersburg  
01.07.2002 - 31.12.2002

Uljana S. Lyskova, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg  
01.07.2002 - 31.12.2002

Elena V. Salamatova, St. Petersburg State Technological Institute  
01.07.2002 - 31.12.2002

Svetlana S. Soloviova, St. Petersburg State Technological Institute  
01.07.2002 - 31.12.2002

**Forskningsaktiviteter**

Programmets forskningsaktiviteter har afspejlet det bredere faglige sigte, der blev defineret ved programperiodens start. Programmets studerende har i programperioden bl.a. arbejdet med følgende forskningsemner:

*Olie- og gasindvindingsmetoder*

Compositional reservoir simulation of gas injection processes  
Effects of critical state behaviour on well stability and solid production  
Upscaling of Miscible Gas Injection Processes  
Chalk instability and liquefaction

*Gasdistributionsteknikker*

The use of Raman Spectroscopy in the analysis of Natural Gas.

Investigation of the Lower-Middle Cambrian (Cirma formation) reservoir properties on a sample from Inchukalns Underground Gas Storage

*Separationsprocesser*

Electrode position of Asphaltenes

Vapour-Liquid-Equilibrium-measurements for process design purposes

*Kemiske reaktioner*

Cobalt catalysts – preparation and characterisation

Hydroformylation on heterogeneous Rh catalysts

*Petrofysik*

Fluid Flow Characterisation of Greensands

Magneto-Cyclostratigraphy in the Dan Field, Danish North Sea

Basin Analysis of the Baltic sedimentary basin: An integrated view on development of Cambrian Reservoir

Modelling petrophysical properties and reservoir quality of lower paleozoic sandstones in the Baltic-Scania region:

The geology of Precambrian Basement of Baltic Sea region – a geophysical approach

Hydrocarbon potential of the Tjörnes Basin, North Iceland

North Sea Chalk – textural, petrophysical and acoustic properties

*Miljøprojekter*

Adsorption of samine polluted groundwater

**Seminarer, kurser og konferencer****1999**

Femte Nordiske Symposium om "Reaction Systems", 11. juni 1999, DTU, København, Danmark.

Femte Nordiske Petrofysik Symposium, 19 - 20 august 1999, DTU, København, Danmark.

Nordisk-Baltisk informations-workshop, 30. september - 1. oktober 1999, Tallin, Estland.

Generalmønstring, 30 november 1999, Oslo, Norge.

**2000**

Sjette Nordiske Seminar om Reaktions-systemer, 20. juni 2000- Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sverige.

International conference og udstilling: "Geophysics in the Baltic Region: Problems and prospects for the new millennium. 26. sept. – 1. oktober 2000, Tallins Tekniske Universitet, Tallin, Estland.

Workshop i Skt. Petersborg om petroleumsteknologi – 24. oktober 2000. Deltagerne var repræsentanter for universiteter i Skt. Petersborg-området, samt vejledere og forskningschefer fra nordiske lande.

Generalmønstring, 12. november 2000 i Reykjavik, Island

### **2001**

Sjette Nordiske Petrofysik Symposium, 15. - 16. maj 2001, Trondheim, Norge.

Nordic-Baltic Cambrian Geo-Energy Seminar, 15. - 16. september 2001, København, Danmark.

Generalmønstring 28-29. november, Helsingfors, Finland.

### **2002**

Seminar i Skt. Petersborg om procesteknik, 27 maj, Skt. Petersborg, Rusland.

Syvende Petrofysiksymposium 14.-16. august, Akureyri, Island.

Generalmønstring 25. november, København, Danmark.

**Seminar om: "Sustainable conversion of raw materials to useful products through energy efficient processes", 26. november, København, Danmark.**

### **Anden aktivitet**

Informationsmøde med repræsentanter for universiteter i Estland, Letland og Litauen. 28. april 1999, DTU, København, Danmark.

### **Regnskab**

| Nordisk aktivitet | 1999      | 2000      | 2001      | 2002       | Totalt    |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| Bevilgninger      | 2 800 000 | 2 700 000 | 330 000   | 330 000    | 6 160 000 |
| Utgifter          | 1 243 240 | 2 095 898 | 1 320 494 | 1 336 701  | 6 309 853 |
|                   | 1 243 240 | 604 102   | -990 494  | -1 006 701 | -149 853  |

| Nærområde aktivitet | 1999 | 2000    | 2001    | 2002      | Totalt    |
|---------------------|------|---------|---------|-----------|-----------|
| Utgifter            |      | 452 000 | 699 000 | 1 000 000 | 2 151 000 |

## Publikationer

### 1999

Backman, L.B., "Hydrogen transfer reactions on silica supported cobalt catalysts" Ph.D. thesis, Helsinki University of Technology, Department of Chemical Technology, Esbo (1999), 124p.

Backman, L.B., Rautiainen, A., Lindblad, M., Jylhä, O. J. T. and Krause, A. O. I., "Characterization of Co/SiO<sub>2</sub> catalysts prepared from Co(acac)<sub>3</sub> by gas phase deposition", *Appl. Catal.* (1999).

Backman, L.B., Rautiainen, A. and Krause, A. O. I., "Effect of Support on Co/SiO<sub>2</sub> and Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts Prepared from Cobalt-acetylacetonates by Gas Phase Deposition", *Appl. Catal.* (1999).

Hakuli, A., Harlin, M.E., Backman, L.B., and Krause A. O. I., "Dehydrogenation of *i*-butane on CrOx/SiO<sub>2</sub> Catalysts". *J. Catal.*, **184** (1999) 349.

Harlin, M.E., Backman, L.B., Krause, A.O.I and Jylhä, O.J.T., "Activity of molybdenum catalyst in the dehydrogenation of *n*-butane". *J. Catal.*, 183 (1999) 300.

Kainulainen, Suvanto, S., Pakkanen, T.A. and Backman, L., "Controlled deposition of Co<sub>2</sub>(CO)<sub>8</sub> on silica in a fluidised bed reactor: IR, chemisorption and decomposition studies", *Appl. Catal. A*, **177** (1999) 25.

Kainulainen, T.A., Niemelä, M.K. and Krause, A.O.I., "Rh/C catalysts in ethane hydroformylation: the effect of different supports and pre-treatments", *J. Mol. Catal. A: Chemical* 140 (1999) 173-184.1999.

Kanervo, J., Backman L.B., Krause, A.O.I. and Jämsä-Jounela, S.-L., "Transient studies of adsorption kinetics, Reaction Kinetics and the Development and Catalytic Processes", April 19-21, 1999, Brugge, Belgium, Poster.

Niemelä, M.K. and Krause, A.O.I. "Rh/C catalysts in ethene hydroformylation: the effect of different supports and pre-treatment", *J. Mol. Catal.A: Chemical* 140 (1999) 173-184.

Solymar, M. and Lind, I., "Image analysis and estimation of porosity and permeability of Arnager Greensand, upper Cretaceous, Denmark. Physics and Chemistry of the Earth (A)", vol. 24, no.7, pp. 587-591, 1999.

Solymar, M. and Middleton, M.F., "Neutron radiography a technique for imaging fluid flow in porous media", AAPG Annual Convention April 11-14, 1999. San Antonio, Texas. Official program Vol. 8. P. A. 132.

Middleton, M.F., Pazsit, I. and Solymar, M., "Petrophysical Applications of Neutron Radiography", Proceedings from the 6th World Conference on Neutron Radiography, Osaka, Japan, 1999.



Stage, M. "Signal analysis of cyclicity in Maastrichtian Chalk from the Danish North Sea" *Earth and Planetary Science Letters*. Vol 173, No 1/2 1999.

Stage, M. and Nielsen, P-H., "Special analysis by use of a modified autocorrelation function: Detection of Cyclicity in noisy geological time series", *Computer and Geosciences* 1999.

Suvanto, S., Pakkanen, T.A. and Backman, L., "Controlled deposition of  $\text{Co}_2(\text{CO})_8$  on silica in a fluidized bed reactor: IR, chemisorption and decomposition studies", *Appl. Catal. A*, **177** (1999) 25.

## 2000

Backman, L.B., Rautiainen, M., Lindblab, M. and Krause, A.O.I., "Preparation and characterisation of  $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$  Catalysts," *Appl. Catal. A*, (2000) Submitted.

Brunsgaard Hansen, S., Berg, R. W. and Stenby, E. H. "High Pressure Measuring Cell for Raman Spectroscopy Studies of Natural Gas", accepted for publication by *Appl. Spectrosc.*, 2000.

Brunsgaard Hansen, S., Berg, R. W. and Stenby, E. H. "Raman Spectroscopy Studies of Methane and Methane / Ethane Mixtures as a Function of Pressure", submitted to *Appl. Spectrosc.*, June 2000.

Brunsgaard Hansen, S., Berg, R. W. and Stenby, E. H. "Ramanspektroskopiske Undersøgelser af Benzin", submitted to *Dansk Kemi*, October 2000.

Jákupsstovu, Sigurd i, et al. "Modelling and Simulation of Nitrogen injection in a naturally Fractured Reservoir", presented at an SPE Technical Conference and exhibition in Villahermosa in Mexico in February 2000.

Poulsen, S., Dyrhol, S.O., Skauge, A., Stenby, E., "Including Capillary Pressure in Simulations of Steady State Relative Permeability Experiments", SCA 2000-14, Presented at the SCA annual symposium, United Arab Emirates, Abu Dhabi, oct. 18-22, 2000.

Skauge, A., Poulsen, S. SPE 63145, "Rate Effects on Centrifuge Drainage Relative Permeability", Presented at the 2000 SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Dallas, Texas, 1-4 October, 2000.

Solymer, M., "Integrating dynamic neutron radiography and petrographic image analysis: The Influence of petrography and pore geometry on fluid flow through Greensands". Thesis for the degree of Licentiate of Philosophy. Dept. of Geology, Chalmers University. Sweden 2000.

Solymer, M. Middleton, M.F. and Fabricius, I. L., "Determination of two phase flow characteristics in sandstones by dynamic neutron radiography and BSE image analysis", AAPG International Conference and Exhibition, Bali, Indonesia, October 15-18, 2000.

Stage, M. (2000). "Recognition of Cyclicity in Petrophysical properties of a Maastrichtian Pelagic Chalk Oil Field Reservoir from the Danish North Sea" Accepted for publication in AAPG

### **2001**

All, T., Suuroja, S., Plado, J., Suuroja, K., (accepted) "The Geology and Magnetic Signatures of Neugrund Impact Structure", Estonia. Impact Research. 3.

Derawi, S.O., Kontogeorgis, G.M., and Stenby, E.H., 2001. "Application of group-contribution models to the calculation of octanol-water partition coefficient". Industrial and Engineering Chemistry Research (2001), 40(1): 434-443.

Jákupsstovu, Sigurd i, "Upscaling of Miscible Displacement Processes", presented at the 6th Nordic Symposium on Petrophysics, May 2001 in Trondheim

Kilda, L., "Application of scanning electron microscope for Middle Cambrian Deimena Group sandstone investigation". Lithuanian scientific journal "Geologija". In Lithuanian, in press.

Kilda, L., Friis, H., "The key factors controlling reservoir quality of the Middle Cambrian Deimena Group sandstone in West Lithuania". Bulletin of the Geological Society of Denmark". In English, submitted after revisions.

Middleton, M.F, Pázsit, I., & Solymar, M., 2001. "Petrophysical Application of Neutron Radiography. Non-destructive Testing and Evaluation", vol. 16, pp. 321-333.

Nordlund, A., Lindén, P., Pór, G., Solymar, M., & Dahl, B., 2001. "Measurement of Water Content in Geological Samples using Transmission of Fast Neutrons". Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A, 462, pp. 457-462.

Pázsit, I., Solymar, M., & Nordlund, A., 2001. "Petrophysics and Mineralogy - Transport Processes in Porous Rocks". Proceedings Anwender-Workshop zur Nutzung der Neutronenradiographie, Paul Sherrer Institut, Mai 2001, Schweiz, pp. 46-48.

Reinik, J., Viioja, A, Kallas, J., "Xylidine-polluted groundwater purification, Adsorption experiments and breakthrough calculations", Proc. Estonian Acad. Sci. Chem., 2001, **50**, 4, 205-216. 2001.

Reinik, J., Kallas, J., "Treatment of Samine Polluted Groundwater by Means of Granulated Activated Carbon in a Packed Bed Reactor", 3rd International Conference of PhD Students, Engineering Sciences, Vol. I, p. 387-392, University of Miskolc, Hungary, 13-19 August 2001

Richter, B., " Structure of the Tjörnes Basin, North Iceland; possible forming of oil and gas within a young, shallow sedimentary basin with high geothermal gradient. EGS-Special Publicaton - Beiing revised.

Richter, B. and Fridleifsson, G.,. "Gassöfnun og gaskortlagning i Öxarfirdi". Public report for Orkustofnun, BR-GÓF-99/01.

Richter, B., "Borun kjarnaholna i Tjörnessetlögin til ad meta proska lifrænna efna". Public report for Orkustofnun, OS-2001/051.

Røgen, B., Gommesen, L., and Fabricius, I.L. 2001. "Grain size distributions of chalk from image analysis of electron micrographs" *Computers & Geosciences*, 27, 1071-1080.

Stage, M., "Milankovitch Cycles in Chalks, Danish North Sea, detected by use of Magnetic Susceptibility", Ph.D. Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden 2001.

Stage, M. and Nielsen, P.H., "Detection of cyclicity in noisy geological time series: Suppression noise by averaging auto covariance functions". Sent to *Mathematical Geology*

Suuroja, K., Suuroja, S., All, T. and Floden, T. (accepted), " Kärddla structure (Hiiumaa Island, Estonia) - The buried well preserved Ordovician marine impact structure". Accepted March 7, 2001, *Deep Sea Research*.

Zeelie, T.A., Krause, Novel, A.O.I., "Rh/fibre catalyst in the hydroformylation of ethene", 17th North American Catalysis Society Meeting, June 3-8, 2001, Toronto, Canada, submitted.

## 2002

All, T., Puura, V. and Flodén, T., (submitted). "Rapakivi-granite and mafic intrusions at Landsort deep, NW Baltic Sea: Evidence from potential field survey" *GFF*. 2002.

All, T., Suuroja, S., Plado, J., Suuroja, K., 2002. "The Geology and Magnetic Signatures of the Neugrund Impact Structure. Estonia". In Plado, J and Pesonen, L., (Eds.) *Impacts in Precambrian Shield*. Springer, pp 277 - 295. 2002.

All, T., Puura, V., Vaher, R (submitted). "Integrated crustal modelling of Precambrian basement of Estonia" *Proc. Estonia Acad. Sci. Geolo.*

Backman, L.B., Rautiainen, A. and Krause, A.O.I., "Effect of Support and Calcination on the properties of Cobalt Catalysts Prepared by Gas Phase Depositions", *Appl. Catal. A*, **191** (2002) 55.

Brunsgaard Hansen, S., Berg, R. W. and Stenby, E. H., "Determination of Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) in Gasoline by Raman Spectroscopy", *Asian Chem. Letters* **4**, 65-74 (2002).

Cyziene, J., Motuza, V., Molenaar, N., Sliupa, S. (2002), " Impact of burial conditions to maturity of Cambrian shales and reservoir properties of sandstones of Lithuania". The 7th Nordic Symposium on Petrophysics. Akureyri, Iceland.

Jákupsstovu, Sigurd i, "Simulation of Gas Injection Processes", Ph.D. Thesis, Department for Chemical Engineering, Technical University of Denmark, December, 2002

Kallevik, H., Brunsgaard Hansen, S., Sæther, Ø., Sjöblom, J. and Kvalheim, O. M., "Crude Oil Emulsion Characterizes by means of Near Infrared Spectroscopy and Multivariate Techniques", *J. Dispersion Sci. Technol.* **21**, 245-262 (2002).

Kilda, L., "Reservoir properties distribution within the middle Cambrian Deimena group sandstone in West Lithuania", Ph.D. Thesis. Institute of Geology and Geography, Vilnius, Lithuania, 2002.

Pokki, J-P., Uusi-Kyyny, P., Aittamaa, J. and Liukkonen, S., "Vapor-Liquid Equilibrium for the 2-Methylpentane + 2-Methyl-2-propanol and + 2-Butanol Systems at 329 K". *J. Chem. Eng. Data*, 47 (2), 371 - 375, 2002.

Puurunen, R.L., Zeilie, T.A. and Krause, A.O.I., "Cobalt(III) acetylacetonate chemisorbed on aluminum-nitride-modified silica: characteristics and hydroformylation activity". *Catal. Lett.* 83 (2002) 27-32.

Rautiainen, A., Lindblad, M. and Backman, L.B., "Preparation of Co/SiO<sub>2</sub> catalysts by Atomic Layer Epitaxy using acetylacetonate compounds as precursors", *J. Chem. Soc. Faraday Trans. 1*, (2002) Submitted.

Reinik, J. Jakobsson, K., Kallas, J., "2,4-Xylidine Ozonation in Wetted Wall Column: Mass Transfer and Reaction Kinetics" Submitted for publication in *Ozone Science and Technology*.

Røgen, B. and Fabricius, I. L., "Influence of clay and silica on permeability and capillary entry pressure of chalk reservoirs in the North Sea". *Petroleum Geoscience*, 8, 287-293, 2002.

Røgen, B., "North Sea chalk - textural, petrophysical and acoustic properties". Ph. D. thesis. Environment and Resources, Technical University of Denmark 2002.

Solyman, M., "Influence of composition and pore geometry on immiscible fluid flow through greensands: Development of neutron transmission methods and image analysis" Ph.D. thesis, Department of Geology, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2002.

Suuroja, K. Suuroja, S., All, T., Floden, T., 2002. "Kärdla structure (Hiiumaa Island, Estonia) - The buried and well preserved Ordovician marine impact structure", *Deep Sea Research, Part II* 49, pp. 1121-1144.

Uusi-Kyyny, P., Pokki, J.-P., Laakkonen, M., Aittamaa, J., Liukkonen, S., "Vapor liquid equilibrium for the binary systems 2-methylpentane + 2-butanol at 329.2 K and n-hexane + 2 butanol at 329.2 and 363.2 K with a static apparatus". *Fluid Phase Equilibria* 201 (2002) 343 - 358.

Vaher, R., All, T., Niin, M, Säätvuri, H. (accepted), "Effect of Rapakivi plutons on the magnetic and gravity fields of Northwestern Estonia". *Annales Academiae scientiarum fennicae, Geologica-Geographica*.

Vanhala, H., All, T., Houtari, Kattai, V. and Lintinen, P., 2002. "Test of airborne geophysics for mapping oil shale mining area in Kohtla-Järve, NE Estonia. 64rd EAGE Conference and Exhibition, Florence, Italy, 27-30 May, 2002. 4 pages.

Vanhala, H., All, T., Houtari, and Valli, T., 2002. " Airborne geophysical study around oil shale mines - A case from Kohtla - Järve, Estonia". 8th meeting (EEGS-ES) Environmental and engineering geophysics, 8-12 September, 2002. Proceedings, Aveiro Portugal, 4p

## **Resultater**

De resultater der er opnået gennem denne fireårige programperiode kan kort sammenfattes på følgende måde:

I alt har 14 nordiske, 5 baltiske og 6 russiske Ph.D studerende været engageret i programmet.

Fagkollegiet har arrangeret 15 workshops, seminarer og symposier i de Nordiske og Baltiske lande og i Rusland, og der er etableret et godt fungerende netværk i de baltiske lande og i Skt. Petersborg-området.

Fagområdets faglige profil er udvidet til at omfatte aktiviteter inden for fornybar energi og miljøområdet.

Der er i perioden publiceret mere end 60 artikler og afhandlinger af fagprogrammets studerende.

## PROCESSINTEGRATION

### Summary

The Process Integration programme under Nordic Energy Research has developed a very high level of knowledge in the most important energy technology areas of the industries for which the programme caters. These industries are primarily the thermal power plant industry, the pulp and paper industry, the food industry and the chemical/petrochemical industry. The wide and general nature of this field of research means that the research results can often be used in several industries.

The work of the programme has been aimed directly at industrial energy consumption, which constitutes a significant share (20-50%) of the energy consumption in all the Nordic countries. The research projects under the programme are directly aimed at energy efficiency enhancement and reduction of carbon dioxide emissions in industry and society, which means that the results have a direct and significant industrial effect.

Several doctorate candidates have been examined annually under the Process Integration programme, and the programme has annually engaged senior researchers and held courses and other events with participants from all the Nordic countries and the Baltic states. A number of universities in the Nordic countries and the Baltic states have been involved in the programme and they contribute to the development of process integration as an engineering tool.

The Process Integration programme has annually held a 2-week course in which the Director of Research has had the main responsibility for the lectures. Because the Director of Research has been an alternating position, the main content of the course has, of course, varied from year to year. The Process Integration programme has also organised an annual course in a Baltic state, and a seminar aimed at Baltic industry has been attached to the course.

In order to promote co-operation with the Baltic states, the programme course material on process integration has been translated into English.

All the Nordic countries are involved in international research programmes, first and foremost in the International Energy Agency (IEA). Denmark, Finland and Sweden also have national process integration research programmes, and Nordic Energy Research Programme (NERP) has very active and productive co-operation with the national research programmes. Through these national and international research programmes, NERP's process integration researchers have developed a wide network of contacts, which has made NERP's Process Integration programme well known in both industry and research environments.

Most of the research projects under the programme are partly funded by industries, which means that the researchers have close contact with the national industries. The most important industrial partners are the wood processing industry (Finland and Sweden), the petrochemical industry (Norway), the food industry (Denmark) and the fishing industry (Iceland).

## **Facklig inriktning och målsättning**

Med begreppet processintegration menas inom Nordisk Energiforskning, i enlighet med den definition som används inom IEA:

Systematiska och generella metoder för design av integrerade produktionssystem med speciell betoning på effektiv energianvändning och reducering av miljöpåverkan.

Processintegration har under de senaste 20 åren utvecklats till metodik för strategisk design och planering. Tack vare denna utveckling kan nu processintegration användas för att reducera både drift- och investeringskostnader samt miljökonsekvenserna på kort och lång sikt. Detta har gjorts möjligt genom att metoder har utvecklats och utvecklas som åskådliggör konsekvenserna av varierande processutformningar i ett systemperspektiv.

Processintegrationsprogrammet inom Nordiska Energiforskning har utvecklat en betydande kunskapsnivå i de energitekniskt mest betydelsefulla delarna av de branscher som programmet vänder sig till. Dessa branscher är främst termisk kraftverksindustri, massa- och pappersindustrin, livsmedelsindustrin och kemisk/petrokemisk industri. Forskningsområdets breda och generella karaktär medför vidare att dess resultat ofta kan appliceras i flera branscher.

Programmets arbete har varit direkt inriktat mot industrins energiförbrukning vilken utgör en betydande andel (20-50%) av energiförbrukningen i alla de Nordiska länderna. Forskningsprojekten inom programmet är direkt inriktad mot energi-effektivisering och reducering av koldioxidemissionerna i industrin och samhällen varför resultaten har en direkt och betydande påverkan på industrin.

Processintegrationsprogrammet har årligen examinerat flera doktorer, engagerat seniorforskare och genomfört kurser och andra arrangemang med deltagare från hela Norden och de Baltiska länderna. Flera universitet i Norden och Baltikum har varit involverade i programmet och bidrar till utvecklingen av processintegration som ett ingenjörsvärkt.

## **Fagkollegiets sammensetning**

Processintegrationsprogrammet har letts av en styrgrupp med en representant för vart nordiskt land. Det praktiska dagliga ledarskapet har skötts av en forskningsprofessor – forskningschef. Vart land har ett år i taget ansvarat för forskningschefens uppgifter.

Styrgruppen har bestått av:

Prof. Carl-Johan Fogelholm, (ordf.) Tekniska Högskolan i Helsingfors

Prof. Thore Berntsson, Chalmers Tekniska Högskola

Civ.ing. Mogens Johansson, Dansk Energi Analyse A/S

Prof. Kristian Lien, Norges Teknisk-naturvetenskaplige Universitet

Prof. Pal Valdimarsson, Haskoli Island

Forskningschefens uppgifter har handhåfts av:

Prof. TD Tapio Westerlund, Åbo Akademi, Finland, 1999

Tekn. dr. Brian Elmegaard, DTU, Danmark, 2000

Tekn. dr. Per-Åke Franck, CIT Industriell Energianalys AB, Sverige, 2001

Prof. Truls Gundersen, NTNU, Norge, 2002

### **Forskare engagerade i Programmet**

Torben Anderssen, DTU; Processintegrert destillation, 1999 -

Jeppe Grue, Aalborg Universitet; Pibaf Kernprocesser och forsyningsenheder, 1999 - 2000

Timo Laukkanen, HTH; PI vid energisystem i cellulosafabriker, 1999 - 2002

Tor-Martin Tveit, HTH; Energisamarbetet mellan industri och samhälle, 1999 - 2001

Arne Lind, NTNU; Lokale och regionale energisystemer, 1999 - 2001

Anders Ådal, CTU; PI för kostnadseffektiv minskning av växthusgaser, 1999 - 2002

Hilde Engelen, NTNU; PI tillämpad på design och drift av destillationskolonner

Jan Strömberg, CTU; PI tillämpad på kraftvärme, 1999

Kaj-Mikael Björk, Åbo Akademi; Kostfunktioner for løsning af processyntese- og planlægningsproblemer ved matematisk programmering, 2000 - 2002

Mario Richard Eden, DTU; Masse- og energiintegration, 2000 - 2002

Hilde Engelen, NTNU; PI anvendt for design og optimering af destillationskolonner, 2000 - 2002

Jón Águst Thorsteinsson, HI; Optimering af energisystem på fiskeskibe, 2000 -

Juha Hakala, TH, Processintegration vid mekanisk massa- och pappersframställning, 2001 - 2002

Stefan Karlsson, Åbo Akademi, Optimering av kromatografiska kolonnssystem, 2001

Roger Nordman, CTH, Pinchanalys med nya avancerade kompositkurvor, 2001 - 2002

René Skotte, DTU, Modellering, simulering och reglering av en elektrokemisk process, 2001

Johan Arvela, Åbo Akademi, 2002

Jeppe Gruen, Aalborg Tekniske Universitet, 2002

H.Jonsson, HI, 2002

Marianne Salomon, KTH, Optimering av småskalig CHP, 2002

### **Forskningsaktiviteter**

Alle de nordiska länderna är engagerade i internationale forskningsprogram, först och främst i International Energy Agency (IEA). Danmark, Finland och Sverige har dessutom nationale processintegrations forskningsprogram och NEFP har et mycket aktivt och fruktbart samarbete med de nationale forskningsprogrammen. Genom dessa nationala och internationala forskningsprogrammen har NEFP's processintegrationsforskare en bred kontaktyta vilket har gjort NEFP'S processintegrationsprogram välkänt innanför såväl industri som forskningsmiljöer.

De flesta forskningsprojekten i programmet är delfinansierade av industrier, vilket betyder at forskarna har en nära kontakt till de nationale industrierna. De viktigaste industrielle samarbejtsparterne är i Finland och Sverige träförädlingsindustrin, i Norge



er det den petrokemiske industri, i Danmark livsmedelsindustrin och på Island fiskeriindustrin.

### Seminarier och kurser

Processintegrationsprogrammet har årligen arrangerat en två veckors kurs där huvudansvaret för föreläsningarna har legat på forskningschefen. Genom att forskningschefen varit en ambulerande tjänst så har tyngdpunkten på kursen på ett naturligt sätt varierat årligen. Processintegrationsprogrammet har även årligen arrangerat en kurs i något Baltiskt land, till kursen har knutits ett seminarium riktat till den Baltiska industrin.

För att främja samarbetet med de baltiska länderna har programmets kursmaterial om processintegration översatts till engelska.

|   | Deltagare |
|---|-----------|
| Seminarium för lärare i processintegration, CTH                               | 25        |
| Process- och produktionsoptimering, ÅA  | 20        |
| Reglerteknik, NTNU  | 25        |
| Generalmönstring  | 15        |
| NEFP, processintegrations programmet har deltagit i arrangemanget av:         |           |
| International Conference on Process Integration,<br>I samarbete med IEA       | 120       |
| NEFP:s Energiforskningskonferansen i Holmenkollen                             | 120       |
| 2000  |           |
| Kursus i Pinchanalyse, CTH  | 15        |
| Posterpræsentation for stipendiater, CTH                                      | 15        |
| Kursus i modellering og simulering af energi-<br>Systemer og procesanlæg, DTU | 23        |
| Seminar om procesintegration ved design af<br>Energisystemer, København       | 33        |
| Generalmönstring, København   | 21        |
| NEFP procesintegrationsprogrammet har deltagit i arrangementet af:            |           |
| SIMS 2000, Scandinavian Simulation Society's conference, København            |           |
| 2001  |           |
| Koldioxidemissioner från industrin  | 60        |
| Krav- och stresshantering   | 20        |
| Integration av energisystem mellan industri och samhälle                      | 25        |
| Processintegration för Baltikum   | 30        |
| Generalmönstring,   | 20        |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2002                            |    |
| Energieffektivisering           | 60 |
| Processintegration för Baltikum | 30 |
| Generalmønstring,               | 20 |

### Regnskap

| Nordisk aktivitet | 1999      | 2000      | 2001       | 2002       | Totalt     |
|-------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| Bevilgninger      | 3 800 000 | 3 800 000 | 3 800 000  | 3 800 000  | 15 200 000 |
| Utgifter          | 2 727 557 | 2 817 647 | 5 154 588  | 5 006 670  | 15 706 462 |
|                   | 1 072 443 | 982 353   | -1 354 588 | -1 206 670 | -506 462   |

| Nærområde aktivitet | 1999 | 2000 | 2001    | 2002   | Totalt  |
|---------------------|------|------|---------|--------|---------|
| Utgifter            | 0    | 6390 | 300 000 | 87 000 | 393 000 |

## TECHNICAL SYSTEMS IN AN OPEN ELECTRICITY MARKET

### Introduction

The scientific programme on Technical Systems in an Open Electricity Market (TFE) was started later than the other programmes in period. The TFE-programme has focused especially on

- Information technology,
- Small-scale production,
- Network questions,
- Risk handling.

The first meeting in the scientific board, which marked the official start of the programme, was held 19.10.1999 in Copenhagen. The programme applied for a continuation to the programme period 2003-2006, but this was not granted and the programme was ended in the year 2002.

### The scientific board

The scientific committee for the Technical Systems in an Open Electricity Market has consisted of the following persons:

- Professor Björn Wahlström (chair), Technical Research Centre of Finland, VTT Industrial Systems, Espoo, Finland,
- Professor Ole Jess Olsen, Roskilde University, Dept. of Environment, Technology and Social Studies, Roskilde, Denmark,
- Director Asbjörn Ó. Blöndal, Selfoss Energy, Selfoss, Iceland,
- Senior Advisor Nils Flatabø, SINTEF Energy Research, Trondheim, Norway,
- Professor Göran Andersson (1999-2000) and Professor Lennart Söder (2000-2002), KTH, Electric Power Systems, Stockholm, Sweden.

### Activities

#### *Scholarships*

The first call for project proposals was issued at the end of the year 1999 with a deadline of 31.1.2000. The first scholarship holders were appointed and started their project in the spring of the year 2000. A second call was issued in the spring of the year 2001 and the new scholarship holders were selected in September that year. The following PhD students have been supported by the programme Technical Systems in an Open Electricity Market:

- Thomas Ackermann, KTH, Electric Power Systems, Sweden, (Distributed power generation in a deregulated market environment), the years 2000-2002,
- Hannele Holttinen, Technical Research Centre of Finland, VTT Energy, (Effects of large scale wind production on the Nordic electricity market), the years 2000-2002,
- Jacob Lemming, Research Establishment Risø, Denmark, (Risks management and investments in a liberalised electricity market), the years 2000-2002,

- Torgeir Ericson, NTNU Inst. for Elkraft, Norway, (End-user flexibility by efficient use of information and communication technologies), the years 2001-2002,
- Ramunas Gatautis, Lithuania Energy Institute, Lithuania, (Small and micro scale combined heat and power production development), the years 2001-2002.
- Valery Knyazkin, KTH, Electric Power Systems, Sweden, (Network system stability in power systems with large amounts of distributed generation), the years 2001-2002,
- Erkka Näsäkkälä, Helsinki University of Technology, Finland (Valuating and managing financial risks in an open electricity market), the years 2001-2002.

### **Seminars and meetings**

The following three seminars have been arranged by the TFE-programme:

- Information and Communication Technology (ICT) in the Energy Sector, in Trondheim at 8-9.3.2001,
- Investments and Risk management in a liberalised electricity market, in Copenhagen at 20-21.9.2001,
- Distributed Generation related Power System Behaviour, in Vaasa, Finland at 24-25.4.2002.

The TFE-programme was a co-sponsor and organiser of the meetings:

- Nordic seminar on Energy Efficiency in Kirkjubæjarklaustur, Iceland at 18-20.4.2002,
- Second International Symposium on Distributed Generation: Power System and Market Aspects in Stockholm, Sweden at 2-4.10.2002.

In addition the TFE-programme arranged the General Assembly in Stockholm, Sweden at 15-16.11.2001 and in Oulu, Finland at 12-13.12.2002 in co-operation with the programme Energy and Society. At these occasions the PhD student of both programmes presented their research for a discussion with the members of the scientific committees.

The scientific board has met a total of 9 times.

### **Other activities**

The scientific board engaged itself in the discussions connected to the preparation for the new programme period and prepared a written statement on an early draft of the programme.

The scientific board prepared a proposal for a continuation of the programme Technical Systems in an Open Electricity Market, which was filed in the spring 2002. The proposal was not successful.

**Regnskap**

| Nordisk aktivitet | 1999      | 2000      | 2001      | 2002      | Totalt    |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bevilgninger      | 1 000 000 | 1 000 000 | 2 000 000 | 2 000 000 | 6 000 000 |
| Utgifter          | 24 855    | 793 032   | 1 340 916 | 1 984 515 | 4 143 318 |
|                   | 975 145   | 206 968   | 659 084   | 15 485    | 1 856 682 |

| Nærområde aktivitet | 1999 | 2000 | 2001 | 2002   | Totalt |
|---------------------|------|------|------|--------|--------|
|                     | 0    | 0    | 0    | 97 000 | 97 000 |