

ATS

Ydintekniikka n:o 2/1977

ENS-KUULUMISIA		s. 3
KOTIMAAN TAPAHTUMIA		s. 11
SAKSALAINEN "RASMUSSEN-TUTKIMUS"		s. 13
LOVIISA 1:N KÄYTTÖNOTTO VIRAN- OMAISEN NÄKÖKULMASTA	J. Laaksonen	s. 17
KATSAUS "LOW TEMPERATURE NUCLEAR HEAT"-KONFERENSSIN JÄRJESTELYIHIN	R. Tarjanne	s. 21
MATKAKERTOMUS IAEA:N KONFERENS- SISTA "NUCLEAR POWER AND ITS FUEL CYCLE", SALZBURG, 1977-05-02...13		s. 37

ATS YDINTEKNIikka

Numero 2/1977

Kesäkuu 1977

Julkaisija: Suomen Atomiteknillinen Seura
Valtion teknillinen tutkimuskeskus
Ydinvoimatekniikan laboratorio
Lönrotinkatu 37
00180 Helsinki 18
puhelin: 90-648931

Toimitus: päätoimittaja
Lasse Mattila
toimittaja
Jorma Karjala

LOVIISA I TUOTTA

Onnistuneen 14 vuorokauden tuotantokokeen jälkeen Imatran Voima Osakeyhtiö otti vastaan Loviisa I:n päätoimitukset 12.05.1977.

Kokeen aikana laitos toimi n. 400 MW:n nettoteholla keskeytyksettä. Yksikkö ei vielä ole aivan valmis, vaikka kaupallinen tuotantovaihe onkin jo alkanut. Lukuisia pieniä parannuksia on sovittu tehtäväksi päätoimittajan takuuajana, kuten yleensä uusilla laitoksilla. Nimellistehon ollessa 440 MW on suurin bruttoteho ollut toistaiseksi n. 425 MW, joka on saavutettu 92 %:n reaktoriteholla. Eräät täydentävät turvallisuusanalyysit, aikaisempien kokeiden tulosten perusteellinen analysointi sekä lisäkoeket ja takuukoeket 100 %:n teholla ovat vielä ohjelmassa. Tämä ensimmäinen ydinvoimayksikkömme tulee ilmeisesti vielä pitkään olemaan kiinnostava koekenttä selvitettäessä käytännössä ydinvoimatekniikan hienouksia.

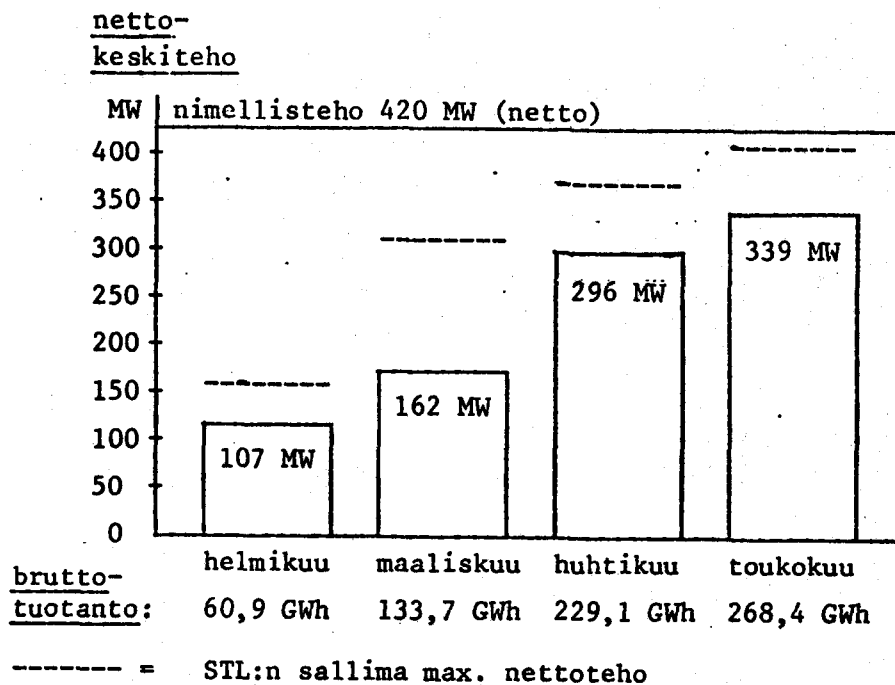
Tammikuun 20. päivänä käynnistettiin reaktori ja helmikuun 8. päivänä synkronoitiin l. turpiini verkkoon. Kuvassa on esitetty kuukausittain tuotettu energia sekä suurin mahdollinen tuotanto turvallisuusviranomaisten hyväksymien eri koekäyttövaiheiden tehorojojen puitteissa. Suurin osa tuottamatta jääneestä energiasta johtuu koekäytön eri vaiheiden vaatimuksista tehonvähennyksineen ja pikasulkuineen.

Nopea käyntiinlähtö on vähintäänkin tyydyttävä. Tiedot laitoksen käynnistysvaiheista on lähetetty alan kansainvälisille lehdille. Tähänastiset tulokset herättänevät ansaittua huomiota maailmalla.

Käynnistyksen viivästyminen alunperin sovitusta hinmentää loppujen lopuksi alkumenestystä suhteellisen vähän tämän maan ensimmäisen ydinvoimayksikön ollessa kyseessä. Loviisan projektia seurataan hyvinkin tarkasti läntisissä ydinvoimapiireissä - ei ole aina uskottu, että neuvostoliittolaisen ydinvoimateknologian istuttaminen länsimaiseen ympäristöön onnistuisi näin hyvin.

Sadattuhannet ihmiset ovat osallistuneet eri tavoin laitoksen rakentamiseen. ATS-lehden lukijakunta on ollut eräs avainryhmä. Maailmanennätysvauhtia kasvaneet tuotantopylväät kuvaavat myös laajojen suomalaisten ydinvoima-alan asiantuntijapiirien työn onnistumista.

Anders Palmgren



ENS-KUULUMISIA

ENS on eurooppalaisten kansallisten ydinteknisten seurojen yhteiselin, joka perustettiin v. 1975 ja johon ATS kuuluu perustajajäsenenä. Oheisena julkaistaan sellaisenaan ENS:n uuden tiedotuslehden ensimmäinen numero sekä IAEA:n Salzburgin kokouksen yhteydessä annettu julistus.

No. 1

MAY 1977

EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY NEWSLETTER

The European Nuclear Society was formally established at the international meeting in Paris in April 1975 as a federation of national nuclear societies throughout Europe. In the two years that have since elapsed, much work has been done to lay the foundation of an active and effective Society that will reflect both the international nature of nuclear energy and respect the national roles of the member societies.

The ENS has already contributed to further international meetings in co-operation with the American Nuclear Society both in the USA itself and more recently at the Shiraz meeting in Iran. Plans for the next major ENS meeting, to be held in Hamburg in 1979, are now in preparation.

Other major areas of activity lie in the field of specialist publications and a public information service. It seems appropriate to initiate then a newsletter to exchange information on ENS activities between our federated member societies and to give information to the world at large. It seems especially timely to do so in conjunction with the IAEA meeting at Salzburg this month.

This first issue is an opportunity to pay a tribute to the work of the individuals whose efforts have led the ENS so far and in particular to M. Alain Colomb, the retiring ENS President, to whose term of office must be added all the preparatory work done in making the formal establishment of the society possible. While thanking him, we send good wishes to his successor who takes over the role of President this month, Professor K H Bechurts.

Founding Member Organizations of the ENS

<u>Afdeling voor Kerntechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs</u> (Netherlands Nuclear Society)	<u>Kerntechnische Gesellschaft in Deutschen Atomforum e.V.</u> (German Nuclear Society)
<u>American Nuclear Society</u> Local Section - <u>Belgium</u> - <u>Central Europe</u> - <u>France</u> - <u>Italy</u>	<u>Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute</u> (Swiss Nuclear Society)
<u>British Nuclear Energy Society</u>	<u>Societed Nuclear Espanola</u> (Spanish Nuclear Society)
<u>Föreningen Kärnteknik</u> (Swedish Nuclear Society)	<u>Societa Nucleare Italiana</u>
<u>Hellenic Nuclear Society</u>	<u>Societe Francaise d'Energie Nucleaire</u>
<u>Institution of Nuclear Engineers</u> (United Kingdom)	<u>Suomen Atomiteknillinen Seura-Atomtekniska Sällskapet</u> (Finnish Nuclear Society)

FUTURE ENS EVENTS OF INTEREST in 1977

<u>date</u>	<u>occasion</u>	<u>location</u>	<u>sponsor</u>
11 May	Lecture: Non-electric Nuclear Power; Prof. W H Hfele	Brussels	ANS - Belgium
15 May	Seminar: Nuclear Fuel Re-processing (and visit)	The Hague	ANS - France
1 June	Colloquium: Interpreting Physics Experiments	France	SFEN
8 June	Meeting: National Nuclear Power Programme	Mol	ANS - Belgium
13-17 June	Series Meetings: Energy Studies	-	ANS - France
21-24 August	ENS/ANS Topical Meeting: Low Temperature Nuclear Heat	Helsinki	Finnish Society
29 September	Lecture: Dr. J R Dietrich (President ANS)	London	ANS - Central Europe and INucE/ENES
17 November	Lecture: Prof S E Hunt	London	I Nuc E

IMPORTANT DATE

6-11 May 1979 SECOND EUROPEAN NUCLEAR CONFERENCE - HAMBURG

ACTIVITIES OF THE ENS COMMITTEES

ENS Publication Committee

The committee last met on 25 February 1977 in Geneva under the Chairmanship of Sr. D M Quinteiro Blanco to continue formulating its recommendations concerning the negotiations in progress for the publication of a technological and scientific journal with the participation of ENS. The publication of a "Newsletter" dedicated to the activities of ENS and the National Societies belonging to it was also decided.

ENS Public Information Committee

The committee last met on 24 February 1977 in the Hague under the Chairmanship of M. Pierre a Toureau with the President, M. A Colomb taking part. At the opening of the meeting there was an interesting exchange which gave all the participants the opportunity to illustrate the nature of the nuclear debate in their countries. Both Dr. Bott and Avv. Bullio

reported the most recent developments of the Italian situation.

The committee then examined the text drawn up by Mr. Adkins for the pamphlet that the ENS will publish under the title "Nuclear Power and Europe's Energy Needs". After some revisions and updating, the publication will be sent to press in the near future.

The committee then discussed a report that will be made in its name by President Colomb at the Shiraz Conference on the transfer of nuclear technology.

The committee was then informed of the development of telex connections for the Nuclear Public Relations Contact Group (NPRCG) for the rapid exchange of information in case of necessity.

ENS Finance Committee

The committee meets regularly under the Chairmanship of M. Jean Couture to examine the financial situation of the society. This calls for examination of budgets and the cost of special proposals, such as the plan to establish an ENS journal. Other action undertaken by the committee lies in establishing the grade of supporting members and raising special funds for special activities. The committee has prepared accounts for presentation at the Annual General Meeting in Salzburg in May 1977.

ENS Programme Committee

The committee, under its current Chairman, Herr D Bunemann, has as a primary task been planning the form of the 1979 ENS Meeting in Hamburg. However, this has not stopped the committee establishing rules for the promotion of other ENS meetings and for co-ordinating joint meetings and topical meetings in member countries. Topics for consideration include meetings on energy needs, environmental effects, safety of nuclear installations and public acceptance of nuclear technology.

Meetings already held under the sponsorship of the ENS Programme Committee include:

ENS/ANS Conference Paris 1975

ANS/ENS Topical Meeting: Californium, Paris/Brussels 1976

ANS/ENS/AIF International Meeting, Washington, USA, 1976

Technology Transfer Meeting, Shiraz, Iran, 1977

ENS Planning Committee

This is the newest of the ENS committees and has met twice under the Chairmanship of Dr. G Brown. It exists to recommend courses of action and priorities to the Steering Committee. Discussion so far has covered the nature of the public information committee and its work, especially 'workshops' to be established throughout Europe. It has also considered the proposal to embark upon an international standards program for fast reactors as untimely. The various initiatives cost money and

it is clear that both the Planning Committee and the Finance Committee have a difficult task of liaison to see that the right emphasis is given to the work of ENS.

ENS Steering Committee

The Steering Committee of the ENS has met regularly and as the executive body of the Society has had on its agenda many of the matters and the recommendations rising from the remaining ENS Committee. Since the steering committee is composed of representatives of all the member societies of ENS, it has formed a smaller 'working' Board to prepare many of the discussions it deals with at more formal meetings. The steering committee (like the Board) is chaired by the President.

NEWS OF THE MEMBER ORGANIZATIONS OF ENS

American Nuclear Society - Local Sections in Europe

Belgium: Chairman M.W Vinck (Rue Ravenstein 3, 1000 Brussels)
An active programme of lectures and meetings.

Central Europe: Chairman Dr M Dalle Donne (Kernforschungszentrum Karlsruhe)
In addition to national meetings arranged in conjunction with KTG, the section is now planning for the Hamburg Conference in 1979.

France: Chairman M.Grison. Close collaboration is maintained with SFEN.

British Nuclear Energy Society

President - Mr. Paul Wolff. Immediate Past President Dr. Gordon Brown.
The Society has an active programme of lectures and conferences as well as sustaining its well known research journal.

Hellenic Nuclear Society

President - Professor C Markopoulos. The Society has recently held new elections for its Board which is now planning a range of national activities.

Institution of Nuclear Engineers (UK)

President - Dr. J Lewins, who has just given his incoming address to members on the nature of the Professional Nuclear Engineer. Other activities include special issues of the Institution Journal, devoted to reactor control.

French Nuclear Energy Society (SFEN)

President - M. C P L-Zaleski. The Society has now grown to some 2400 members organised in sixteen regional groups for ease of communications. Seven technical sections cover: education, materials, medical, environment, fuel cycles, reactor physics and finally the technology and utilization of reactors. The Society is able to publish much of the work in this area in the Revue Generale Nucleaire (RGN) with a circulation of 4500.

There is also a book publishing programme in the field of informational activities including translation of the ANS "Questions and Answers" pamphlet and books for teachers of physics.

Finnish Nuclear Society

Chairman: Dr. O Tiainen. Major activity of the society is the mounting of an ENS/ANS/Finnish Topical Meeting on Low Temperature Nuclear Heat, 21-24 August 1977.

AIMS OF THE ENS (Article 4 of the Statues)

The aims of the Society are to promote and to contribute to the advancement of science and engineering in the field of the peaceful uses of nuclear energy by all suitable means and in particular by:

- a. fostering and co-ordinating the activities of the member organisations,
- b. encouraging exchanges between the member organisations,
- c. encouraging the exchange of scientists and engineers between countries,
- d. disseminating information,
- e. ensuring that the Society has adequate means of publication,
- f. sponsoring meetings devoted to scientific and technical matters,
- g. fostering engineering education and training,
- h. encouraging scholarships,
- i. co-operation with international governmental and non-governmental organizations and with other organizations having similar aims,
- j. promoting international standardisation in the nuclear field,
- k. encouraging the formation of organizations of nuclear scientists and engineers where no such organization exist.

OFFICERS OF THE ENS

Immediate Past President: M. Alain Colomb
Nominated President(1977/79) : Professor K H Bechurts
Vice Presidents: H H Gott and C P L-Zaleski

European Nuclear Society: Office Manager - G Thomas
PO Box 120 CH-1213 Petit-Lancy 2,
Switzerland.

Published for ENS by BNES/INuc E and printed in the UK
Correspondence and material for publication should be addressed to Editor,
ENS NEWSLETTER, Hughes Parry Hall, Cartwright Gardens, London WC1H 9EF
(tel: 01-387-1477) or via ENS member societies.

EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY
NEWSLETTER NO. 1, MAY 1977

ADDENDUM

NEWS OF MEMBER ORGANISATIONS OF ENS

Kerntechnische Gesellschaft im Deutschen Atomforum e.V.

Chairman: Prof. Dr. Hans Wolfgang Levi
Vice-Chairman: Dr. Wolfgang Stoll

The annual Reactor Meeting was held this year from 29 March to 1 April 1977 in Mannheim. It attracted more than 2,000 participants from 19 countries; more than 270 papers were presented, centred round the problems of the fuel cycle and on international nuclear co-operation. The next Reactor Meeting is scheduled for 4-7 April 1978 in Hannover.

KTG held its annual general meeting on 30 March 1977, during the Reactor Meeting.

DECLARATION

Salzburg, 6 May 1977

The following Declaration was approved by the Steering Committee of the European Nuclear Society and issued on the occasion of the Salzburg Conference. The European Nuclear Society is an international professional body grouping learned societies in twelve European countries and supported by over seven thousand professional scientists, engineers and members of many other professions with profound knowledge of the present world energy situation and of existing, planned and possible actions to meet that situation.

It is evident that overall energy demand in Europe - as elsewhere - will continue to increase over the years to come. This is true even if it is admitted that certain sectors of the population have reached a level of consumption which should not be further increased while other sectors are still living in penury... for to lift those others towards a reasonable standard of life will itself demand substantially more energy. This is true even in a Europe where population expansion has largely ceased, and where energy conservation has become a major and accepted objective. Even for such a Europe, the progress of society and particularly the maintenance of high employment, the expansion of the economy and hence the continuation of our civilised standard of life, must depend on adequate energy supplies.

At the same time, it is becoming ever more recognised that, both for the present generation and for those who will follow, the provision of more energy - from whatever source or sources - will have important environmental effects, and that the need to control and minimise these effects is second only to the need to preserve the democratic societal structure. Hence the search for more energy with less environmental effect has become a major preoccupation.

It is well-known that traditional energy sources - oil, natural gas, coal and hydro-power - are either approaching exhaustion and hence increasing rapidly in cost or presenting severe practical problems of exploitation, or have simply reached saturation. New additional resources have thus become essential, and very substantial investments in their development are being made. These new resources include solar, geothermal, wind, wave and above all, nuclear energy.

Nuclear energy is the only new source that today is both practically proven and available in quantities sufficient to have noticeable effect on the overall energy situation. That is not to say that other new energy sources are not required - indeed every available source is needed urgently. But the utilization of solar energy is as yet inefficient, except in certain local direct heating applications, such as for homes or domestic water heating. Other "new forms" are insufficient to contribute more than marginally to meeting total demands.

Of "traditional" energy sources oil, besides being used up at an alarming rate, is largely produced in areas of the world over which its main users have very limited influence. These two factors in recent years have contributed to hitherto unthought-of price increases, reflected in consequent increases in the costs of all goods and services dependent on energy produced from oil. Although efforts have been made to substitute oil by the much more abundant coal - notably for electric power stations - the difficulties, costs and human risks in mining, handling and transporting this fuel in bulk might tend to limit further expansion of its use. However, new methods of using coal, both in direct combustion to produce heat and as a source for synthetic substitutes for oil, are being perfected and there is no doubt that here is one of the mainstays of our energy supply for at least several more decades - except for countries where there is no coal. The other mainstay is nuclear energy.

Nuclear power stations have been producing electricity in many countries of the world for many years. More than a thousand "reactor years" of operational experience have already been acquired, and during this time this has established their reputation as being at least as safe, at least as reliable, and at least as free from pollution in the widest possible sense, as any other power station type. Moreover, nuclear power stations today are producing electricity more cheaply than most other thermal power stations.

It is nevertheless undeniable that nuclear power stations and their associated fuel production and reprocessing plants are unique in several respects. It is a fact that they produce highly radioactive wastes. The fact that they involve fissile materials as fuel which can, with suitable although highly complex and expensive treatment, be misused for making atomic weapons is another aspect. The technical methods to deal with radioactive waste disposal are available and need implementation on an international scale. The risk of fissile material being deliberately diverted and used for aggressive or warlike purposes can be safeguarded against through a comprehensive system of international control, operated on behalf of the world community by technical and legal experts of the International Atomic Energy Agency.

The general problems of nuclear power have always been recognised. More scientific efforts have been devoted to them than in any other branch of industrial technology. As a result these problems are better understood, better catered for in practical design and operation, and better provided for in case of their leading to maloperation or accident, than the problems of any other technology in any other field whatsoever. Nuclear power, in fact, is among the safest technologies of our time.

It is the considered opinion of the European Nuclear Society that nuclear energy is a vital necessity for Europe as well as the world. Furthermore, the European Nuclear Society recommends supporting the International Atomic Energy Agency in preventing the proliferation of nuclear weapons, and developing international solutions for the reprocessing of spent fuels and for the safe disposal of radioactive waste.

A. Colomb
Outgoing President

K.H. Beckurts
Incoming President

European Nuclear Society

18.6 aloitettiin Lol:llä n. 1 viikon mittainen revisio, jona aikana suoritetaan n. 80 sellaisia huolto-, korjaus- ja parannustehtäviä, joita ei laitoksen käydessä ole mahdollista tai edullista suorittaa. Reaktoria ja turpiineja ei ole tarkoitus avata ollenkaan tämän revision aikana. Ennen revisiota laitos on toiminut kesäkuun hyvin. Tosin kuukauden alussa ajettiin alas yhdeksi päiväksi erään testauksissa ilmenneen häiriön selvittämiseksi. Vuorokaudessa on yleensä ilmennyt noin 5 pientä vikaa lähinnä venttiilipuolella, mikä ei laitoksen n. 2000 moottoriventtiilikokoelmassa ole paljon.

Lämpötilan kohoaminen on tuottanut töitä ilmastoinnin puolella erikoisesti elektroniikkatilojen jäähdytyksen takaamiseksi.

Jäähdytysveden lämpötilan nousuta jo yli 10 °C on lauhduttimen tyhjiö hiukan huonontunut, ja bruttoteho on laskenut n. 415 MW:n tasolle sen oltua yli 420 MW kylmän veden aikana.

Runsaista kevättulvista ja kesäkuun aikaisista kuormista johtuen on paikoittain suoritettu vuorokausi- ja viikonloppusäätöjä, jolloin tehoa on alennettu maks. 100 MW pienimmän kuorman ajaksi. Säätö on sujunut vaikeuksitta.

...JA OLKILUODON

Olkiluodossa ovat työt kevään 1977 kuluessa, huolimatta valtakunnallisista lakoista, edenneet ripeästi. Voidaankin sanoa, että kaikkein intensiivisin vaihe TVO I ja TVO II-laitosten rakentamisessa on nyt käynnissä.

Olkiluodon työmaan vahvuus on noin 3200. Myös Teollisuuden Voima Oy:n henkilökunnan määrä on jyrkässä nousussa, sillä toisen laitossyksikön käyttöhenkilökunnan koulutus on alkamassa. Samoin vahvistetaan ensimmäisen laitossyksikön organisaatiota valmistauduttaessa laitoksen käyttöönotto- vaiheeseen.

Tilanne tällä hetkellä

TVO I

Rakennustyöt ovat käytännöllisesti katsoen loppuunviedyt vuoden 1977 ensimmäisellä puoliskolla. Reaktorihallin osalta viimeistelytyöt ovat

jatkuneet toukukuulle, samoin osassa turbiinirakennusta. Viimeiset vesikattotyöt ja julkisivupellitykset ovat täydentäneet laitoksen ulkoasua.

Asennustöiden osalta on alkuvuodesta 1977 saavutettu useita merkittäviä etappeja, joista erityismaininnan ansaitsee reaktorin sisäosien asennuksen aloittaminen huhtikuussa. Tällöin saavutettiin reaktorihallin rakennustöissä ns. puhdas alue -vaihe, jolloin erityisolosuhteet vaativa sisäosa-asennus saatettiin aloittaa. Reaktorilaitoksen laiteasennukset ovat pääosiltaan valmiit samoin kuin raskas putkiasennus ja töiden painopiste on siirtymässä pienputkiasennuksiin ja laitteiden sähkö- ja ohjauskytkentöihin. Turbiinin korkeapainepesän saavuttua keväätjäissä laivalla Olkiluotoon on myös turbiinin asennus pääosiltaan takanapäin lukuunottamatta generaattoria, joka asennetaan syksyllä.

400 kV:n linjasta, joka yhdistää laitoksen maan kantaverkkoon, on pylväsasennukset suoritettu ja köysien veto hyvässä vauhdissa. Suuri osa laitoksen sisäisistä sähköjärjestelmistä on jännitteellisiä.

Käyttöönottovaihe laitoksen eri järjestelmillä alkaa touko-kesäkuussa ja jatkuu koko loppuvuoden. Reaktorin suojarakennuksen paine- ja tiiveyskoe suoritetaan keskikesällä ja sen jälkeen eri järjestelmät asteittain siirtyvät asennusvaiheesta käyttöönottoihin. Koko toista vuosipuoliskoa leimaakin alkava käyttö viimeistelyasennusten ohella.

TVO II

Rakennustöiden osalta on alkuvuosi ollut intensiivistä rakentamiskautta ja kaikkien rakennusosien runkotyöt ovat edenneet pitkälle. Huhti-toukokuussa valmistuivat ensimmäiset apurakennukset asennusvalmiuteen ja luovutettiin asentajien käyttöön. Reaktorirakennuksen runko saa harjakorkeutensa kesään mennessä. Samanaikaisesti rakennustöiden kanssa on asennettu mm. reaktorisuojarakennuksen tiivistelevy ja siihen liittyviä läpivientiputkia. Vuoden loppuun mennessä suurin osa rakennusten runkotöistä on valmiina.

Asennustyöt ovat alkaneet jo valmistuneissa apurakennuksissa ja reaktorirakennuksen alimmissa kerroksissa. Vuoden loppuun mennessä pääosa huone-tiloista on luovutettu karkea-asennukseen ja tällöin asennuksia suoritetaan jo lähes kaikissa rakennusosissa. Varsin suuri osa asennusmateriaalista on jo laitospaikalla.

SAKSALAINEN "RASMUSSEN-TUTKIMUS"

Saksan liittotasavallassa käynnistettiin keväällä 1976 vuoteen 1978 ulottuva laaja reaktoriturvallisuustutkimus, jonka tavoitteena on hankkia amerikkalaista Rasmussenin tutkimusta vastaavasti kuva saksalaistyyppisen painevesi-reaktorilaitoksen (Biblis-B) turvallisuusriskeistä saksalaisissa olosuhteissa. Seuraavassa julkaistaan sellaisenaan GRS:n (Gesellschaft für Reaktorsicherheit) aiheesta laatima tiedote (GRS Kurzinformation, No. 22, 1977).

DEUTSCHE REAKTORSICHERHEITSSTUDIE

Zielsetzung

Im Frühjahr 1976 hat der Bundesminister für Forschung und Technologie eine Studie in Auftrag gegeben mit dem Ziel, das Risiko durch Störfälle bei Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktor unter deutschen Standortbedingungen zu ermitteln.

Durch Risikostudien sollen die bewährten Methoden der sicherheitstechnischen Auslegung und Beurteilung von Kernkraftwerken, wie sie auch im Genehmigungsverfahren zur Anwendung kommen, nicht ersetzt werden. Sie ermöglichen - in Ergänzung zu diesen Methoden - vor allem die Quantifizierung des verbleibenden Risikos und den Vergleich mit anderen Risiken, denen sich unsere Gesellschaft freiwillig aussetzt oder denen sie sich nicht entziehen kann.

Eine wesentliche Aufgabe von Risikoanalysen ist es außerdem, die Homogenität des Sicherheitskonzepts zu überprüfen. Auf diese Weise können mögliche Schwachstellen aufgedeckt und Verbesserungsmöglichkeiten festgestellt werden.

Die Ermittlung von Versagenswahrscheinlichkeiten ist eine Möglichkeit, den durch entsprechende Auslegung bei komplexen Systemen, wie Kernkraftwerken, erreichten Grad an Sicherheit zu quantifizieren. Durch die Verknüpfung der Versagenswahrscheinlichkeiten mit den Schadensfolgen aller möglichen Versagensarten ergibt sich das Risiko, das mit einem bestimmten technischen Objekt verbunden ist. Bei gleichbleibendem Risiko muß die Versagenswahrscheinlichkeit umso kleiner sein, je höher das Schadensausmaß ist. Der Schadensumfang dient daher als Bewertungsmaßstab für die Versagenswahrscheinlichkeit.

Die unter der fachlichen Leitung von Prof. Rasmussen durchgeführte, 1975 veröffentlichte amerikanische Reaktorsicherheitsstudie wurde auch auf deutscher Seite eingehend diskutiert. Hierbei ergab sich kein ernsthafter Grund dafür, daß die Methoden und Aussagen der Studie grundsätzlich in Zweifel zu ziehen wären. Die Ergebnisse der amerikanischen Reaktorsicherheitsstudie sind jedoch aus verschiedenen Gründen nicht unmittelbar auf deutsche Verhältnisse übertragbar.

Zum ersten unterscheidet sich die amerikanische Referenzanlage (Surry-1) von deutschen Anlagen, vor allem was die Sicherheitssysteme angeht, in einigen wesentlichen Punkten. Beispielsweise sind im Gegensatz zur amerikanischen Auslegung die redundanten Stränge des Notkühlsystems bei deutschen Anlagen weitestgehend entmascht. Durch diese konsequente Entmaschung und räumliche Trennung werden nach deutscher Auffassung die Wahrscheinlichkeiten, daß mehrere redundante Systeme durch gemeinsame Ursache gleichzeitig ausfallen, erheblich verringert.

Eine eigene deutsche Studie ist auch erforderlich wegen der höheren Bevölkerungszahlen in der Umgebung deutscher Kernkraftwerke. Es wird für notwendig gehalten, den Einfluß der Standortverhältnisse auf das Risiko detaillierter zu untersuchen.

Als Referenzanlage für die unter Leitung von Professor Dr. Birkhofer durchgeführte deutsche Studie wird das Kernkraftwerk Biblis-B verwendet. Die Anlage ist mit einem Druckwasserreaktor von 3800 MW thermischer Leistung ausgerüstet und im März 1976 in Betrieb genommen worden.

Die Arbeiten an der deutschen Risikostudie wurden im Juni 1976 aufgenommen. In der ersten Phase werden weitgehend die Methoden und Annahmen der amerikanischen Studie verwendet. Die Ergebnisse dieses Abschnitts sollen um die Jahreswende vorliegen. Für eine zweite Phase, die etwa bis Ende 1978 laufen wird, sollen verstärkt methodische Weiterentwicklungen eingesetzt und neuere Ergebnisse der Sicherheitsforschung berücksichtigt werden.

Die anlagentechnischen Untersuchungen für die Studie werden zum größten Teil von der Gesellschaft für Reaktorsicherheit durchgeführt. Diese Arbeiten umfassen die Ermittlung der störfallauslösenden Ereignisse und die Analyse der möglichen Störfallabläufe bis hin zu etwaigen Freisetzungen von Spaltprodukten in die Umgebung. Der zweite große Komplex einer Risikoanalyse, die Ermittlung der Unfallfolgen, liegt in den Händen der Gesellschaft für Kernforschung und der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung. In diesem Teil werden die Ausbreitung der Spaltprodukte in der Atmosphäre berechnet und auftretende Schäden ermittelt.

Stand der Arbeiten

In einer Risikostudie für Kernkraftwerke müssen grundsätzlich alle möglichen Aktivitätsquellen daraufhin überprüft werden, unter welchen Umständen eine Freisetzung von Spaltprodukten in die Umgebung eintreten könnte. Es zeigt sich jedoch, daß das weit überwiegende Gefährdungspotential durch das im Reaktorkern angesammelte Spaltproduktinventar gebildet wird. Eine Freisetzung nennenswerter Anteile dieses Inventars ist jedoch praktisch ausgeschlossen, solange ein Schmelzen des Reaktorkerns verhindert wird und der Sicherheitsbehälter in der Lage ist, seine Rückhaltefunktion zu erfüllen.

Der Kern kann aber nur dann schmelzen, wenn über eine entsprechend lange Zeit die im Reaktor erzeugte Wärme durch die Kühlsysteme nicht abgeführt wird.

Als Störfälle, die möglicherweise zum Kernschmelzen führen, kommen in Betracht: ein Verlust des Primärkühlmittels durch ein Leck im Kühlsystem sowie andere Störungen, die die Leistung im Kern erhöhen oder die Kühlung des Kerns beeinträchtigen. Es ist üblich, die erste Gruppe als Kühlmittelverluststörfälle und die zweite Gruppe als Transienten zu bezeichnen.

Durch eine Zuverlässigkeitsanalyse ist die Verfügbarkeit der zur Beherrschung von Störfällen vorgesehenen Sicherheitssysteme zu ermitteln. Damit kann dann festgestellt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit nach einem Kühlmittelverlust oder einer Transiente mit einer Überhitzung und dem Schmelzen des Kerns zu rechnen ist.

Diese Untersuchungen wurden bisher für Kühlmittelverluststörfälle mit großem und mittlerem Leck durchgeführt.

Die Gesamtwahrscheinlichkeit für den Ausfall der Notkühlung ergibt sich nach den Zuverlässigkeitsanalysen für diese Fälle zu etwa $7 \cdot 10^{-4}$. Durch Multiplikation mit der Häufigkeit eines Lecks erhält man dann die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Kernschmelzens für diesen Störfall. Der genannte Zahlenwert ist allerdings als vorläufiges Ergebnis zu betrachten. Er muß noch genauer daraufhin überprüft werden, ob mögliche Common Mode-Ausfälle, (d.h. gleichzeitige Ausfälle redundanter Systeme durch gemeinsame Ursache) vollständig berücksichtigt wurden. Außerdem sind die Streuungen zu bestimmen, die sich aus den Streubreiten der Ausgangsdaten ergeben.

Für die Risikostudie sind nun diejenigen Störfallabläufe weiter zu verfolgen, die zum Schmelzen des Reaktorkerns führen. Zunächst wurden solche Kernschmelzvorgänge untersucht, die sich als Folge von nicht beherrschten Kühlmittelverluststörfällen ereignen.

Kernschmelzrechnungen wurden sowohl mit dem in der amerikanischen Studie verwendeten Programm BOIL als auch mit dem deutschen Kernschmelzprogramm BILANZ durchgeführt. Obwohl die Programme von unterschiedlich hohen Schmelztemperaturen ausgehen - das deutsche Modell legt eine wesentlich niedrigere Schmelztemperatur zugrunde - , dauert es nach beiden Rechnungen etwa 2,5 Stunden, bis der Reaktordruckbehälter durchschmilzt.

Für den weiteren Unfallablauf ist nun zu untersuchen, welche Belastungen für das Containment auftreten können. Hierzu müssen einmal die Vorgänge beim Eindringen der Schmelze in das Betonfundament verfolgt und zum anderen der Druckaufbau im Sicherheitsbehälter überprüft werden.

In der amerikanischen Studie ist die Zeit bis zum Durchschmelzen des Betonfundaments mit ungefähr 18 Stunden abgeschätzt worden. Vorläufige Rechnungen für die deutsche Anlage ergeben für das Durchschmelzen des wesentlich stärkeren Betonfundaments eine Zeit von etwa 100 Stunden.

Nach den bisherigen Untersuchungen des Druckaufbaus im Sicherheitsbehälter ist für deutsche Anlagen ein frühzeitiges Überdruckversagen des

Sicherheitsbehälters durch den Ausfall der Nachwärmeabfuhr nicht zu erwarten. Ein wesentlicher Grund für diesen gegenüber der amerikanischen Referenzanlage günstigeren Verlauf ist in den Unterschieden bei den Systemen zur Nachwärmeabfuhr und bei der Konstruktion des Sicherheitsbehälters zu sehen. Birkhofers Berechnungen zufolge würde der Sicherheitsbehälter deutscher Anlagen frühestens 20 Stunden nach dem Ausfall der Nachwärmeabfuhr, unter bestimmten Voraussetzungen sogar erst Tage später versagen. Die Folgen eines Kernschmelzens können hier wesentlich durch die Schutzfunktion des Sicherheitsbehälter begrenzt werden.

Unter diesen Voraussetzungen muß besonders aufmerksam untersucht werden, ob andere Störfallabläufe denkbar sind, die zu einer schnellen Gefährdung des Sicherheitsbehälters führen und wesentlich zum Risiko beitragen. Dies gilt vor allem für ein mögliches Versagen des Sicherheitsbehälters als Folge einer Dampfexplosion im Reaktordruckbehälter. Für die deutsche Risikostudie wird es daher notwendig sein, alle theoretischen und experimentellen Forschungsarbeiten genau und sorgfältig zu verfolgen, die in Zusammenhang mit dem Auftreten möglicher Dampfexplosionen stehen.

Die Freisetzung von Spaltprodukten aus dem Kern, der Transport und die Ablagerung von Spaltprodukten im Sicherheitsbehälter sowie ihre Freisetzung in die Atmosphäre sollen nach Methoden und Annahmen der amerikanischen Studie ermittelt werden.

Die Ergebnisse dieser Rechnung fließen als wesentliche Ausgangsgrößen in das Unfallfolgen-Modell ein. Es berechnet die aus der Freisetzung von Spaltprodukten möglicherweise resultierenden Schäden gesundheitlicher Art. Die Ermittlung von Sachschäden, wie sie in der amerikanischen Studie durchgeführt wurde, ist in der ersten Phase der deutschen Studie nicht vorgesehen.

Die amerikanische Studie zeigt, daß wir mit einer ganzen Reihe von natürlichen und zivilisatorischen Gefahren leben müssen, deren Risiken erheblich über dem liegen, das durch Kernkraftwerke verursacht wird. Die bisherigen Arbeiten an der deutschen Risikostudie lassen nicht erwarten, daß sich hier ein grundsätzlich anderes Ergebnis zeigen wird.

Eine Risikostudie kann jedoch keine Aussagen darüber machen, ob das mit der Kernenergie verbundene Risiko akzeptiert werden soll. Diese Entscheidung muß von der Gesellschaft getroffen werden.

Quelle: Prof. Dr. Birkhofer, GRS München

Köln, den 12.5.1977

(100/as)

LOVIISA 1:N KÄYTTÖNOTTO
VIRANOMAISEN NÄKÖKULMASTA

Runsas vuosi sitten esittelin ATS:n kokouksessa ohjetta YVL 2.5, joka sisältää ydinvoimalaitosten koekäyttöä koskevia vaatimuksia ja selvittää STL:n osuutta koekäytössä. Mainitun ohjeen luonnos on julkaistu ATS-Ydintekniikka 2/76:ssa ja se vastaa paria pientä tarkistusta lukuunottamatta ohjeen lopullista muotoa.

Loviisa 1:n koekäytössä on pyritty mahdollisuuksien mukaan noudattamaan ohjetta YVL 2.5 ja tässä on onnistuttu mielestäni varsin hyvin. Koekäyttöohjelmat on kyetty laatimaan ja käsittelemään aiotulla tavalla hyvissä ajoin ennen kokeiden tekemistä. Kukin koe on viety läpi ainakin pääpiirteis- sään ohjelman mukaisesti, ja tulosraportteihin, joita IVO on esittänyt hyväksyttäväksi, ei ole haluttu kuin enintään pieniä täydennyksiä. Muutamia järjestelmiä on tosin jouduttu koekäyttämään useissa eri vaiheissa niissä esiintyneiden putteiden tai vikojen johdosta, mutta sellaisissa tapauksissa ovat koekäytön eri osapuolet olleet yleensä yksimielisiä uusinta- tai lisäkokeiden tarpeellisuudesta.

Koekäyttöä koskevista ennakkosuunnitelmista on eniten poikettu aikataulun ja kokeiden toteuttamisjärjestyksen suhteen. Viranomaistoiminnan kannalta tämä on merkinnyt jatkuvaa hälytysvalmiutta ja myös monia turhia Loviisan matkoja sekä tarpeettoman tuntuista odotusta laitoksella. Lisäksi jatkuvat ohjelmanmuutokset ovat vaatineet IVO:lta paljon ylimääräistä selvitystyötä heidän joutuessaan vakuuttamaan viranomaiselle, että kaikki tapahtuu muutoksista huolimatta turvallisesti. Kiinteän yhteydenpidon ansiosta on joka tapauksessa pystytty toimimaan siten, että STL:n päätökset on saatu ilman odotusaikoja, jotka olisivat vaikuttaneet kokonaisaikatauluun.

Jos tarkastellaan koekäytön etenemistä vaiheittain oli ensimmäinen merkittävä tapahtuma kesäkuun alussa tehty primaaripiirin kylmähuuhtelu ja painekoe. Huuhtelu onnistui hyvin ja veden laatu saatiin alle vuorokaudessa vaatimusten mukaiseksi. Myöskään painekokeessa ei sattunut mitään yllätyksiä.

Seuraavan merkittävän vaiheen koekäytössä muodostivat elokuun puolivälistä syyskuun puoliväliin jatkuneet kuumakokeet, joiden yhteydessä tehtiin primaaripiirin paine- ja tiiveyskokeet nimellislämpötilassa. Tämän vaiheen tarkoituksena oli demonstroida laitoksen valmius lataukseen ja sitä seuraavaan tehonnostoon. Kokeiden aikana kävi kuitenkin selväksi, että oli pyritty etenemään liian hätäisesti. Monet järjestelmät olivat keskeneräisiä eikä niitä päästy lainkaan kokeilemaan. Lisäksi havaittiin monien tärkeiden laitteiden virhetoimintoja ja rajuja putkistovärähtelyitä. Kuumakokeen jälkeen oli selvää, että koe jouduttaisiin uusimaan. STL ilmoitti kuitenkin valmiutensa suostua siihen, että kokeet uusitaan vasta latauksen jälkeen syvästi alikriittisellä reaktorilla. STL:n kanta perustui siihen, että näköpiirissä olleet työt olivat suhteellisen suoraviivaisia ja primaaripiirin painetta kantaviin osiin ei tarvinnut tehdä muutoksia, jotka olisivat edellyttäneet uutta painekoetta. Näin ollen IVO jatkoi kriittisellä polulla olevien töiden tekemistä pitäen tavoitteena mahdollisimman nopeata latausvalmiuden saavuttamista. Aikataulun määritelleitä töitä olivat suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmän kokeet, suojarakennuksen paine- ja tiiveyskokeet sekä niiden jälkeen aloitetut "finger-print" -tarkastukset.

Latauslupa annettiin IVO:lle 21.11. ja samassa yhteydessä todettiin tarve uuteen kuumakokeeseen ennen kriittisyyttä. Latauksen jälkeen annettiin 3.12. ehdollinen lupa paineastian kannen sulkemiseen. Luvassa oli eräitä sisä rakenteiden ja kannen valmiutta koskevia huomautuksia ja käytännössä osoitautui, ettei sulkemiseen voitu ryhtyä. Joulukuun 15. kir-

joitettiin uusi päätös, joka salli kannen asentamisen paikalleen, mutta ei paineen nostoa. Esteenä paineen nostolle olivat paineistimen tukirakenteessa tarpeelliseksi katsotut muutostyöt. Joulukuun 21. päivä hyväksyttiin paineen nosto 34 bar:iin, jotta primaaripiirin vettä voitiin kierrättää puhdistuksen kautta. Korjaus- ja muutostyöt saatiin päätökseen 28.12., jolloin primaaripiirin tiiveyskoe ja uudet kuumakokeet voitiin aloittaa.

Rinnan kriittisellä polulla olleiden töiden kanssa tehtiin koko syksyn ajan apujärjestelmissä viimeistelyjä, korjauksia ja järjestelmäkohtaisia pienempiä kokeita. Näiden töiden suunnittelua ja käytännön suorittamista vaikeuttivat tottumattomuus latauksen alkamisen yhteydessä toimeenpantuun työlupamenettelyyn, dosimetriaan ja tiukkoihin turvatoimiin. Koska jäljellä olevien töiden määrä oli jatkuvasti tiedossa, voidaan jälkiviisaasti spekuloida, olisiko latauksen siirtäminen esim. kuukautta myöhemmäksi nopeuttanut kokonaisaika- taulua ja mahdollistanut sellaisten ennakkosuunnitelmien teon, että niitä olisi kyetty noudattamaan.

Uusia kuumakokeita ja järjestelmien viimeistelyä jatkettiin tammikuun 18. päivään, jolloin laitos alkoi vaikuttaa valmiilta ja avoimien kysymysten määrä oli vähentynyt ratkaisevasti. Lupa reaktorin kriittiseksi tekemiseen annettiin 20. tammikuuta.

Fysikaalisten kokeiden aikana esiintyi säätösauvojen ohjauslaitteistossa virhesignaaleja, jotka aiheuttivat sauvojen putoamisia. STL ilmoitti, että asia on korjattava ennen tehon nostoa yli 18 %:n. Tehokäynnistyksen kynnyksikysymykseksi tulivat kuitenkin höyrystimien varoventtiilit, joiden toimintakuntoon saamisessa oli esiintynyt vaikeuksia sekä aktiivisten kaasujen käsittelyjärjestelmän toimintakyvyn osoittaminen. Nämä kysymykset selvisivät 2. helmikuuta ja lupa tehonkorotuksesta enintään 6 %:iin annettiin välittömästi kokeiden päätyttyä. Kaksi päivää myöhemmin lupa ulotettiin 18 %:n tehotasolle, kun oli saatu varmuus jälkilämmönpoistojärjestelmän riittäväydestä.

Kun l. turpiini oli saatu pyörimään tyhjäkäynnillä 15 %:n tehotasolla, alkoi koekäyttö sujua todella menestyksellisesti. Generaattori tahdistettiin verkkoon hieman ennen puolta yötä 8. helmikuuta. Koska kaikki sujui hyvin, pyysi IVO ennakkosuunnitelmista poiketen välittömästi lupaa 30 %:n tehotasolle. Lupa myönnettiin paikalla olleen STL:n edustajan ja muiden laitoksen edustajien käymien yöllisten puhelinkeskustelujen perusteella. Pari päivää myöhemmin tehoon lisättiin 5 %, koska IVO halusi tehdä ns. 25 %:n kokeet 30 %:lla.

30 %:n kokeet tehtiin vaikeuksitta ja 55 %:n lupa kirjoitettiin 23. helmikuuta. Samoin 50 %:n kokeet menivät jo rutilla ja 80 %:n lupa kirjoitettiin 10. maaliskuuta. 75 %:n kokeisiin tuli sähkölakon alkaessa keskeytys, mutta ne saatiin lopulta onnistuneeseen päätökseen 16. huhtikuuta.

Tällä hetkellä laitoksen tehon asetusarvo on rajoitettu 92 %:iin, ja ns. täyden tehon kokeita ollaan tekemässä. Tehorajoitus ei johdu siitä, että koekäytön aikana olisi todettu seikkoja, jotka estäisivät toiminnan nimellisteholla.

Henkilökohtaisena mielipiteenäni haluaisin lopuksi todeta, että Loviisa l:n koekäyttö on onnistunut odotettua paremmin ja antanut aiheen uskoa, että laitos on turvallinen ja luotettava sähköntuottaja.

KATSAUS 'LOW TEMPERATURE NUCLEAR HEAT' -KONFERENSSIN JÄRJESTELYIHIN

Tausta

Suomen Atomiteknillinen Seura järjestää yhdessä European Nuclear Societyyn ja American Nuclear Societyyn kanssa 1977-08-21...24 kansainvälisen konferenssin aiheesta 'Low Temperature Nuclear Heat/Kauko- ja prosessilämmön tuotto ydinenergialla'. Ennenkuin suomalaiset olivat mukana valmistelutöissä TkL Reino Ekholm (Ab Atomenergi, Ruotsi) oli tehnyt esivalmisteluja konferenssin järjestämiseksi Tukholmassa. Hän ehdotti ANS Local Section Europe'n puheenjohtajan ominaisuudessa ANS:n talvikokouksessa marraskuussa 1975, että ANS yhdessä ENS:n ja Föreningen Kärnteknik'in kanssa järjestäisi elokuussa 1977 konferenssin aiheesta 'Low Temperature Nuclear Heat'. Perusteluna oli mm. yleismaailmallisesti tiedostettu tarve laajentaa ydinenergian käyttöaluetta myös lämmön tuotannon sektorille.

ANS:n talvikokouksen jälkeen R. Ekholm aloitti konferenssin valmistelutyöt selvittämällä Ruotsissa eri intressipiirien mahdollista panosta konferenssin järjestelyissä. Ab Atomenergin järjestämisehdotuksen mukaisesti täysin liiketaloudellisella pohjalla läpivietävän konferenssin alustava kustannusarvio nousi kuitenkin niin korkeaksi, ettei rahoituksen järjestäminen ollut mahdollista. Myöskään ANS ei ollut halukas hyväksymään silloisen kustannusarvion mukaisia korkeita osanottomaksuja. Tässä vaiheessa R. Ekholm kääntyi helmikuun 1976 lopulla Suomen ENS-yhteyshenkilön TkT Juhani Kuusen puoleen tiedustellen kiinnostusta ja mahdollisuuksia järjestää konferenssi Suomessa.

Maaliskuun 1976 aikana selvitettiin Suomen osalta rahoitus- ja järjestämismahdollisuuksia lähinnä valtion teknillisen tutkimuskeskuksen ja kauppa- ja teollisuusministeriön suunnalta. Konkreettisia takeita ei kuitenkaan tuolloin saatu.

ENS Programme Committee, jossa J. Kuusi oli Suomen Atomiteknillisen Seuran (ATS) edustajana, päätti kokouksessaan 1976-03-29 Düsseldorfissa

rohkaista ATS:a järjestämään 'Low Temperature Nuclear Heat' -konferenssi, jolloin myös ENS olisi valmis tulemaan mukaan yhdeksi järjestäjäksi.

'Low Temperature Nuclear Heat' -konferenssia valmisteleva Teknillinen ohjelmatoimikunta piti R. Ekholmin kokoonkutsumana ensimmäisen kokouksensa Düsseldorfissa 1976-04-02. Kokoukseen osallistui R. Ekholm Ruotsista, F. Boese, J. Kugeler ja H.J. Preuss Saksan Liittotasavallasta, B. Lerouge Ranskasta, A. Fattah IAEA:sta sekä J. Kuusi ja allekirjoittanut Suomesta. Kokouksessa todettiin aluksi, että ainoa mahdollisuus ehtiä järjestää konferenssi kesällä 1977 on pitää se Suomessa. Toisaalta taas Suomen osalta ei ollut tietoa, kuka ottaisi vastuulleen konferenssin järjestämisen. Päätettiin kuitenkin lähteä liikkeelle siitä oletuksesta, että konferenssi voitaisiin järjestää Suomessa.

Teknillisen ohjelmatoimikunnan kokouksessa lyötiin kiinni ne suuntaviivat, joiden mukaan toimittaisiin. Konferenssin teknillis-tieteellistä sisältöä määriteltiin siten, että painopisteenä olisivat nykyiseen tekniikkaan ja/tai konkreettisiin suunnitelmiin perustuvat sovellutukset ydinenergian hyväksikäyttämiseksi matalalämpötilaisen lämpöenergian tuottoon. Matalalämpötila-alue täsmennettiin tarkoittamaan lämpötiloja $\lesssim 300^{\circ}\text{C}$. Toimikunta totesi, ettei ko. aiheeseen liittyviä kansainvälisiä konferensseja oltu järjestetty, joskin seminaariluonteisia kansainvälisiä kokouksia oli pidetty suppeammassa mittakaavassa useitakin. Tästä puolestaan seurasi välillisesti vaatimus, että järjestettävän konferenssin tulisi olla laadultaan ja volyymiltaan aikaisempia tilaisuuksia mittavampi. Johtuen epäonnistuneesta yrityksestä saada konferenssi järjestetyksi Ruotsissa oltiin tässä vaiheessa vajaa puoli vuotta jäljessä siitä aikataulusta, jota yleensä käytetään vastaavien tilaisuuksien markkinoimiseksi ja järjestämiseksi.

Huhti-toukokuun 1976 aikana selvitettiin Suomessa konferenssin aiheen mukaisten intressipiirien kiinnostusta ja mahdollisuuksia osallistua valmistelutyöhön työpanoksen ja/tai taloudellisen tuen muodossa. Lähtökohtana oli tuolloin, että konferenssi olisi itse itsensä kannattava kolmipäiväinen tilaisuus, johon osallistuisi n. 150 henkeä. Rahoitustukea tarvittiin lähinnä etukäteistoimenpiteiden rahoittamiseksi. Suomalaisen firmojen positiivinen suhtautuminen asiaan sekä lupaukset tuesta

loivat osaltaan edellytykset järjestelyihin ryhtymiseksi. (Tämä taloudellinen tuki saatiin syksyllä 1976 toteutetun ennakkoilmoittautumiskampanjan muodossa, joka ulotettiin koskemaan kaikkia ATS:n kannatusjäseniä sekä n. kymmentä muuta firmaa. Lisäksi KTM tuki syksymmällä järjestelyjä.)

Kun lisäksi VTT oli lupautunut huolehtimaan tietyistä järjestelytehtävistä ja akateemikko Erkki Laurila lupautunut toimimaan konferenssin General Chairman'inä, ATS päätti ryhtyä konferenssin järjestäjäksi sillä edellytyksellä, että allekirjoittanut ottaa kokonaisvastuun konferenssin järjestelyohjelman läpiviennistä. Järjestelyorganisaatio (myöhemmin tapahtuneet henkilövaihdokset huomioonottaen) on esitetty liitteessä 1 ja tärkeimpien järjestelytöiden aikataulu liitteessä 2.

ANS:n rooli

Huolimatta siitä, että ANS:n osuus järjestelyissä on pieni, on ANS:n mukanaolon edellytyksenä ollut, että noudatetaan pääpiirteittäin 'ANS Topical Meeting Guidelines' -ohjekirjaisen määrittelemää aikataulua ja hyväksymisproseduuria. Toisaalta ANS:n kokemusperäiset neuvot ja ohjeet ovat olleet ensiarvoisen tärkeitä järjestelyjen läpiviemiseksi.

ANS antoi Suomesta tehdyn esityksen perusteella kesäkuun 1976 alussa alustavan hyväksymisensä konferenssille. Tosin ehtona oli tiettyjen vastuukysymysten selvittäminen.

ANS:n toiminnanjohtaja Octave J. Du Temple vieraili Suomessa elokuun 1976 lopulla tavaten useimmat Suomessa järjestelyihin osallistuvat henkilöt. Hänen antamiensa ohjeiden ja valtuuksien ansiosta jatkotoimenpiteiden suuntaviivat tulivat paljon selvenneiksi. Lisäksi O.J. Du Templen positiivinen suhtautuminen hankkeeseen on todennäköisesti osaltaan myötävaikuttanut konferenssin saamaan kansainväliseen arvostukseen.

Lopullisen hyväksymisensä ANS antoi marraskuussa Washington, D.C.:ssä ANS:n talvikokouksen yhteydessä.

Teknillisen ohjelmatoimikunnan toiminta

Toimikunta on pitänyt yhteensä kolme kokousta: Düsseldorfissa 1976-04-02, Helsingissä 1977-01-11 ja Salzburgissa 1977-05-04. Muulta osin työskentely on tapahtunut kirjeenvaihdon, puhelimen ja telexien välityksellä. Konferenssipapereiden hyväksyntä tapahtui saapuneiden yhteenvetoesitysten perusteella pääosin tammikuun kokouksessa, mutta myös tämän jälkeen saapuneita hyväksyttiin toistakymmentä. Yhteensä hyväksytyitä papereita on 54 kpl 12:sta eri maasta jakautuen seuraavasti:

Saksan Liittotasavalta	11	kpl
USA	7	"
Ruotsi	6,5	"
Neuvostoliitto	6	"
Ranska	6	"
Suomi	5,5	"
Sveitsi	4	"
Yhdistyneet kuningaskunnat	3	"
Itävalta	2	"
Kanada	1	"
Puola	1	"
Tsekkoslovakia	1	"

Paikallisen järjestelyjaoston toiminta

Kesäkuun 23 p:nä 1976 järjestetyn informaatiotilaisuuden yhteydessä muodostettiin järjestelyjaosto vastaamaan käytännön järjestelyjen läpiviennistä. Tämän jälkeen jaosto on pitänyt neljä kokousta.

Markkinointi

LTNH-konferenssissa järjestäjillä on huomattavasti suurempi vastuu kuin esim. paikallisilla järjestäjillä IAEA:n konferensseissa, joista on aikaisempaa kokemusta Suomessa. Järjestämissään konferensseissa IAEA nimittäin huolehtii itse esitelmöitsijöiden ja osanottajien hankinnasta, kun taas paikallisen järjestäjän huoleksi jää vain konferenssitilojen ja hotellien varaukset. LTNH-konferenssissa taas järjestäjät joutuvat vastaamaan myös esitelmöitsijöiden ja osanottajien hankinnasta, joten

tehokas ja tarpeeksi ajoissa aloitettu markkinointi on yksi perusedellytys konferenssin onnistumiselle.

Konferenssin virallinen markkinointi aloitettiin syyskuussa 1976. Nelisivuista 'Call-for-papers' -kaavaketta (liite 3), joka valmistui 1976-09-10 levitettiin lähes 1400 kpl, pääosin Suomesta käsin sekä lisäksi teknillisen ohjelmatoimikunnan ja ENS:n ja ANS:n välityksellä sekä myös ANS:n talvikokouksen yhteydessä Washington D.C.:ssä. Kohderyhmänä olivat potentiaaliset kirjoittajat ja osanottajat sekä ko. alalla toimivat yritykset, järjestöt, tutkimuslaitokset ja korkeakoulut. Lisäksi lyhyt 'Call-for-papers' -maininta julkaistiin syksyn 1976 aikana useassa alan lehdessä ja konferenssiluettelossa.

Varsinainen konferenssiesite (liite 4) valmistui 1977-03-25. Sitä on jaettu n. 5500 kpl samoja kanavia pitkin kuin 'Call-for-papers' -kaavaketta sekä lisäksi kansainvälisten konferenssien (Reaktortagung 1977, Persepoliksen konferenssi huhtikuussa 1977, Salzburgin konferenssi toukokuussa 1977 sekä ANS:n vuosikokous kesäkuussa 1977). Sama esite julkaistiin myös lisälehtenä 'Nuclear News' -lehden toukokuun numerossa. Lisäksi LTNH-konferenssi on saatu mukaan n. kymmenen alan ammattilehden ja konferenssiluettelon 'tulevien konferenssien' listoille.

Erikoistilaisuudet

Konferenssin yhteydessä järjestettävät erikoistilaisuudet ilmenevät liitteestä 4. Sunnuntai-iltana 1977-08-21 on tervetuliaisvastaanotto osanottajille. Maanantaina järjestetään lounas, jossa pääpuhujana on ANS:n puheenjohtaja J.R. Dietrich. Tiistai-iltana järjestää kauppa- ja teollisuusministeri Eero Rantala vastaanoton Smolnassa.

Ekskursiot Helsingin kaupungin sähkölaitoksen kaukolämpöjärjestelmään tutustumiseksi ja Loviisan ydinvoimalaitokselle järjestetään varsinaisen konferenssin jälkeen torstaina ja perjantaina. Seuralaisten ohjelmaa on maanantaina ja tiistaina.

Konferenssin yhteydessä järjestetään lisäksi pienoisenäyttely, johon osallistuu kymmenkunta firmaa ja kirja- ja/tai lehtikustantajaa.

Avajaisistunto

Konferenssin avaajana toimii kauppa- ja teollisuusministeri Eero Rantala. Muina puhujina ovat akateemikko Erkki Laurila konferenssin General Chairmanin ominaisuudessa, ENS:n puheenjohtaja K.H. Beckurts sekä ANS:n puheenjohtaja J.R. Dietrich.

Konferenssijulkaisu

Alkuperäisen suunnitelman mukaan virallinen konferenssijulkaisu piti painaa järjestäjien toimesta Suomessa ja jakaa osanottajille Otaniemessä ilmoittautumisen yhteydessä.

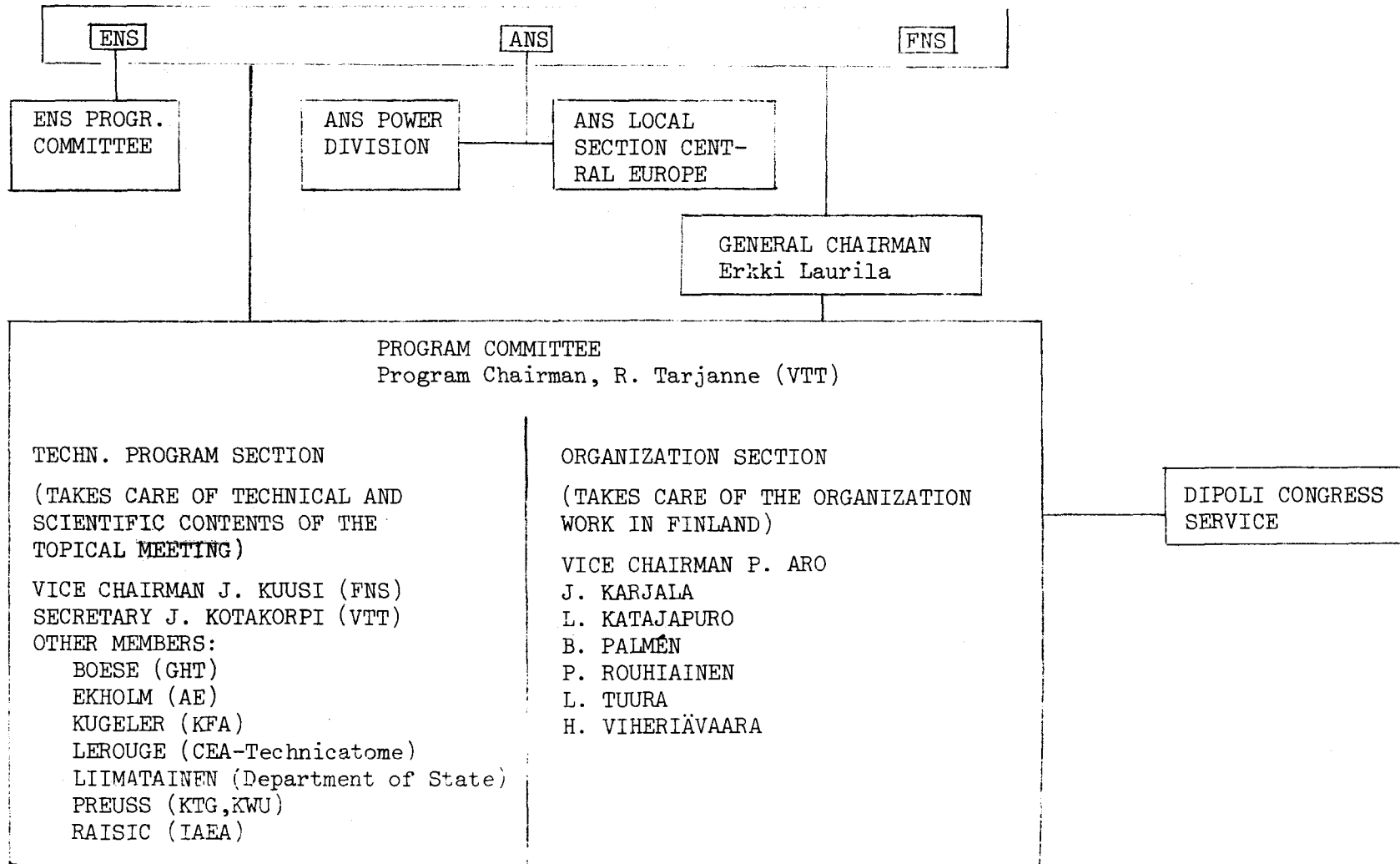
'Nuclear Technology' -aikakauslehti otti lokakuussa 1976 yhteyttä ja tarjoutui toimittamaan konferenssijulkaisun oman erikoisnumeronaan, kuitenkin vasta muutamia kuukausia konferenssin jälkeen. Asiasta käydyn kirjeenvaihdon ja neuvottelujen jälkeen päädyttiin sellaiseen ratkaisuun, että konferenssin osanottajille jaettava raportti on epävirallinen ja Nuclear Technology toimittaa sitten jälkepäin virallisen raportin.

Arvio osanottajamäärästä

Konferenssi on saanut osakseen etukäteen arvioitua suurempaa kansallista ja kansainvälistä mielenkiintoa, jota jo konferenssissa esitettävien papereiden suuri lukumäärä ilmensi. Suomesta tulee n. 130...160 osanottajaa ja ulkomailta on odotettavissa n. 120...200 osallistujaa, joten yhteismäärä liikkuu alueella 250...360.

LOW TEMPERATURE NUCLEAR HEAT
 R. Tarjanne
 1977-05-26

ORGANIZATION CHART

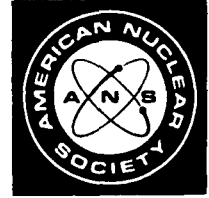
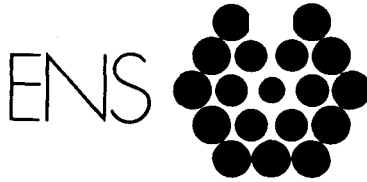


27

SCHEDULE

(Only the main items are considered)

1. APPOINTMENT OF THE ORGANIZATION	May	1976
2. FIX THE DATE AND PLACE	May	1976
3. RESERVE CONFERENCE HALL AND HOTELS	May	1976
4. PRELIMINARY APPROVAL BY ANS AND ENS FOR ITEMS 1 AND 2	June	1976
5. CALL FOR PAPERS (Nucl. News, ATW, IAEA, Revue Generale Nucléaire, ...)	Sep	1976
6. INVITED PAPERS (Invitation accepted by the speakers)	Oct	1976
7. FINAL APPROVAL BY ANS (AND ENS)	Nov	1976
8. DEAD-LINE FOR ABSTRACTS	Dec	1976
9. APPROVAL OF THE ABSTRACTS BY TECHN. PR. C.	Jan	1977
10. APPROVAL OF PRELIMINARY PROGRAM	March	1977
11. INSERT IN NUCLEAR NEWS	May	1977
12. DEAD-LINE FOR CAMERA-READY PAPERS (10 pages, total)	May 15th	1977
13. EDITING PROCEEDINGS	May 15th - June 15th	1977
14. APPROVAL OF FINAL PROGRAM	June 15th	1977
15. PRINTING PROCEEDINGS	June 15th - August 15th	1977
16. TOPICAL MEETING	Aug 21st - 24th	1977
17. FINAL FINANCIAL AND GENERAL REPORT	Nov	1977



**Topical Meeting on
LOW TEMPERATURE NUCLEAR HEAT
August 21-24, 1977
Otaniemi, Finland**

CALL FOR PAPERS

1. GENERAL INFORMATION

The Finnish Nuclear Society (FNS) the European Nuclear Society (ENS) and the American Nuclear Society (ANS) will sponsor a Topical Meeting on LOW TEMPERATURE NUCLEAR HEAT (LTNH) August 21...24, 1977 in Otaniemi (near Helsinki), Finland. Contributions are invited from all countries.

During the last few years the potential need to extend the utilization of nuclear energy into the large market of low temperature heat has been recognized in most industrial countries. These kinds of applications also offer potential possibilities for developing countries. The Topical Meeting on LOW TEMPERATURE NUCLEAR HEAT is arranged to speed up the progress in applying nuclear energy for heat production by gathering together the experience and results achieved by the experts all over the world and by stimulating the research and development work.

The temperature range for the applications should be limited to the area that can be easily achieved by the available proven reactor technology (under about 300°C). The most important utilization fields for the low temperature nuclear heat are process industry, district heating, oil refineries, desalination and agriculture. The focus should be directed to those applications which can be realized in the near future. Thus the reactor designs should in the first place rely on water reactor technology. The applications based on high temperature reactors and fast breeder reactors could also be referred in the Meeting, but the share of these papers should not become dominating.

2. SESSIONS

The final definite division into different sessions will be made on the basis of the papers which are presented in the Meeting. There will be no parallel sessions. The preliminary division into sessions is as follows:

Session 1, APPLICATIONS AND DEMAND

- 1.1. District heat
- 1.2. Steam for chemical industry, refineries (etc.)
- 1.3. Desalination
- 1.4. Agriculture

Session 2, HEAT SOURCES

- 2.1. Light water reactors with extraction and back-pressure turbines
- 2.2. Special small light water reactors
- 2.3. Future sources

Session 3, SPECIAL ASPECTS

- 3.1. Transportation
- 3.2. Storage
- 3.3. Environmental and legal aspects
- 3.4. Experience with existing systems
- 3.5. Manufacturer's viewpoints

Session 4, ECONOMICS

- 4.1. Cost of heat
- 4.2. Cost of transportation, storage and distribution
- 4.3. Comparison with other fuels

It is obvious that most of the papers will usually deal with two or more of the previous topics. When allocating one paper into a certain sub-session the dominating points of the paper and the suitable division of all the meeting papers will be taken into consideration.

The language for the papers and discussion will be English.

3. ORGANIZATION OF THE TOPICAL MEETING

General Chairman:

E. Laurila (Member of the Academy of Finland)

Technical Program Committee:

R. Tarjanne (Technical Research Centre of Finland), Chairman

J. Kuusi (Finnatom, Finland), Vice Chairman

F. Boese (GHT Bensberg, FRG)

R. Ekholm (Atomenergi, Sweden)

K. Kugeler (KFA Jülich, FRG)

B. Lerouge (CEA-Technicatome, France)

R.C. Liimatainen (Department of State, Washington, D.C., USA)

H.J. Preuss (KWU, FRG)

N. Raisic (IAEA)

J. Kotakorpi (Technical Research Centre of Finland), Secretary

The Technical Program Committee is responsible for the scientific and technical contents of the Meeting. The practical arrangements are made by the Finnish Nuclear Society.

4. APPROVAL OF PAPERS AND DEADLINES

The contributions from authors are approved on the basis of summaries (in English), which are reviewed by the Technical Program Committee. The summary should contain 600 to 1000 words. Each figure and table is counted as 150 words. The summary should give detailed information on the contents of the proposed paper, in order to enable the Technical Program Committee to give it proper evaluation. The summary will not be published.

DEADLINE FOR SUMMARIES: Four copies of each summary, with completed »Summary Cover Sheet» (page 4 of this Call for Papers) must reach the Technical Program Chairman by **DECEMBER 31, 1976.**

The principal author will be notified about the acceptance about the end of February 1977, and the final complete papers will then be asked. The final paper will be ten (DIN A 4) page long (maximum), and it must be as a whole ready for direct offset reproduction.

DEADLINE FOR THE COMPLETE PAPER will be **MAY 15, 1977.** The more detailed formal instructions for the final paper will be given to the authors after the acceptance of summaries. The papers will be published by the organizers in the proceedings, which will be available in the beginning of the Topical Meeting.

The presence of the authors will stimulate and facilitate the discussions. Their participation in the Topical Meeting will therefore be highly appreciated. The time allowed for presentation and discussion will be fixed after the summary acceptance.

MAILING ADDRESS: Please send four copies of the summaries, prepared in accordance with these instructions, to:

Risto Tarjanne
LTNH Technical Program Chairman
Technical Research Centre of Finland
Nuclear Engineering Laboratory
Lönrotinkatu 37
SF-00180 HELSINKI 18, FINLAND

For possible further information, please contact LTNH Technical Program Chairman.

SUMMARY COVER SHEET[★]

**Topical Meeting on
LOW TEMPERATURE NUCLEAR HEAT
August 21-24, 1977
Otaniemi, Finland**

FOUR COPIES REQUIRED

TITLE OF THE PAPER: _____

AUTHOR(S): (List authors in the proper order and exactly as they are to be published. PLACE AN ASTERISK AFTER EACH AUTHOR WHO IS AN ENS, ANS OR FNS MEMBER)

	MEMBER OF		
	ENS	ANS	FNS
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ORGANIZATION(S): (List corresponding author's organization and mailing address.)

- 1.
- 2.
- 3.

Indicate number of author to whom correspondence should be addressed _____

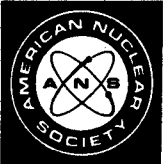
Which subject category (Session and sub-session from page 2) do you prefer for this summary?

Alternative category? _____

Has the substance of this summary been presented or published previously, or submitted for publication?

If so, where and when? _____

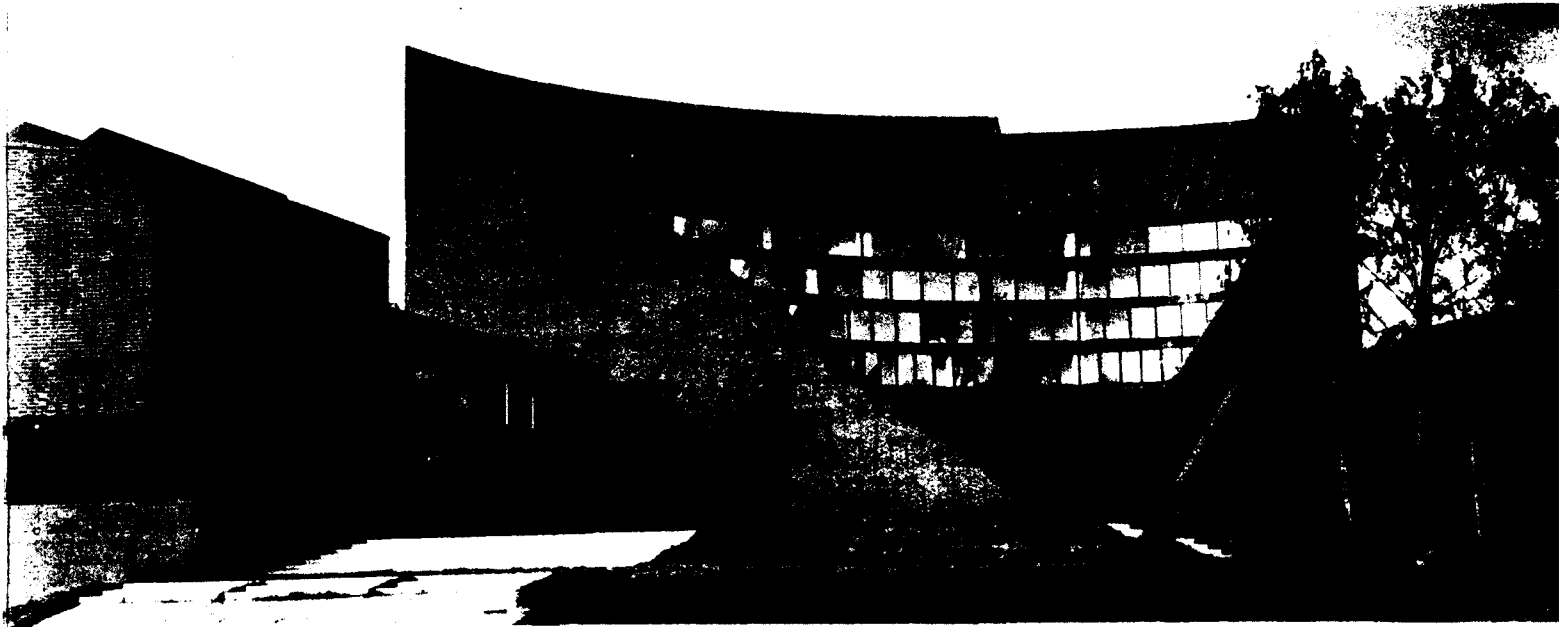
* A COMPLETED SUMMARY COVER SHEET MUST BE ATTACHED TO EACH OF THE FOUR COPIES OF THE SUMMARY. Only this one cover sheet is supplied; please have three copies made to complete your copies of the summary.



Topical Meeting on LOW TEMPERATURE NUCLEAR HEAT August 21-24, 1977

Helsinki University of Technology, Main Building
Otaniemi (near Helsinki), Finland

SPONSORED BY FINNISH NUCLEAR SOCIETY,
EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY AND AMERICAN NUCLEAR SOCIETY



Helsinki University of Technology, Main Building

You are cordially invited by FNS, ENS and ANS to Otaniemi, Finland to an international Topical Meeting on Low Temperature Nuclear Heat, arranged to promote the progress in applying nuclear energy for heat production in the low temperature (under about 300°C) range. This sector of energy consumption, which throughout the world possesses a big share of the final energy utilization, offers diversified possibilities to utilize nuclear energy in order to decrease our strong dependence on oil and coal. During the last few years the need for such nuclear applications have been recognized not only in most industrial countries but also in several developing countries.

The papers to be presented at the Topical Meeting will deal with various aspects of applying either large dual-purpose, power and heat supplying nuclear plants or small single-purpose, heat producing nuclear plants for district heating, process industry, desalination, agriculture and oil refineries. The focus is directed on those applications, which can be realized in the near future on the basis of available proven reactor technology. The papers coming from twelve countries in Europe and North America will represent the viewpoints of heat producers, power companies, reactor manufacturers, energy administration authorities and research institutes.

TECHNICAL PROGRAM COMMITTEE

Risto Tarjanne, Techn. Res. Centre of Finland – Chairman
Juhani Kuusi, Finnatom, Finland – Vice Chairman
Fried Boese, Interatom, FR Germany
Reino Ekholm, Atomenergi, Sweden
Kurt Kugeler, KFA-Jülich, FR Germany
Bernard Lerouge, CEA-Technicatome, France
Robert Liimatainen, American Embassy of Iran, USA
Hans-Joachim Preuss, Kraftwerk Union, FR Germany
Nenad Raišić, International Atomic Energy Agency
Jorma Kotakorpi, Techn. Res. Centre of Finland – Secretary

General Chairman – Erkki Laurila
Honorary Chairman – Reino Ekholm
Program Chairman – Risto Tarjanne
Assistant Program Chairman – Pentti Aro
Technical Tours – Jorma Karjala
Guest Program – Hannele Kulvik
Public Information – Juhani Kuusi
Exhibition – Launo Tuura

PRELIMINARY TECHNICAL PROGRAM

MONDAY, AUGUST 22 – 8:30 A.M.

OPENING SESSION

Chairman: Reino Ekholm, *AB Atomenergi, Sweden*

SESSION 1 – APPLICATIONS AND DEMAND

SUBSESSION 1.1 GENERAL

Chairman: Irving Spiewak, *Oak Ridge National Laboratory, USA*

Use Potentials of Low-Temperature Nuclear Heat and Its Economic Efficiency

D. Oesterwind and M. Walbeck, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanlage Jülich, FR Germany

U.S. ERDA Programs to Evaluate Applications of Heat from Nuclear Reactors

W.F. Savage, U.S. ERDA, Division of Nuclear Research and Applications and I. Spiewak, ORNL, USA

Atomic Central Heating-and-Power Plants and Atomic Boiler Houses

I.N. Sokolov and S.A. Skvortsov, USSR

A Summary of USA Activities in Low Temperature Nuclear Heat – invited

W.F. Witzing and D.R. DeWalle, *The Pennsylvania State University, USA*

The Future Use of Nuclear Heat in Czechoslovakia – invited

J. Skrabal, Czechoslovak Atomic Energy Commission, Czechoslovakia

SUBSESSION 1.2 DISTRICT HEAT

Chairman: Kaarlo Kirvelä, *EKONO Oy, Finland*

Survey about the Existing District Heating Systems – invited

V. Scholten, Kraftwerk Union AG and M. Timm, Hamburgische Electricitäts-Werke AG, FR Germany

Heat Extraction from Nuclear Power Plants – invited

G. Deuster, UNICHAL – Energieversorgung Oberhausen and P. Zenker, Energieversorgung Oberhausen, FR Germany

The Optimization Problems in a Large Nuclear Heat-and-Power Plant Connected to a Developing District Heating System

J. Marecki, R. Krajewski and A. Reński, Technical University of Gdańsk, Poland

District Heating in Greater-Stockholm

L. Jäderberg, Stockholms Energiverk, Sweden

Survey of the Investigations Concerning the Possibility to Produce Electricity and Heat for the Helsinki Metropolitan Area Utilizing Nuclear Energy

L. Nevanlinna and R. Perander, Imatra Power Company and M. Aho, H. Hiidenpalo, M. Seppä and O.J.A. Tiainen, Helsinki Electricity Works, Finland

Problems of Safety of Nuclear District Heating

A.S. Duchovensky and A. A. Polishchuk, USSR

District Heating in Switzerland

P. Chappuis and R.E. Müller, Federal Office of Energy, Switzerland

Economics of Long Distance Transmission, Storage and Distribution of Heat from Nuclear Plants with Existing and Newer Techniques

P. Margen, AB Atomenergi, Sweden

Long Distance Transmission of Low Grade Heat

P.T.W. Arnott, Electrowatt Engineering Services Limited, United Kingdom

A Chemical Two-Component System for Storage and Container Transport of Heat for District Heating

M. Taube, Swiss Federal Institute of Reactor Research, Switzerland

Energy Cascading in Large Scale District Heating Systems

F.W. Mayer, Graz University of Technology, Institute of Thermal Power and Nuclear Engineering, Austria

TUESDAY, AUGUST 23 – 8:30 A.M.

SUBSESSION 1.3 PROCESS STEAM

Chairman: Pierre Balligand, *Commissariat à l'Énergie Atomique, France*

Prospects for the Supply of Industrial Process Steam from Nuclear Reactors in the UK

N.J.D. Lucas, Department of Mechanical Engineering, Imperial College, London and F.K. Main, Programmes Analysis Unit, Chilton, United Kingdom

HERA – An HTR for Use in a Refinery

P. Chaubernard, Cie Francaise de Raffinage, G. Lelarge D'Ervau, CEA and Pfertzel, Technicatome, France

SUBSESSION 1.4 DESALINATION

Chairman: Pierre Balligand, *CEA, France*

Multi-Stage-Flash Desalination Plants of Relative Small Performance with Integrated Pressurized Water Reactors as a Nuclear Heat Source

M. Peltzer and G. Petersen, Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH, FR Germany

Desalination by Very Low Temperature Nuclear Heat

R. Saari, Nord-Aqua Oy, Finland

A Practical Approach to Desalting with Nuclear Energy

E.E. Elhauge, Westinghouse Electric Corporation, USA

Dual Purpose LWR Supplying Heat for Desalination

G. Waplington and P.R. Darley, Electrowatt Engineering Services Limited, United Kingdom

Optimization Criteria for Low Temperature Waste Heat Utilization

F. Kranebitter, EKONO GmbH, Vienna, Austria

SUBSESSION 1.5 AGRICULTURE

Chairman: Pierre Balligand, *CEA, France*

Soil Warming for Utilization and Dissipation of Waste Heat from Power Generation

D.R. DeWalle, Institute for Research on Land and Water Resources, The Pennsylvania State University, USA

Heat Cost in a Swedish Agrothermal Plant

J. Christensen, Consulting Engineer, Sweden

Experience Gained in France on Heat Recovery from Nuclear Plant for Agriculture and Pisciculture

P. Balligand, CEA, M. Dumont, Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble, A. Grauby, Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache and P. Le Gouellec, CEA, France

TUESDAY, AUGUST 23 – 1:30 P.M.

SESSION 2 – HEAT SOURCES

SUBSESSION 2.1 WATER REACTORS WITH EXTRACTION AND BACK-PRESSURE TURBINES

Chairman: Hans-Joachim Preuss, *Kraftwerk Union AG, FR Germany*

CANDU Reactor Operational Modes for Electricity Production and District Heating

J.T. Rogers, A.E. Abdelkerim and M.C. Swinton, Energy Research Group, Carleton University, Canada

Heat Source versus Heat Sink

P. Aussourd, Electricité de France, Equipement-Egpe, France

Supply of District Heat from Nuclear Power Stations

J. Bogen and K.H. Schüller, Brown, Boveri & Cie AG, Mannheim, FR Germany

Steam Turbines in Nuclear Power Plants with District Heating

H. Mühlhäuser, BBC Brown Boveri & Co. Ltd, Baden, Switzerland

The Boiling Reactor in the Reinforced Concrete Vessel for Atomic Central Heating and Power Plant (CHPP)

L.V. Krauze, Yu.H. Nikiporets, S.A. Skvortsov and I.N. Sokolov, USSR

Nuclear Steam Turbines for Power Production in Combination with District Heating and Desalination

B. Frlund and K. Knudsen, STAL-LAVAL Turbin AB, Sweden

Technical Possibility and Economic Boundary Conditions for Low Temperature Heat Extraction from Nuclear Power Plants

J. Charlier, Kraftwerk Union AG, FR Germany

SUBSESSION 2.2 SPECIAL SMALL LIGHT WATER REACTORS

Chairman: Hans-Joachim Preuss, *Kraftwerk Union AG, FR Germany*

Safety Evaluation of a Conceptual Design for a 200 MW(th) District Heating Reactor

J.P. Bento, AB Atomenergi, Sweden and T. Mankamo, Technical Research Centre of Finland, Finland

Siting Analysis for Small Single-Purpose Heating Reactors

I. Savolainen, R. Tarjanne and S. Vuori, Technical Research Centre of Finland, Nuclear Engineering Laboratory, Finland

Core Design and Dynamics of the Low Temperature District Heating Reactor
 H. Gransell, ASEA-ATOM, Sweden and R. Höglund, Technical Research Centre of Finland, Finland

WEDNESDAY, AUGUST 24 – 8:30 A.M.

SUBSESSION 2.2 SPECIAL SMALL LIGHT WATER REACTORS (cont'd)

Chairman: Robert Liimatainen, American Embassy of Iran, USA

Small Single Purpose Heating Reactor

L. Nilsson, ASEA-ATOM, Sweden and M. Hannus, Finnatom, Finland

CAS-Type Reactors Developed in France and Their Applications

J. Baujat, ALSTHOM-ATLANTIQUE and G. Martinot, Technicatome, France

Application of the Integrated PWR to District Heating and Desalination
 F.K. Boese and H. Kadella, Interatom and K. Wangnick, Krupp Atlas Maschinenbau, FR Germany

THERMOS Reactors

M. Labrousse and B. Lerouge, Technicatome and G. Dupuy and J-P. Schwartz, CEN-Saclay, France

The Low Temperature Water-Water Reactor for the District Heating Atomic Plant

S.A. Skvortsov, I.N. Sokolov, L.V. Krauze and Yu.V. Philimonov, USSR

SUBSESSION 2.3 FUTURE SOURCES

Chairman: Robert Liimatainen, American Embassy of Iran, USA

Low Temperature Heat from High Temperature Reactor by Means of Nuclear Long-Distance Energy

R. Harth, K. Kugeler and H.F. Niessen, Kernforschungsanlage Jülich and K.A. Theis, Rheinische Braunkohlenwerke AG, FR Germany

Nuclear Wastes as a Heat Source

W.F. Witzig and M.E. Foster, The Pennsylvania State University, USA

Dual Purpose HTGR for Military Installations

G.S. Stewart and G. Story, US Army Facilities Engineering Support Agency, USA

An Energy Alternative for Industry – The HTGR Steamer

A.T. McMain, Jr., General Atomic Company, USA and F.F. Blok, General Atomic Europe, Switzerland

WEDNESDAY, AUGUST 24 – 2:00 P.M.

SESSION 3 – ECONOMICS

Chairman: Fried Boese, Interatom GmbH, FR Germany

The Economics of Nuclear District Heating Systems from the Utility Point of View

M. Timm, Hamburgische Electricitäts-Werke AG, FR Germany

Estimates of the Costs of Steam Derived from Nuclear and Fossil Fuels
 I. Spiewak and O.H. Klepper, ORNL, USA

Nuclear District Heating System with High Temperature Reactor

G. Schroeder, STEAG AG, H. Barnert, Kernforschungsanlage Jülich and R. Wischnowski, Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH, FR Germany

Costs Comparison of Low Temperature Heat Production and Supply to the Industrial and Domestic Sector by Means of Nuclear Energy

F.K. Boese and W. Breyer, Interatom and R. Pruscsek, Gesellschaft für Hochtemperaturreaktor-Technik, FR Germany

Optimization and Economy of Nuclear District Heating both on Country and Locality Scales with and without Heat Storage

Y. ElMahgary and A. Ranne, Technical Research Centre of Finland, Electrical Engineering Laboratory, Finland

Minimization of Transport and Distribution Costs for District Heating – Study of Special Cases

R. Caizergues, DRE/SERMA – CEN/Saclay and Moret-Bailly, I.U.T du Mans, France

CLOSING SESSION

Chairman: Peter Margen, AB Atomenergi, Sweden

Summarizing Paper – invited

P. Margen, AB Atomenergi, Sweden

Discussion

PREREGISTRATION FORM

**FNS–ENS–ANS TOPICAL MEETING
 on Low Temperature Nuclear Heat
 Otaniemi, Finland – August 21–24, 1977**

Please type or use BLOCK LETTERS

Name _____
 (Last) (First) (Mr/Ms)

Organization _____

Address _____

Country _____

Accompanying person: _____

ENS Member ANS Member

Preregistration Fees (Deadline August 4, 1977)

ENS or ANS member	<input type="checkbox"/>	\$ 80
Non-member	<input type="checkbox"/>	\$ 95
Accompanying person	<input type="checkbox"/>	\$ 6

Special Events

Welcome Reception, August 21. Indicate number of participating persons (1 or 2) _____ no fee

Topical Meeting Luncheon, August 22 \$ 12

Reception, August 23. Indicate number of participating persons (1 or 2) _____ no fee

Technical Tours

District Heating System, August 25 \$ 20

Loviisa Nuclear Power Plant, August 25 \$ 25

Loviisa Nuclear Power Plant, August 26 \$ 25

Guest program

Monday, August 22 \$ 17

Tuesday, August 23 \$ 15

TOTAL \$

PLEASE SEE THE INSTRUCTIONS ON THE OPPOSITE SIDE.

HOTEL RESERVATION FORM

**FNS–ENS–ANS TOPICAL MEETING
 on Low Temperature Nuclear Heat
 Otaniemi, Finland – August 21–24, 1977**

Please type or use BLOCK LETTERS

Name _____
 (Last) (First) (Mr/Ms)

Organization _____

Address _____

Country _____

Arrival Date _____ Time _____

Departure Date _____ Time _____

Sharing Accommodations with _____

Please reserve a room at

Hotel Hesperia (Lux., Shower/Bath/WC, breakfast not included)
 single Fmk 160 double Fmk 210

Hotel Tapiola Garden (A class, Bath/WC, breakfast included)
 single Fmk 125 double Fmk 150

Summer Hotel Dipoli (Shower/WC, breakfast not included)
 single Fmk 72 double Fmk 92

I have made my own reservation and will be staying at: _____

Special request _____

Date _____ Signature _____

1 US \$ = 3.80 Fmk (March 1977)

PLEASE SEE THE INSTRUCTIONS ON THE OPPOSITE SIDE.

Please make the payment in U.S. dollars by check payable to LTNH Topical Meeting or directly to the account of LTNH Topical Meeting with Kansallis-Osake-Pankki, Helsinki - Bulevardi Branch Office, Helsinki, Finland.

Please send the preregistration form and check (if used) by **August 4, 1977** to:

Risto Tarjanne
LTNH Program Chairman
Technical Research Centre of Finland
Nuclear Engineering Laboratory
Lönnrotinkatu 37
SF-00180 Helsinki 18
Finland

Please send the hotel reservation form to:

LTNH Topical Meeting
c/o Dipoli Congress Service
Dipoli
SF-02150 Espoo 15
Finland

by **June 21, 1977** for room reservation in Hesperia or Tapiola Garden and by **July 21, 1977** for reservation in Dipoli Summer Hotel.

SPECIAL EVENTS

Sunday, August 21 - 7:30 pm

Welcome Reception for all participants with their registered accompanying persons at the Tapiola Garden Hotel. No separate fee.

Monday, August 22 - 12:15 pm

Topical Meeting Luncheon in the restaurant Kalastajatorppa. Cost: \$ 12
Speaker: Joseph R. Dietrich, Combustion Engineering, Inc. - President of ANS
Subject: Alternate Fuel Cycles for Light Water Reactors and Their Implications

Tuesday, August 23 - 6:00 pm

The Minister of Trade and Industry, His Excellency Mr. Arne Berner receives the participants and accompanying persons at the Government Banquet Hall.

REGISTRATION INFORMATION

Persons planning to attend the Topical Meeting are urged to preregister no later than **August 4, 1977**. The attached preregistration form and payment should be sent to **LTNH Program Chairman Risto Tarjanne, Technical Research Centre of Finland, Nuclear Engineering Laboratory, Lönnrotinkatu 37, SF-00180 Helsinki 18, Finland**. Late registration may be made on arrival, but preregistration by mail is highly recommended. A copy of the *Topical Meeting Report* and participation in special events and technical tours cannot be guaranteed for late registrants. Registration packets will be available at the registration desk. Requests for refunds will be honored, if received prior to August 16, 1977.

The registration desk, located in the lower lobby of the Main Building of Helsinki University of Technology in Otaniemi, Espoo, will be open from 4:00 pm to 8:00 p, on Sunday, August 21, from 7:45 am to 5:00 pm on Monday, August 22, and from 8:00 am to 5:00 pm on August 23 and 24.

PROCEEDINGS

The registration fee for members and non-members includes copies of the full papers as a *Topical Meeting Report*, which will be handed to the participants at the registration. The journal *NUCLEAR TECHNOLOGY* will publish later the official Proceedings as a special issue, which can be ordered by the attendees with 20 percent discount.

HOTEL INFORMATION

Registrants are encouraged to use the attached hotel reservation form to reserve accommodations at one of the three alternative hotels. The form should be returned to **LTNH Topical Meeting, c/o Dipoli Congress Service, Dipoli, SF-02150 Espoo 15, Finland**. Hotel Hesperia (Lux.) lies about 1 km from Helsinki Centre and 10 km from Otaniemi, Hotel Tapiola Garden (A class) lies in Tapiola, Espoo, 2 km from Otaniemi. Summer Hotel Dipoli lies in Otaniemi 500 m from the Topical Meeting place. The hotel reservation form should reach Dipoli Congress Service by **June 21, 1977** (please notice the early date!) for room reservation in Hesperia or Tapiola Garden, and by **July 21**, for room reservation in Summer Hotel Dipoli.

TECHNICAL TOURS

District Heating System Visit (Max 50 persons)

Thursday, August 25 - 9:00 am to 3:00 pm

The house heating in Helsinki is mainly covered by district heating. The heat load of the district heating networks of Helsinki Electricity Works is 1500 MW during the coldest winter days. A combined coal-fired power and heat supplying station (2 x 113 MW(e) and 2 x 180 MW(th)) and an oil-fired peak load heating plant (280 MW) are visited. The fee \$ 20 includes lunch.

Loviisa Nuclear Power Plant Visit (Max. 30 persons/group)

Thursday, August 25 - 8:00 am to 3:30 pm and Friday, August 26 - 8:00 am to 3:30 pm

Loviisa Power Plant, located 80 km east of Helsinki and built by Imatra Power Company, is the first nuclear power plant in Finland. It employs two Soviet VVER 440 PWRs in a free-standing steel containment built by Finnish metal industry based on the American ice condenser system. The USSR export organization V/O Atomenergoexport delivery includes besides the reactors also the turbogenerator plant with auxiliaries as well as the fuel. The rest of the plant has been designed and delivered as a very wide international co-operation of suppliers and designers in Finland, Central Europe and USA. This is the first time in the nuclear power field that East and West both participate in such a large-scale co-operation. The first unit is scheduled to start operating at full power in spring 1977. The fee \$ 25 includes lunch.

GUEST PROGRAM (for accompanying persons)

Monday, August 22 - 9:00 am to 5:00 pm

Sightseeing Tour which provides an extended look at the most famous sights of Helsinki and its adjoining western neighbour Espoo with the garden city of Tapiola. In the afternoon the Hvitträsk Mansion in Espoo is presented. Hvitträsk, the former studio and residence of the architects Eliel Saarinen, Armas Lindgren and Herman Gesellius, is built in 1902 and it ranks among the most remarkable architectural creations of its time and is today a culture and art center. On the return trip the Kalevala Jewellery Workshop is visited. The fee \$ 17 includes the lunch at the restaurant of Hvitträsk.

Tuesday, August 23 - 9:30 am to 2:00 pm

Fashion Show in the show room of Vuokko, a representative of Finnish fashion design. Vuokko boutique is visited with an opportunity for shopping. After the show Helsinki with its nearby islands is viewed on a **cruise** which ends at the island of Kulosaari, where lunch will be served at restaurant Kulosaaren Casino. The fee \$ 15 includes the lunch.

MATKAKERTOMUS IAEA:N KONFERENSSISTA "NUCLEAR POWER AND ITS FUEL CYCLE", SALZBURG, 1977-05-02--13

Konferenssin tarkoituksena oli käsitellä ydinvoiman asemaa maailman energiantuotannossa ja erityisesti ydinvoimaan liittyvää polttoainekiertoa. Käsiteltävät asiat oli jaettu seitsemään alueeseen seuraavasti:

1. Energian tuotanto ja tarve, ydinvoiman asema tulevaisuudessa
2. Ydinpolttoaineen hankinta ja polttoainekierron toteutus
3. Radioaktiivisuuden käsittely, kuljetuskysymykset
4. Käyttökokemuksia ja turvallisuuteen liittyviä näkökohtia
5. Ydinvoima ja yleinen mielipide
6. Ydinmateriaalien safeguards-kysymykset
7. Ydinvoiman kehitysnäkymät kehitysmaissa.

Seuraavassa on aluksi lista konferenssin eri istunnoista. Varsinaisessa matkakertomusosassa on suomalaisten osallistujien laatimia katsauksia konferenssin joistakin istunnoista. Kertomuksen alussa ja lopussa on lisäksi otteita Dr. Sigvard Eklundin lausunnoista konferenssin avaus- ja päätöspuheenvuoroissa.

VTT:lle on hankittu kaksi täydellistä sarjaa konferenssin esitelmien "preprinteistä". Toista näistä sarjoista säilytetään TKK:n tekn.fys. osaston kirjastossa ja toista VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion käsikirjastossa, ja näistä paikoista ne ovat myös lainattavissa. Myös puolentoista vuoden kuluttua ilmestyvät konferenssin täydelliset "proceedings"-sarjat on tilattu em. paikkoihin.

INDEX OF SESSIONS

Session	Topic	Page	Session	Topic	Page
X	P	25	X 4.1.2	T Safety requirements and experience, thermal reactors	74
X 1A	P	26	X 4.1.3	T Safety requirements and experience, thermal reactors (continued)	89
1B.1	P	27	X 4.2	T Safety fast breeders and their fuel cycle	52
1B.2	P	30	4.3	T Safety of fuel facilities	73
X 1C	P	54	4	RT Use of generalized safety reviews of major nuclear facilities in regulatory practice	92
X 1D	P	58	X 5	P Nuclear power and public opinion	62
1	RT	93	5.1	T Nuclear power and public opinion	72
X 2A.1	P	45	5.2	T Nuclear power and public opinion	88
X 2A.2	P	51	X 6	P Safeguards	71
2B	P	94	X 6	T Safeguards	65
X 2.1	T	60	6	RT Effectiveness of safeguards, role of the national system of accountancy and control, its relationship to international safeguards and physical protection	79
X 2.2	T	28	7	P Nuclear power in developing countries	48
2.3	T	31	7.1.1	T Nuclear programmes in developing countries	35
X 2.4.1	T	33	7.1.2	T Nuclear manpower development	43
X 2.4.2	T	41	X 7.2	T Small power reactors, desalting	39
X 2.5.1	T	42	7.3	T Experience of nuclear power in developing countries	46
X 2.5.2	T	49	7	RT Transfer of nuclear technology to developing countries	55
2.6	T	57	X 8	T Special technical session on advanced systems and applications	63
2.7 + 8	T	37	X	P Summary and Closing of the Conference	97
2.9	T	56			
X 2.1	RT	67			
X 2.2	RT	68			
X 3A	P	91			
X 3B	P	86			
X 3.1	T	84			
X 3.2.1	T	69			
X 3.2.2	T	76			
X 3.3 / 3.4	T	80			
3.1	RT	95			
X 3.2	RT	96			
4	P	78			
X 4.1.1	T	82			

Matkakertomus sisältää katsaukset ristillä (x) merkityistä istunnoista

OTTEITA DR. SIGVARD EKLUNDIN AVAUSPUHEENVUOROSTA

The world demand for energy will increase severalfold over the next few decades even if the industrialized countries apply their greatest efforts at conservation. If the standards of living of the developing world in the course of the next century are even to approach those which prevail in western Europe today, total world energy consumption will have to reach a level 5 to 10 times the 6 billion tons of oil-equivalent which is our present annual consumption.

On the other hand, it is equally clear that we are reaching the beginning of the end of the use of naturally occurring hydrocarbon fuels which now account for about two-thirds of our energy consumption. What are the immediate options available for expansion of energy production on an industrial scale?

We know from many surveys and studies that there are a number of options: coal, oil, gas; geothermal energy; wind energy; wave energy; solar energy; biomass; hydro; nuclear energy; and fusion energy to name those most often referred to. If we speak of energy production on an industrial scale available for the next couple of decades, however, the number of options are much more limited and, as a matter of fact, confined to two; the use of fossil and nuclear fuel. We must also keep in mind that electricity, as in the past, is likely to continue to take a growing share of all energy production.

It follows from what has been said that nuclear power will have a growing role in the future, although the rates and modalities of this growth may be subjects of controversy. Most of the debate centres on uncertainties in such areas as costs, security of uranium and fuel services supplies, waste management, environmental impacts and the risk of proliferation. Uncertainty is certainly not a feature unique to nuclear power but it is part and parcel of our changing industrial and inter-connected world as, for instance, events since 1973 have amply demonstrated in the case of oil.

What is really important is to subject the uncertainties affecting all different energy sources to a fair comparative analysis. In the case of nuclear power we have always been aware of the safety problems, and have initiated risk analysis procedures and environmental impact evaluations. As the President of the Fourth Geneva Conference, Professor Seaborg, said, and I quote "to ensure the safety of our activities, we of the nuclear community pioneered the approach of taking seriously the highly improbable". For some time, it appeared that the very existence of this approach made nuclear power a victim of its own prudence but as more risk data for other energy sources and uses become available better comparisons can be made.

It is equally important to draw a distinction between uncertainties in resources and technologies on the one hand, and uncertainties which stem from man-made situations of a social and political nature on the other. This Conference should help to shed light on some of the former and we should

bear in mind in our discussions the importance of a long-term approach, even if current issues will undoubtedly absorb much of our attention.

Nuclear power is an energy form which offers us considerable independence from natural resources and their uncertainties. Even with today's light water reactors, the present high prices of uranium concentrate account for only 10% of the kilowatt-hour cost while in the case of oil and gas the corresponding share is close to 70%. Indeed, the cost of the whole fuel cycle represents hardly more than a quarter of the total cost of nuclear electricity.

One important issue which is now the subject of intensive discussion and study in many countries is the long-term disposal of highly radioactive waste and alpha-bearing materials. The future of nuclear programmes in some countries has been made dependent on demonstrating publicly acceptable solutions to this issue. Technically feasible and economic solutions to the waste disposal problem are already available, however. An evaluation has to be made of the various approaches to high-level waste disposal in order to establish the method most suited to each country. This question must, of course, be viewed in the context of overall decisions on present and future nuclear fuel cycles.

The comments made refer to a closed fuel cycle which includes reprocessing of spent fuel. In the past reprocessing has always

been regarded as advantageous. Decisions on whether or not to close the fuel cycle, however, involve economic, technical, social and political complexities on a new scale and no single solution is suitable for all situations. The many papers which will be presented on this subject, will highlight the possible alternatives and should assist those who are involved in making decisions on this complex issue.

But independently of whether we consider closed or open fuel cycles we have to view them in an integrated manner. The scale of present and near future nuclear programmes is such that decisions on nuclear programmes will have to be based on planning for all aspects of the fuel cycle. These include the inter-dependence of each step in the fuel cycle, long term consideration of nuclear fuel resources, possible alternative nuclear fuel cycles, environmental impacts, the provision of fuel cycle services for countries dependent on external assistance and non-proliferation aspects.

I should like to note at this point that almost every country in the world is, in fact, dependent upon other countries for fuel cycle services of one kind or another, be it provision of source materials, enrichment, fuel element fabrication or reprocessing. It is a characteristic of the nuclear fuel cycle that almost every aspect is international as well as inter-dependent.

A prime example of a problem specific to nuclear energy is that of limiting its use to peaceful purposes only. One of the two objects of the IAEA when it was created 20 years ago was to deter the military use of nuclear energy. Few could then visualize the mode or extent or

safeguards operations as they are now^{conducted} by the Agency under the Non-proliferation Treaty. The Treaty is not an ideal one, but it represents the best compromise that could be achieved ten years ago. In the same sense, it can be said that the Agency's safeguards system leaves room for improvement, and it is continuously being improved on the basis of what is now fifteen years' experience. I consider the acceptance of NPT by 102 countries, and the role accorded to the IAEA in implementing the safeguards required by the Treaty, as a most remarkable achievement. It is something extraordinary that so many countries have agreed, by accepting Agency safeguards, to give up a portion of what is considered their most precious asset, namely their own national sovereignty.

As I have said, since 1971 several major issues affecting the nuclear fuel cycle on a world-wide scale have arisen. These go beyond the narrower question to which the four Geneva Conferences gave an answer in demonstrating the technological and economic feasibility of nuclear power. It is our task to look at these new issues primarily from a technological point of view but in the knowledge that they also lie at the root of certain major political questions of our time. By clarifying the technological aspects, mainly those relating to the fuel cycle, we may help to provide a solution to some of these policy questions.

1 A. General Energy Prospects

Jorma Routti

Konferenssiohjelman aloitti energianäkymiä valottava istunto, jonka alkuun oli sijoitettu myös kokouksen virallinen avaus. Avauksen suoritti Itävallan presidentti Rudolf Kirchschläger.

Avajaispuheenvuorossaan IAEA:n pääjohtaja Sigvard Eklund tarkasteli kokouksen tavoitteita sekä ydinenergian näkymiä sekä ajankohtaisten ongelmien että aikaisempien YK:n atomienergiakokousten määrittelemässä perspektiivissä. Puheenvuoronsa yhteydessä Eklund myös luki presidentti Carterin kokoukselle osoittaman sähkeen, joka viittasi hänen uuteen energiaohjelmaansa.

Varsinaisen energianäkymiä käsittelevän istunnon aloitti Ulf Lantzken OECD/IEA esitys maailman energiatilanteesta ja ydinenergian näkymistä. Esitetyt tiedot olivat suurimmaksi osaksi peräisin OECD:n uusimmasta katsauksesta World Energy Outlook. Esityksen mukaan talouskasvu aikavälillä 1975-1985 olisi keskimäärin 4.2 % vuodessa ja energian kasvun suhde talouskasvuun säästötoimenpiteiden ansiosta laskisi arvoon 0.84. Energiatuotannon omavaraisuusaste olisi v. 1985 65 %. Öljyn tuonti kasvaisi tällä aikavälillä 24:stä 39:ään miljoonaan tynnyriin päivässä (MBDOE), mikä vastaisi lähes koko ennakoitua OPEC tuotantoa, jonka teknilliseksi ylärajaksi mainittiin 45 MBDOE v. 1985. Kivihiilen käyttö kasvaisi 36 % ja vastaisi 17 MBDOE v. 1985. Ydinenergian kasvuennuste vuodelle 1985 on pienentynyt marraskuussa 1976 tehdystä arviosta 325 GWe huhtikuussa 1977 tehtyyn arvion 253 GWe, mikä vastaisi 7.2 MBDOE, mitä tulee pitää ehdottomana vähimmäistavoitteena kokonaisenergiatilanne huomioon ottaen. Odotettavissa oleva öljyniukkuus viimeistään 1990-luvulla korostaa energian- ja nimenomaan öljynsäätön sekä kivihiilen ja ydinenergian lisäantävän käytön tärkeyttä. Tätä taustaa vasten on myös erittäin tärkeää kehittää hyväksyttävät ratkaisut ydinenergian kehitystä rajoittaville ongelmille koko polttoainekierron alalla.

Istunnon toisen esityksen piti SEV-sihteeristön A. Panasenkov, CMEA (Council of Mutual Economic Assistance) yhteistyöstä reaktorien ja niiden polttoainekierron kehittämisessä. Tämä tapahtuu multilateraalilla pohjalla ja tähtää 1000-1500 MWe sekä lämmitysreaktoreiden kehittämiseen. Reaktorikapasiteetti CMEA-maissa aikavälillä 1971-1977 on kasvanut 1.1 - 9 GWe ja kasvaneen vuoteen 1980 mennessä n. 30 GWe asti. Termisten reaktorien rakennustyön rinnalla etenee nopeiden reaktorien kehitystyö, johon osallistuu n. 80 tutkimuslaitosta.

Kehitysmaiden energia-näkymiä käsitteli seuraavaksi V. Baum YK:sta. Esitys nojautui osaltaan Leontiffin ryhmän tekemään tutkimukseen Global Input-Output Model sekä pyrkimykseen uuteen kansainväliseen talousjärjestelmään. Aikavälillä 1950-1974-2000 kehitysmaiden osuus kasvaa prosenttilukuihin 5,10 ja 27 % maailman energiankäytöstä. Fossiiliset polttoaineet tulevat säilyttämään tänä aikana hallitsevan asemansa. Sähkönkulutus ylittänee 5 GWe n. 40 kehitysmaassa v. 2000 nykyisen 20 asemasta, minkä mukaan ydinenergian käyttömahdollisuudet lisääntyisivät myös kehitysmaissa. Sitä rajoittavat kuitenkin huomattavasti pääoman puute ja infrastruktuurin asettamat rajoitukset.

Energianäkymiä pitkällä tähtäimellä vuosisadan vaihteen jälkeen tarkasteli W. Häfele IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). Ensimmäisen kertaluvun arvio energiatarpeelle saadaan kertomalla väestöennuste, joka stabiloituneen 10 miljardin vaiheille, energiankäytöllä henkeä kohden, joka kasvaneen nykyisestä 2 kW:sta ehkä 5 kW:iin. Energiatarve olisi tällöin n. 50 TW nykyisen 8 TW asemasta. Uusiutuvat vesivoima, tuuli, vuorovesi ja valtamerien lämpögradientit voisivat tuottaa n. 1 TW. Säästöpotentiaali nykyisessä energiankäytössä on samaa suuruusluokkaa. Periaatteessa riittävän laajamittaisen potentiaalinsa omaavat vain ydinenergia ja aurinkoenergia, esimerkiksi vetyekonomiaan yhdistettyinä. Kivihiilen käyttöä voivat jo ennen polttoainevarojen ehtymistä rajoittaa hiilidioksidimäärän kasvun aiheuttamat ongelmat. Esityksessä tarkasteltiin lähemmin teknisiä ympäristö-, pääoma- ja muita vaatimuksia, jotka seuraisivat toisaalta laajamittaiseen aurinko- tai ydinenergiaan siirtymisestä. Edullisimpana vaihtoehtona tulee pitää kummankin hyödyntämistä niille parhaiten soveltuvissa kohteissa.

Tapio Eurola

Istunnossa käsiteltiin ydinenergian tuotantojärjestelmien nykytilannetta ja niitä koskevia lähiajan suunnitelmia maissa, joissa on kauimmin omistettu merkittävää huomiota tämän energiamuodon käyttöönottoon. Englannista ei ollut raporttia.

Neuvostoliitossa on yli 20 vuoden kokemus kanavatyyppisen kevytvesijäähdytteisen ja grafiittihidasteisen tehoreaktorin suunnittelusta ja käytöstä. Painevesireaktorien rinnalla tällä reaktorityypillä on merkittävä osuus Neuvostoliiton tämänhetkisessä ydinvoimalaitosten rakentamishjelmas-
sa. Ignalinskissa on rakenteilla 1500 MWe yksikkö, joka valmistuttuaan on maailman suurin yksittäinen sähköä tuottava laitos. Seuraavat tämän tyyppiset laitokset tulevat olemaan vieläkin suurempia teholtaan, 2000...2400 MWe. 2400 MWe laitos on suunniteltu käyttämään kahta 1200 MW turbiinia. Sen reaktoriin on tarkoitus sijoittaa höyryn tulistuskanavia, jolloin laitoksen kokonaisyötysuhteeksi saadaan 37 %. Kanavatyyppisen reaktorin eräänä etuna on, että se voidaan rakentaa tehtaalla koottuina moduleina ja siten järjestää tehostettu tuotannon ja laadun valvonta. Kanavatyyppisiä reaktoreita on valmiina tai valmistumassa 4700 MWe. Neuvostoliittolaisten arvioiden mukaan ydinvoimalaitoksilla tuotettu sähkö on 20...30 % halvempaa kuin fossiilipolttoainetta käytävillä laitoksilla.

Kanadan ydinenergiaohjelma rakentuu raskasvesihidasteisten kanavatyyppisten CANDU-reaktoreiden varaan. Näiden laitosten kokonaistehon arvioidaan olevan 15000 MWe vuoteen 1988 mennessä. 3000 MWe Bruce-laitos on parhaillaan käyttöönotto-
vaiheessa. Ensimmäinen sen neljästä 750 MWe yksiköistä on

suunniteltu otettavaksi kaupalliseen käyttöön vuoden 1977 aikana. Se on Kanadan yhdeksäs ydinvoimalaitosyksikkö ja nostaa maan ydinvoimalaitostehon arvoon 4000 MWe. Käynnissä olleiden laitosten käyttökertoimeksi ilmoitettiin 74 %. Näiden laitosten polttoainekustannukset ovat huomattavasti kevytvesireaktoreiden polttoainekustannuksia pienemmät, alle 1 mill/kWh. Pickering-laitoksen kokonaisenergiakustannukset olivat vuonna 1975 9,8 mill/kWh, joka jakaantui eri tekijöiden osalle seuraavasti: pääoma 6,2, käyttö ja huolto 2,3, raskas vesi 0,4 ja polttoaine 0,9. Hiilivoimalaitosten kokonaisenergiakustannukset olivat Kanadassa vuonna 1975 12,7 mill/kWh.

Yhdysvaltojen kevytvesireaktoriohjelmaa käsittelevässä katsauksessa todettiin vuoden 1976 lopussa olleen käynnissä 62 laitosityksikköä yhteisteholtaan 44000 MWe. Nämä laitokset tuottivat vuonna 1976 10 % maan koko tuotetusta sähköenergiasta, mikä merkitsi 50 miljoonan öljytonnin säästöä. Vuosina 1960...1975 käyttöön otetun 52 laitosityksikön keskimääräinen käytettävyyden oli 72,5 %, kymmenellä yli 80 %. Kaikkien laitosten keskimääräinen käyttökerroin oli 61 %. Ydinvoimalaitosten kokonaisenergiakustannukset olivat vuonna 1976 14 mill/kWh ja hiilivoimalaitosten 24 mill/kWh.

Ranskassa on aloitettu mittava painevesireaktorilaitosten rakentamishjelma. Käynnissä ovat Belgian kanssa yhteistyönä rakennetut laitokset Chooz 280 MWe ja Tihange 870 MWe. Vuoden 1977 lopussa kytketään verkkoon kaksi 900 MWe yksikköä, Fessenheim ja Bugey. Neljätoista samanlaista yksikköä otetaan käyttöön vuoteen 1980 mennessä, jolloin painevesireaktorilaitosten kokonaistehoksi tulee 15000 MWe. Tämän jälkeen rakennetaan myös 1300 MWe yksiköitä siten, että kokonaisteho on 41000 MWe vuonna 1985 ja 64000 MWe vuonna 1990. Ranskalla on tarkoitus olla omavarainen kaikkien polttoaineen kiertoan kuuluvien vaiheiden osalta ja tarjota palveluja myös ulkomaille.

Länsi-Saksassa on ydinvoimalaitosten kokonaisteho tällä hetkellä 6400 MWe. Suuri epävarmuus vallitsee jatko-ohjelmien suhteen. Länsi-Saksan käyttämästä rikastetusta uraania tulee noin puolet Neuvostoliitosta.

Länsisaksalaisena ja yhdysvaltalaisena yhteistyönä valmistettu katsaus käsittelee korkealämpötilaisten kaasujäähdytteisten reaktorien mahdollisuuksia. Näissä reaktoreissa esiintyneet ongelmat ovat aiheuttaneet sen, että niiden markkinointi ei ole menestynyt. Sekä Länsi-Saksassa että Yhdysvalloissa suoritettut kustannus-hyöty -analyysit osoittavat kuitenkin, että tätä reaktorityyppiä kannattaa harkita vakavasti uudelleen. Sen edut ovat: a) hyvä polttoaineen konversiosuhde, b) hyvä turvallisuusaste, c) hyvä hyötysuhde ja d) mahdollisuus saavuttaa 900...1000°C heliumin lämpötiloja, jotka sopivat vedyn ja synteettisten polttoaineiden tuottoon. Valtioiden tuki ja kansainvälinen yhteistyö ovat kuitenkin välttämättömiä tämän tyyppisen reaktorin kehittämiseksi kaupalliseen käyttöön.

Pekka Silvennoinen

Nopeat reaktorit

Ranska

Phenixin ennalta arvaamattoman hyvien käyttökokemusten takia ranskalaiset ovat saaneet itseoikeutetun aseman nopeiden reaktoreiden teknologian puolestapuhujina. Tämä piirre on entisestään korostunut presidentti Carterin päätettyä lykätä Clinch River-laitoksen rakentamista määräämättömäksi ajaksi.

Kahden ensimmäisen käyttövuoden yli laskettuna Phenixin käyttökerroin on ollut 69.4% ja käytettävyys 74.4%. Saavutettu maksimipalama on 66400 MWd/t. Säteilytetyissä 20000 polttoainesauvassa ei ole yhdessäkään havaittu sellaista vauriota, joka olisi päästänyt natriumin kosketukseen itse polttoaineoksidin kanssa. Laitos pystytään ajamaan latausseisokkiolosuhteisiin 8 tunnissa ja täydelle teholle latauksen jälkeen 24 tunnissa.

Phenixin vaikeudet ovat pääasiassa keskittyneet välilämmönvaihtimiin. Tehovaihteluja seuranneet lämpöjännitykset ovat ilmeisesti ensisijainen syy välipiirin (=toisionatriumpiirin) natriumin muotoihin välilämmönvaihtajien yläosissa.

Ranskalaiset ovat jo aloittaneet 1200 MWe Superphenixin rakentamisen Creys Malvilleen 50 km itään Lyonista. Suurin muutos Phenixiin nähden on tehty höyrykehittimissä (natrium/vesi-lämmönvaihdin), joissa siirrytään epätaloudellisesti modulijärjestelmästä 750 MWt spiraaliputkihöyrykehittimiin (4 kpl). Rakennetta on jo tutkittu 45 MW:n prototyypillä.

Superphenixin polttoainekennot ovat vain hieman Phenixin vastaavia suuremmat (271 versus 217 sauvaa), polttoaineen suojakuoren lämpötilaa on alennettu ja poistopalamaksi on suunniteltu 100000 MWd/t. Laitoksen on määrä valmistua 1983.

Mitä ilmeisimmin ranskalaiset pyrkivät rakentamaan sähkönsaantinsa strategisen aikavälin kuluessa yhä enemmän hyötöreaktoreiden varaan. Ajatus kulminoitui esitettyyn päämäärään, jonka mukaisesti plutoniumin kahdentumisaika ei saisi olla pitempi kuin sähköntarpeen kasvun kahdentumisaika.

Pyrkiessään lyhentämään kahdentumisaikaa ranskalaiset suunnittelevat heterogeenista sydäntä, jossa osa vaippaan tavanomaisesti sijoitettavasta fertiilistä aiheesta U^{238} ladataankin sydänvyöhykkeeseen. Tällainen design parantaa eittämättä neutroniikkaa, mutta saattaa olla omiaan synnyttämään epästabiileja tehonmuodostusjakautmia.

Neuvostoliitto

Eniten uutisarvoa omaavina tietoina Neuvostoliiton nopeiden reaktoreiden kehitysohjelmasta kävi ilmi, että vuonna 1972 Shevchenkossa käynnistetty BN-350 on saavuttanut 65% tehotason ja että BN-600 Beloyarskissa on edennyt paineastian sisäosien asennusvaiheeseen. Maassa on aloitettu 1600 MWe nopean reaktorin kehittäminen.

Muut maat

Englannin osalta konferenssissa esitettiin kaunosanainen katsaus nopeiden reaktoreiden tarpeesta vuosisadan loppuvuosina. Heidän 250 MWe prototyyppireaktorissa, jonka rakentamista 1967 aloittaessaan Englanti eli vielä Ranskaa edellä, on saavuttanut 80% tehotason kaikkien toisiopuolen piirien ollessa yhtä aikaa käytössä. Kuten edellä todettiin ranskalaisten vastaava Phenix on ollut käytössä jo yli 3 vuotta.

Länsi-Saksan ja Benelux-maiden yhteisprojektin SNR-300 on määrä valmistua 1982. 327 MWe-laitoksen kustannusarvio on 2.8 miljardia DM.

Japanilaiset aloittavat 300 MWe MONJU prototyyppinsä rakentamisen 1978 ja laitoksen on määrä olla valmiina 1984.

Fuusioteknologia

Fuusiotekniikan osuus konferenssin varsinaisissa esitelmissä supistui kolmeen esitelmään, joista vastasivat Neuvostoliitto, USA ja EURATOM. Mikäli JET-projekti hyväksytään lopullisesti, tulevat Euroopan talousyhteisön maat (ja muut JET-projektiin osallistujat kuten esim. Ruotsi) käyttämään fuusio-tutkimukseen välillä 1976-1980 noin 551 miljoonan maksuyksikön (=noin 660 miljoonaa US\$) panoksen. Vastaavalla aikavälillä tulee Yhdysvaltain panos olemaan luokka 1.5-2 miljardia dollaria.

Suurvaltojen fuusiotutkimus on strukturoitunut melko kiinteään jakautumaan magneettiseen ja toisaalta inertiaalikoossapitoon perustuvien menetelmien suhteen. Näillä lohkoillahan on toisaalla tokamak ja peililaitteistot sekä toisaalla laserfuusio. Joskin esim. vuoden 1976 suhteen konferenssin esitelmöitsijät listasivat joukon selviä edistysaskeleita kullakin eri alueella, tuskin kukaan osallistujista pystyi täällä tarkentamaan käsitystään fuusion mahdollisesta kaupalliseksi tuloajankohdasta. Toistettakoon tässä yhteydessä vielä amerikkalaisten päämäärä: fuusion kaupallinen demostrointi ennen vuotta 2000.

2 A. 1 ja 2 A. 2 Integrated Planning of the Fuel Cycle
Jorma Routti

Istunnoissa esitettiin 13 esitelmää, joten yksityiskohtaista yhteenvetoa kaikista ei ole syytä yrittää tehdä. Esityksissä tarkasteltiin uraanin, thoriumin ja plutoniumin käyttöä ja polttoainekiertoa. Useissa esityksissä korostettiin polttoainevarojen rajallisuudesta johtuvaa pikaista tarvetta hyötöreaktoreiden kehittämiseen.

Plutoniumin käyttö ja käsittely oli esillä useissa esityksissä. Lähes poikkeuksetta esitettiin, että plutoniumin käytön rajoitukset eivät oleellisesti poista ydinmateriaalin leviämisongelmaa, ja että paras tapa plutoniumin hävittämiseen on sen poltto termisissä tai nopeissa reaktoreissa. Plutoniumin käytön teknilliset edellytykset on näiden esitysten mukaan jo demonstroitu, vaikkakaan ei vielä teollisessa mittakaavassa.

Toriumin käyttö korkealämpötila-, raskas- ja kevytvesi-, sekä hyötöreaktoreissa voisi merkittävästi lisätä ydinpolttoainevaroja. Toriumpolttoainekierto omaa myös tiettyjä etuja uraanikiertoon nähden räjähdemateriaalin leviämisen ehkäisemisessä. Toisaalta polttoainekierron kehittämiseen on uhattu toistaiseksi vain vähän työtä, eikä toriumin käyttö tulle olemaan laajamittaista tällä vuosisadalla. Pitkän tähtäimen näkymät sen sijaan puoltavat sen edelleen kehittämistä.

Polttoainekierron vaihtoehdoista käsiteltiin myös pitkäaikaista käytetyn polttoaineen varastointia, joka vaikkakin se on teknillisesti epäedullista pitkällä tähtäimellä, näyttää muodostuvan ratkaisuksi useissa maissa.

2.1 Uranium exploration and evaluation

Heikki Niini

Uraanin etsintää ja arviointia käsitelleessä istunnossa oli 10 esitelmää seitsemästä maasta. Pääpaino oli uusimpien, erityisesti geokemiallisten menetelmien soveltamisessa laajojen alueiden järjestelmälliseen selvitykseen. Mm. seuraavien menetelmien tai indikaatioiden käyttöä käsiteltiin: infrapuna- eli terminen ilmakuvaus, ilmasta tapahtuva ^{222}Rn -mittaus sekä muut radiometriset mittaukset, systemaattinen alueellinen näytteenotto, uraanin tilastollinen korrelaatio eri alkuaineiden geokemiallisen esiintymisen ja toisaalta erilaisten tai eri-ikäisten (isotooppisesti ajoitettujen) geologisten muodostumien, rakenteiden tai ilmiöiden kanssa. Tärkeäksi mutta laajojen alueiden selvitykseen vaikeammin soveltuviksi keinoiksi todettiin mm: kuljetettavat gammaspektrometrit, järvi-vesien He-mittaus, maan huokosilman Rn- ja He-mittaus, kalliolämpötilamittaus, purosedimenttien, puro- ja pohjaveden, levien ja muiden kasvien geokemiallinen analysointi sekä U-analyysi itse näytteenottopaikalla.

Syvämalmien etsintään kaikki kuvatut menetelmät ovat vielä sangen puutteellisia - kehityskelpoisin kenties kallion lämpötilamittaus. Monipuoliseen geologiseen havainnointiin, analysointiin, kartoitukseen ja rakenneselvitykseen perustuva päättely muodostaa yhä uraanin syväalmien etsinnän ytimen.

Yhdysvalloissa on käynnissä koko liittovaltion käsittävä U-kriittisten alueiden järjestelmällinen geokemiallinen etsintä ja menetelmien kehitystyö, joka jakautuu kolmeen osaan: (1) geologisten provinssien johdatteleva esiselvitys metodisine kokeiluineen, (2) alueellinen yleisselvitys 1 näytteenottopaikka/250 km²) ja (3) aluetutkimus

(1 näytteenottopaikka/25 km²). Uraanin lisäksi analysoidaan 20 muuta alkuainetta.

Australian arvioidut U-reservit ilmoitettiin 227 000 tonniksi. Kanadassa käytettiin vuonna 1976 uraaninetsintään 50 miljoonaa dollaria. Tehostuvan uraaninetsinnän ja -louhinnan alati kasvavat kustannukset ovat ilmeisessä vaikutus- ja riippuvuussuhteessa uraanin viimeaikaiseen suureen hinnannousuun.

2.2 Raw materials mining and processing

Ydinenergian raaka-aineiden louhinnalle ja rikastukselle varatussa, kymmenestä esitelmästä koostuneessa istunnossa käsiteltiin toisaalta tavanomaisten uraanimalmien rikastusprosessien teknistä edistymistä (esitelmät Ranskasta, Brasiliasta ja Neuvostoliitosta) ja toisaalta uraanin talteenottoa aivan uusista raaka-ainelähteistä kuten luonnonvesistä (Japani, Neuvostoliitto), U-pitoisuudeltaan hyvin alhaisista lähinnä sedimentogeenisistä muodostumista (Neuvostoliitto, Puola, Ruotsi) ja sivutuotteena fosforihapon valmistuksesta (Espanja). Lisäksi käsiteltiin toriumin käyttökelpoisuutta energiaraaka-aineena (Intian ja osittain myös Brasilian esitelmissä).

Vilkkainta keskustelua aiheuttivat J. Renaudin (Ranska) ja V. Vyalkovin (Neuvostoliitto) esitelmät, joissa kuvattiin jo teollisesti käytettyjen uraaninrikastusprosessien uusia teknisiä yksityiskohtia. Renaudin kuvaama laitos (Nigerissä) toimii olosuhteissa, joissa yhtenä merkittävänä tekijänä on käyttöveden puute.

Pelkästään tällä hetkellä valmiina ja rakenteilla olevien sekä jo rakentamispäätöksen saaneiden suunnitteilla olevien ydinreaktorien aiheuttama uraanin tarve tulee vuoteen 1980 mennessä yli kaksinkertaistumaan. Seuraavien 25 vuoden aikana ydinenergian käytön kasvu aiheuttaa varovaisestikin arvioiden uraanin vuotuisen tarpeen yli

kymmenkertaisen lisääntymisen. Tämän vuoksi joudutaan uraanin raaka-ainelähteiksi kelpuuttamaan sekä laadultaan uudentyyppisiä sekä yhä köyhempiä malmiesiintymiä, ja käsiteltävän raaka-aineen määrä tulee kasvamaan suhteellisesti vielä enemmän. Tällaisten esiintymien hyödyntämiseksi joudutaan uraanin talteenotosta ja rikastamisesta nopeassa tahdissa kehittämään aivan uusi laajamittainen, dynaaminen teollisuuden haara.

Uusista raaka-ainelähteistä keskeisen mielenkiinnon kohteena on luonnollisesti merivesi. Uraanin rikastamisessa suoraan merivedestä on Japanissa saavutettu merkittävää teknistä edistystä, joskaan teollisesti käyttökelpoiseen menetelmään ei vielä ole päästy (nykyarvio kustannuksista \$ 150-300/lb U_3O_8).

Monatsiittihiekasta saatavan toriumin käyttö ydinenergian tuotantoon tulee ilmeisesti kasvamaan merkittäväksi eräissä U-köyhissä maissa kuten Intiassa, jonka esitelmässä arvioitiin koko maailman (alemman hintaluokan) Th-varojen ylittävän 500 000 tonnia ThO_2 .

Uusien U-köyhien raaka-aineiden hyväksikäyttöselvityksiä käsitelleet esitelmät tuskin antavat mitään tasapuolista yleiskatsausta alan kehityksestä, mutta yhdessä (eräiden muissa istunnoissa esitettyjen, radioaktiivisiin kaivos- ja rikastusjätteisiin liittyviä ongelmia käsitelleiden esitelmien kanssa) ne ilmentävät sitä olosuhteiden, ongelmien ja ratkaisumahdollisuuksien vaihtelevuutta, jota voidaan pitää ydinenergiaraaka-aineiden louhinta- ja rikastusteollisuuden kehitykselle luonteenomaisena.

2.4.1 + 2.4.2 Fuel technology for LWR and HWR

Matti Ojanen

Kahden päivän ajalle jakaantuneessa istunnossa esitettiin yhteensä 17 esitelmää, joissa käsiteltiin kevytvesireaktoreiden polttoaineen valmistukseen ja käyttöön liittyvän teknologian tilaa eri maissa. Myös Kanadasta ja Isosta-Britanniasta kuultiin esitykset heidän raskasvesireaktoreidensa polttoaineista ja niillä saavutetuista käyttökokemuksista. Lisänä oli muutamia esityksiä joissakin tutkimuslaitoksissa meneillään olevista polttoaineteknillisistä tutkimusprojekteista (esim. Norja, Ruotsi, Tanska).

Teknilliseltä kannalta ei istunnossa tullut esiin kovin-kaan paljoa uusia asioita, joita jo ei olisi käsitelty muissa yhteyksissä. Sen sijaan Saksan-Liittotasavallan, Intian ja Ranskan kuvaukset omista LWR-polttoaineen suunnittelu-, valmistus- ja kehitysohjelmistaan sekä hankituista käyttökokemuksista olivat varsin mielenkiintoisia.

Neuvostoliiton edustajien saksalaisille esittämistä polttoaineen valmistuksen valvontaa ja käytönaikaista vaurioitumista koskeneista kysymyksistä on tehtävissä se johtopäätös, että Neuvostoliitossa on alettu kiinnittää huomiota yleiseen polttoaineen valmistusta ja käyttöä koskevaan laadunvarmistusajatteluun.

Saksalaisten esittämät polttoainesauvojen vaurioitumista tehonkorotustilanteissa kuvaavat tulokset osoittavat, että he ovat tehneet varsin paljon tämän suuntaista työtä, johon osana tulevat kuulumaan myös Inter-Ramp ja Over-Ramp -projekteissa tehtävät kokeet.

Vaikka ranskalaisten oma LWR-polttoaineen valmistus Fram-atomella tapahtuukin Westinghousen lisenssillä, ovat he silti melko lyhyessä ajassa käynnistäneet mittavan ja jo

tuloksia tuottaneen tutkimus- ja kehitysohjelman. Tarkoituksena on selvittää eurooppalaisten materiaalien ja standardien soveltuvuutta ko. polttoaineen valmistukseen, osoittaa turvallisuusmarginaalien täyttävän ranskalaiset vaatimukset sekä tutkia tuotteen parannusmahdollisuuksia.

Eräänä mielenkiintoisena yksityiskohtana ranskalaisten esityksestä voidaan mainita Zircaloy-4 suojakuorimateriaalille tehdyt virumiskokeet. Niissä on todettu, että täysin hehkutetulla materiaalilla, jossa tina- ja happipitoisuudet ovat ASTM-standardin sallimissa ylärajoissa, saadaan erittäin hyvät virumisominaisuudet. Vastaaviin tuloksiin sekä myös ranskalaisten Zr-1%Nb-materiaalilla suorittamiin kokeisiin on viitattu myös Amaevin ja Filippovin hiljattain Atomnaya Energiyassa julkaisemassa artikkelissa, jonka mukaan Zr-1%Nb suojakuorella voidaan virumisen kannalta saada parempia tuloksia kuin Zr-4:llä.

Scandpower A/S:n taholta esitettiin polttoaineen vaurioitumista kuvaavaa ns. POSHO-mallia, joka on kehitetty eurooppalaisten voimayhtiöiden (TUG-ryhmän) tuella. Tällaisen todennäköisyyspohjaisen käyttäytymismallin avulla voidaan kerääntyviä käyttökokemuksia tehokkaalla tavalla käyttää hyväksi.

Istunnon aihepiiriin kuului myös joitakin esityksiä joissa käsiteltiin plutonium ja thorium-polttoaineiden käyttöön liittyvää teknologiaa ja taloutta kevyt- ja raskasvesireaktoreissa sekä kaasujäähdytteisissä reaktoreissa.

2.5.1 + 2.5.2 Plutonium bearing fuels

Markku Rajamäki

Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana suoritettut kehitysohjelmat USA:ssa, Neuvostoliitossa, Japanissa ja useissa Euroopan maissa ovat osoittaneet, että plutoniumi on teknisesti käyttökelpoista vesijäähdytteisten reaktoreiden ja natrium-jäähdytteisten nopeiden reaktoreiden polttoaineena.

Termisissä reaktoreissa on käytetty sellaista (U/Pu) O₂-polttoainetta (MOX), että sen ominaisuudet ovat mahdollisimman samankaltaiset UO₂-polttoaineen kanssa.

Suurimmat erot reaktorifysikaaliselta kannalta ovat, että tarvitaan enemmän säätösauvoja, että viivästyneiden neutronien osuus on pienempi, ja että suuremman itsevarjostuksen takia lineaarikuormitus voisi olla 10-15% suurempi. MOX-polttoaineen tihentymisen on voitu osoittaa olevan vähäisempää kuin UO₂-polttoaineen. Käyttämällä sopivaa latauskaaviota on voitu myös osoittaa mahdolliseksi korvata 20-30% UO₂:ta käyttäväksi suunnitellun reaktorin polttoaineesta MOX-polttoaineella. Tarkempia tutkimuksia tarvitaan kuitenkin sekä polttoaineen käytön suunnittelun että onnettomuus-analyysien alalla. Erityisesti pyritään siihen, että ei tarvita uutta lupakäsittelyä siirryttäessä MOX-polttoaineen käyttöön.

USA:ssa on tehty selvitys (GESMO) plutoniumin ja uraanin LWR:issä tapahtuvan kierrätyksen ympäristövaikutuksista. Käyttämällä viittä erilaista kierrätysvaihtoehtoa, plutoniumin nopeasta kierrätyksestä jälleenkäsittelystä pidättymiseen asti, on arvioitu, että kierrätys on taloudellisesti n. 8% edullisempaa, sen ympäristöön asettamat säteilymäärät ovat n. 8% suurempia, mutta muut ympäristövaikutukset pienempiä.

Suomalaisella pientä kansallista energiajärjestelmää kuvaavalla mallilla on saatu tulos, että plutoniumin kierrätys LWR:issä alentaa vain vähän polttoainekustannuksia vuoteen 2000 mennessä (Suomen tapauksessa n. 2.5%), jolloin on ajateltu siirrytyn natrium-jäähdytteisten nopeiden reaktoreiden käyttöön.

2.1 Developments and decisions needed to assure the nuclear fuel cycle (round table)

Jukka Laaksonen

Keskustelun piti käsitellä polttoainekierron teknisiä ongelmia, mutta se oli hyvin hajanainen eikä puheenjohtaja löytänyt mitään johdonmukaista linjaa. Koska teknisiä ratkaisuja pidettiin jo itse asiassa löydettyinä, rönnyllivät puheet safeguards-ongelmien suuntaan. Länsimaiset osanottajat eivät osanneet esittää mitään konkreettisia ratkaisuja, neuvostoliittolainen puolestaan totesi, että vaaraa halkeavan aineen joutumisesta väärin käsiin ei heillä ole, koska heillä on niin kehittynyt yhteiskuntajärjestelmä.

2.2 Integrated planning of the nuclear fuel cycle industry (round table)

Keskustelussa pyrittiin löytämään vastaus siihen, minkälaisien organisaatioiden puitteissa pitäisi toteuttaa eri polttoainekierron osat. Kaikki olivat yksimielisiä siitä, että koko kiertoa ei voi toteuttaa ilman hallitusten toimia ja kansainvälistä yhteistoimintaa.

Aluksi kysyttiin, mitkä pa-kierron osat pitäisi toteuttaa kansainvälisinä projekteina. Sellaisiksi mainittiin yksimielisesti jälleenkäsittely ja jätteiden prosessointi. Muutamat halusivat liittää luetteloon vielä raakauraanin hankinnan, rikastuksen ja jätteiden lopullisen varastoinnin.

Toiseksi käsiteltiin mahdollisia kansainvälisen yhteistyön muotoja. Jonkunhan täytyy suunnitella, rakentaa, käyttää, johtaa ja omistaa kansainväliset laitokset. Lisäksi ne täytyy rahoittaa, niille täytyy löytää sopiva paikka ja jonkun täytyy ottaa vastuu niiden aiheuttamista riskeistä. Muita kysymyksiä pidettiin helppoina, mikäli sijoituksesta pysty-

tään sopimaan. Positiivisina esimerkkeinä pidettiin United Reprocessors-yhtiötä ja Eurodif-projektia. Samanlaisia yrityksiä pitäisi saada syntymään lisää ja yksittäisten hallitusten tai IAEA:n pitäisi pikaisesti tehdä aloitteita. Parhaana vaihtoehtona nähtiin, että kussakin projektissa omaksuu yksi hallitus johtavan roolin ja tekee tarvittavat sopimukset muiden kanssa.

Lopuksi kysyttiin, vaikeuttaako breeder-polttoainekiertoosiirtymisen kuvioita. Sen ei uskottu tuovan mitään oleellisesti uusia ongelmia.

- 3 A Standards for radioactivity management
- 3 B Operational aspects of radioactivity management
- 3.1 Criteria for radioactivity management
- 3.2.1 Radioactivity management practices
- 3.2.2 Radioactivity management practices (continued)
- 3.3/3.4 Transport of radioactive materials. Decommissioning

Jorma Heinonen

1 YLEISTÄ

Ydinjätehuoltoa käsittelevistä esitelmistä useimmat olivat yleisluonteisia, jotka selvittivät valtakunnallisia jätehuolto-ohjelmia osin jopa poliittisluonteisia kysymyksiä tai yleiskatsauksia ydinpolttoainekierron eri vaiheiden jätehuoltoratkaisuista. Varsinaisia teknisiä muutoksia ja niiden yksityiskohtaisia kuvauksia esitettiin vähän. Konferenssissa todettiin yleistäen, että ydinpolttoainekierron kaikille radioaktiivisille jätteille on olemassa huoltoteknologia, mutta tiettyjen tärkeiden jätetyyppien ja huoltovaiheiden osalta puuttuvat käytännön, todellisen mittakaavan kokeilut ja sovellutukset.

2 KORKEA-AKTIIVINEN JÄTE

Teollisen mittakaavan käytännön demonstraation puuttuminen koskee ensisijaisesti korkea-aktiivisen transuraanipitoisen jätteen kiinteytystä ja sitä seuraavaa varastointia ja sijoitusta. Mainittujen toimenpidevaiheiden toteuttaminen nähtiin lähinnä poliittis-hallinnollisena kysymyksenä. Mikäli asianomaiset tahot tekisivät tarpeelliset päätökset, niin teknologian lisäksi myös teknisten asiantuntijoiden sanottiin olevan kypsiä käytännön toteutukseen. Toimintaan johtavien päätösten viivyttäminen korkea-aktiivisen jätteen sijoituksen osalta nähtiin asiantuntijataholla myös positiivisena. Näin on saatu aikaa turvallisuutta lisääville perinpohjaisille tutkimuksille.

Kansallisten ohjelmien pohjalla selvä yleissuuntaus oli korkea-aktiivisen nestemäisen jätteen kiinteyttäminen lasiin ja kiinteytetyn jätteen sijoittaminen geologisiin muodostumiin.

Kansainvälisen yhteistyön tarpeellisuutta tällä alueella korostettiin. Todettiin, kuitenkin, että tekniseltä kannalta järkevät usean valtakunnan yhteiset sijoituspaikat ovat poliittisesti vaikeat toteuttaa.

Jälleenkäsittely nähtiin edulliseksi myös jätehuollon kannalta. Käytetyn ydinpolttoaineen sijoitusta pidetään vaikeampana ja sitä on vähemmän tutkittu kuin lasitetun korkea-aktiivisen jätteen sijoitusta.

Terrorismia ei pidetä ongelmana korkea-aktiivisen jätteen sijoituksessa. Sen sijaan hydro-geologisten tekijöiden hallinta katsottiin yhdeksi vaikeimmista kysymyksistä ydinjätteen geologisessa sijoituksessa.

Pitkäikäisten transuraanien erottaminen on yksi näkyvistä tutkimuskohteista, vaikka transmutaatiolla nykyteknologian pohjalta ei ole käytännön merkitystä ja tulevaisuuden mahdollisuudet ovat toistaiseksi tuntemattomat.

Keskustelussa tuotiin esille myös uudet ICRP:n suositukset, joiden mukaan kriittisten elimien käsitteestä luovutaan ja annosvaikutus lasketaan eri kehonosien painotettuna summana.

Todettiin, että säteilyn pitkäaikaisista vaikutuksista voitaisiin saada lisätietoa seuraamalla suuren taustannosnopeuden alueilla elävää väestöä. Tiedon saantia vaikeuttaa kuitenkin alueiden alikehittyneisyys ja tilastoinnin puute.

3 YDINVOIMALAJÄTE JA JÄTEHUOLTOKRITEERIT

Todettiin sangen yksikäsitteisesti myös tässä konferenssissa, että nk. ydinvoimalajätteen huolto perustuu jo vakiintuneeseen käytännössä kokeiltuun teknologiaan.

Kehitystyö tällä alueella tähtää turvallisuuden lisäämiseen, työntekijöiden ja väestön säteilyrasituksen alentamiseen sekä ekonomis-tekniiseen optimointiin.

Ydinvoimalajätehuollon teknisistä kehitysnäkymistä tuli esille mm. pitkäikäisten radionuklidien ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n erottaminen, eräiden kaasufaasissa olevien nuklidien, ^3H ja ^{85}Kr , talteenotto. Hollantilaisen Verkerkin lausunnon mukaan ydinvoimalajätteen geologinen sijoitus ei olisi mereen upotusta kalliimpi.

Radioaktiivisuuden huoltokriteerit otsikoidussa istunnossa käsiteltiin mm, teknisiä keinoja joiden avulla työntekijöitä ja yleisöä suojataan ydinpolttoainekierrosta aiheutuvalta radioaktiiviselta säteilyltä.

Ydinjätteen sijoitus on ympäristönsuojelun kannalta tärkeimpiä tutkimuskohteita. USA:n ympäristönsuojeluorganisaatio (EPA) on laatinut pitkälle kehitetyn monipuolisen mallin, jonka avulla voidaan arvioida ihmiseen ja ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia. Menetelmää voidaan soveltaa laaja-alaisesti radioaktiivisiin ja muihin erityistä huolenpitoa vaativiin alueisiin.

4 RADIOAKTIIVISTEN AINEIDEN KULJETUS JA YDINTEKNISTEN LAITOSTEN PURKAMINEN

Radioaktiivisten aineiden kuljetusta koskevat esitelmät osoittivat, että tämä vaihe polttoainekierrossa on teknisesti hyvin hallinnassa. Esimerkiksi USA:ssa on neljän vuoden aikana toteutettu yhteensä 32 000 radioaktiivisen aineen erillistä kuljetussuoritusta. Tänä aikana vain 36 tapauksessa on kuljetuspakkauksista menetetty jonkin verran niiden sisältöä, mutta ilman vakavia seurauksia. Ei kuitenkaan ole yhtään tapausta, jolloin B-tyyppisestä kuljetusastiasta olisi päässyt sisältöä ympäristöön onnettomuuden seurauksena.

Konferenssissa korostettiin, että ydinteknisten laitosten purkamiselle olisi pantava painoa tähän astista enemmän. Käytöstä poisto ja purkaminen olisi otettava huomioon jo laitosta suunniteltaessa. Tässä yhteydessä tähdennettiin, että kansallisten elinten tulisi asettaa kriteerit ja ohjeet myös käytöstä poistolle sekä ratkaista koko ydinjätehuollon pitkäaikaiset taloudelliset ja muut vastuukysymykset.

3.2 Radiation dose implications of different radioactivity management practices

Pekka Hiismäki

Keskustelussa korostettiin näkemystä, jonka mukaan jokaisen yleistä säteilykuormitusta lisäävän laitoksen käyttöä täytyy tarkastella suhteessa sen tuottamaan hyötyyn vaikka kuormituksen lisäys olisi kuinka pieni. Erikoisen kriittisesti tulee tarkastella laitoksia, joiden hyöty ja haitta kohdistuvat eri väestöihin. Päinvastainen tilanne esiintyy esim. säteilyn lääketieteellisen käytön kohdalla, jolloin voidaan kohtuudella hyväksyä suurempikin

säteilykuormitus. Jos yksittäisten laitosten aiheuttamaa säteilykuormitusta verrataan pelkästään luonnolliseen taustaan ja laitosten lukumäärä huomattavasti kasvaa on tästä seurauksena säteilykuormituksen tuntuva nousu. Esim. v. 2000 arvioidaan koko polttoainekierrosta aiheutuva vuotuinen maailman väestöön kohdistuva annos samaksi kuin kahden viikon tausta-annos.

4.1.2 Safety requirements and experience, thermal reactors (lähinnä eri reaktortyyppien turvallisuusominaisuudet)

Lasse Mattila

Valtaosa tämän istunnon esitelmistä käsitteli erilaisten termisten reaktortyyppien keskeisiä turvallisuusominaisuuksia ja erityispiirteitä. Esillä olivat VVER-tyypit (344), Westinghousen PWR (512), KWU:n reaktorit (132), CANDU (181, 393), SGHWR (73), THTR (560) sekä RBMK (341).

VVER-esitelmä (344), josta ei valitettavasti ollut saatavissa englanninkielistä kirjallista versiota, käsitteli melko yleisesti mutta varsin laaja-alaisesti VVER-reaktoreiden yhteydessä noudatettua turvallisuusteknillistä ajattelua. Mielenkiintoisesti kuvattiin mm. hätäjähdytysjärjestelmien kehittymistä.

Myös Westinghousen PWR-reaktoreiden turvallisuusnäkökohtia suuren valmistajan kannalta käsittelevä esitelmä (512) oli melko yleisluonteinen, ja erityisesti suullinen versio varsin poleeminen. Esittäjä, Dr. Arnold, asetti peruskysymykseksi "onko jo liioiteltu turvallisuusnäkökohtia": jos nykyinen jatkuvasti tiukkeneva linja jatkuu, ydinvoimalaitos menettää kilpailukykynsä. Viime aikoina saadun ja lähitulevaisuudessa saatavan uuden, laajoihin kokeellisiin tutkimusohjelmiin perustuvan tiedon pitäisi mahdollistaa merkittävää sääntöjen konservatiivisuuden hellittämistä. Arnold esitti mm. dian, jossa best estimate suojakuoren huippulämpötila jäähdytteenmenetysonnettomuudessa oli 550°C (kirjallisessa raportissa esitetään luku 482°C)!

Ruotsin reaktoriturvallisuusviranomaisen SKI:n esitelmä (286) käsitteli lähinnä Ruotsin "Reactor Safety Study"-selvitystä, jonka pitäisi valmistua näinä aikoina. Tässä selvityksessä tarkastellaan mm. olemassa olevia reaktoriturvallisuuteen liittyviä säännöstöjä, saatuja käyttökokemuksia, reaktortekniikan lähiajan kehitystrendejä, tarkastusmenetelmiä, käytön organisaatio- ja henkilöstökysymyksiä sekä turvallisuustutkimuksen tulosten hyödyntämistä.

KWU:n esitelmä (132) rajoittui käsittelemään turvallisuusjärjestelmiä. Erityisesti kiinnitettiin huomiota mahdollisuuksiin suorittaa suojaustoimenpiteitä sammuttamatta laitosta kokonaan.

Istunnon huipentuma oli S. Levinen esitelmä "The Rasmussen Report: A Retrospective and Prospective View" (447). Rasmussen-tutkimuksessa käytetty metodologia näyttää saavan jatkuvasti laajenevan hyväksynnän ja lukuisia uusia sovelluskohteita kaavaillaan. Siitä voi olla hyötyä myös lupakäsittelyssä, lisäkehittely on tosin vielä kovasti tarpeen. Mahdollisuudet väärinkäyttöksiin ja -ymmärryksiin ovat suuret. Keskustelussa käsi ilmi mm., että riskianalyysin menetelmien soveltaminen radioaktiivisen jätteen lopulliseen sijoittamiseen geologisiin muodostelmiin voi olla vaikeaa.

Esitelmässä (284) esitettiin tiivis yhteenveto Marvikenissa suoritetuista suojarakennuskokeista, joihin myös suomalaiset ovat osallistuneet.

4.1.3 Safety requirements and experience, thermal reactors (lähinnä reaktoriturvallisuustutkimus)

Lasse Mattila

Tässä istunnossa annettiin monipuolinen käsitys maailmassa käynnissä olevasta teoreettisesta ja kokeellisesta reaktoriturvallisuustutkimuksesta. Pääpaino oli jäähdytteenmenetysonnettomuuksissa (kokeet ja tietokoneohjelmien kehitys Saksan liittotasavallassa (541, 127), Japanissa (548), Ranskassa (229) ja USA:ssa (584)), muina kohteina paineenalaisten osien murtuminen (548), suojarakennustekniikan kehittyminen (306), luotettavuustekniikan soveltaminen ydintekniikkaan (Ranskassa vallitseva tilanne) (243), seismisten tekijöiden vaikutus ydinvoimalaitosten sijoitukseen (305, 159) sekä reaktorin epänormaalien toiminnan varhainen paljastaminen kohina-analyysin menetelmin (294).

Japanissa (548, lisäksi 544 istunnossa 4.1.1) ja Ranskassa (229) käynnissä olevat LWR-turvallisuustutkimusohjelmat ovat yllättävän mahtavia. Niistä saadaan valitettavan vähän tietoa Suomeen, syynä lienevät kielimuurit sekä teollisuuden voimakas osuus molemmissa ko.maissa. Esitelmissä ja keskusteluissa kävi ilmi, että USNRC:n WREM-jäähdytteenmenetysonnettomuuden analyysiohjelmistoa käytetään lähes kaikkialla maailmassa. Eri-tyisesti RELAP-ohjelmien käyttö on kuitenkin aiheuttanut paljon ongelmia: tietokonekustannukset ovat sietämättömän korkeita, eräiden ei-amerikkalaisten reaktoreiden erityispiirteitä, kuten hätäjäähdytysveden ruiskuttamista PWR:n paineastian yläosaan tai kuumaan haaraan (VVER, KWU:n PWR jne.) tai BWR:n sisäisiä kiertopumppuja (ASEA-ATOMin ja KWU:n uudemmat tyypit), ei pystytä kuvaamaan riittävän tarkasti. Mm. tämän vuoksi on sekä Saksan liittotasavallassa että Ranskassa katsottu tarpeelliseksi omien vastaavien tai "kehittyneempien" tietokonemallien kehittäminen.

Saksan liittotasavallassa ja Japanissa suoritettavat kokeet osoittavat selvästi PWR:n paineastian ylätilaan tai pääkiertoputkien kuumaan haaraan johdetun hätäjäähdytysveden tehokkuuden verrattuna normaaliin (=lähinnä USA:laiseen) käytäntöön, että vesi viedään vain kuumiin haaroihin.

Suomalaisessa raportissa (433) oli arvioitu konservatiivisuusmarginaaleja ja parantamismahdollisuuksia jäähdytteenmenetysonnettomuuden radioaktiivisuuden päästöanalyysissä.

Keskusteluissa käsiteltiin myös turvallisuusanalyseissä käytettävien rakenneanalyysitietokoneohjelmien kehitystilaa. Sekä USA:n että Saksan liittotasavallan edustajat katsoivat laskentavalmiuden olevan yleensä katsoen hyvän, mutta ainakin seuraavat kaksi kohdetta vaativat vielä lisäselvityksiä:

- nesteen ja rakenteiden vuorovaikutusilmiöt
- osittain vaurioituneen rakenteen jäljellä oleva turvallisuusmarginaali.

4.1.1 Safety requirements and experience, thermal reactors (lähinnä viranomaistoiminta ja käyttökokemukset)

Jukka Laaksonen

Istunnon 10 paperista viisi keskittyi pääasiassa kansallisiin turvallisuusvaatimukseen ja lupakäsittelyyn (L-Saksa, Ranska, Englanti, Kanada, T-slovakia) ja kaksi käyttökokemuksiin (USA, Japani). Lisäksi oli kolme irrallista paperia, jotka käsitelivät pohjoismaista NORHAV-työtä, hollantilaista "Kopparnäs"-tyyppistä tutkimusta ja Asea-Atomien 1000 MW:n laitoksen lay-outia.

L-Saksan, Englannin ja Ranskan esitykset osoittivat selvästi, että niin turvallisuusvaatimusten asettelu kuin viranomaisvalvontakin ovat näissä maissa kaukana toisistaan. Tuntuu vaikealta uskoa, että joskus pystyttäisiin luomaan EEC:n sisällä yhtenäinen linja ydinlaitosten lupakäsittelyssä. L-Saksassa on julkaistu runsaasti yksityiskohtaisia kriteereitä ja monessa kohdin päällekkäisillä viranomaisorganisaatioilla (osavaltiot, liittovaltio) on vahva ote projekteihin. Englannille ja Ranskalle ovat tunnusomaisia voimakkaat valtiolliset voimayhtiöt ja suhteellisen kevyet viranomaisorganisaatiot. Näissä maissa on myös haluttu välttää ennalta laadittuja kriteereitä, jotta ei kahlittaisi suunnittelijoiden vapautta ja pysäytettäisi kehitystä. Englannissa on kuitenkin AGR-laitosten lupakäsittelyssä tullut viranomaistaholta niin kalliiksi käyneitä lisävaatimuksia, että voimayhtiö on katsonut tarpeelliseksi laatia ennen seuraavien projektien toteuttamista yleiset suunnittelukriteerit, joille on pyydetty hyväksymistä.

Seuraavassa muutamia mielenkiintoisia yksityiskohtia EEC-maiden esityksistä. L-Saksan atomienergiain mukaan on lupakäsittelyssä otettava huomioon uusin kehitys turvallisuustekniikassa. Se on johtanut dynaamiseen kehitykseen kriteereissä ja suunnittelijoille ikävään "liikkuvaan maaliin". Lisäksi se on antanut alioikeuksille mahdollisuuden sekoittaa kuviota, mistä on tuoreimpana esimerkkinä vaatimus "burst-proof"-suojarakennuksesta. Jotta epämääräisestä tilasta päästäisiin eroon, on tarkoitus kehittää tarkat tekniset turvallisuusvaatimukset ja vahvistaa ne lailla. Englantilaisessa käytännössä kiinnitti huomiota voimayhtiön määrittelemät numeeriset tavoitteet eri suuruisten onnettomuuksien (päästöissä mitaten) todennäköisyyksille. Ranskalainen mainitsi työstä, jossa on vertailtu erilaisia mahdollisuuksia tiettyjen PWR:n yksityiskohtien toteuttamiseen. Kustakin kohteesta (21 kpl) on julkaistu paperi sarjassa "basic technical alternatives". Sarjan hankkimista Suomeen kannattaisi yrittää.

Kanadan paperista sai sen vaikutelman, että viranomaistointa on siellä varsin pintapuolista. Samoin heidän käytössään olevat turvallisuustutkimusvarat (0,6 milj. \$/vuosi) ovat mitättömät verrattuna maan ydinvoimaohjelmaan.

Tsekkiläinen paperi osoitti, että heidän lupakäsittely- ja valvontatyönsä on ainakin pääpiirteissään samantapaista kuin Suomessa. Organisaatio on kuitenkin Ruotsin tyyppinen, ts. ydinturvallisuus ja ydinmateriaalin valvonta on yhdessä laitoksessa, komponenttivalvonta toisessa ja säteilysuojelu kolmannessa. Positiivinen yllätys oli VVER-440 -laitokseen liittyvä laaja turvallisuustutkimus. Heillä on itse kehitettyjä (?) tietokoneohjelmia, joilla pystytään analysoimaan samoja onnettomuuksia, joita on käsitelty Loviisan yhteydessä. Ohjelmia on testattu länsimaisilla koetuloksilla (mm. LOFT) ja yhteensopivuus ilmoitettiin hyväksi. Myös oma kokeellinen tutkimus on laajaa käsittäen mm. blowdownkokeita, kriittisen lämpövuon kokeita sähköisesti lämmitetyillä sauvoilla, refloodkokeita ja radionuklidien käyttäytymistä suojarakennuksessa. Suuri rakenteilla oleva laitteisto on 1:600 -malli primaaripiiristä ja sillä aiotaan tehdä LOCA-kokeita. Koska tämän laitteen sähköinen sydän on 5 MW, voisi päätellä, että mallisuhde viittaa tilavuuteen ja kyseessä on 1000 MW:n laitoksen simulointi.

Kaikkiaan tsekkiläinen työ on sitä laajuutta, että siihen kannattaisi pyrkiä mukaan tai sitä olisi ainakin syytä seurata kiinteästi.

USA:n paperissa esitettiin muutamia käytön aikana havaittuja turvallisuusongelmia, jotka ovat aiheuttaneet uusia viranomaisvaatimuksia. Seuraavassa on katsottu ko. asioita suomalaisten laitosten kannalta:

- Browns Ferryn palo: meillä on kaapelikanavien fyysikaalinen erotus toteutettu hyvin, läpivientityypit on testattu ja savuilmatisimet huomaavat kyseeseen tulevat savut; vastaavanlaajuisten palovahinkojen mahdollisuus tuntuu epätodennäköiseltä; uusitut USA:n palosuojelukriteerit pystytään täyttämään
- höyrystimen putkivauriot: makaava höyrykehitin-tyyppi on tässä suhteessa paljon edullisempi, koska korroosiota aiheuttava sakka ei kerääny putkien pintaan vaan höyrystimen pohjalle, josta se saadaan ulospuhalluksella helpommin pois
- BWR-suojarakennuksen alimitoitus eräille onnettomuuskuormille: AA:n suojarakennuksen suunnittelussa on ko. kuormat otettu huomioon; laaja kokeellinen ja teoreettinen työ tukee käsitystä selvistä turvallisuusmarginaaleista
- reaktoripaineastian kannatusrakenteiden mitoitus putkiyhteiden mahdollisen murtuman varalle: IVO on viime syksynä analysoinut kyseeseen tulevat kuormat STL:n vaatimuksesta ja todennut, ettei vaaraa ole
- murtumat BWR-paineastioiden syöttövesiyhteissä: AA:n laitoksilla ei vastaavaa ole todettu, sen sijaan on ollut murtumia "syöttövesibanaaneissa", jotka ovat paineastian sisäosia ja näin ollen vähemmän tärkeitä

turvallisuudelle; asia vaatii kuitenkin tarkastelua ja vertailua AA:n ja GE:n konstruktoiden välillä

- PWR-painetransientit NDT-lämpötilan alapuolella: aiheesta on viime syksynä käyty kirjeenvaihtoa IVO:n ja STL:n välillä; ko. transienttien mahdollisuus on todettu selvästi pienemmäksi kuin USA:n laitoksilla johtuen mm. paineistimessa käytettävästä tyyppipatjasta, joka antaa operaattoreille aikaa keskeyttää mahdollisesta laiteviasta johtuvan paineen nousun

Japanilaisessa paperissa esitettiin lähinnä toimenpiteitä, joilla on selvitetty pitkäaikaisia seisokkeja aiheuttaneet ongelmat. Ne ovat BWR:n kohdalla primaaripiirin jännityskorroosiohalkeamat ja polttoainepippujen suojakotelon kuluminen sekä PWR:n kohdalla höyrystimien putkien ohentuminen ja polttoainesauvojen taipuminen. Ratkaisujen uskotaan löytyneen ja murheellisten käytettävyysslukujen pitäisi alkaa kohentua. Toiseksi japanilaiset kertoivat toimistaan päästöjen pienentämiseksi. Näitä ovat mm. pidennetty kaasujen viivästys ja BWR-turpiinin akselin tiivistäminen puhtaalla höyryllä. Mielenkiintoinen yksityiskohta esityksessä oli maininta Ohilaitoksesta, jossa on ECC-ruiskutus paineastian ylätilaan ja jäälahdutinsuojarakennus (2 x 1175 MW, käynnistys v. -78). Tätä silmälläpitäen on tehty myös kokeita ylätilaruiskutuksen tehokkuudesta ja kehitetty teoreettinen malli, jolla sen vaikutus voidaan ottaa huomioon LOCA-analyseissa.

4.2 Safety of fast breeders and their fuel cycle

Pekka Silvennoinen

Turvallisuus

Ranska

Phenixin kolmivuotisen käytössäolon aikana laitoksen työntekijöihin kohdistunut säteilyannos on ollut alle 0.1 manrem/MWe vuodessa. Superphenix tulee noudattelemaan samaa turvallisuusfilosofiaa, joskin ranskalaisten asenteissa on tapahtunut selvä muutos avoimempaan suuntaan verrattuna Phenixin lisensointiaikoihin. Alustavassa Superphenixin turvallisuusselosteessa on arvioitu, että sydämen sulamisen todennäköisyys on luokkaa 10^{-8} /käyttövuosi. Sydämen sulassakin saadaan ranskalaisten mukaan sula massa pidettyä hallitussa tilassa.

Superphenix suojarakennusfilosofia, joka oli pitkään keskustelun alaisena Ranskassa, on päätynyt ottamaan huomioon todennäköisyydellä 10^{-8} tapahtuvat lentokonetörmäykset (massa 1700 kg, nopeus 100 m/s)

Neuvostoliitto

Ainakin ensimmäisen sukupolven nopeiden reaktoreiden osalta pääonnettomuus on neuvostoliittolaisten käsityksen mukaan virtauskanavien tukkeutuminen. He ovat hankkineet kokemuksia vielä laaja-alaisemmin kuin muut, koska Neuvostoliitossa on suunniteltu sekä kiertopiiri- että alastyyppejä olevia nopeita reaktoreita, Venäläiset ovat erittäin huolissaan positiivisista natriumaukkokertoimista, joskaan BN-300:ssa sen enempää kuin BN-600:ssakaan ei ole mitattu tai laskennallisesti päätelty olevan "kovin suuria" alueita, missä ao. kerroin olisi positiivinen. 1000 MWe laitoksessa he ovat arvioineet kokonaiskertoiimen olevan 4-5 dollarin verran positiivinen.

Ehkä johtuen siitä, että neuvostoliittolaiset osallistuvat suhteellisen harvoin alan kansainvälisiin länsimaissa pidettyihin kokouksiin, heidän panoksensa konferenssin nopeita reaktoreita käsittelevissä osissa oli merkittävä. Venäläiset esitelmät sisältävät runsaasti vianetsintälaitteistoja, hätälämmönpoistojärjestelmiä ja radioaktiivisuusinventaariorioita koskevia yksityiskohtaisia tietoja.

Yhdysvallat

Yhdysvaltain panos tässä istunnossa koostui toisaalta ERDA:n ja toisaalta NRC:n taholta esitetyistä katsausluonteisista esitelmistä, jotka tarkastelivat turvallisuuskysymyksiä hallintotehtävissä olevien henkilöiden kannalta. Toisaalta Yhdysvalloissa tuntuu olevan sangen pitkälle suunniteltu tutkimusohjelma ja toisaalta siellä on myös ilmeisesti omistauduttu kehittämään nopeille reaktoreille soveltuva luvitusmenettely. Käytännön tekniikka on ehkä liiaksi unohdettu.

Muut maat

Englantilaisten panos konferenssin tässä istunnossa oli varsin omintakeinen. He nimittäin esittelivät koko nopean reaktorin polttoainekiertoa koskevan alustavan kvalitatiivisen riskiarvion. Heidän käsittelynsä perustuu päästöjen ilmaisemiseen ekvivalentin I^{131} -määrän avulla. Yhtä 11 kg alunpitäen plutoniumia sisältänyttä polttoainekennon osaa kohti säteilytetyssä vastaa polttoaineessa Pu 0.5 MCi, Am ja Cm 2-3 MCi ja fissiotuotteet 0.8 MCi. Englantilaiset tutkivat tästä johtuen mahdollisuutta syöttää curium ja americium jatkuvasti takaisin reaktoriin.

Polttoaine

Nopeiden reaktoreiden polttoaineen käyttöfilosofia on tällä hetkellä vielä vaiheessa, jossa suojakuorivuotoja ei katsota voitavan sallia. Ei aianakaan siinä laajuudessa, että oksidi ja natrium pääsivät kosketuksiin toistensa kanssa. Amerikkalaiset suunnittelevat kokeita, joissa määrättäisiin sallittavien polttoaineviottumien laatu ja laajuus.

Polttoaineen valmistustekniikassa kilpailevat keskenään pelletointi ja tärykompaktointi. Polttoaineen käyttäytymisen suhteen eivät englantilaiset sen paremmin kuin amerikkalaisetkaan ole havainneet eroja.

Polttoainekennonjen vibraatiot tuntuvat olevan erittäin keskeisen huomion kohteena. Esimerkiksi Phenixissä niitä tarkkaillaan jatkuvasti sydämen sisäisen instrumentoinnin avulla. Venäläiset suunnittelevat vastaavia mittauslaitteistoja.

Kuten tunnettua palaman kompensointi tapahtuu nopeissa reaktoreissa yksinomaan säätösauvojen avulla. Eräs venäläisten reaktoreiden erikoispiirre on, että niissä ko. sauvat sisältävät fissiiliä materiaalia (uraania). Näin on ilmeisesti saatu aikaan paikallisten tehovaihtelujen pieneneminen.

Mitä tulee klassiseen kysymykseen polttoaineen kahdentumisajasta, venäläiset ilmoittivat N_2O_4 -jäähdytteisissä reaktoreissa päästävän 5-6 vuoteen. Amerikkalaisessa kaasujäähdytteisessä 300 MWe protossa päästään ehkä 12 vuoteen, joka sekini lienee selvästi lyhyempi kuin mihin nykyisin päästään natrium-jäähdytteellä.

5. Nuclear power and public opinion

Pekka Hiismäki

Teemalle ydinenergia ja yleinen mielipide oli omistettu kolme istuntoa. Läntisten teollisuusmaiden raporttien lisäksi esitettiin raportit Japanista ja Filippiineiltä. Yhtään SEV-maista tullutta raporttia ei näissä istunnoissa kuultu. Suomen kannalta voisi kärjistetysti todeta että

maissa, joissa on rahoitettu miljooniin markkoihin noussut tiedotuskampanja kuten Itävallassa ja Ruotsissa on kuitenkin ajauduttu ydinenergiaohjelman kannalta vaikeaan poliittiseen tilanteeseen.

Se, että Suomessa rakennetaan sekä idän että lännen teknologiaan perustuvia laitoksia on varmasti meillä hillinnyt keskustelun liiallista kärjistymistä. Energia-kysymysten noustua nyt meilläkin poliittisesti tärkeiksi kysymyksiksi, riittävän ja asiallisen tiedottamisen merkitys tulee kasvamaan. Ensisijaisiksi tiedottamiskohteiksi kannattanee valita poliittista päätöksentekoa lähellä olevat kohteet, kuten puolueet ja järjestöt unohtamatta kuitenkin suurelle yleisölle osoitettua tiedottamista.

6 Safeguards

Matti Ojanen

Safeguards-politiikka sai kokouksen aikana varsin paljon huomiota osakseen. Sen merkitystä kansainvälisen Non-Proliferaatiosopimusjärjestelmän osana korostettiin voimakkaasti. Kansallisten safeguards-järjestelmien luotettava toiminta on perustana koko kansainvälisen järjestelmän toiminnalle ja siitä syystä näiden järjestelmien välisten toimintamenetelmien kehittämiseen kiinnitettiin huomiota.

Kansainvälisen safeguards-järjestelmän perustana on yksityiskohtainen kirjanpitojärjestelmä. Sen toteuttamiseen tarvittavia analyyttisiä ja ainettarikkomattomia mittausmenetelmiä, mittaustarkkuuksia ja mittaustulosten käsitteilyä tarkasteltiin useissa esityksissä.

ERDA:n kustantamana on Los Alamosin plutoniuminkäsittelylaitoksella kehitetty kokeiluasteelle automaattinen "real-time" kontrollointijärjestelmä laitoksen sisällä tapahtu-

vien materiaa livirtojen seuraamiseksi. Järjestelmän toteutamisessa on käytetty hyväksi uusimpia ainettarikkomattomia mittaussuomenetelmiä.

Tämäntyyppisten järjestelmien uskottiin olevan käyttökel-
poisia kaikkiin polttoaineen valmistukseen ja käytetyn
polttoaineen jälleenkäsittelyyn osallistuviin laitoksiin
ja oikein sovellettuina niiden uskottiin tuottavan jopa
taloudellista hyötyä.

7.2 Small power reactors, desalting

Risto Tarjanne

Istunnossa esitetyt kahdeksan tutkimusllostusta käsittelivät
pieniä reaktoreita seuraavista, varsin vaihtelevista näkö-
kulmista:

- pienten sähköä tuottavien reaktoreiden soveltuvuus kehitys-
maiden energiahuoltoon,
 - lämmön tuotto sähköön sivutuotteena joko suolanpoistoon,
kaukolämmitykseen, kasvinviljelykseen tai myös kalanvilje-
lykseen,
 - pienten reaktoreiden käyttö pelkkään lämmön tuotantoon.
- "Pienillä reaktoreilla" tarkoitettiin suurimmillaan sähköä
tuottavia n. 450 MW(e):n ydinvoimalaitoksia, joiden teho on
siis pieni verrattuna nykyisiin kaupallisiin reaktoreihin.
(Tsekkoslovakian ja Neuvostoliiton papereissa käsitellyt
n. 3000 MW(th):n sähköä ja lämpöä tuottavat reaktorit eivät
kuulu pieniin reaktoreihin!) Pienimmillään tehoalue taas
ulottui muutamaan kymmeneen megawattiin.

Joulukuussa 1973 tapahtuneen öljyn hinnan suuren nousun
suotuisa vaikutus pienten reaktoreiden kilpailukykyyn tuotiin
selvästi esille useassa esitelmässä. Olihan tätä ennen kilpai-
lukykyisen ydinvoimalaitoksen minimiteho lipumassa useimpien
pienistä reaktoreista kiinnostuneiden maiden ulottumattomiin.

KWU:n paperissa (no 89, Saksan Liittotasavalta) käsiteltiin reaktorinvalmistajan näkökulmasta hyvät säätö- ja kuormanseuraamisominaisuudet omaavan pienen (esim. 450 MW(e) PWR) sähköä tuottavan reaktorin hyvää soveltuvuutta kehitysmaiden pienitehoisiin sähköverkkoihin. Esitelmässä käsiteltiin myös, miten kehitysmaiden reaktorinhankintaproblematiikkaan liittyvät vaikeudet voidaan voittaa eri sektoreilla tapahtuvan yhteistyön ja know-how'n siirron avulla (esim. Brasilia ja Iran). Paperissa mainittiin myös 'Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung'in tutkimukseen perustuva mielenkiintoinen tulos, että yhden ydinvoimalaitoksen (välillisesti ja välittömästi) työllistävä vaikutus on n. 39 000 henkilötyövuotta.

Bangladeshin paperissa (no 1) tarkasteltiin yleisemmästä näkökulmasta kehitysmaiden reaktorinhankintaproblematiikkaa (100...500 MW(e)) ja selvitettiin IAEA:n markkinatutkimusten (ennen ja jälkeen öljykriisin) tuloksia. Reaktorinvalmistajien vähäinen mielenkiinto (vain kolme Euroopassa) ihmetytti esitelmöitsijää. Käytössä oleviin laitoksiin perustuvia tavallisia reaktoreita pidettiin laivareaktoreista kehitetyjä parempina. Voimakkaana ehdotuksena tuotiin esille tarve perustaa erityinen IAEA:n jäsenvaltioiden ylläpitämä ydinrahasto, jolla tuettaisiin toisaalta tiettyjä valittuja reaktorinvalmistajia ja toisaalta niitä kehitysmaita, joilla on suurin mielenkiinto ydinenergian käyttöön. Sopivimpina reaktoryyppinä pidettiin SGHWR:a, CANDUa ja pieniä LWR:a.

S.K. Mehta (no 394, Intia) esitti Intian jatkosuunnitelmia CANDU-PHWR:n pohjalta.

Em. kolmeen esitelmään liittyvässä keskustelussa todettiin mm., että pienten reaktoreiden suhteen kehitysmailla on lähes samat probleemat (rahoitus, työvoima, käyttöhenkilökunnan koulutus, know-how'n puute, luvanhakuprosessit jne.) kuin suurten laitosten yhteydessä.

Ranskalaisten paperissa (no 89) selostettiin CAS-laivareaktoriin (teho 300...400 MW(th)) pohjautuvien modifikaatioiden

soveltamista laivoihin, sähköntuotantoon, lämmöntuotantoon tai yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon. Reaktori olisi myös mahdollista rakentaa telakalla kelluvalle alustalle ja hinata sitten sijoituspaikkaansa. Myös myöhempi siirto olisi mahdollista.

Klepper (no 398, USA) selvitteli useiden eri tutkimusten tuloksia, joissa on tutkittu pienten reaktorien soveltuvuutta ja kannattavuutta eri käyttötarkoituksiin (sähkön, kauko- tai prosessilämmön tuotto tai suolanpoisto). Babcock-Wilcoxin 365 MW(th):n CNSG-PWR (Consolidated Nuclear Steam Generator) soveltuu joko prosessihöyryn tai sähkön tuottoon. Höyryä tuottavan version hinnaksi on arvioitu \$ 128·10⁶ ja sähköä tuottavan \$ 158·10⁶ (vuoden 1976 dollareissa). Myös lämpöenergian hintoja esitettiin. Laitos voidaan sijoittaa joko maalle tai uivalle alustalle. Edelleen Klepper selosti sähköä ja höyryä tuottavista 1000 MW(th):n PWR- ja BWR-laitoksista tehtyjä alustavia tutkimuksia. Myös pienen (200...1000 MW(th)) kuulakekotyyppisen HTGR:n soveltuvuutta pelkän lämmön tai yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuottoon on tutkittu. Klepper totesi tarkasteltujen laitosten voivan olla taloudellisesti kilpailukykyisiä USA:ssa fossiiliseen polttoaineeseen perustuvaan prosessilämmön tuottoon verrattuna. Yleisön suhtautuminen on avoin kysymys. Standardilaitoksen sarjatuotanto, vakaa luvanhakuilmapiiri ja rahoituksen järjestäminen ovat toteuttamisedellytyksinä. Etuina taas on parempi käytettävyys (nopeampi polttoaineen vaihto ja vähemmän komponentteja), lyhyempi rakennusaika, parempi turvallisuus (fissiotuotteita vähemmän) sekä siitä johtuen joustavampi sijoituspaikan valinta.

Israelin paperissa (no 82) selvitettiin suolanpoistolaitoksen soveltamista standardiydinvoimalaitoksen (1882 tai 2785 MW(th)) yhteyteen. Laitos tuottaisi sähköä ja matala-arvoista höyryä suolanpoistoon. Tuotetun makean veden hinta olisi vain 35... 40% konventionaalisiin menetelmin tuotetusta.

Neuvostoliiton esitelmässä (no 338) käsiteltiin seikkaperäisesti erityyppisten ja -tehoisten (n. 10 MW:sta tuhansiin MW:eihin) reaktorien osalta prosessi- ja kaukolämmön tuottoon

liittyviä taloudellisia ja teknisiä tekijöitä. Sekä pelkkää lämmön tuottoa että yhdistettyä sähkön ja lämmön tuottoa tarkasteltiin. Käyttökokemukset Bilibinon (36 MW(e) + 75 Gcal/h) ja Belojarskin laitoksista osoittavat, että välipiirien käytöllä voidaan estää radioaktiivisten aineiden leviäminen kaukolämpöverkkoon. Lähisijoituksen todetaan edellyttävän (sähköä tuottavia suuria reaktoreita) pienempää reaktoritehoa, mahdollisesti maanalaista sijoitusta tai (lisä)suojarakennuksen rakentamista. Tällöin laitoksen sijoittaminen asutun alueen välittömään läheisyyteen (3...5 km) on mahdollista. Jos laitos sijoitetaan etäälle (20...30 km), ei em. lisävaatimuksia synny.

Tsekkoslovakian paperissa (no 465) verrattiin 3000 MW(th):n ydinkaukolämpövoimalaitosta vastaaviin hiili- ja öljylaitoksiin. Ympäristöhaittojen suhteen ydinkaukolämmitys todettiin selvästi paremmaksi. Myös hukkalämmön käyttöä kasvihuoneen lämmitykseen selvitettiin. Keskustelussa ilmeni, että yleisö Tsekkoslovakiassa toivoo ydinenergiaan perustuvaa kaukolämpöä, koska konventionaalisten laitosten ympäristöhaitat ovat todellisenä probleemana.

Loppukeskustelussa käsiteltiin mm. pienten reaktoreiden hintatietojen luotettavuutta (ekstrapolaatio suurista laitoksista!). Saksan Liittotasvallan esitelmöitsijä kertoi varoittavan esimerkin filosofiasta 'turvallinen reaktori sähkön tuotantoon - vielä turvallisempi reaktori lämmön tuotantoon'. Nyt ihmiset vaativat Wyhlissä, että sähköä tuottava ei-lähisijoitettu ydinvoimalaitos pitäisi varustaa BASF-konseptin mukaisilla lisäturvavarusteilla!

Yhteenvedossa istunnon puheenjohtaja, M.A. Khan totesi, että IAEA:ta tullaan kehoittamaan nopeasti edistämään pienten reaktoreiden käyttöä.

8 Special technical session on advanced systems and applications

Markku Rajamäki

Tässä istunnossa käsiteltiin ydinreaktoreita ja energiajärjestelmiä, joilla voidaan arvioida olevan kaupallista merkitystä korkeintaan vasta 1990-luvulla.

Alankomaiden katsauksen aiheena oli termiset hyötöreaktorit ja konvertterit. Näissä on mahdollista käyttää torium-U233-kiertoa ja täten voidaan pienentää luonnonuraanin tarvetta. Lisäksi arvioitiin safequard-ongelmien pienenevän. Erästä tällaista, sulasuolareaktoria, käsitteli USA:n edustaja. Liukenevaa polttoainetta käyttämällä sulasuolareaktorilla on etunaan pienet polttoainekustannukset, korkea terminen hyötysuhde, edulliset turvallisuus- ja safequard-ominaisuudet. Viimeksimainittu erikoisesti, koska reaktorin ulkopuolisessa polttoainekierrossa tarvitaan kerrallaan vain pieni määrä fissiiliä ainetta. Ensimmäinen 1000 MWe demonstraatiolaitos maksaisi \$ 3.25.10⁹ (1975).

Neuvostoliittolaisilla oli useita papereita. Eräs käsitteli dissoituvaa N₂O₄-jäähdytettä käyttävää nopeaa hyötöreaktoria, jolla pitäisi päästä polttoaineen kahdentumisaikaan 4-5 vuotta. Muissa papereissa tarkasteltiin MHD-generaattoreiden käyttöä kehittyneiden ydinreaktoreiden yhteydessä, grafiittivesireaktoreiden käyttöä ylikuumennetun höyryn tuottamiseen, ja taloudellisia ja teknisiä kysymyksiä VVER-laitoskoon kasvaessa 1000 MWe:stä 2000 MWe:iin.

Ruotsalaisten paperissa tarkasteltiin ydinenergian käyttöä asutustaaajamien lämmitykseen johtamalla lämpö putkijohtoa pitkin suuresta ydinvoimalaitoksesta tai vaihtoehtoisesti lähisijoitetusta pienestä matalalämpöreaktorista. Alustavat suunnittelu- ja turvallisuusanalyysit ovat valmistuneet 200 MW_{th} laitokselle, joka on tarkoitettu n. 60000 asukkaan taajamalle. Tähän SECURE-nimiseen tutkimusprojektiin on myös Suomi (Finn-Atom ja VTT) osallistunut.

Istunnossa kuultiin myös katsaus prosesseista, joilla voidaan valmistaa vetyä tai synteettisiä polttoaineita käyttäen hyväksi korkealämpöreaktoreita, sekä katsaus kokemuksista, joita on saatu ydinenergiasta käyttövoimansa saavista laivoista, ja kuvattiin suunnitelma tällaiselle kauppalaivalle.

Summary

Pekka Hiismäki

Päätöspuheenvuorossaan Eklund toteaa, että maailman energia-tarpeen tyydyttäminen tulevina vuosikymmeninä ei onnistu ilman ydinenergiaa, vaikka kaikkiin mahdollisiin energiansäästötoimiin ryhdyttäisiin maailman laajuisesti. Jo lyhyellä tähtämellä ydinenergia tarjoaa mahdollisuuden vähentää riippuvuutta öljystä ja pitemmällä tähtämellä plutoniumin hyväksikäyttöön perustuva teknologia on tällä hetkellä ainoa teknisesti uskottava vaihtoehto.

Eklund omisti puheenvuorossaan erityistä huomiota reaktori-teknologiaan, polttoainekiertoon, ympäristövaikutuksiin, kehitysmaiden ydinenergian käyttöön sekä safeguards-kysymyksiin.

Loppusanoissaan hän toivoi painokkaasti, että NPT-sopimus saisi maailmanlaajuisen kattavuuden. Hän viittasi myös pessimistisiin näkemyksiin ja totesi IAEA:n politiikkana olevan osallistumisen avoimeen keskusteluun. Ydinenergian laajamittaisen käytön kohdalla Eklund näki vain yhden ratkaisemattoman kysymyksen, nimittäin aikataulun. Salzburgin konferenssi on toiminut hälytyskellona sen vaaran tiedostamiseksi, että maailma uhkaa ajautua energian riittämättömyyden kriisiin ennen tämän vuosisadan loppua.

The background against which this Conference has been set included the assumption of a need for a major commitment to nuclear power. I believe that the participants in this Conference will leave with feelings of re-affirmed confidence in that commitment.

This may be a somewhat striking conclusion in the face of the doubts, re-assessments, slow-downs and uncertainties which have marked the last few years and which may remain with us for some time. Yet in spite and perhaps because of them, we have seen a general agreement emerge from our discussions that nuclear power is a necessary and irreplaceable source of the future energy supply in mankind for both the short and the longer term. Of special importance has been the confirmation by the United States of their commitment to nuclear power based on light-water reactors.

This agreement stemmed from another consensus, namely, that world energy needs will rapidly grow over the next decades, although there may be some question about the rates and extent of this growth.

What is certain, however, is that the present world consumption of about six billion tons of oil equivalent will increase to about twice to three times this level by the year 2000. This will happen even if the maximum efforts at conserving energy are applied by industrial countries as they should be and the most efficient methods for conversion and final utilization are developed throughout the world. It should be pointed out in this context that energy conservation measures also have a long lead time and are, in some cases, capital intensive.

The developing countries, representing more than half of today's world population, were unanimous in holding that the glaring gap between the standards of living of their nations and those of the industrial States must be reduced. This would require an expansion of energy consumption which, by the turn of the century, would raise their relative share far beyond the current level of 10 per cent of the total.

The technical problems of the fuel cycle, at least for the power reactors in operation today, have been solved for each step of the fuel cycle. A

characteristic of the nuclear fuel industry is that its product is for one use only and the number of customers is limited to other industries in the fuel cycle.

There are close inter-relations between such elements of the cycle as demand for uranium, enrichment and reprocessing services. These factors represent a strong technical and commercial incentive for integrated planning of the fuel cycle. Furthermore, it has been demonstrated, especially by recent developments, that the nuclear fuel industry cannot be looked at exclusively from a commercial point of view, but many political aspects must be taken into account because at least some steps can be mis-used. Because of this feature, as well as of the environmental implications involved, the industry must accept strict national and international controls. Consequently, the direct or indirect governmental actions will continue to be of essential importance and provide decisive assistance in tackling short-term issues which, if they are not resolved, would leave little opportunity to consider long-term problems.

Several proposals have been made for the Agency to play a stronger role in the fuel cycle, particularly in its tail end. The Agency's study of regional fuel cycle centres can be regarded as a beginning for

further activities, the extent and scope of which will have to be carefully considered. Such a scope could include, for instance, advice and guidelines for long-term storage of spent fuel in the case of an open-ended fuel cycle but could range into expansion of our present studies of alternative fuel cycles over the next several years.

In over 1400 reactor-years of commercial power reactor operation no accident leading to a radiation-related disability has occurred - a record that is unparalleled in any other modern large-scale industry. In spite of this record, improved safety features continue to be developed and incorporated in reactors. To help attain a high international standard in the field, Member States have supported the IAEA in working out safety codes and guides for thermal power plants.

The fabrication and reprocessing of irradiated fuel presents a wider range of safety problems than any other part of the fuel cycle because of the large amounts of radioactive material present. However, the application of nuclear power plant safety criteria should provide adequate protection for these plants.

At the present time, operating nuclear plants in five developing countries represent less than one per cent of the installed electrical capacities of all developing countries and only about three per cent of the world nuclear capacity. Twelve other developing countries have nuclear plants under construction or planned for operation by 1985 with an aggregate capacity of about 28 000 MW(e). Thus the developing world's share of total world nuclear capacity will increase to about nine per cent by that year.

Many problems will have to be overcome, one of the most difficult of which is financing, particularly the foreign currency requirements. At an informal meeting outside this Conference between a number of bankers, industrialists and utility representatives, last week, serious thought was given to this problem and a continuation - in one form or another - of the discussion is under consideration.

Other requirements include skilled manpower, adequate local industrial and engineering infrastructure, the need for a free nuclear market, access to advanced technology transfer, the availability of nuclear power plants in the required sizes, and an ensured supply of nuclear fuel.

One of the conclusions which appeared repeatedly throughout the discussions on nuclear fuel cycle problems was a recognition of the need for further strengthening the international non-proliferation regime in the sensitive areas of the cycle, both in terms of its universal acceptability and improvements of political and technical measures aimed at preventing proliferation. This is a condition for ensuring internationally available fuel cycle services.

Emphasis has been placed on the fact that the ultimate responsibility for effective international safeguards rests with the IAEA. Thus, notwithstanding the requirement for improved national and multi-national systems of nuclear materials accountancy and control the sine qua non of effective international safeguards is independent verification by the IAEA of compliance with the provisions of safeguards agreements concluded pursuant to the NPT and to the Statute of the IAEA. This independent verification is the basis of the IAEA safeguards system and this responsibility cannot be transferred to any other authorities.