

ATS

Ydintekniikka n:o 3/1978

ENS NEWSLETTER 7&8		s. 3
KOTIMAAN TAPAHTUMIA		s. 14
YDINJÄTEHUOLLON JÄRJESTÄMISESTÄ	S. Immonen	s. 20
YDINTEKNIIKAN TUTKIMUKSEN RUNKO-OHJELMA VUOSILLE 1979...1983	L. Mattila	s. 26
RUOTSALAINEN VAIHTOEHTO KÄYTETYN POLTTOAINEEN LOPUL- LISESTA TALTIOINNISTA KALLIOPERÄÄN	S. Vuori	s. 35
IAEA:N 22. YLEISKOKOUS		s. 48
SIXTH ACTIVITY REPORT OF THE OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY. SUMMARY		s. 56
PRINCETONIN TOKAMAKILLA 60 MILJOONAA ASTETTA		s. 63
	S. Karttunen & R. Salomaa	
DIE ENTSORGUNG DER KERNKRAFTWERKE VON RADIOAKTIVEN BE- TRIEBSABFÄLLEN NACH DEM GNS STEAG-SYSTEM, BETRIEBSERFAHRUNGEN	H. Baatz	s. 67
HYÖTÖREAKTORIEN KEHITYSNÄKYMÄT	A. Vuorinen	s. 81

ATS YDINTEKNIikka

Numero 3/1978

Lokakuu 1978

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

Toimitus: päätoimittaja
Lasse Mattila

toimittaja
Jorma Karjala

ASKELEITA ETEENPÄIN

Kun Teollisuuden Voima Oy:n ensimmäinen laitosyksikkö, TVO I, varhain syyskuun 2. päivänä kytettiin ensimmäisen kerran valtakunnan verkkoon, merkitsi se huomattavaa edistysaskelta teollisuuden omalle sähköntuotannolle. Teollisuuden Voima Oy toteutti tällöin ensimmäisen kerran kokonaisuudessaan toiminta-ajatustaan osallistua osakkaittensa sähkön tarpeen tyydyttämiseen rakentamalla ja käyttämällä suurvoimalaitoksia. TVO I:n varsinainen kaupallinen käyttö alkaa muutaman kuukauden pituisen koekäyttövaiheen jälkeen.

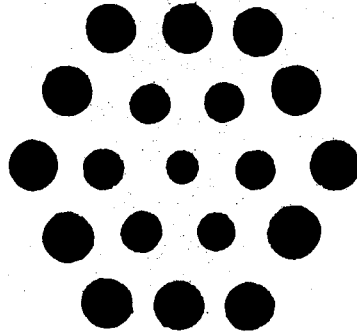
TVO I:n mukaantulo 660 megawatilla maamme sähköntuotantokoneistoon nostaa ydinvoimatehon 1100 megawattiin huomioiden Loviisa I - laitoksen tehon. Ydinvoima vastaa tällöin jo kuudetta osaa maamme sähköntuotannosta.

Kun sekä Olkiluodon että Loviisan toiset laitosyksiköt parin vuoden kuluessa valmistuvat, kaksinkertaistuu ydinsähkön tuotanto. Tämän on laskettu säästävän vuosittain puolisen miljardia markkaa fossiilipolttoaineilla tuotettuun sähköön verrattuna.

Huomattava edistysaskel on myös tehty ydinjätehuollon alalla. Imatran Voima Osakeyhtiön ja Teollisuuden Voima Oy:n yhteinen ydinjätteselvitys, jonka ensimmäinen osa taannoin julkistettiin, osoitti, että nämä asiat ovat teknisesti ratkaistavissa Suomen oloissa.

Yhteinen työ ydinjätealalla ei suinkaan lopu tähän. Suomessa tapahtuvan teknisen kehittä- ja tutkimustyön lisäksi on ydinjätteen huolenpito- ja kustannusvastuun jakaminen syytä viipymättä saada kuntoon. Myös kansainvälisellä rintamalla käytetyn ydinpolttaineen sekä ydinjätteen käsittelyyn ja varastointiin liittyvät kysymykset ovat tulleet yhä ajankohtaisemmiksi ja viime vuosina yhteistyö tällä alalla on merkittävästi tiivistynyt. Voidaan katsoa ilmassa olevan selviä lupauksen merkkejä siitä, että myös yleismaailmallisesti ollaan pääsemässä askeleita eteenpäin.

Magnus von Bonsdorff



EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY NEWSLETTER

TOPICAL QUESTIONS RELATING TO NUCLEAR ENERGY

The President of the Society addressed the German National Committee of the World Energy Conference at their last meeting on 14 April 1978 in Berlin. The following summary of his report on topical questions in nuclear energy is reproduced below.

Dr Beckurts first discussed the problem of the "Nuclear Controversy" in the Federal Republic of Germany and briefly dealt with the difficult development of the political discussion on nuclear energy in the past year. In contrast to this, the good operating results of German nuclear power stations was encouraging, contributing roughly 36 TWhr in 1977 and thus more than 11% of public electricity supplies. Several investigations conducted in this connection have confirmed the economic competitiveness of electric power production from nuclear stations even in the medium-load range.

Professor Karl Heinz Beckurts further pointed out that nuclear waste management is of central significance for the further development of nuclear technology in the Federal Republic of Germany. Based on the safety report presented by Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung (the German Association for Reprocessing) for the Gorleben reprocessing and waste disposal centre, the Reactor Safety Commission and the Radiation Protection Commission have ascertained that the nuclear waste disposal centre is basically feasible from a safety engineering point of view. Commissioning will not be possible before 1990. To bridge this interval it is intended to provide adequate interim storage for spent fuel elements; in addition, contracts on nuclear waste management have been negotiated with Cogema.

In the context of reprocessing problems, the President of ENS spoke on the new American policy on non-proliferation of nuclear weapons, which domestically resulted in the abandonment of commercial reprocessing and of the Clinch River breeder project. On an international level, this policy has led to the establishment of the INCFE programme but it will be felt primarily by the impact of the 1978 Nonproliferation Act, which has just passed Congress and which may entail substantial uncertainties in the supply of nuclear fuel from the USA. Its effect on the supply situation in the Federal Republic of Germany were discussed.

The President concluded by stating that on a national as well as world-wide basis, the peaceful utilization of nuclear energy will

advance at a slightly slower pace than was previously expected; this is mainly due to political difficulties. However, this will not alter its fundamental significance as the only perceivable and technically feasible alternative to the limited fossil sources of energy in a world whose energy requirements will imperatively increase.

K.H.Beckurts
President ENS

INTERNATIONAL NEWS

The threatened breakdown of relations over the supply of uranium by the United States of America to countries in Europe has fortunately been prevented on the agreement of France to the opening of discussions between the EEC and the USA over the terms of the supply contracts and non-proliferation. Correspondingly, deliveries of enriched uranium for nuclear power plant usage has been continued.

Publications of Interest

Fusion and Fast Breeder Reactors, W Hafele et al, International Institute for Applied Systems Analysis, A-2361, Austria.

Nuclear Reactor Safety, edited F R Farmer, Academic Press, New York, 1974.

Transfer of Nuclear Technology, M M R Williams editor, Proceedings of the Iran Conference, Shiraz, Pergamon, U K 1977.

Proceedings of a Conference on Education and Training, 16 March 1978, London. These proceedings, including both prepared papers and discussion from the one day meeting organised by the Institution of Nuclear Engineers, are available price £15 from the Institution, 1 Penderley Road, Catford, London SE6. Whilst much of the conference dealt with education in Universities and training in Industry within the UK, there was a valuable paper from Dr Picker of the IAEA School, Karlsruhe, on Technology Transfer to Developing Nations of international interest.

NUCLEAR TECHNOLOGY

The major move of the European Nuclear Society into publishing by way of the 50th purchase of Nuclear Technology has now been put into effect and the first issues bearing the joint name of the ENS and the American Nuclear Society have appeared, commencing March 1978.

The Board of Management is equally divided between the two Societies. Representing the ENS are Mr Peter Tempus (Switzerland), M. Faure (France) and Hr Stegeman (Germany). In accordance with the agreement setting up the Management Board, since the current editor (Roy Post) is American, the Chairman of the Board is nominated by the President of ENS and this post has fallen on Mr Tempus.

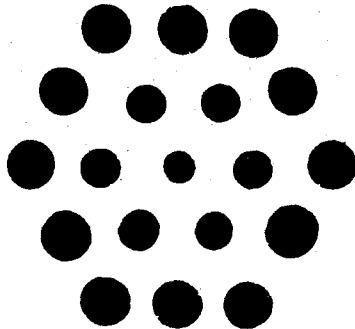
Favourable subscription rates are available to individual members of the Organisation Members of ENS and details of these valuable concessions will be published shortly with address for ordering etc.

The editorial range of subjects covered by Nuclear Technology is shown in an accompanying list, of interest not only to potential authors in the ENS but also perhaps to their sponsors and employers.

SCOPE OF NUCLEAR TECHNOLOGY

1. REACTORS - design, construction, & operation of specific reactors, components & facilities - reactor concepts emphasizing mechanical & handling aspects - problems, methods, & practices of reactor operation. Application of experimental measurements to the design & operation of reactors, however, not the experimental measurements per se.
2. REACTOR SITING - reactor safety, safety analysis, & criteria for siting the reactors.
3. FUEL CYCLES - the design of fuel cycle schemes & the management of nuclear fuels.
4. CHEMICAL PROCESSING - the chemical processes used in processing nuclear fuels & materials.
5. FUELS - design & operational characteristic of nuclear fuels.
- RADIOACTIVE WASTE - the techniques for handling & managing radioactive waste from the chemical separation processes.
7. ECONOMICS - economic analysis of nuclear reactors, nuclear explosives, & other engineering applications of nuclear energy.
8. MATERIALS - practical applied papers describing gross effects, results of application of theory, preparation, purification, & properties of direct engineering interest.
9. RADIOISOTOPES - their production, application, safety consideration including fabrication techniques for sources, shielding casks, & isotope milking devices.
10. ISOTOPE SEPARATION - both stable isotope & radioisotope separations, the processes, methods, & design of equipment.
11. HOT LABORATORIES - design, construction, & operation of hot laboratories & remotely operated systems - art & techniques of handling radioactive material, including fuel.
12. NUCLEAR EXPLOSIVES - the technology of the application of nuclear explosives.
13. AEROSPACE - the application of nuclear energy to propulsion or space power sources.
14. SHIELDING - construction, placement, field tests - application of theory to design problems including comparisons of theory with measurements.
15. ACCELERATORS - the production, design, application, & safety considerations involved in fabrication techniques for accelerator manufacture.
16. INSTRUMENTS - the use of radioisotopes & radiation to function or measure some property peculiar to the nuclear profession & the measurement & methods including nondestructive testing of nuclear materials & processes.
17. RADIATION - its production & application & safety considerations involved.
18. ANALYSES - activation, isotopic, burnup, radiochemical, etc.
19. TECHNIQUES - methods of measuring basic engineering parameters, emphasizing the method, rather than the measured value per se.
20. EDUCATION - methods & techniques of instruction in the foregoing subjects, including descriptions of laboratory experiments & demonstrations.

E N S



Newsletter
No. 8
August 1978

EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY NEWSLETTER

International Commerce in Enriched Uranium
and Special Nuclear Materials

The Carter initiative led to a significant halt in the flow of special nuclear materials for peaceful purposes, especially enriched uranium, whilst the new US President considered the implications for non-proliferation and World peace. This delay and the threat to the energy lifeblood in many nations caused considerable reaction, not all of which served the purposes of non-proliferation. Of course the special technical studies (INFCE) which were one international response to the American move is continuing. It does seem however that a significant restart has occurred to the flow of special nuclear materials for peaceful purposes as evidenced by the collection of newspaper items we have listed under International News. This relaxation will bring considerable relief to power companies etc who were understandably concerned that a continuation of the 'freeze' would soon nullify their capacity to produce electricity. At the same time, we must all be anxious that public and politicians join with scientists and technologists to find a statesman-like solution to the serious international problems, to find a solution which can be seen by all as being in the best interests of the world.

The Editor

INTERNATIONAL NEWS

Enriched Uranium Supplies

It is reported that the interrupted supply of enriched uranium to India from the United States may shortly be resumed, following agreement in the House of Representatives despite India's refusal so far to enter into the nuclear non-proliferation treaty. Dispatch was originally held up following the explosion by India of test nuclear weapons and consideration of the role of US supply of special materials.

The UK and Japan have now signed a fuel reprocessing contract following the approval of planning permission for the Windscale plant expansion by British Nuclear Fuels Ltd. The contract for transport and reprocessing is due to start in 1982 and is valued at some 500 million pounds sterling. It is subject however to the agreement of the USA over the routing of the enriched uranium content via British reprocessing.

It is reported that the Dutch Government has now agreed to the supply of enriched uranium for power reactor purposes to Brazil from the URENCO plant, the joint UK, German and Dutch combine.

It is rumoured in the press that American officials have visited South Africa to negotiate a recommencement of the flow of enriched uranium from the States, coupled with reprocessing of South African waste fuel, in the context of the significant fraction of world production of uranium ores from South Africa whose loss would seriously endanger supply to the Western World. It is known of course that South Africa intends to develop her own enrichment processes, thought to be a variant of the fixed wall centrifuge, from its present demonstration plant stage but the commercial capacity to provide her own enriched uranium may be some years off.

The UK Central Electricity Generating Board confirmed that it had arranged, in 1975, contracts to purchase enriched uranium from the USSR for short term supplies until the new URENCO centrifuge processes were commercially developed.

Diplomatic moves are said to be in progress between the USA and France related to the construction of a 70 MW materials testing reactor by France for Iraq, in Osirak, and, in particular, the supply of highly enriched uranium for its initial operation shortly. Such fuel would conventionally be of some 90% enrichment and thus potential weapons material.

Iraq, but not France, is a signatory of the Nuclear Non-proliferation treaty and thus the shipment may be expected to be undertaken in accordance with the IAEA safeguards. (France is understood to follow similar guidelines even though not a signatory.) The matter is complicated by several other factors. The US at the moment provides the bulk of enriched uranium to France for both research reactors and power reactors; this controlling position will be eroded further as the Eurodif capacity comes on-line as well as to the extent that France has a national separation gaseous diffusion plant. The Middle East area is politically sensitive with the rumoured capacity of Israel to produce small quantities of atomic weapons from its own resources including a similar reactor in the Negev desert. Finally, a review by the IAEA suggests not so much that the Non-proliferation treaty is faulty as that significant numbers of nations are not signatories or do not provide all the inspection facilities under the treaty that would guarantee non-diversion of weapons material.

There is however a prospect that a medium enrichment fuel (say 8%), known in the French concept as 'carmel', can be developed for Test Reactors. Such fuel would not be suitable for weapons and would be a happy resolution of a difficult political problem by a 'technical fix'.

Publications of Interest

The Swiss Nuclear Society has published its paper addressed to Federal Councils etc related to the nuclear referendum and entitled

Ein uberlegtes und begrundetes 'Ja' zur Kernenergie.

Copies of this paper in German or French are available from the Society. (A deliberate and well founded 'yes' to nuclear energy).

Courses of Interest

The UK National Radiological Protection Board have announced details of two intensive post-graduate courses to be held at the Harwell Education centre. The first is an advanced course for health physicists etc, 2-27 October 1978. The second is an introductory course for graduates, 12 March - 6 April 1979. Further details from the Harwell Education Centre, Oxfordshire OX11 0QJ, England.

National News

United Kingdom

On 23 May 1978, the Secretary of State for Scotland signed an order permitting the construction of the Torness Advanced Gas Cooled Reactor. This will be the second Scottish AGR although there are likely to be some modifications of the Hunterston 'B' design.

Senior members of the prestigious Fellowship of Engineering, headed by Lord Nelson of Stafford, called for the consideration of formal planning permission for the commercial demonstration fast reactor in Britain, likely to be the UKAEA's sodium cooled reactor, to be built possibly as a further plant at Dounreay although no formal site has yet been advanced. The Government has already promised that such a move would be met by a wide-ranging study similar to the recent Windscale enquiry although the exact form may be modified in the light of this experience.

Lord Nelson is a senior figure in the electrical manufacturing industry in the UK.

Austrian Referendum

The two main political parties in Austria have now come out in favour of a referendum to determine whether to continue with nuclear power in that country. Although a Government announcement was awaited at the time of writing, the majority ruling Socialist party had made the decision, the Chancellor, Dr Bruno Kreisky, announced, at a recent party meeting. The decision was immediately welcomed by the main opposition party, as one which may finally determine the use of the country's nuclear power project, first delayed by environmental arguments in 1971.

THE ENS DIARY : FUTURE EVENTS OF INTEREST
new entries are side-starred **

AUGUST

23 - 30

IAEA Plasma Physics, Innsbruck

SEPTEMBER

5 - 8

Second International Colloquium on Electron Beam Welding, Avignon, France (Secretary: M Buffereau, Commissariat a L'Energie Atomique, DMDIN DP 2 91190 Gif sur Yvette, France)

17 - 21

IAEA General Conference, Vienna

25 - 29

International Conference on Neutron Physics and Nuclear Data for Reactors, AERE Harwell, OX11 0RA, UK.

OCTOBER

2 - 6

Nuclear Materials Safeguards Meeting IAEA , Vienna.

3 - 7

Nuclex '78, Basle

15 - 18

Executive Conference on the Economic Viability of the Nuclear Industry, Phoenix, Arizona. Sponsored by ANS

16 - 19

Nuclear Reactor Safety, ANS Belgium/ENS, Brussels, Belgium (Belgonucleaire, rue du Champs du Mars 25)

13 - 17

IAEA/NEA Decommissioning Nuclear Facilities, Vienna

NOVEMBER

27

International Conference: Radiation Protection in Nuclear Power Plants and the Fuel Cycle, BNES UK.

27

International Scientific Forum on an Acceptable World Energy Future, Miami, Florida, USA. **

30

Ramping and Load Follow-on Behaviour of Reactor Fuel, sponsored by ENS and the Petten Establishment of the Joint Research Centre of the EEC. A two day meeting - see the call published with this Newsletter. **

1979

JANUARY

29

Thermodynamics of Nuclear Materials, Julich. Sponsored by IAEA.

5

ENS NEWS

APRIL

2 - 6

International Conference on Welding and Fabrication in the Nuclear Industry, London. Sponsored by BMES. **

MAY

6 - 9

European Nuclear Society Conference ENC 79 Hamburg (Secretary: KTG 5300 Bonn, I - Heusallee IO Germany)

JUNE

3 - 8

Annual Meeting American Nuclear Society, Atlanta, Georgia USA.

AUGUST

13 - 17

SMIRT Five; the Fifth International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Berlin. **

Co-sponsored ANS and ENS Topical Meeting in Seattle, Washington, USA, on Fast Reactor Safety.

OCTOBER

Reactor Dosimetry Meeting, CNEC-CSN, Italy, I-0060

NOVEMBER

11 - 15

American Nuclear Society Winter Meeting, San Francisco, USA.

1980

MAY

Fourth International Conference on Pressure Vessel Technology, Institution Mechanical Engineers, London SW1H 9JJ, UK.

JUNE

8 - 13

American Nuclear Society Annual Meeting, Las Vegas.

NOVEMBER

16 - 21

American Nuclear Society and Atomic Industrial Forum, Washington DC, USA.

News of Member Societies

The Finnish Nuclear Society report the visit of a delegation from the USSR 17 - 24 May. The visit was an opportunity to hear more of Russian nuclear activities, nuclear materials, control, advanced reactor concepts etc, as well as to show the Russian visitors the Finnish nuclear programme.

The Spanish Nuclear Society report the election of officers. In particular, D. Eduardo Diaz Rio will serve as Presidente of the Society, Secretary General is D. Manuel Perello.

NAMES AND ADDRESSES OF ENS MEMBER SOCIETIES

- I.
 1. Afdeling voor Kerntechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs: ir R van Erpers Royaards, N V KEMA, Utrechtseweg 310, Arnhem, The Netherlands
 2. American Nuclear Society: Local Sections in Europe
 - Belgium: M G. Tavernier, Belgonucleaire, rue du Champ de Mars, 25, B-1050 Brussels
 - Central Europe: A. Bayer, KFZ, Postfach 3640, 7500 Karlsruhe, INR West Germany
 - France: M. Rozenhole, GAAA, 20 av Edouard Herriot F-92350 Le Plessis Robinson, France
 - Italy: Avv P Bullio, Via Paisiello, 26/28, I-00198, Roma
 3. British Nuclear Energy Society: Paul Wolff
c/o Institution of Civil Engineers,
1-5 Gt George St London SWIP 3AA
 4. Foreningen Karnteknik: R I Ekholm, AB Atomenergi
Fack, S-611 01 Nykoping I, Sweden
 5. Hellenic Nuclear Society: Dr C Apostolakis,
General Secretary, Isotopes Dept NRC 'Demokritos',
Aghia Paraskevi, Attiki, Athens, Greece
 6. Institution of Nuclear Engineers: Bruce Youngman, Secretary
I, Penerley Road, Catford, London SE6, UK tel: 698 1500
 7. Kerntechnische Gesellschaft im Deutschen Atomforum e.V
Allianplatz, Haus X D-5300, Bonn 1 west Germany
 8. Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute
Dr P Tempus, c/o Eidg. Technische Hochschule
Ramistr. 101, CH-8006 Zurich, Switzerland
 9. Sociedad Nuclear Espanola:
Secretario General D. Manuel Perello
Esterbanes Calderon, 7-9^of
Madrid-20, Spain
 10. Societa Nucleare Italiana: Prof C. Salvetti c/o CNEN
Viale Regina Margherita, 125, I-00198 Rome, Italy
- II.
 1. Societe Francaise d'Energie Nucleaire: Secretariat,
48, rue de la Procession, 75015 Paris Cedix, France
 12. Suomen Atomiteknillinen Seura-Atomtekniska Sällskapet I Finland
R.Y. (Finnish Nuclear Society FNS)
Valtion teknillinen tutkimuskeskus,
Ydinvoimatekniikan laboratorio, Loennrotinkatu 37,
SF-00180, Helsinki I8 Finland

ENS NEWS

NEWS OF ENS COMMITTEES

New ENS Technical Divisions?

Several members of ENS have suggested the formation of scientific/technical divisions in order to broaden the scope of the corresponding national groups. Preliminary consideration to this concept was given by the Planning Committee at its meeting in June in the UK. The ENS Programme Committee proposes to pursue this idea at the next meeting of the Programme Committee during the ANS/ENS topical meeting on Reactor Safety in Brussels, 16-19 October.

Recommendations and views for the founding of specialist divisions are welcome and should be sent to the Chairman Programme Committee (Chairman Dr Diterich Bunemann) GKSS, Institut für Physik, D-2054 Geesthacht-Tesperhude, Germany.

OFFICERS OF THE ENS

President (1977/79): Professor K H Beckurts
Postfach 365 KFA Jülich-D-517 F R Germany

Immediate Past President M Alain Colomb

Vice Presidents M C P L-Zaleski, Prof C Salvetti

Board Member Dr. J Lewins ; Special Assistant Dr T Roser (KTG)

Office Manager M. G Thomas, P O Box 120 CH-1213 Petit-Lancy 2, Switzerland. Published for the ENS by INUC and printed in the UK.

Letters and material for publication should be addressed to:
Editor ENS Newsletter (Dr. J Lewins), Hughes Parry Hall, Cartwright Gardens, London WC1H 9EF : Tel (01) 387 1477 Telex: SENLIB G 269400, or via ENS member societies

Subscription Arrangements

Two copies of the Newsletter are sent to each organisation member and one to each supporting member of the ENS. Further copies may be obtained at cost by these members on enquiry of the Editor. The Newsletter on tape is available to ENS Societies, for reproduction on Flexowriter machines etc (7-hole paper tape).

ENS NEWS



COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES
Centre Commun de Recherches
Etablissement de Petten

KOMMISSION DER EUROPAISCHEN GEMEINSCHAFTEN
Gemeinsame Forschungsstelle
Forschungsanstalt Petten

COMMISSIONE DELLE COMUNITA EUROPEE
Centro Comune di Ricerca
Stabilimento di Petten

EURATOM
PETTEN-NEDERLAND

COMMISSIE VAN DE EUROPESE GEMEENSCHAPPEN
Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek
Inrichting te Petten

FIRST ANNOUNCEMENT

The Section "Fuel Elements" of the German "Nuclear Society" (Kerntechnische Gesellschaft KTG) will hold its annual meeting 1978 at Petten/The Netherlands on Thursday, 30 November and Friday, 1 December 1978.

The meeting is open to all interested persons and is sponsored by the European Nuclear Society (ENS) and the Petten Establishment of the Joint Research Centre of the Commission of the European Communities.

It will review invited papers relating to:
"Ramping and Load Follow-on Behaviour of Reactor Fuel".
The proceedings will be published as EUR report.

It should be noted that simultaneous translation will be available for English, French and German and that no registration fee is charged on the participants.

A programme and other information on meeting arrangements as well as a registration form will be available from JRC Petten in June 1978.

Please use for all correspondence the contact address:

J.R.C. Petten Establishment
HFR Division
for the attention of Mr. H. Röttger
PETTEN (N.H.), The Netherlands

KOTIMAAN TAPAHTUMIA

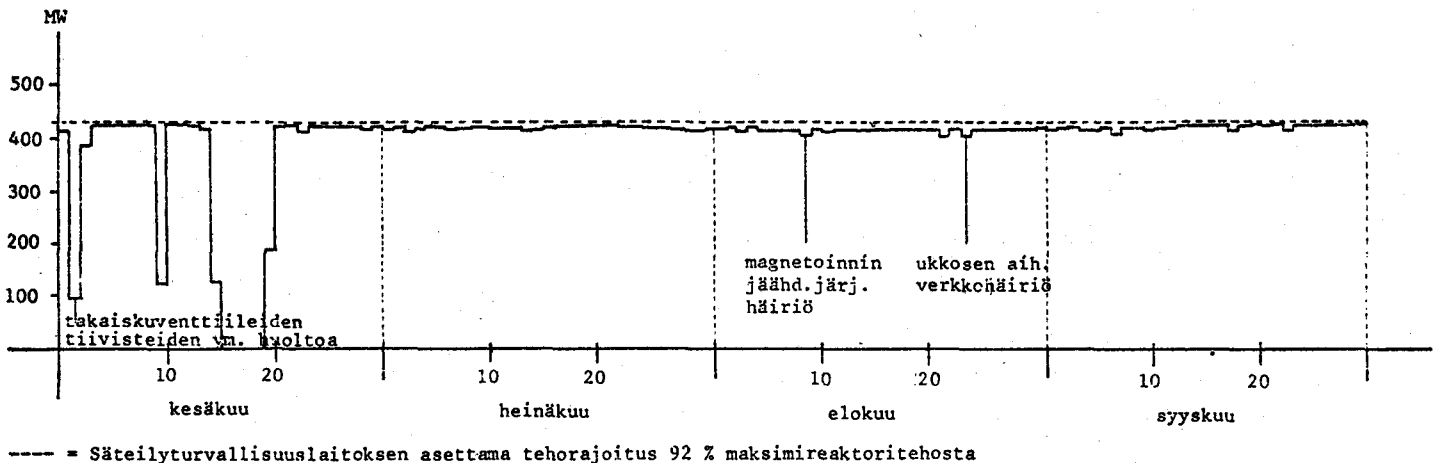
LOVIISA 1:N TILANNE

Edellinen tilanneraportti ATS-lehdessä kuvasi käyttöjaksoa 29.3. - 31.5.1978. Jakson 1.6.-30.9. käyttöhistoria on esitetty alla olevassa kuvassa.

Kesäkuussa Lol kärsi tyypillisestä lastentaudista. Kaksi kuumaa seisokkia ja yksi kylmä seisokki johtuivat eräiden reaktorirakennuksessa olevien takaiskuventtiilien akselitiivisteiden vuodosta. Sinänsä ko. vuoto ei haitannut venttiilien toimintaa. Samassa seisokissa huollettiin muitakin kohteita. Kesäkuun lopussa saavutettiin 4 TWh:n tuotantoraja.

Heinä-, elo- ja syyskuussa laitos toimi kuten yleensä, eli hyvin. Meriveden lämpötilan nousu pudotti hyötysuhdetta. Elokuussa tapahtui kaksi turpiinin pikasulkua toisen koneen jäädessä verkkoon. Toinen aiheutui magnetoinnin jäähdytysjärjestelmän häiriöstä, toinen verkkohäiriöstä.

Kuvatun 4 kk:n jakson aikana kokonaistuotanto oli 1 163 131 000 kWh, aikakäytettävyys oli 95 % ja käyttökerroin 94 % sallitusta maksimitehosta (keskim. 422 MW).



LOVIISA 2:N TILANNE

Reaktoripaineastia kuljetettiin Loviisan asemalle rautateitse kesäkuun alussa. Maantiekuljetuksen ja paikoilleennoston jälkeen jatkettiin pääkiertoputkiston hitsausta, joka saatiin valmiiksi elokuun lopussa. Noin kolmasosa saumoista oli hitsattu jo ennen reaktoripaineastian toimitusta. Hitsaustöiden valmistumisen jälkeen on pääkiertoputkiston "luupeille" tehty painekokeet ja niiden jälkeen aloitettu kunkin pääkiertopumpun sisäosien ja moottorien asennus.

Viimeiset suuret laitetoimitukset ovat parhaillaan tapahtumassa. Reaktorin sisärakenteet sekä kansi valmistuivat Isoran tehtaalla syyskuussa ja myös paineistimen odotetaan saapuvan työmaalle vielä lokakuussa. Näiden toimitusten jälkeen voidaan saattaa loppuun reaktorirakennuksen rakennustyöt ts. sulkea viimeiset asennusaukot sekä hitsata terässuojakuori jälleen umpeen.

Laitoksen mekaaniset asennukset ovat lähes valmiit lukuunottamatta turpiinilaitosta, jossa toisen koneen järjestelmien asennustyöt jatkuvat vielä kahden kuukauden ajan.

Sähköistyyksen ja instrumentoinnin asennusvalmius koko laitoksella on 65 % ja vastaavien koestusten 40 %. Lämpöeristystöiden valmius on 40 %.

Loppuasennusten lisäksi on pääpaino kesän aikana ollut prosessijärjestelmien huuhteluissa ja puhalluksissa. Mm. päähöyryputkisto puhallettiin kesäkuussa Loviisa 1:n höyryllä. Lähes kaikille järjestelmille, toisen turpiinin osuutta lukuunottamatta, on tehty ensimmäinen huuhteluvaihe ja järjestelmät ovat tällä hetkellä suurelta osin asennusorganisaation hallussa lopullisten kytkentöjen asentamista varten. Tämän jälkeen suoritetaan järjestelmien toimintakokeet. Kesän aikana aloitettiin myös jäälauhduttimen jäänlataus, joka on tarkoitus saada valmiiksi marraskuussa.

Seuraavat suuret tavoitteet projektissa ovat ensimmäisen turbogeneraattorin koeajo Loviisa 1:n höyryä käyttäen marras-joulukuussa sekä pääkiertopiirin huuhtelu ja painekoe ns. "cold hydro"-koe joulukuussa. Myös toisen turbogeneraattorin koeajo suoritetaan Loviisa 1:n höyryllä ts. jo ennen kuin omaa höyryä Loviisa 2:lta on vielä saatavissa.

Työmaan vahvuus syyskuussa koekäyttöhenkilöstö mukana- lukien oli 1400 henkilöä, joista vajaa 500 oli neuvostoliittolaisia.

TILANNE OLKILUODOSSA

Kuluneen kesäkauden merkittävimpinä vaiheina Olkiluodossa ovat olleet TVO I-laitoksen käyttöluvan saaminen, polttoaineen lataus sekä sitä seuranneet ydintekniset koekäyttövaiheet.

Nämä etenivät aikataulun mukaisesti siten, että ensimmäisen kerran laitos kytkettiin valtakunnan verkkoon syyskuun 2. päivänä klo 5.46.44.

Toisen laitosesyksikön työt ovat edenneet niinikään hyvin. Merkittävimpanä tapahtumana oli heinäkuussa suoritettu reaktorin suojarakennuksen painekoe, joka osoitti suojarakennuksen täyttävän sille asetetut vaatimukset.

Olkiluodon työmaan vahvuus oli syyskuun lopussa noin 2000, josta ensimmäisen laitosesyksikön osuus oli enää vajaat 300. Teollisuuden Voiman oman henkilökunnan osuus Olkiluodossa on 275 ja Kilossa 80.

TVO I-laitosesyksikkö

Rakennustyöt ovat valmistuneet siten, että kaikki tilat on luovutettu valvomolle. Ulkoalueetyöt, kuten lopulliset aitaukset, nurmetukset ja asfaltoinnit ovat tekevässä.

Asennustyöt ja loppusaneeraus valmistuivat aikataulun mukaisesti latauksen ja käyttöönoton edellyttämään kuntoon. Eräitä jälkitöitä, jotka eivät vaikuta käyttöönottoon, suoritetaan, kun laitos ajetaan kylmään seisokkiin turbiinin laakereiden tarkastusta varten. Seisokki on koeajokauden jälkeen ennen lopullista kaupalliseen käyttöön siirtymistä.

Käyttöönotto on laitoksella sujunut sekä aikataulullisesti että teknisesti hyvin. Toukokuussa suoritettujen reaktorijärjestelmien kuumakoekäytön jälkeen muodostivat kesäkuussa lataukseen liittyvät valmistelut ja järjestelmien viimeistelytyöt merkittävimmän osan käyttöönotosta.

Valtioneuvosto myönsi 6. päivänä heinäkuuta käyttöluvan TVO I-laitokselle. Toimintalupa on määräaikainen ja on voimassa vuoden 1983 loppuun asti.

Lataus aloitettiin 9. päivänä heinäkuuta ja saatiin päätökseen puolitoista viikkoa myöhemmin. Tässä yhteydessä tehtiin myös useita reaktorisydämen valvontaan liittyviä mittauksia.

Ensimmäisen kerran koko reaktorin käsittävä kriittisyys saavutettiin 21. päivänä heinäkuuta. Tämän vaiheen aikana reaktorin teho nostettiin 3 prosenttiin. Ennen seuraavan vaiheen aloittamista mitattiin reaktorin suojarakennuksen välitilan tiiveys. Sen todettiin täyttävän asetetut vaatimukset.

Ns. etappi 3 aloitettiin elokuun puolivälissä ja tähän kuuluva tahdistus valtakunnan verkkoon suoritettiin syyskuun 2. päivänä. Tämän jälkeen laitoksen teho nostettiin suurimmillaan noin 65 prosenttiin. Kolmas koekäyttövaihe päättyi syyskuun puolivälissä.

Seuraava eli neljäs koekäyttövaihe aloitetaan lokakuun alkupuoliskolla määrättyjen, pääasiassa turbiinilaitoksella tapahtuvien säätöjen ja tarkistusten jälkeen.

Sähkön jakelu

Samanaikaisesti TVO I:n koekäytön alkamisen kanssa otettiin käyttöön Harjavaltaan rakennettu Länsi-Suomen Käyttökenttä, joka on rakennettu Teollisuuden Voima Oy:n ja Länsi-Suomen Yhteiskäyttö Oy:n yhteishankkeena molempien yhtiöiden sähköntoimitusten valvontaa varten.

Käyttökenttä valvoo TVO:n osalta Olkiluodon ydinvoimalaitosten tuotantoa ja suorittaa tuotetun sähkön jaon TVO:n osakasyhtiöille.

TVO II-laitosyksikkö

Rakennustöiden osalta laitoksen runkotöistä ovat enää jäljellä eteläisen porrashuoneen rakennustyöt. Reaktorirakennuksen katto ja ilmanvaihtopiippu ovat valmistuneet. Polttoainealtaiden ruostumaton vuoraus valmistui kesäkuun lopussa.

Heinäkuussa suoritettiin reaktorin suojarakennuksen painekoe, joka onnistui erittäin hyvin.

Kaikki laitoksen huonetilat on luovutettu asennuskäyttöön. Reaktorin ja reaktorihallin asennustyöt ovat lähes valmiit ns. puhtasasennukseen eli reaktorin sisäosien asennukseen. Raskasputkistoasennus reaktorilaitoksella apujärjestelmillä ovat valmistuneet ja noin neljäsosa viranomais tarkastettu.

Asennus- ja kytkentätyöt sähkökeskuksella jatkuvat. Kaapeleista on laitoksella vedetty noin 30 %. Ensimmäiset koestukset instrumentointijärjestelmillä ovat alkaneet.

HALLITUKSEN PERIAATEPÄÄTÖS ENERGIATUTKIMUKSESTA

Valtioneuvosto teki 16.3.1978 energiatutkimuksen kehittämistä koskevan periaatepäättöksen. Päätöksen teolle loi osaltaan pohjaa kauppa- ja teollisuusministeriössä toiminut energiatutkimustyöryhmä, jonka toimintaa ja aikaansaannoksia prof. Palva esitteli ATS Ydintekniikka -lehden numerossa 2/1978. Periaatepäättöksen sisältö oli seuraava:

I.1. Valtion rahoitusta energiatutkimukseen ja -kehitystyöhön lisätään energiatutkimuksen tehostamiseksi ja energiapolitiikan tavoitteiden kannalta välttämättömien tutkimus- ja kehityshankkeiden toteuttamiseksi tähän tarkoitukseen vuosittain myönnettävien määrärahojen puitteissa.

I.2. Valtion teknilliseen tutkimuskeskukseen perustetaan kotimaisten polttoainelaboratorio turpeen ja puun energiakäyttöön liittyvän tutkimuksen suorittamista varten.

Lisäksi valtioneuvosto edellyttää, että energiapoliittisten tavoitteiden mukaiset tutkimus- ja tuotekehitystarpeet otetaan huomioon valtion tutkimuslaitoksissa ja muun julkisen tutkimus- ja tuotekehitystuen suuntaamisessa.

II.1. Energiatutkimuksen erityismäärärahojen lisäys suunnataan pääasiassa energian säästöä ja kotimaisten energialähteiden käyttöä edistävään tutkimukseen ja kehitystyöhön.

Energian säästön tutkimus kohdistetaan ennen muuta teollisuusprosessien ja rakennusten energiankäyttöä pienentävän tekniikan kehittämiseen.

Kotimaisista energialähteistä ensisijaisiksi tutkimus- ja kehityskohteiksi asetetaan polttoturpe ja puu.

II.2. Ydinvoimaan kohdistuvaa tutkimusta jatketaan lähivuosina nykyisessä laajuudessa. Ydintutkimus suunnataan palvelemaan ydinvoimalaitosten turvallista käyttöä ja jätehuoltoa sekä parantamaan kotimaisten laitetoimittajien valmiutta viedä ja omaan maahan mahdollisesti rakennettavien laitosten varalta.

II.3. Muusta energiatutkimuksesta merkittävin yksittäinen panos suunnataan energiajärjestelmätutkimukseen, jolloin kiinnitetään erityistä huomiota energiatalouden ja kansantalouden väliseen vuorovaikutukseen sekä työllisyyteen.

II.4. Kaikessa energiatutkimusvarojen käytössä kiinnitetään huomiota tulosten hyödynnettävyyteen maamme energiataloudessa. Tällöin on otettava huomioon paitsi energiataloudelliset näkökohdat myös yliestaloudelliset ja ympäristötekijät.

II.5. Kauppa- ja teollisuusministeriö selvittää pikaisesti, mihin toimiin on ryhdyttävä, jotta energiatutkimuksen ja siihen liittyvän tuotekehitystyön tulokset voitaisiin tehokkaasti hyödyntää. Erityisesti on selvitettävä mitä toimia tarvitaan prototyyppien ja demonstraatiolaitosten rakentamisessa.

Lähde: Energiakatsaus 1/1978

ENERGIAN KULUTUS KASVOI RIPEÄSTI ALKUVUONNA

Kuluvan vuoden alkupuoliskoa koskevat ennakkotiedot kertovat, että viime vuoden vastaavaan ajanjaksoon verrattuna

- energian kokonaiskulutus kasvoi 4% ja
- sähkön kulutus kasvoi 9,3%.

Kulutuksen kasvuun ovat vaikuttaneet alkuvuoden kylmä sää, kokonaistuotannon lievä kääntyminen nousuun sekä viime vuonna kärsitty voimalaitoslakko.

Ydinenergian osuus kokonaisenergiasta oli 3% (2% v. 1977). Energian tuotannon kotimaisuusaste laski lievästi (28% → 27%). Turpeen käytön lisäys (0,6% → 1,5%) ei pystynyt korvaamaan vesivoiman tuotannon voimakasta laskua keväällä ja kesällä. Hiilen käyttö kasvoi rajusti, n. 30%. Energian tuonnin arvo oli tarkastelukaute-
na 2,9 Gmk, 15% nousu edellisvuodesta. Energian osuus tavaratuonnin arvosta nousi 19%:iin. Energiatuotteiden tuontihinnat ovat vuodessa nousseet selvästi, raakaöljy esimerkiksi 8%, hiili 7%.

Lähde: Energiakatsaus 2/1978

ENERGIAPOLITIIKAN NEUVOSTOLLE OHJELMA- JA TUTKIMUSJAOSTOT

Energiapolitiikan neuvosto on perustanut työtään valmistelemaan kaksi jaostoa. Ohjelmajaoston tehtävänä on valmistella ehdotus Suomen energiapoliittiseksi ohjelmaksi vuoden 1978 loppuun mennessä. Jaoston puheenjohtajana toimii kansanedustaja Jermu Laine sekä sihteereinä toimistopäällikkö Esko Ylikoski ja ylitarkastaja Taisto Turunen kauppa- ja teollisuusministeriöstä.

Energiatutkimusjaoston tehtävänä on laatia ehdotuksia energiatutkimusohjelman suuntaviivoista, tutkimuksen painopistealueista sekä energiatutkimusresurssien kehittämistä. Jaoston tulee saada raporttinsa valmiiksi kuluvan vuoden loppuun mennessä. Jaoston puheenjohtajana on professori Olavi Huikari ja sihteerinä erikoistutkija Seppo Hannus kauppa- ja teollisuusministeriöstä.

Lähde: Energiakatsaus 2/1978

SUOMEN JA NEUVOSTOLIITON VÄLINEN ATOMIENERGIA-ALAN YHTEISTYÖOHJELMA

Kauppa- ja teollisuusministeriö ja SNTL:n Atomienergian käytön valtion komitea (GKAE) ovat allekirjoittaneet kuluva ja ensi vuotta koskevan yhteistyöohjelman. Osapuolet järjestävät ohjelman mukaan kahdenkeskisiä seminaareja VVER-tyyppisten reaktorilaitosten suunnittelusta ja käyttökokemuksista. Myös ydinvoimaloiden ympäristöpäästöjen tutkimisessa pyritään löytämään yhteistyöteemoja. Ensimmäinen seminaari, jossa käsitellään lähinnä ydinvoimalaitosten suunnitteluun käytettäviä normistoja, pidetään vielä tänä vuonna Neuvostoliitossa.

Nyt sovittu ohjelma perustuu joulukuussa 1977 Suomen ja NL:n välillä allekirjoitettuun pöytäkirjaan tieteellis-teknisestä yhteistyöstä atomienergian rauhanomaisen käytön alalla.

Lähde: Energiakatsaus 2/1978

YDINJÄTEHUOLLON JÄRJESTÄMISESTÄ

Ydinjätteen syntymisestä reaktorissa sen lopulliseen sijoittamiseen saattaa kulua useita vuosikymmeniä aikaa. Osittain tähän on syynä tekniikan vaatima aika, osittain taloudelliset seikat. Vaikutuksensa on lisäksi kansainvälisillä sopimuksilla, joilla pyritään estämään käytettyyn polttoaineeseen sisältyvän uraanin ja erityisesti plutoniumin joutumisen käsittelyprosessista ydinräjähdekäyttöön.

Ydinjätehuollon järjestämiseen käytännössä liittyy hyvin monenlaisia kysymyksiä ja ratkaisut ovat paljolti avoinna. Vuonna 1957 annettu atomienergialaki (AEL) määrää Suomessa jätteentuottajat huolehtimaan ja vastaamaan ydinjätteistä. Kun laissa ei juuri enempää ole sanottu, jää suurelta osin vaille vastausta kysymys, miten tämä huolehtiminen ja vastaminen on tehtävä. On myös ilmeistä, että mikään voimantuottaja ei voi olla vastuussa jätteistään tuhansia vuosia. Näiden kysymysten selvittely vaatii lainsäädäntömme täydentämistä.

Tilanne ydinjätehuollossa on pitkälti samanlainen useimmissa maissa. Syy tähän lienee siinä, että kansainvälisesti ydinjäteongelma tuli laajemman selvittelyn kohteeksi vasta tällä vuosikymmenellä, jolloin varsinainen "jätetuotanto" teollisuusmittakaavassa käynnistyi. Ydinvoimalaitostehon vuotuinen kasvunopeus on koko maailmassa tätä nykyä 20 prosentin tuntumassa.

Ydinjätealan tutkimustyötä Suomessa on suoritettu viiden vuoden ajan. Suhteessa ydinenergiaohjelman laajuuteen tutkimustyö, jota on tehty etupäässä VTT:ssa, on ollut vähäistä.

Ydinjätehuollon järjestämistä koskevat viranomaistoimenpiteet käynnistyivät meillä pari vuotta sitten, kun kauppa- ja teollisuusministeriö asetti syyskuussa 1976 työryhmän pohtimaan

ydinjätehuollon organisoimisen suuntaviivoja. Tämä ns. APO-työryhmä luovutti ministeriölle viime helmikuussa mietintönsä, jonka pohjalta hallitus antoi periaatepäätöksen ydinjätehuollon järjestämisestä. Eduskunta on vastikään hyväksynyt ehdotukset AEL:n muutoksiksi tarvittavan toimintapohjan luomiseksi, kunnes kokonaislakiuudistus on saatu aikaan. Atomienergianlainsäädännön kokonaisuudistusta varten KTM on asettanut alkuvuodesta ydinenergialakitoimikunnan.

Periaatepäätös ja lakimuutokset voitiin ottaa ydinvoimalaitosluvassa ensimmäisen kerran huomioon, kun valtioneuvosto viime heinäkuussa myönsi Teollisuuden Voima Oy:lle Olkiluodon ensimmäisen reaktoriyksikön käyttöluvan.

APO-mietinnön periaatteet

Pääjohtaja Pekka Jauhon johdolla toiminut APO-työryhmä on mietinnössään "Ydinjätehuollon järjestäminen Suomessa" keskittynyt selvittämään organisaatio-, vastuu-, rahoitus- ja lainsäädännöllisiä kysymyksiä. Mietinnössä kartoitetaan lisäksi ydinjätealan tutkimus- ja kehitystyön tarvetta.

Ydinjätehuoltoon liittyvien vastuukysymysten pitkäkestoisuudesta johtuen mietinnössä katsotaan tarkoituksenmukaiseksi, että valtio huolehtii ydinjätteiden loppusijoituksesta. Samoin olisi tehtävä mahdolliseksi jätteen tuottajan huolehtimisvelvollisuudesta vapautuminen, milloin jäteaineet siirretään lopullisesti ulkomaille. Valtion mukaantulosta huolimatta kustannusvastuu säilyisi edelleen täysimääräisenä jätteitä tuottavilla voimayhtiöillä.

Ydinjätteiden loppusijoituksesta ja loppusijoituskuntoon saatetun ydinlaitoksen jatkuvasta hoidosta ja huolenpidosta vastaisi loppusijoitusorganisaatio, joka voisi olla valtion liikelaitos. Valtion ydinjätelaitoksen varsinaisen käytännön

toiminnan alkaessa todennäköisesti vasta 1990-luvulla perustettaisiin kuitenkin välittömästi valtion ydinjäterahasto. Tarvittavat varat perittäisiin jätteentuottajilta rahastoon jo laitoksen hyötykäytön aikana.

Jätteentuottajilla on huolenpito- ja kustannusvastuu käytetystä ydinpolttoaineesta ja radioaktiivisesta jätteestä sekä niiden käsittelystä ja varastoinnista pääsääntöisesti edelleenkin loppusijoitukseen saakka sekä ydinlaitosten käytöstäpoistamistoimenpiteistä. Näiden tehtävien aiheuttamiin kustannuksiin voimayhtiöt ehdotetaan mietinnössä velvoitettaviksi varautumaan lähinnä yrityksen sisäisin toimenpitein laitoksen käyttöönotosta alkaen.

APO-mietinnössä on päädytty suosittelemaan kiireellisinä lähiajan toimenpiteinä lainsäädännön uudistamista ydinjätehuollon osalta muuttamalla atomiennergialakia ja säätämällä erillinen ydinjätehuoltolaki. Vaikka työryhmä korostaakin tavoitetta saada ydinjäte lopullisesti toimitetuksi ulkomaille, kehottaa se kuitenkin Suomessa varautumaan jätehuollon osalta seuraaviin vaiheisiin:

- käytetyn polttoaineen välivarastointi riittävän pitkäksi aikaa
- mahdollisesti Suomeen palautettavan kiinteän jälleenkäsittelyjätteen varastointi ja lopullinen sijoitus tai vaihtoehtoisesti
- käytetyn polttoaineen varastointi ja lopullinen sijoitus jälleenkäsittelemättömänä.

Mietinnöstä on ilmestynyt KTM:n energiaosaston julkaisusarjassa myös ruotsinkielinen lyhennelmä. Vastaava englanninkielinen ilmestyy lähiaikoina.

Hallituksen periaatepäätös ja lainsäädännön uudistaminen

Valtioneuvoston 28.4. tekemä periaatepäätös ydinjätehuollon järjestämisestä perustuu hyvin pitkälle APO-mietinnössä esitettyihin periaatteisiin. Päätös katsottiin aihelliseksi tehdä nopeasti, jotta ennen atomienergielainsäädännön kokonaisuudistusta annettaviin käyttö lupiin sekä muihin ydinvoimalaitoslupiin voidaan sisällyttää tämän päätöksen edellyttämiä ehtoja ydinjätehuollosta.

Jatkotoimenpiteinä periaatepäätökselle tulivat 7.6. voimaan atomienergielain 4 ja 5 §:n sekä säteilysuojelulain 5 §:n muutokset. Edellä esitettyjen vastuunjakoperiaatteiden lisäksi muutokset sisältävät maininnan, että ydinvoimalaitokset voidaan myöntää erityisistä syistä myös määräaikaisina, mihin aikaisempi laki ei antanut mahdollisuutta.

Kauppa- ja teollisuusministeriön alkuvuodesta asettaman ydinenergialakitoimikunnan tehtävänä on valmistella ehdotukset atomienergielain ja -asetuksen uudistamiseksi sekä erilliseksi ydinjätehuoltolaiksi. Toimikunnan puheenjohtajaksi on nimetty hallintoneuvos Raimo Pekkanen Korkeimmasta hallinto-oikeudesta. Lainsäädännön valmistelu ja eduskuntakäsittely vienevät aikaa pari vuotta.

TVO I:n käyttö lupa

Ydinjätehuoltoa koskevat määräykset voitiinkin antaa aikaisempaa yksityiskohtaisempina, kun valtioneuvosto myönsi 6.7. 1978 Teollisuuden Voima Oy:lle luvat Olkiluodon ydinvoimalan ensimmäisen yksikön (TVO I, 660 MW) käyttöönottoon ja käyttöön.

TVO I:n käyttö lupa myönnettiin määräaikaisena vuoden 1983 loppuun. Ydinpolttoainekierron loppupään osalta puuttuu toistaiseksi kansainvälinen sopimus- ja järjestelypohja ydinaseiden leviämisen estämistä koskevien selvitysten

keskeneräisyyden vuoksi. Näistä tärkeimmän amerikkalaisten aloitteesta käynnistetyn INFCE-ohjelman tulokset saataneen käyttöön vuonna 1980. Vasta tämän selvityksen valmistuttua avautuu kansainvälisellä tasolla parempia mahdollisuuksia tehdä ratkaisuja polttoaineen jälleenkäsittelystä ja ydinjätteiden loppusijoittamisesta.

Teollisuuden Voima on luvissa määrätty varastoimaan käytetyt polttoaine-elementit ja muut ydinjätteet toistaiseksi voimalaitosalueella, mutta samalla se on velvoitettu pyrkimään joko käytetyn polttoaineen tai siihen syntyneen ydinjätteen siirtämiseen myöhemmin lopullisesti pois maasta. Teollisuuden Voima on velvoitettu luvan voimassaoloaikana tarvittaessa esittämään kauppa- ja teollisuusministeriölle suunnitelman jälleenkäsittelyjätteiden loppusijoittamisesta Suomessa.

Varautuminen tuleviin ydinjätehuollon kustannuksiin tapahtuu sisällyttämällä luvanhaltijan laskelmavuoden tilinpäätökseen varuseränä kulloistakin tarvetta vastaava rahamäärä, jonka KTM sille esitettyjen laskelmien pohjalta vuosittain hyväksyy ja vahvistaa. Lisäksi luvanhaltija joutuu vuosittain suorittamaan Suomen Pankissa avattavalle sulkutilille maksuja, joilla katetaan myöhemmin loppusijoituskuntoon saatetun ydinlaitoksen hoidosta ja huolenpidosta aiheutuvat kustannukset. Varautumisvelvoite tarkistetaan vuosittain uutta hintatasoa ja rahanarvoa vastaavaksi.

Maksukyvyttömyyden varalta luvanhaltijan tulee antaa ydinjätehuollon huolenpito- ja kustannusvastuun kokonaismäärän kattavat vakuudet.

Kauppa- ja teollisuusministeriössä laaditaan parasta aikaa tarkempia määräyksiä varauksien ja vakuuksien laskemisperusteista ja -tavoista.

Loviisa 1:n käyttö lupaa tullaan lähiaikoina täydentämään vastaavilla ydinjätehuollon järjestämistä koskevilla määräyksillä, joita nyt on sisällytetty TVO I:n käyttö lupaan.

Tutkimus- ja kehitystyön tarve

APO-työryhmä on ehdottanut jo runsas vuosi sitten KTM:lle muutamien aiheiltaan yksilöityjen osaprojektien aloittamista kiireellisenä ydinjätealan selvitystyönä. VTT:n ydinjäteprojektin käynnissä olevissa selvityksissä jo vuoden 1979 toimintasuunnitelmaluonnoksessa tutkimuskohteiden valinta noudattaakin pitkälle näitä ehdotuksia.

Imatran Voima Osakeyhtiö ja Teollisuuden Voima Osakeyhtiö julkaisivat viime kesäkuussa yhteisen raportin otsikolla "Ydinjätteselvitys", jonka tarkoituksena on kartoittaa ydinjätealan nykyistä tietämystä ja "osoittaa, että ydinjätehuolto on teknisesti hoidettavissa Suomessa turvallisella tavalla, sekä luoda puitteet voimayhtiöiden jätehuoltosuunnitelmille". Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta julkaisi 25.9. myös ydinjätehuollon ohjelman. Siinä on kartoitettu ydinjätehuollon aikataulukysymyksiä ja tarvittavia lisäselvityksiä molempien yhtiöiden osalta. Tarkastelussa on keskitytty lähimpään viiteen ja erityisesti ensi vuoteen.

Kauppa- ja teollisuusministeriön suunnitelmiin kuuluu pitkäjänteisen Suomen ydinjätehuollon kokonaistutkimusohjelman laatiminen ja siihen liittyen alan tutkimuksen koordinoimisen tehostaminen tulevaisuudessa.

YDINTEKNIIKAN TUTKIMUKSEN RUNKO-OHJELMA VUOSILLE 1979...1983

Atomienergianeuvottelukunta ja sen yleisjaosto ovat laatineet julkisesti rahoitettavan ydintekniikan tutkimuksen runko-ohjelman vuosille 1979...1983. Ydintekniikkaan on sisällytetty ydinenergian tuottamiseen tähtäävän toiminnan lisäksi mm. ydintekniikan perustutkimusta sekä säteilyn ja isotooppien käyttö. Ydintekniikan tutkimuksella luotuja valmiuksia sovelletaan laajasti myös muilla tekniikan alueilla. Ohjelmaan ei ole sisällytetty säteilyturvallisuuslaitoksen valvonta- ja tutkimustoimintaa.

Kokonaiskuvan saamiseksi raportissa on selvitetty myös julkisrahoitteiseen tutkimukseen läheisesti kytkeytyvän, muulla tavoin rahoitetun ydintekniikan toiminnan laajuutta ja luonnetta. Raportissa esitetään myös eräitä ydintekniikan tutkimustoiminnan suunnittelua koskevia ehdotuksia.

Atomienergianeuvottelukunnan yleisjaosto käytti ohjelmaa valmistellessaan työryhmää, jonka puheenjohtajana toimi professori Veikko Palva, jäsenenä tekniikan tohtori Erkki Aalto, tekniikan tohtori Juhani Kuusi, diplomi-insinööri Jussi Manninen, diplomi-insinööri Björn Palmén ja professori Jorma Routti sekä sihteerinä tekniikan tohtori Lasse Mattila.

Seuraavassa poimintoja raportista, joka täydellisenä käsittää 41 sivua. Se on julkaistu KTM:n energiaosaston julkaisusarjassa C numerolla 6 ja sitä voi tilata Valtion painatuskeskuksesta.

ENERGIATUTKIMUKSEN YLEINEN KEHITTÄMINEN

Ydintekniikan julkisrahoitteisen tutkimuksen ohjelman yhtenä lähtökohtana oli KTM:n asettaman energiatutkimustyöryhmän toimesta äskettäin valmistunut energiatutkimuksen kehittämisohjelma vuosille 1979...1983, jota prof. Veikko Palva esitteli ATS Ydintekniikan numerossa 2/1978. Oheisessa taulukossa 1 nähdään työryhmän ehdotus energiatutkimuksen julkisen rahoituksen kehittämiseksi.

Taulukko 1 KTM:n energiatutkimustyöryhmän ehdotus energiatutkimuksen julkisen rahoituksen kehittämiseksi (Mmk vuoden 1977 hintatasossa)

Tutkimusalue	1977 toteutunut	1979 ehdotus	1983 ehdotus
Energian käyttö ja säästäminen	4,8	9,0	17,3
Kotimaiset energialähteet	1,7	4,0	7,0
Ydintekniikka	17,5	19,0	24,5
Energiajärjestelmät	0,8	1,3	1,8
Muut	0,4	2,0	3,2
Julkinen tutkimusrahoitus yhteensä	25,2	35,3	53,8

Energiatutkimustyöryhmä piti tarkoituksenmukaisena ydintekniikan tutkimusalueen käsittelemistä omassa sektorinaan. Atomienergianeuvottelukunnan yleisjaosto on jo useiden vuosien ajan käsitellyt asiantuntijaelimenä ydintekniikan projekti-esityksiä ja valmistellut tutkimusohjelmia ydintekniikan osa-alueilta. Yleisjaoston toimesta valmisteltu ja atomienergianeuvottelukunnan hyväksymä ydintekniikan tutkimuksen runko-ohjelma on energiatutkimustyöryhmän ehdotuksiin pohjautuva sektorikohtainen ohjelma.

YDINTEKNIIKAN KEHITTÄMISEN YLEISET TAVOITTEET

Pääosa ydintekniikan tutkimuksesta liittyy ydinvoiman rakentamiseen maassamme. Ensimmäinen ydinvoimalaitosyksikkö Loviisa 1 (420 MW) otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1977. Vuoteen 1981 mennessä valmistuvat Loviisa 2 (420 MW) sekä Olkiluodon kaksi 660 MW yksikköä TVO I ja TVO II. Näiden yksiköiden valmistuttua tapahtuu noin 25% sähköenergian hankinnasta ydinvoimalla.

KTM:n äskettäin valmistuneessa selvityksessä "Energiatalouden kehitysnäkymät 1980-luvulla" tarkastellaan ydinvoimalaitosten lisätarvetta oletetuissa talouskasvuvaihtoehtoissa. Mikäli seuraava rakennettava ydinvoimalaitos on 1000 MW lauhdutusvoimalaitos, on sen rakentamispäätös tehtävä 1978, -80 tai -85, jos talouskasvu on vastaavasti 5, 4, 3 tai 2%/a. 1000 MW ydinvoimalaitoksesta on maininta Suomen ja Neuvostoliiton välillä allekirjoitetussa 15-vuotisyhteistyöohjelmassa. Imatran Voima Osakeyhtiön ja neuvostoliittolaisen osapuolen kesken käydään parhaillaan neuvotteluja tällaisen voimalaitoksen suunnitteluyhteistyöhön liittyvistä kysymyksistä.

Ydintekniikan tutkimus on tähän mennessä paljolti suuntautunut ydinvoiman rakentamiseen ja käyttöönottoon liittyvään problematiikkaan. Tutkimuksen painopiste on ollut ydinvoimalaitosten lupakäsittelyä tukevassa turvallisuustutkimuksessa. Tällaiset tehtävät jatkuvat edelleen, mutta laitosten käyttövaiheeseen siirtymisen myötä käytettävyyteen, käytön aikaiseen turvallisuuteen, polttoainekierron jälkipään varmistamiseen ja ydinjätehuoltoon kohdistuvan tutkimuksen osuus tulee kasvamaan.

Tutkimus- ja kehitystyön uudet tavoitteet kytkeytyvät huomattavalta osaltaan nykyistä suurempien ja vielä taloudellisempien ydinvoimalaitosyksiköiden rakentamiseen. Edellä mainittu sähköteholtaan luokkaa 1000 MW oleva yksikkökoko on kansainvälisen kehityksen myötä realistinen vaihtoehto, jonka kytkeminen Suomen sähkövoimajärjestelmään on teknisesti mahdollista jo lähivuosina. Suuren laitoksen hankintaan liittyy kiinteästi huomattava määrä pitkäjänteistä tutkimus- ja kehitystyötä.

Energiapolitiikan yleisistä tavoitteista johtuvat suoraan pyrkimykset energian tuotannon hyötysuhteen parantamiseen sekä energiantuotantojärjestelmän monipuolistamiseen. Tutkimus- ja kehitystyön kohteina ovat erityisesti sekä sähköä että lämpöä tuottavat suuret ydinvoimalaitokset ja pienehköt vain lämpöä tuottavat lämmitysreaktorit. Tällaisten laitosten hankinta edellyttää perusteellisia teknis-taloudellisia järjestelmäselvityksiä samoin kuin laitoksiin sisältyvien erityisratkaisujen tutkimista ja kehittämistä.

Ydintekniikan tutkimuksen entistä korostetumpana yleistavoitteena on kotimaisuusasteen nostaminen rakennettaessa ydinvoimaa, joka suhteellisen alhaisten tuontipolttoainekustannustensa vuoksi voi muodostua lähes kotimaisiin energialähteisiin rinnastettavaksi. Vaikkakaan esim. reaktorin pääosien ja turbo-generaattorin valmistaminen maassamme ei ole perusteltua, tarjoaa valmistuneen ja rakenteilla olevien laitosten avulla saavutettu tietopohja lisääntyviä mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Tämä pätee laitossuunnitteluun sekä monien komponenttien ja osajärjestelmien hankintaan nähden. Eräänä esimerkkialueena mainittakoon laitosten käyttöön ja suojaukseen olennaisina osina sisältyvät instrumentointi- ja automaatiojärjestelmät.

Ydintekniikan tutkimus on tärkeätä suunnata niin, että sen tulokset huomattavaltta osaltaan ovat lyhyelläkin aikavälillä hyödynnettävissä. Kokonaisvaltaisen ohjelman puitteissa on pyrittävä johdonmukaisesti hyödyntämiseen sekä kotimaisten hankintojen että vientitoimituksien lissämiseksi.

YDINTEKNIIKAN TUTKIMUKSEN ERITYISPIIRTEITÄ

Olellaisena ydintekniikan tutkimuksen erityispiirteenä on sen kansainvälisyys ja kansainvälinen yhteistyö. Suomessa käytettävissä olevat voimavarat erityisesti kokeellisen tutkimuksen alueella ovat varsin vähäiset. Ainoana mahdollisuutena maassamme välttämättömän ydinteknisen tietouden hankkimiseen ja kehittämiseen on kiinteä yhteistyö muiden maiden tutkimuslaitosten kanssa. Tällainen yhteistoiminta tapahtuu lähinnä koordinoituina kansainvälisinä yhteisprojekteina, joissa omaa kapea-alaista korkeatasoista panosta vastaan saadaan arvoltaan moninkertainen kokonaistulos. Kansainvälisen yhteistoiminnan tehostaminen entisestään on erityisen tärkeätä lähinnä kokeellisessa tutkimuksessa, laajojen laskentaohjelmistojen kehityksessä ja polttoainekierron varmistamiseen liittyvissä tehtävissä.

Ydintekniikan tutkimus sisältää niin meillä kuin muissakin maissa paljon sellaista tutkimusta, joka tähtää muihinkin sovellutuksiin kuin ydinenergian tuottamiseen, mikä on pidettävä mielessä verrattaessa energiatutkimuksen eri sektoreiden rahoitusta. Tällaista on esim. säteilyn hyväksikäytön, materiaalitekniikan, konstruktitekniikan, systeemi- ja luotettavuustekniikan sekä riski/hyöty-analyysin tutkimus. Näiden lähtökohtina ovat tutkimusreaktoreiden monipuoliset hyväksikäyttömahdollisuudet, ydinreaktoreiden rakentamisen edellytyksenä oleva erityistietouden tarve sekä ydinvoiman rakentamiselle yleensä asetetut ankarat käyttövarmuus- ja turvallisuusvaatimukset. Saavutettua tietoutta on jo voitu soveltaa useilla muilla tekniikan alueilla. Tämänsuuntaista oheissovellutusten hyödyntämistä on korostettava entisestäänkin.

Ydintekniikan tutkimuksen erityispiirteenä on paikallaan tuoda korostetusti esille sen pitkäjänteisyys. Korkeatasoisten valmiuksien hankkiminen edellyttää monivuotisia tavoite- ja toteutusohjelmia. Edellä mainittu kansainvälinen yhteistyö sellaisenaan on pitkäjänteistä, ja sama koskee myös useita kansallista erityisvaatimuksista aiheutuvia tehtäviä. Toisaalta ydinvoimalaitosten rakentamistoiminta on jaksottaista. Pitkäjänteisen tutkimustyön tuloksien tulee olla käytettävissä ennen rakentamistoiminnan ja sen eri vaiheiden edellyttämää aikaisinta soveltamisajankohtaa.

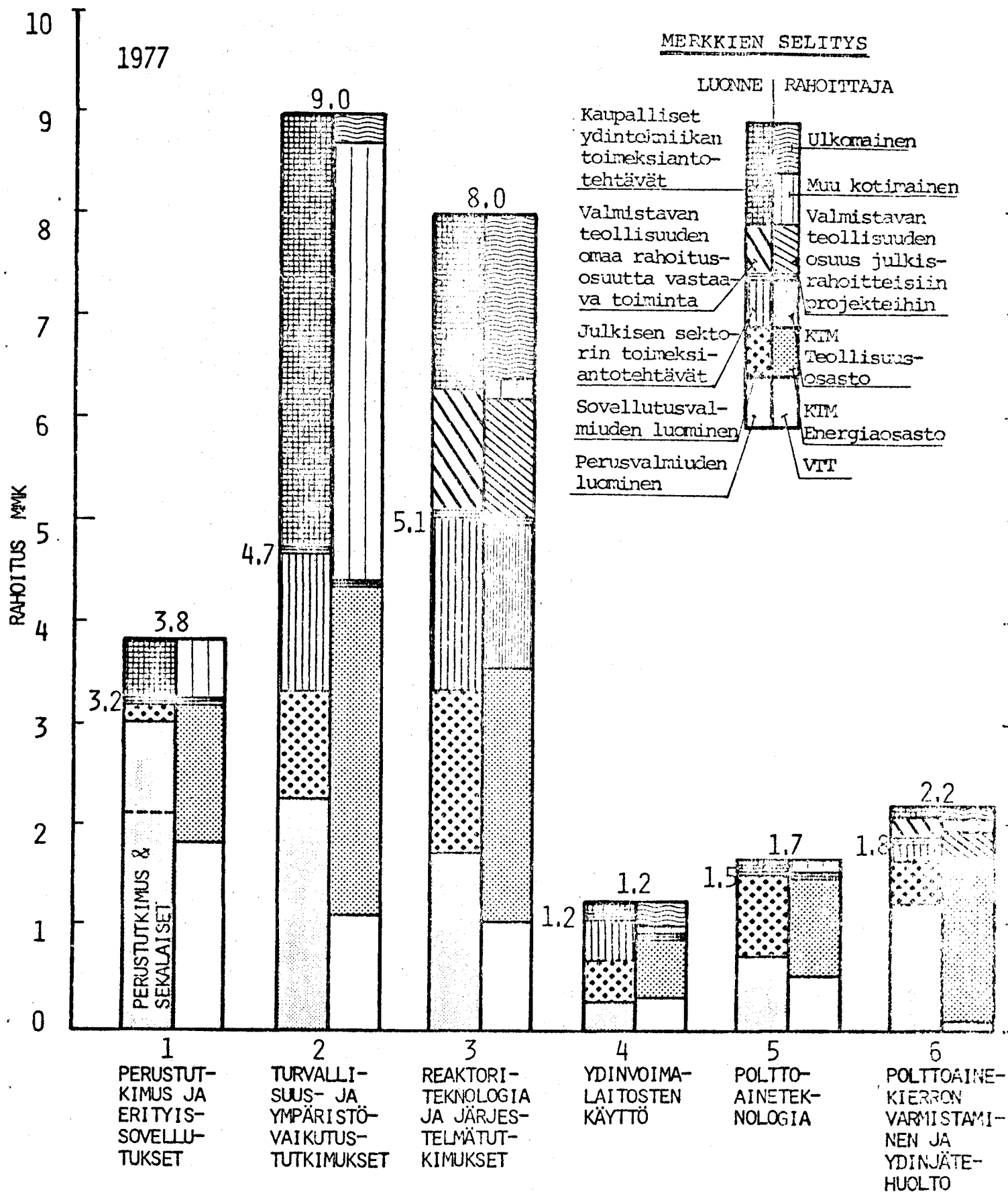
YDINTEKNIIKAN TUTKIMUKSEN KUVA VUODELTA 1977

Tutkimusohjelman valmistelun lähökohdaksi selvitettiin varsin perusteellisesti julkisrahoitteisen ydintekniikan tutkimuksen ja siihen välittömästi kytkeytyvän kaupallisen toiminnan rahoitusjakautumaa ja sisällöllistä luonnetta vuonna 1977. Erittelyn tulokset esitetään kuvissa 1 ja 2.

Erittelyssä käytettiin samoja toiminnan osa-alueita kuin laadittaessa tulevaa tutkimusohjelmaa. Julkisella rahoituksella tehtävän varsinaisen tutkimus- ja kehitystyön luonnetta pyrittiin kuvailemaan käyttämällä neljää toiminnan luonnetta kuvaavaa luokkaa A...D, joista A edusti perustutkimustyyppistä ja D toimeksianto- ja konsultointityyppistä ääritapausta. Eräisiin tutkimusprojekteihin sisältyi osarahoitusta myös muista kuin julkisista rahoituslähteistä.

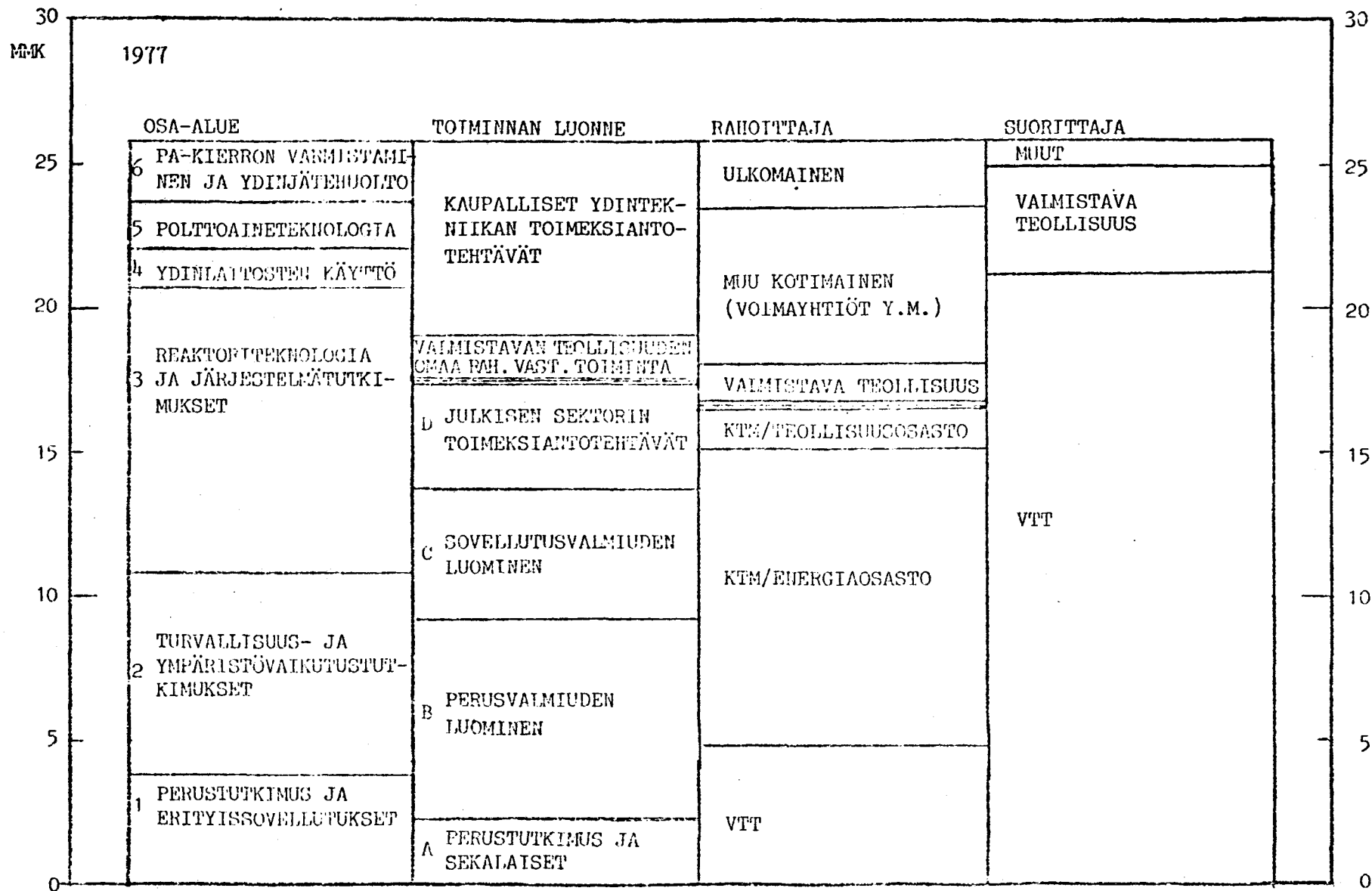
Yhteenvedona erittelystä voidaan todeta seuraavaa:

- Valtaosaltaan julkisella rahoituksella tehtävän tutkimus- ja kehitystyön laajuus oli 17.5 Mmk. Tästä KTM rahoitti n. 12 Mmk ja VTT n. 5 Mmk, lopun lähinnä pohjoismaiset rahastot.



KUVA 1.

YDINTEKNIIKAN TOIMINNAN LUONTEEN JA RAHOITUKSEN ERITTELY
OSA-ALUEITTAIN VUODELTA 1977



30

KUVA 2. JULKISRAHOITTEISEN YDINTEKNIIKAN TUTKIMUKSEN SEKÄ SIIHEN VÄLITTÖMÄSTI KYTKEYTYVÄN KAUPALLISEN TOIMINNAN JAKAUTUMA OSA-ALUEEN, LUONTEEN, RAHOITTAJAN JA SUORITTAJAN MUKAAN VUONNA 1977.

5

- Kaupallisten toimeksiantotehtävien laajuus oli n. 7 Mmk. Tästä pääosa oli voimayhtiöiden tilaamaa aineenkoetus- ja tarkastustoimintaa.
- Julkisrahoitteinen tutkimus- ja kehitystyö jakautui lähes tasan toisaalta perustutkimukseen ja perusvalmiuden luomiseen sekä toisaalta selvästi rajattuihin sovellutuksiin pyrkivään tai konsultointiluonteiseen puhtaasti projektityyppiin työhön.
- Suurimmat tutkimuspanokset, molemmat laajuudeltaan n. 5 Mmk, kohdistuivat reaktoriteknologiaan ja järjestelmätutkimuksiin sekä ydinvoimalaitosten lupakäsittelyä tukevaan turvallisuustutkimukseen. Samoilla alueilla tapahtui myös suurin osa kaupallisista toimeksiannoista.

PERUSTUTKIMUS JA ERITYISSEVELLUTUKSET

Kansainvälisesti vertaillen on varsinkin perustutkimuksen laajuutta Suomessa pidettävä hyvin vähäisenä.

Perustutkimukseen sekä säteily- ja isotooppitekniikkaan käytettävissä oleva rahoitus on viime vuosina laskenut absoluuttisestikin, koska kaikkiaan käytävissä olevista julkisista määrärahoista on välttämättä jouduttu ohjaamaan kasvava osuus ydinvoimaohjelman toteuttamista välittömästi tukevaan toimintaan. Varsinaiseen tutkimustyöhön käytettävissä olleet varat ovat supistuneet edelleen sen vuoksi, että tutkimusreaktorin ja sen peruslaitteistojen ylläpito ovat kallistuneet voimakkaasti.

Perustutkimuksen perusedellytysten säilymisen varmistaminen ja säteily- ja isotooppitekniikan potentiaalisten sovellutusmahdollisuuksien realisoiminen edellyttävät tämän tutkimusalueen rahoituksen selvää kasvua, jonka tulisi alkaa jo suunnittelukauden alussa.

TURVALLISUUS- JA YMPÄRISTÖVAIKUTUSTUTKIMUS

Toiminnan laajuuden tulisi ydinvoimalaitosohjelmasta riippumatta säilyä tarkastelukaudella lähes nykyisellä tasollaan. Nyt rakenteilla olevien laitosten lupakäsittely vaatii lähivuosina alenevat mutta vielä merkittävät työpanokset. Käytön aikaisen turvallisuuden tutkimusta tulisi vahvistaa, kohteina ennen kaikkea käytön aikainen laadunvarmistus, inhimillinen suorituskyky ja ergonomia sekä reaktorikomponenttien vanheneminen käytössä. Kansainvälisiin tutkimusohjelmiin osallistumiseen sekä niistä saatujen tulosten tulkitsemiseen ja mukauttamiseen täällä soveltamiskelpoiseen muotoon tulisi lähivuosina saada lisäresursseja.

REAKTORITEKNOLOGIA JA JÄRJESTELMÄTUTKIMUKSET

Perusteknologian kehittämistyön laajuus on tarpeen säilyttää ydinvoimalaitosten rakentamisohjelmasta riippumatta nykyisellä tasollaan ydinvoimalaitosten käyttöön liittyvistä tehtävistä selviämiseksi sekä ei-ydinteknisten oheissovellustusten hyödyntämiseksi.

Komponenttien ja järjestelmien valmistusta tukevan suunnittelu- ja kehitystoiminnan nykyisellä laajuudella voidaan lähinnä ylläpitää edellytyksiä VVER-440 -toimituksissa hankitun kokemuksen hyödyntämiselle kolmansiin maihin suuntautuvissa toimituksissa sekä käynnistää valmistavat työt VVER-1000 -hankkeen toteuttamiseksi.

VVER-1000 -laitoksen konkreettinen hankintapäätös ja toistaiseksi määrittelemättömien toimitussuuntaviivojen selkiintyminen saattavat aiheuttaa tilanteen, jossa tässä ehdotettava ydintekniikan tutkimuksen runko-ohjelma tulee tarkistaa ja kytkeä yhteen laitoksen rakennuttajien kehitysohjelman kanssa.

Vastaavasti mahdollinen päätös lähteä toteuttamaan ydinlämmitysreaktori- eli SECURE-ohjelmaa edellyttää sellaista resurssitarvetta, että runko-ohjelma kaipaa tarkistusta ja lisärahoitusmahdollisuuksien hankkiminen tulee välttämättömäksi.

Uusien reaktorityyppien seuranta tulee järjestää systemaattiselle pohjalle.

YDINVOIMALAITOSTEN KÄYTTÖ

Koska meillä on muutaman vuoden kuluttua käytössä neljä ydinvoimalaitosyksikköä, on välttämätöntä, että tämän tutkimusalueen toiminnan laajuus kasvaa nopeasti ja huomattavasti. Alueen toiminta jakautuu lukuisiin hyvinkin erilaisiin työkohteisiin ja yhteyksien tarve eri osapuolien kesken on hyvin suuri. Yksityiskoh- taisen tutkimusohjelman laatimista ja toiminnan ohjaamista varten tarvittaisiin- kin erityinen työryhmä, jossa tulisi olla edustajia ainakin tutkimuslaitoksista, voimayhtiöistä ja valmistavasta teollisuudesta.

POLTTOAINETEKNOLOGIA

Mikäli käynnissä olevat polttoainekierto- selvitykset johtavat uusien polttoaine- materiaalien käyttöön ottoon, syntyy uusia materiaalitutkimus- ja laskentamal- lien kehitystarpeita.

Julkisesti rahoitettava tutkimus- ja kehitystyö suuntautuu vielä huomattavalta osalta perusvalmiuden hankintaan. Toisaalta kaupallisten toimeksiantotehtävien laajuuden oletetaan kasvavan.

POLTTOAINEKIERRON VARMISTAMINEN JA YDINJÄTEHUOLTO

Voimayhtiöiden yhteistyö ydinjätetutkimuksen alalla vaikuttaa siihen, missä määrin tavoitteiden saavuttamiseen tarvitaan julkista rahoitusta. Ydinjäte- tutkimuksen tavoitteiden saavuttamisajankohtien määräytyminen puolestaan tulee merkittävästi riippumaan lähiaikoina tehtävistä Suomen ydinjätehuollon järjes- telyä koskevista päätöksistä.

EHDOTUS YDINTEKNIIKAN TUTKIMUKSEN JULKISEN RAHOITUKSEN KEHITTÄMISEKSI

Ehdotus ydintekniikan tutkimuksen julkisen rahoituksen kehittämiseksi esitetään taulukossa 2. Kaikkiaan käytettävä rahoitus vuosina 1979 ja 1983 on otettu samaksi kuin KTM:n energiatutkimustyöryhmän esityksessä eli 19 Mmk v. 1979 ja 24,5 Mmk v. 1983. Nyt käsillä olevassa ehdotuksessa tarkastellaan myös vuotta 1981, jolloin ehdotetaan käytettäväksi 22 Mmk. Rahoitustarve on tässä esitettyä suurempi mikäli uudet ydinenergialaitosprojektit edistyvät suunnittelukauden aikana toteutusvaiheeseen.

Kokonaisrahoituksen kasvu vuoden 1977 tilanteeseen verrattuna ehdotetaan suun- nattavaksi suunnittelukauden alkuvuosina lähinnä ydinvoimalaitosten käyttöön sekä polttoainekierron varmistamiseen ja ydinjätehuoltoon kohdistuviin tutkimuk- siin. Suunnittelukauden jälkipuoliskolla resurssien kasvua ehdotetaan kohdis- tettavaksi myös reaktoriteknologiaan ja järjestelmätutkimuksiin sekä perustutki- mukseen ja erityissovellutuksiin.

Ehdotus rahoituksen jakautumaksi eri rahoituslähteiden kesken esitetään taulu- kossa 3. Määrärahojen jakautuminen eri suorittajaorganisaatioiden kesken on syytä käsitellä erikseen vuosittain kulloinkin esiintyviä tehtäviä ja tarpeita painottaen.

Ydintekniikan tutkimuksen oheissovellutuksien hyödyntämistä pyritään tehostamaan, joten ei-ydinteknisten toimeksiantojen laajuuden voidaan odottaa kasvavan vuoden 1977 tasosta, joka oli n. 1 Mmk.

Taulukko 2. Ehdotus ydintekniikan tutkimuksen julkisen rahoituksen kehittämiseksi tutkimusalueittain vuosina 1979...1983 (Mmk vuoden 1977 hintatasossa)

Tutkimusalue	Toteutunut 1977	1979	Ehdotus 1981	1983
1. Perustutkimus ja erityis- sovellutukset	<u>3,2</u>	<u>3,5</u>	<u>4,0</u>	<u>4,5</u>
1.1 Perustutkimus ja sekalaiset	1,2	1,5	1,8	2,0
1.2 Säteily- ja isotooppi- tekniikka	2,0	2,0	2,2	2,5
2. Turvallisuus- ja ympäristö- vaikutustutkimukset	<u>4,7</u>	<u>4,3</u>	<u>4,4</u>	<u>4,5</u>
3. Reaktoriteknologia ja järjestelmä- tutkimukset 1)	<u>5,1</u>	<u>5,2</u>	<u>6,2</u>	<u>7,0</u>
3.1 Perusteknologian kehittäminen	2,2	2,2	2,4	2,5
3.2 Komponenttien ja järjestelmien valmistusta tukeva suunnitte- lu- ja kehitystoiminta	1,2	2,4	2,6	3,0
3.3 Teknis-taloudelliset ydin- energiajärjestelmäselvitykset	1,7	0,4	0,8	1,0
3.4 Uusien reaktorityyppien seuranta	0	0,2	0,4	0,5
4. Ydinvoimalaitosten käyttö	<u>1,2</u>	<u>1,7</u>	<u>2,1</u>	<u>2,5</u>
5. Polttoaineteknologia	<u>1,6</u>	<u>1,8</u>	<u>2,0</u>	<u>2,2</u>
6. Polttoainekierron varmistaminen ja ydinjätehuolto 2)	<u>1,7</u>	<u>2,5</u>	<u>3,3</u>	<u>3,8</u>
6.1 Polttoainekiertoselvitykset	0,3	0,4	0,7	0,8
6.2 Ydinjätehuolto	1,4	2,1	2,6	3,0
Yhteensä	17,5	19,0	22,0	24,5

1) Reaktoriteknologian ja järjestelmätutkimusten rahoitustarve on olennaisesti suurempi mikäli uudet ydinenergialaitoshankkeet edistyvät suunnittelukauden aikana toteutusvaiheeseen.

2) Voimayhtiöt käyttävät tämän lisäksi ydinjätehuollon tutkimukseen huomattavan panoksen

Taulukko 3. Ehdotus julkisesti rahoitetun ydintekniikan tutkimuksen rahoituksesta eri rahoituslähteistä vuosina 1979...1983 (Mmk vuoden 1977 hintatasossa)

Rahoittaja	Rahoitusosuus			
	Toteutunut	Ehdotus		
		1977	1979	1981
1. VTT	4,8	5,0	5,0	5,0
2. KTM energiaosasto	10,4	12,4	15,2	17,5
3. Muu julkinen ¹⁾	1,6	0,8	1,0	1,2
4. Muut ²⁾	0,7	0,8	0,8	0,8
Yhteensä	17,5	19,0	22,0	24,5

- 1) Lähinnä KTM teollisuusosasto, Suomen Akatemia ja muut ministeriöt
- 2) Lähinnä ulkomaiset lähteet, erityisesti pohjoismaiset rahastot (NKA, Nordforsk). Tämän rahoituslähteen osalta on kehittämisehdotuksen sijasta pikemminkin kysymys arvioidusta kehityksestä.

Edellä käsitellyn julkisrahoitteisen ja siihen kiinteästi liittyvän ydintekniikan muun tutkimuksen lisäksi suoritetaan maassamme ydintekniikan tutkimus- ja kehitystyötä voimayhtiöissä ja valmistavassa teollisuudessa. Tämä omarahoitteinen työ ylittää laajuudeltaan julkisrahoitteisen tutkimuksen. Näiden keskinäistä koordinoitua ja vuorovaikutusta pyritään tehostamaan.

Nordiskt KBS-seminarium '78

RUOTSALAINEN VAIHTOEHTO KÄYTETYN POLTTOAINEEN LOPULLISESTA TALTIOIN- NISTA KALLIOPERÄÄN

Nordiska Kontaktorganet för Atomenergifrågor (NKA), Nordelin ydinvoimajaosto ja ruotsalainen Kärnbränslesäkerhet (KBS)-projekti järjestivät Tukholmassa 27...28 syyskuuta pohjoismaisen seminaarin, jonka aiheena oli KBS:n toisen vaiheen tulosten esittely sekä ensimmäistä vaihetta koskenutta lausuntokierrosta käsittelevä yhteenveto. Vastaavaa KBS:n ensimmäisen osan tuloksia esitellyttä seminaaria koskeva yhteenveto on julkaistu ATS Ydintekniikka numerossa 4/1977, ss. 25...40.

Nyt esitetty ratkaisumalli on toinen vaihtoehto Ruotsissa annetun ns. villkorslagenin esittämille vaatimuksille koskien ydinpolttoainekierron jälkipään hoitamista "täysin turvallisella" tavalla. Kuten tunnettua Ruotsin hallituksen vastaus esitetyille selvityksille oli ns. "pehmeä-ei", eli latauslupaa voimalaitosyksiköille Forsmark 1 ja Ringhals 3 ei voida myöntää ennen kuin tietyt kallioperän tiiviyyttä koskevat kenttätutkimukset on suoritettu, jolloin käyttöluvan myöntäisi Ruotsin reaktoriturvallisuusviranomaisen (SKI).

Seminaarin kaikille osanottajille (yli 200) jaettiin KBS:n toisen vaiheen raporteista osa I Almän del ja osa II Teknisk del ilmestyy myöhemmin syksyllä. Ohessa julkaistaan kopioituna yleisen osan yhteenveto sekä eräitä kaaviokuvia esitetystä ratkaisumallista.

1 SAMMANFATTNING

Bakgrund

Den s k villkorslagen föreskriver att nya kärnkraftaggregat inte får tas i drift om inte reaktorinnehavaren kan visa att slutförvaringen av det högaktiva avfallet kan ske på ett helt säkert sätt. För att bearbeta hithörande frågor bildade de svenska kärnkraftföretagen Projekt Kärnbränslesäkerhet, KBS, som i december 1977 framlade sin första rapport "Kärnbränslecykelns slutsteg, förglasat avfall från upparbetning". Med stöd av denna rapport samt ett avtal om upparbetning av kärnbränsle har kraftindustrin med hänvisning till villkorslagen gjort framställning om tillstånd att tillföra två nu färdigställda reaktorer kärnbränsle.

Villkorslagen anger också att tillstånd att tillföra en reaktor kärnbränsle kan lämnas om reaktorinnehavaren kan visa hur och var en helt säker slutlig förvaring av använt, ej upparbetat kärnbränsle kan ske. Föreliggande andra rapport från KBS redovisar hur detta alternativ kan genomföras.

Villkorslagens krav på redovisning

Enligt villkorslagen skall redovisningen ange i vilken form avfallet avses bli förvarat, hur slutförvaringen avses bli utformad, hur transportererna avses ske och i övrigt vad som behövs för att bedöma om den föreslagna slutliga förvaringen kan anses helt säker och möjlig att utföra. Redovisningen får ej vara begränsad till översiktliga planer och skisser.

Redovisningen är därför relativt detaljerad även för de delar som är mindre väsentliga för bedömningen av avfallsförvaringens säkerhet. För sådana led av hanteringskedjan som är gemensamma för villkorslagens båda alternativ hänvisas i en del fall till föregående rapport.

Villkorslagens båda alternativ kan bli aktuella att genomföra i framtiden. Hanteringsutrustning och anläggningar för de båda förvaringssätten är så utformade att en samordning i önskade proportioner är praktiskt genomförbar.

Redovisningens utformning och framtagning

Rapporten är uppdelad i en Allmän del (I) och en Teknisk del (II). I den allmänna delen redovisas förutsättningar och data, en beskrivning av de olika stegen i hanteringsgången och dessutom en sammanfattning av spridningsförlopp och säkerhetsanalys.

Den tekniska delen innehåller som i föregående rapport detaljerade avsnitt om geologi och om i hanteringskedjan ingående anläggningar. Frågor rörande buffertmaterial, kapselmaterial, utlakning och spridning behandlas i separata kapitel och mer djupgående än i föregående rapport. Den tekniska delen avslutas med en analys av säkerheten i de olika hanterings- och förvaringsstegen.

Rapporten är baserad på kunskapsmaterial, som är tillgängligt i litteratur och vid olika institutioner. Det rör sig om institutioner inom och utom landet, vilka är verksamma inom områden av betydelse för hantering och förvaring av använt bränsle. KBS har dessutom låtit genomföra ett stort antal egna tekniskt-vetenskapliga utredningar och undersökningar, som redovisas i KBS tekniska rapporter. 56 sådana rapporter förelåg vid tidpunkten för publiceringen av den första KBS-rapporten och antalet är nu 120 st (se del II, bilaga 2). Dessa tekniska rapporter finns tillgängliga men ingår ej i föreliggande redovisning.

KBS-projektets organisation har redovisats i den första rapporten och har sedan dess i huvudsak varit oförändrad.

Av KBS-projektet anlätade företag, institutioner och experter är förtecknade i del I, bilaga 1. Dessa har varit engagerade inom egna fackområden och har redovisat sina bidrag främst i KBS tekniska rapporter. De har också i några fall medverkat inom eget fackområde i utformningen av avsnitt i föreliggande rapport. För innehållet i denna och föregående rapport ansvarar dock projektledningen.

Hanteringsgången för använt kärnbränsle

Hanteringen av använt bränsle liknar i en del avseenden den som redovisats i KBS rapport om förglasat avfall från upparbetning. De led i hanteringskedjan som avser bränslets upparbetning och det förglasade avfallets mellanlagring har dock bortfallit. I övrigt skiljer sig hanteringen främst med avseende på inkapslingsförfarandet och utformningen av det buffertmaterial som kapslarna omges med i slutförvaret. Anledningen till detta är att mängden tunga ämnen med mycket långlivad radioaktivitet är betydligt större i använt bränsle än i förglasat avfall. Kraven på långsiktig isolering av det använda bränslet är därför större.

Sedan det använda bränslet under en tid förvarats i kärnkraftstationens förvaringsbassänger transporteras det till ett centralt lager för använt kärnbränsle. Här lagras bränslet i 40 år. Under denna tid minskar bränslets värmeavgivning i sådan utsträckning att temperaturerna i berget kan hållas på en nivå varifrån erfarenhet föreligger (oljelagring i bergrum).

Tiden för övervakad lagring - 40 år - före slutförvaring är densamma som motsvarande tid för upparbetningsalternativet. Ur teknisk och säkerhetsmässig synpunkt kan lagringstiden förkortas

eller förlängas. Det slutliga valet av lagringstiden är en senare fråga, som berör optimeringen av hanteringskedjan.

Efter lagringsperioden transporteras bränslet till en inkapslingsstation. Där demonteras bränslet och bränslestavarna skiljs från bränsleelementens metalledar.

Bränslestavarna inkapslas i behållare av ren koppar med en vägg-tjocklek av 20 cm. Mellanrummet mellan stavarna fylls med bly. De fyllda kopparkapslarna, som väger ca 20 ton, överförs därefter till ett slutförvar bestående av ett system av tunnlar ca 500 meter nere i berggrunden. Kapslarna deponeras i vertikala borrhål och omges med ett s k buffertmaterial, som utgörs av högkompakterad bentonit. Bentonit är ett i naturen förekommande lermaterial, som sväller vid vattenupptagning. När förvaret är fyllt med kapslar förseglas det genom att tunnlar och schakt fylls med en blandning av kvartssand och bentonit. Figur 1-1 visar ett snitt genom det vertikala deponeringshålet med kapsel och buffertmaterial efter försegling.

Bränsleelementens metalledar, som också är radioaktiva, gjuts in i betongkuber. Kuberna deponeras i tunnlar i ett separat slutförvar i berg på ca 300 meters djup. Förvaringstunnlarna fylls med betong.

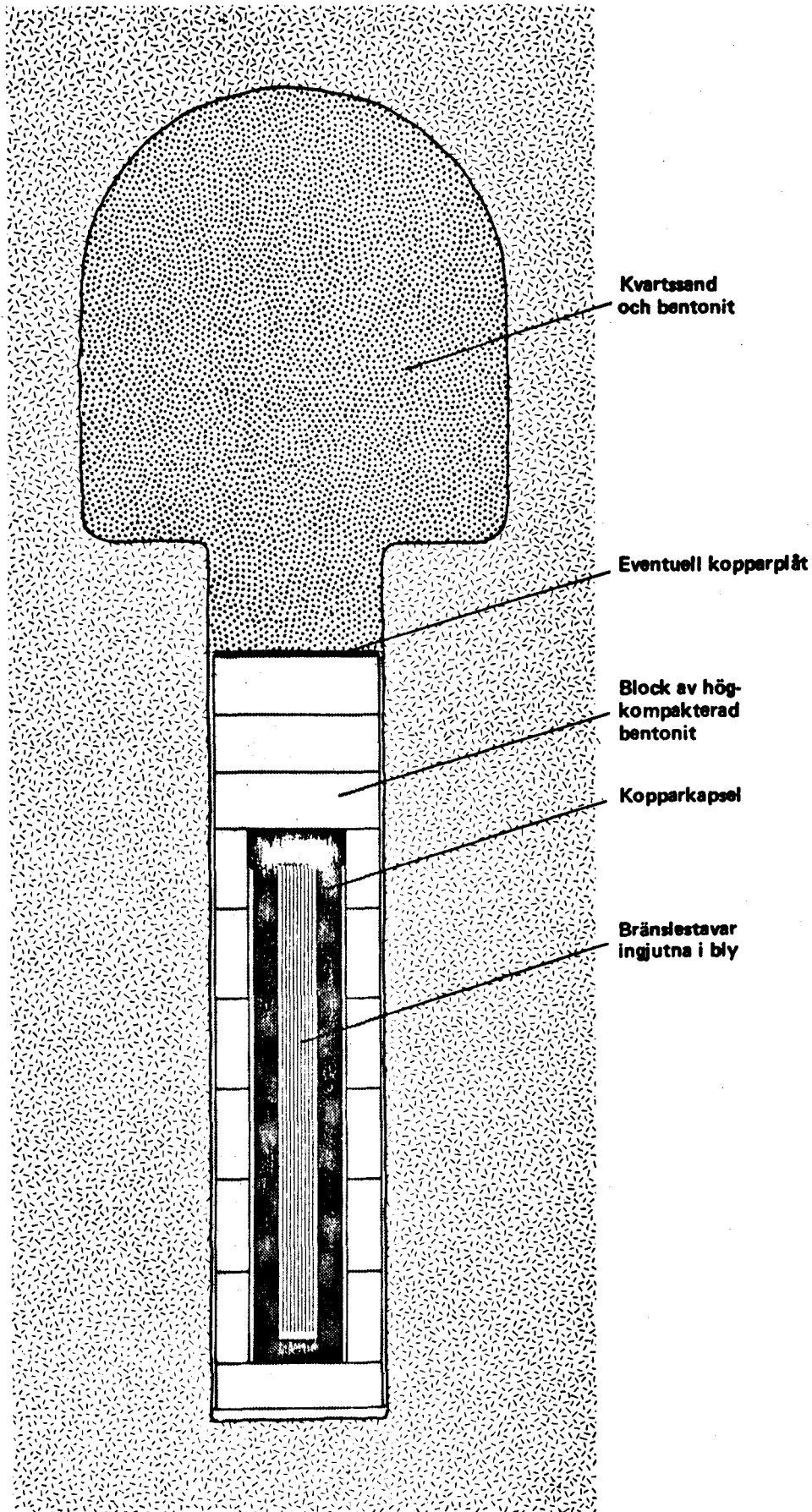
Enligt KBS förslag skall slutförvaringen inte påbörjas förrän ett stycke in på nästa sekel. Under den tid som står till förfogande kommer pågående utvecklingsarbete säkerligen att leda till alternativa metoder för slutförvaringen. Inom KBS-projektet har alternativa utföranden av bl a inkapslingen studerats. Ett sådant alternativ redovisas i föreliggande rapport (del II, bilaga 1) i form av en kapsel av aluminiumoxid, som synes ha utomordentligt god långtidsbeständighet. Denna typ av behållare kan utgöra ett framtida alternativ till kopparkapseln.

Geologiska förutsättningar

Omfattande utredningar och undersökningar, som genomförts för att bestämma svensk berggrunds förutsättningar för ett slutförvar, redovisades i föregående KBS-rapport. Dessa arbeten har fortsatt i de tre områden som bedömts som mest intressanta. Det har därvid styrkts att de valda områdena utgör exempel på platser där ett slutförvar skulle kunna bli förlagt. Resultaten av de fortsatta arbetena har bekräftat den prioritering som gavs i föregående rapport, nämligen Karlshamn, Finnsjön och Kråkemåla i nämnd ordning. Fortsatta undersökningar kan förväntas visa att ytterligare ett flertal områden i landet har de förutsättningar som krävs för ett slutförvar.

Några skäl har inte framkommit för att ifrågasätta den tidigare bedömningen att ett slutförvar kan placeras på ca 500 meters djup i svenskt urberg.

Radioaktiva ämnen från slutförvaret kan i praktiken endast spridas med grundvattnet. Det är därför av vital betydelse för bedömning av slutförvarets säkerhet att berget har stor täthet och att drivkrafterna för att åstadkomma grundvattenrörelser är små. De fortsatta hydrogeologiska undersökningarna har visat att grundvattenflödena i undersökningsområdena är mycket ringa och grund-



Figur 1-1. Det förseglade slutförvaret. I deponeringshållet omges kapseln av block av högkompakterad bentonit. Spalterna fylls med bentonitpulver. Tunneln fylls med en blandning av kvartssand och bentonit. Ovanpå bentonitblocken placeras eventuellt en kopparplåt som diffusionsspärr.

vattnets nuvarande strömningsmönster inte kommer att förändras under mycket lång tid i de geologiskt stabila områden som undersökts.

Teoretiska undersökningar har visat att grundvattnets strömningstid från slutförvaret till markytan är mycket lång i gott berg. Genom flera åldersbestämningar har grundvattnets strömningstid från ett lämpligt placerat förvar på 500 meters djup till markytan bedömts vara omkring 3 000 år eller mer.

Mätningar av syrehalt och redoxpotential i svenska grundvatten från större djup liksom mineralogiska och geokemiska observationer visar att reducerande förhållanden är allmänt förhärskande i svensk berggrund. Detta är väsentligt för grundvattnets begränsade förmåga att lösa upp och sprida de radioaktiva ämnen.

Inkapsling och utlakning

Den kapsel som omger det använda bränslet utgör en långtidsbeständig barriär mot spridning av radioaktiva ämnen i bränslet. Kapseln utgör också en strålskärm, som minskar radiolysen av grundvattnet till en från korrosionssynpunkt obetydlig nivå.

Kopparkapseln är mycket motståndskraftig mot korrosion. Korrosionsangrepp kan orsakas av syre, vissa svavelföreningar och mikrobiologiska förlopp. Bl a grundvattnet och buffertmaterialet kan innehålla ämnen som medverkar till korrosion. Beräkningar grundade på tillgängliga mängder oxiderande material ger som resultat att kopparkapselns livslängd skulle överstiga en miljon år. En av Korrosionsinstitutet tillkallad expertgrupp har gjort bedömningen att det är "realistiskt att förvänta en livslängd av hundratusentals år hos en kopparkapsel med en väggtjocklek av 200 mm". En av nio ledamöter har dock avgivit särskilt yttrande.

Kopparkapseln kan också utsättas för mekaniska påfrestningar under sin livstid som följd av yttre övertryck och andra påkänningar. Bl a för att förhindra skador på kapseln är utrymmet mellan bränslestavarna och kapseln helt fyllt med bly. Några mekaniska påkänningar som skulle kunna begränsa kapselns livslängd till under en miljon år kan inte förutses.

Vid slutförvaringen omges kopparkapslarna av högkompakterad bentonit. Denna kommer så småningom att ta upp vatten, varvid den sväller och sluter till alla sprickor och små håligheter som kan uppstå vid deponeringen. Svällningen gör att bentoniten blir mycket tät och praktiskt taget ogenomtränglig för strömmande vatten. Transport av korrosiva ämnen, korrosionsprodukter och radioaktiva ämnen genom bentonitlagret kan därför endast ske genom diffusion. Den högkompakterade bentoniten utgör på så sätt en andra inkapsling av avfallet.

För att grundvatten skall komma i kontakt med de radioaktiva ämnen i bränslet måste kopparkapseln, det bly som omger bränslestavarna samt bränslets zirkaloykapsling genombrytas. Först efter mycket lång tid kan man räkna med kapselskador i sådan utsträckning att vatten kommer i kontakt med någon större andel av bränslet. Olika ämnen i bränslet kan därvid komma att utlakas och så småningom föras vidare med grundvattnet. På grund av den stabila och kemiskt reducerande miljö som är förhärskande i berggrunden

och på grund av det begränsade vattenflödet blir utlakningsförloppen ytterligt långsamma. Även under mindre gynnsamma förhållanden kommer det att ta många hundratusen år att föra bort uraninnehållet i en kapsel.

Genom grundvattnets inverkan kommer även betongen kring de radioaktiva metalldelarna så småningom att brytas ner. Då kommer metalldelarna i kontakt med grundvattnet, och spridning av bl a radioaktivt nickel kan äga rum. Den mängd radioaktiva ämnen som då kommer att spridas ger emellertid även med ogynnsamma antaganden obetydliga stråldoser.

Fördröjning och spridning

Flertalet radioaktiva ämnen som löses ut från bränslet kommer som följd av skilda reaktioner att vandra långsammare än grundvattnet. Fördröjningsfaktorer för olika nuklider har bestämts genom experimentella undersökningar.

Det arbete som utförts efter publiceringen av föregående KBS-rapport i fråga om geokemiska förhållanden i berggrunden har väsentligt påverkat bedömningen av den geologiska barriären. Utredningar och mätningar har verifierat att reducerande kemiska förhållanden råder på de aktuella djupen i den typ av berg där förvaringen föreslås ske. Svenska iakttagelser och i litteraturen redovisade studier bl a från ryska och tjeckiska uranförekomster visar att uran och uranföreningar är ytterst svårösliga i den aktuella kemiska miljön. Detta är helt i överensstämmelse med och bekräftar de resultat som erhållits vid laboratorieförsök. Förutom den ringa lösligheten ger den reducerande miljön väsentligt större fördröjningsfaktorer, än de som användes i föregående redovisning.

De radioaktiva ämnenas spridning i biosfären genom olika näringskedjor måste klarläggas för att man skall kunna beräkna dosbelastningen till människan. 13 olika exponeringsvägar har studerats på motsvarande sätt som i den första KBS-rapporten. För att kunna anknyta beräkningarna till ett konkret fall har man förutsett att förvaret är placerat vid Finnsjön.

Hanteringskedjans säkerhet

Den genomförda säkerhetsanalysen har visat att risken för spridning av radioaktiva ämnen från normal drift eller vid missöden i de olika stegen i hanteringskedjan är obetydlig. Analyser av transport och lagring av använt kärnbränsle har i huvudsak behandlats i föregående KBS-rapport. För övriga delar, av vilka särskilt inkapslingsförfarandet är speciellt för använt bränsle, lämnas redovisning i föreliggande rapport. I anslutning till att berörda svenska myndigheter skall granska och ge tillstånd till uppförande och drift av de i hanteringskedjan ingående anläggningarna förutses att detaljerade krav på kontroll, dokumentation och övervakning kommer att ställas på liknande sätt som för närvarande sker i fråga om kärnkraftverk.

Slutförvarets säkerhet

För att i slutförvaret under mycket långa tider kunna isolera de radioaktiva ämnen som ingår i använt kärnbränsle omger man bränslet med ett antal barriärer. Varje barriär ger skydd mot spridning, men de olika barriärerna har också olika egenskaper och funktioner som både förstärker och kompletterar varandra.

Dessa barriärer, som är berörda i det föregående, utgöres av

- urandioxiden som i sig själv är ett svårlösligt ämne,
- kapseln av ett långtidsbeständigt material,
- inpackning av kapslarna i ett tätt buffertmaterial,
- slutförvaring i stabilt urberg med låg grundvattenföring och
- kemiska barriärer mot spridning av de radioaktiva ämnena.

På motsvarande sätt som för förglasat avfall visar beräkningarna att den grupp människor som kan komma att utsättas för den största strålningspåverkan utgöres av personer som i en avlägsen framtid hämtar sitt dricksvatten ur en bergbrunn, borrhål i förvarets närhet.

Säkerhetsanalysen visar att med försiktigt valda förutsättningar (det s k huvudfallet i beräkningarna) kommer dessa personer att utsättas för en högsta tillkommande bestrålning, individdos, på ca 10 millirem per år, vilket inträffar först efter ca 70 miljoner år. Denna dos ligger i nivå med den i Sverige nu gällande konstruktionsmålsättningen för nya kärnkraftverk och med stor marginal under internationella strålskyddskommisionens (ICRP) rekommenderade gränsvärde för exponering under en följd av år, 100 millirem per år. För att belysa ett ytterlighetsfall har individdosen även beräknats för extremt korta vattentransporttider från slutförvaret till markytan och samtidigt för lägre fördröjningsfaktorer för spridningen av radioaktiva ämnen i geosfären. Individdosen skulle då uppgå till ca 70 millirem per år och uppträda efter ca 1 miljon år. Även detta värde är lägre än de 100 millirem per år som ICRP rekommenderar men något högre än de 50 millirem per år som gäller i Sverige som högsta tillåtna stråldos till närboende vid drift av kärnkraftverk.

Ett dominerande bidrag till stråldosen ges av radium-226 vilken även förekommer i naturen. De förhöjda halter av detta ämne som redovisas från slutförvaringen ligger inom det intervall som uppmätts för naturliga dricksvatten i Sverige.

Det troliga händelseförloppet på basis av genomförda analyser är att kopparkapseln förblir intakt under åtminstone en miljon år och att utlakningen av uranbränslet tar miljontals år. Dosbelastningen blir härvid mindre än för det ovan diskuterade huvudfallet och maximum inträffar senare.

Under en period på en miljon år avklingar de flesta av de radioaktiva ämnena i det använda bränslet. Under tidsperioden därefter dominerar bränslets giftighet av sönderfallsprodukter från uran, främst radium-226. I detta fall blir konsekvenserna av slutförvaringen av det använda bränslet inte större än konsekvenserna av förvaring av motsvarande mängd urandioxid som aldrig bestrålats i någon reaktor. Ett undantag är spridningen av jod-129, som dock inte ger nämnvärda dostillskott.

Här redovisade stråldoser från ett slutförvar är sammanställda i fig 1-2, som även visar dels de gränsvärden som gäller för kärnkraftverk i Sverige, dels de naturliga strålnivåer som förekommer i landet.

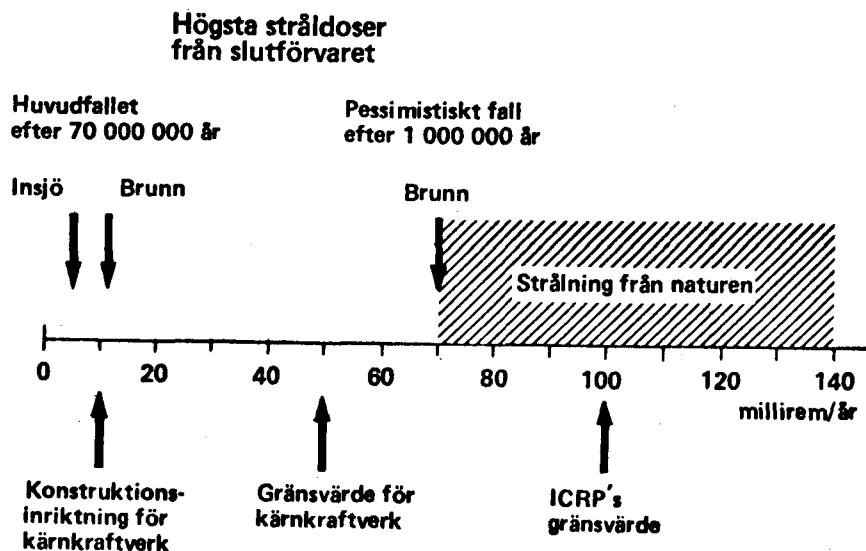
Tidsperspektiv

De tidrymder som aktualiseras i säkerhetsanalysen är av en sådan storleksordning att de knappast kan förankras i vår normala föreställningsvärld. En något bättre överblick av förhållandena kan möjligen erhållas om man betraktar det förväntade framtida händelseförloppet uppdelat på olika skeden.

Det förutsättes här att jorden under de olika skedena fortfarande är hemvist för någon form av mänskligt liv. I annat fall skulle diskussionen om slutförvarets påverkan på de ekologiska systemen sakna intresse.

Några tusen år framåt

Under detta skede kommer kopparkapslarna att vara helt intakta, med eventuellt undantag endast för enstaka kapslar, som redan från början kan vara behäftade med fel. Den aktivitetsmängd, som kan läcka ut från dessa och nå biosfären, ger helt försumbara doser.



Figur 1-2. De högsta stråldoser från slutförvaring av använt bränsle som någon individ beräknas kunna få jämfört med några gränsvärden. ICRP är den internationella strålskyddskommissionen. Strålningen från naturen varierar mellan olika platser och ligger i Sverige inom det streckade området.

Under några tusental år framåt kan slutförvaret därför betraktas som "helt säkert", oavsett hur man värderar detta begrepp.

Från några tusental år till några hundratusental år framåt

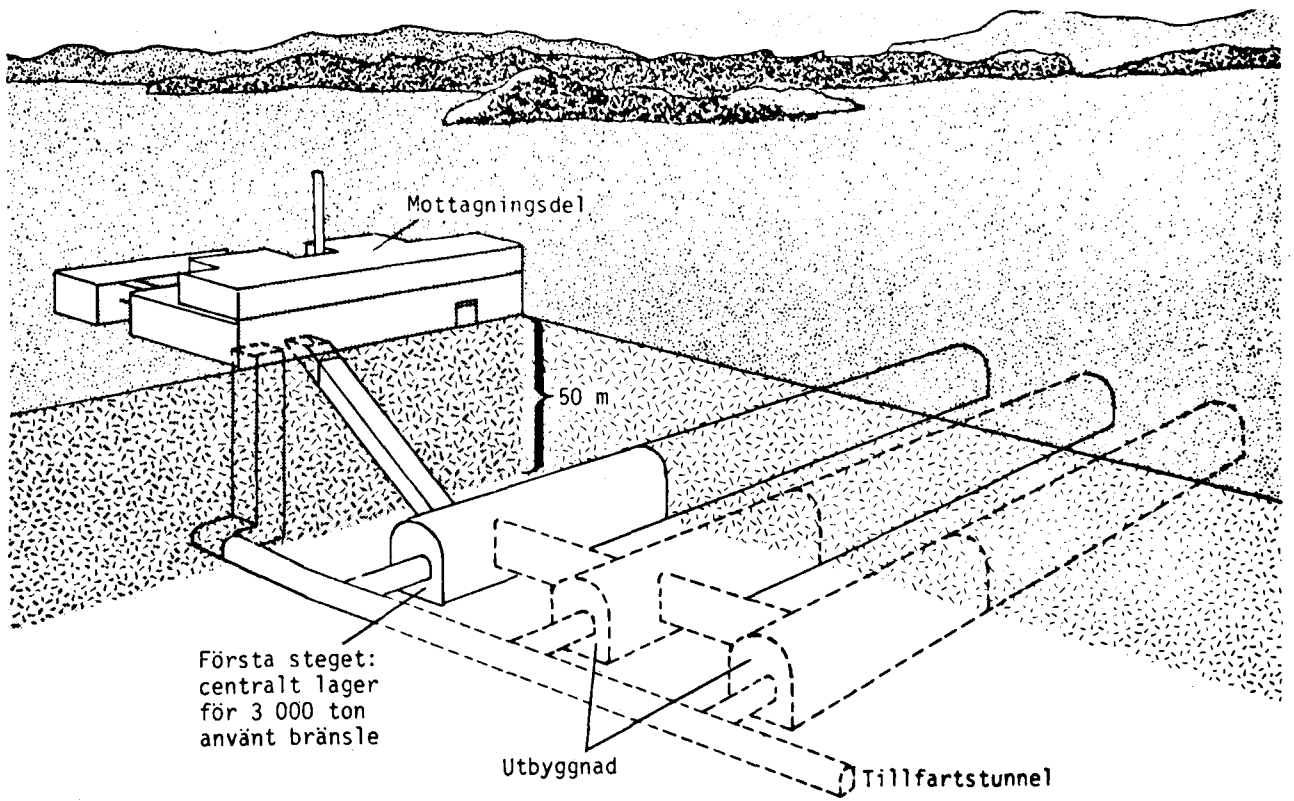
Genomförda beräkningar visar att förutsättningar saknas för att någon spridning av radioaktivitet till biosfären skall äga rum under detta tidsskede, även om man gör pessimistiska antaganden rörande de olika barriärernas bestånd och funktion. Under detta skede kan det inte uteslutas, att kapslarna börjar genombrytas och grundvattnet kommer i kontakt med det använda bränslet. Den täthet och de kemiska förhållanden, som karakteriserar buffertmassan i berget, begränsar emellertid aktivitetsspridningen. Från geologisk och geokemisk synpunkt är detta tidsskede inte svåröverskådligt och stora klimatiska förändringar kan inte heller påverka ett slutförvar på 500 m djup i svensk berggrund.

Även under detta skede kan därför hävdas, att slutförvaret uppfyller kravet på att vara "helt säkert".

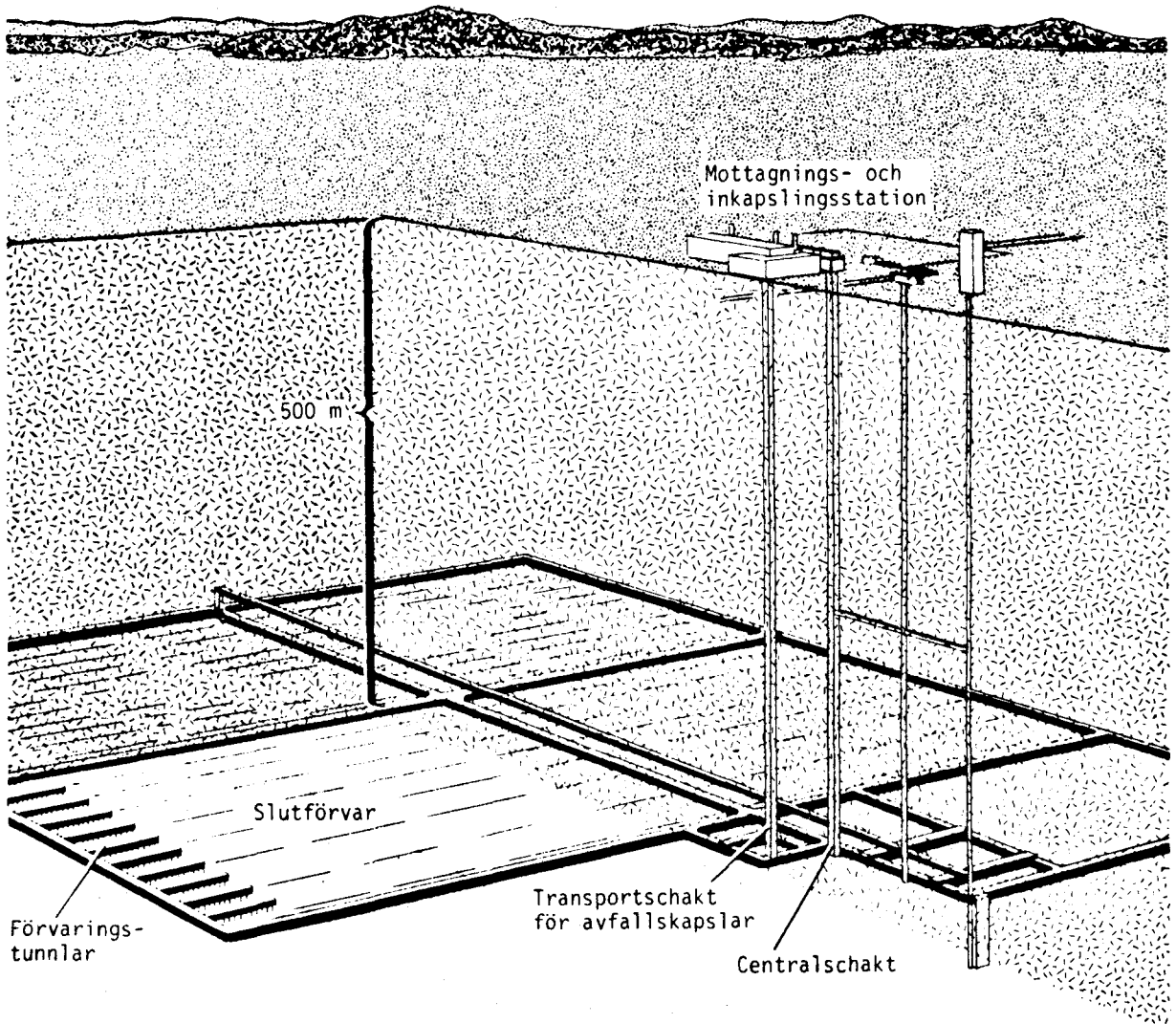
Från några hundratusental år och framåt

Säkerhetsanalysen visar att vid pessimistiskt valda förutsättningar kan en viss aktivitetsspridning ske till biosfären efter ca 1 milj år. Det dostillskott, som skulle bli en följd härav har beräknats bli av samma storleksordning som eller lägre än de gränsvärden som idag tillämpas och lägre än de doser som härrör från strålningen i naturen. I det här aktuella tidsperspektivet, miljontals år, synes det emellertid inte meningsfullt eller rimligt att närmare diskutera effekterna av slutförvaret i relation till dagens normer. Några ansatser härtill har inte heller - inte ens för tidsperspektiv, som motsvarar det först behandlade skedet - gjorts inom andra verksamhetsområden som kan ha långsiktiga miljöpåverkande effekter.

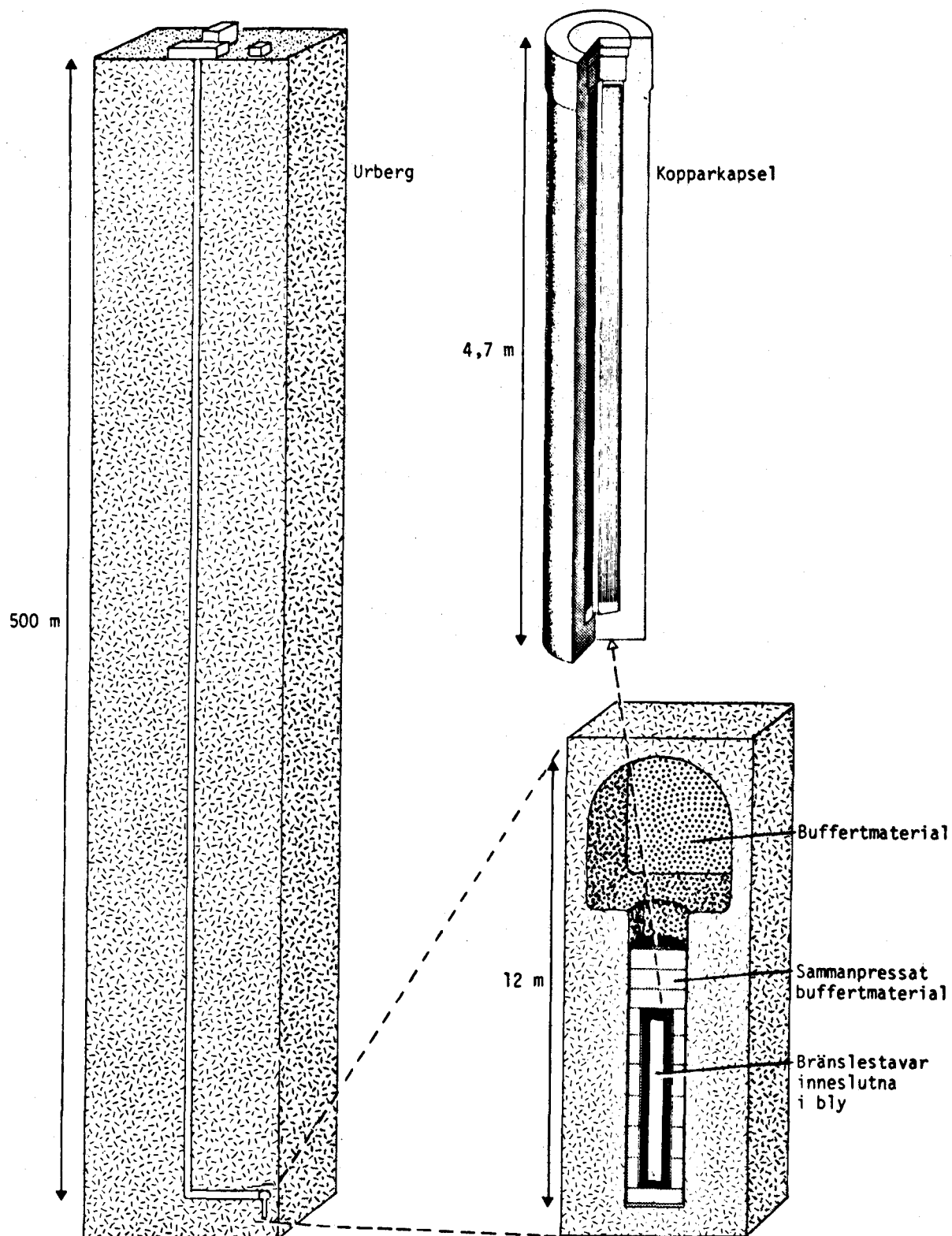
Med hänsyn till den geologiska stabilitet under mycket långa tidrymder som berggrunden uppvisar i de delar av landet, som kan bli aktuella för ett slutförvar, kan dock göras gällande, att eventuella konsekvenser av ett slutförvar blir mycket begränsade. Strålningens påverkan på de ekologiska systemen och deras utveckling torde komma att domineras av den naturliga strålningen och vid sidan härav blir effekterna från slutförvaret lokalt små och globalt försumbara.



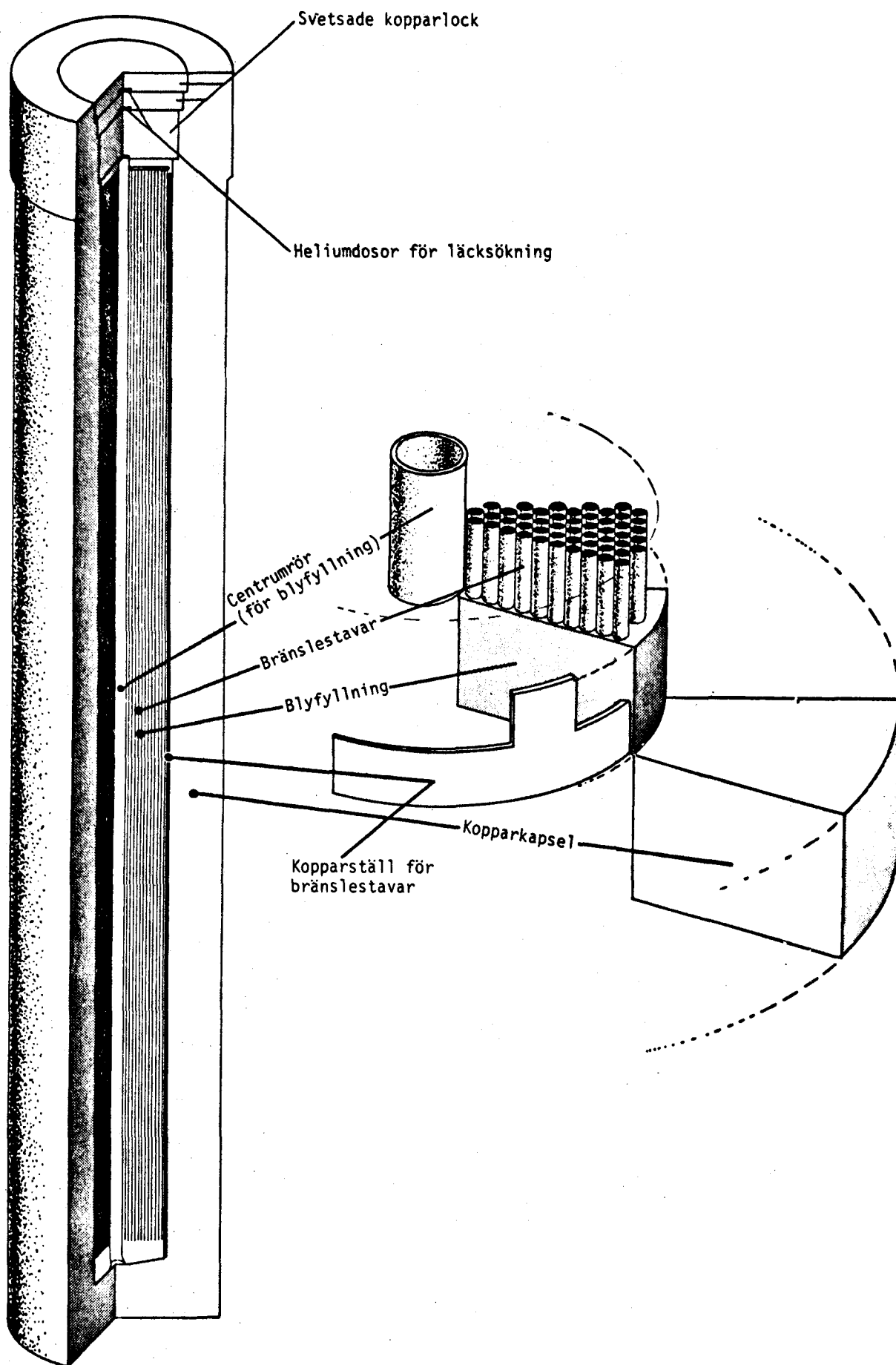
Figur 5. Det centrala bränslelagret utbyggt för 9 000 ton.



Figur 8. Perspektivskiss av slutförvaret.



Figur 11. Schematisk bild av det föreslagna slutförvaret. Flera barriärer förhindrar och fördröjer spridningen av radioaktiva ämnen från avfallet.



Figur 6. Det inkapslade avfallet. Kopparkapseln är 4,7 meter lång och har en diameter av 0,8 meter.

IAEA:N 22. YLEISKOKOUS

IAEA:n 22. yleiskokous pidettiin Wienissä alkaen 18. syyskuuta 1978. Kokoukseen osallistui valtuuskuntia yli 80 jäsenmaasta. Kokouksen pääasioina olivat mm. järjestön vuoden 1979 budjetti, loppusummaltaan yli 65 miljoonaa USA:n dollaria, sekä järjestön toimintaohjelma vuosiksi 1979...1984. Kokouksen puheenjohtajaksi valittiin kehitysmaan edustaja, professori Malu wa Kalenga Zairesta.

Suomen kannalta todettakoon erityisesti, että Suomi valittiin nyt järjestön hallintoneuvoston jäseneksi.

Julkaisemme seuraavassa IAEA:n pääjohtajan Dr. Sigvard Eklundin kokouksessa pitämästä puheesta laaditun tiivistelmän sekä Suomen puheenvuoron kokonaan. Suomen puheenvuoron esitti valtuuskunnan puheenjohtaja suurlähettiläs Seppo Pietinen.

Pääjohtajan puheen pääkohdat

Vienna, 18 September 1978 - Dr. Eklund departed from presenting the traditional balance sheet of the Agency's work and spoke about the status of nuclear energy in the world today sharing some of his concerns about certain trends in this field.

As regards the Agency he reviewed principally its 1979 budget of \$ 65,177,000 which after a series of reductions still shows a 27% increase over that of 1978.

This increase was mainly due to three reasons:

1. the move of the IAEA to its new headquarters so generously provided for by the Austrian authorities
2. the increase in the Agency's Safeguards' responsibilities especially as a consequence of the implementation of Euratom safeguards
3. the inflation and decline in the value of the dollar in relation to the Austrian Schilling. 76% of the Agency's expenditures are in Austrian Schillings.

Dr. Eklund also reviewed the estimated production of electricity from nuclear power stations in the last year in the countries with free market economies. He recalled that in 1955 the installed nuclear capacity in the world was only 5 MW, in 1967, 10,000 MW and today 100,000 MW with some 200,000 MW under construction or in an advanced stage of planning.

This extremely positive picture should be balanced against the levelling off in orders in the last 2 years - this trend was also reflected in the decline of orders for conventional power plants and was partly the consequence of the recession and the lower rate of increase in energy consumption due to energy conservation measures.

Still this recent trend and the fact that nuclear energy for power production in some countries did no longer seem so attractive as before, had led the leaders of the western world to declare at the Bonn summit meeting in July that:

"the further development of nuclear energy is indispensable and the slippage in the execution of nuclear programmes must be reversed".

How had one arrived at this situation? One should remember that the century preceding the Second World War has been called the golden age of engineering and the spirit of this period was characterized by the expression: "the difficult we do immediately, the impossible takes a little longer".

During the last twenty-five years this confidence has waned and the belief in the benefits of technical development has changed in some quarters to a mistrust and a questioning of the necessity and usefulness of further applications of science and technology. Technology in itself is looked upon by large circles as a malevolent force. In some countries governments, although elected in democratic ways, are prevented through the activity of pressure groups from introducing major technological changes in the society.

It should perhaps at this stage also be said that this is a phenomenon particularly evident in the highly industrialized affluent countries with market economies. The developing countries with more than 2/3 of the world's population are still primarily concerned with how to gain access to modern technologies on the best terms and how to use technology to further their economic development and self-reliance. The countries with centrally planned economies also continue to regard science and technology as benevolent forces. One should recall in this context what Lenin said about the urgent need and importance of electricity production for the advancement of society.

Although everybody wishes to benefit from all the conveniences which electric energy makes available, further development is considered unnecessary by some groups. Very little thought is given to the means which must be provided to maintain the standard of living in the developed countries, not to mention what is needed to raise the standard of living in the developing countries. Very little thought is given to the question of how to secure food and water for a population which will probably reach the 6000 million level at the end of this century. Hiding behind terms like "appropriate, soft or intermediate" technologies, these wishful thinkers would have a world where the developing countries can make do with windmills while the developed would content themselves with zero growth. Let there be no mistake: small non-conventional energy sources might be the best solution to energy supply in small rural communities, but they cannot turn the wheels of industrialization of a country.

In this turmoil of unclear thinking, nuclear energy has become the symbol of the hard technology which non-believers in technical development are now so vigorously criticizing. One can see two explanations for this.

One is that the consequences of a slow-down or halt in the planning and construction of nuclear power stations are not immediately felt. The difficulties will only show up six to ten years from now in the form of lack of electrical energy for which the utilities and electricity boards will then be held responsible. Part of the difficulty lies in the difference in the time-frame in which the scientist or engineer, as opposed to the politician, must operate. It is clear, for instance, that advocates for a decision to stop using artificial fertilizers, the greatest polluting agent of our surroundings, would never get much support because the consequences would be felt within a year's time and their responsibility for such a decision would still be fresh in the public mind.

Another reason why nuclear energy has become a scapegoat lies in the conscious or unconscious association in most people's minds between the peaceful uses of nuclear energy and nuclear weapons.

There has so far been no case where a country went about developing nuclear explosives by constructing a nuclear power plant. It should also be noted that in the 10-year period from 1945 to 1954, three countries developed nuclear explosives. Between 1955 and 1964 another two countries, and between 1965 and 1974,

one single country. In this time span the nuclear capacity in the world grew from 5 MW in 1955 to 54 000 MW in 1974 in 19 countries. From this alone, one could conclude that there is no relationship between the expansion of nuclear power and the development of nuclear explosives.

Further, the Non-Proliferation Treaty has now been ratified or acceded to by 104 countries. Non-nuclear-weapon States Party to NPT promise not to acquire or develop nuclear weapons and to accept IAEA safeguards to verify their adherence to this commitment.

This Treaty represents the fundamental basis for all the deliberations around the proliferation problem. This solemn undertaking, together with the safeguards provisions, is the best achievable guarantee that peaceful nuclear development will not lead to the proliferation of nuclear weapons.

In addition some countries, like the US in their national legislation were requiring that countries receiving equipment or nuclear material from the US should either be a partner to the NPT or accept full scope safeguards. If all supplier States adopted this policy, the non-proliferation regime would become universal and many problems eliminated.

The Director General then referred to the results of INFCE which should provide a timely input to the Second NPT Review Conference in 1980. While an international consensus on some aspects of the control Articles would be crucial to the future successful implementation of the Treaty, one should not lose sight of the fact that for the majority of countries attending that Conference, the implementation of Article IV on international co-operation and Article VI on disarmament are the most important questions.

This concern has recently been expressed in the final document of the UN General Assembly's Special Session on Disarmament held in June this year.

It was most unfortunate said Dr. Eklund that all these measures taken to control the peaceful fuel cycle tend to deflect attention from the real threat to peace represented by the existing nuclear weapons arsenals that continue to grow steadily.

The nuclear industry needs what it had in the 1960s - confidence in clear governmental policies and in the supplies of fuel and services from other countries where necessary; confidence that sites can be found and plants built without interminable and expensive legal complications.

In ending Dr. Eklund underlined that the Agency's technical assistance programme formed a cornerstone of the Agency's work and appealed to Member States to support the Agency's Technical Assistance programme whose target had been set at \$ 8,5 million when the average cost of a single nuclear plant was of the order of \$1 billion.

Suurlähettiläs Seppo Pietisen esittämä Suomen puheenvuoro

Mr. President,

On behalf of the Delegation of Finland I would like to extend to you my best congratulations on your election to the presidency of the 22nd Session of the International Atomic Energy Agency. The fact that a representative of an African nation has been chosen to preside over our

deliberation is for us a token of the world-wide importance of our Agency. Our best wishes go equally to the Vice-Presidents and other members of the General Committee of this Session.

I wish also to pay tribute to the distinguished Director General, Dr. Eklund who in his traditional fashion has again made an important and inspiring statement in the beginning of the Session. As in the past years, the Government of Finland values highly the work performed by the Director General and his staff. The Agency's programme for 1979-84 is an impressive illustration of the Director General's plans and we rest assured that the Agency is on the right road.

Mr. President,

One of the major tasks of the international community is to preserve our peoples from the horrors of war and in particular of a nuclear war. This is the aim of the organized international cooperation and the role of the International Atomic Energy Agency in this endeavor is demanding and difficult. We believe that the acceptance and application of a universal and strict safeguards system is in the interest of all states.

Many initiatives have been taken in order to strengthen and to assure the success of non-proliferation efforts. We believe that, despite the fact that it has not fulfilled all its expectations, the NPT is the most effective tool for this purpose in the hands of the international community. My Government hopes that the Second Review Conference of the NPT could further strengthen the non-proliferation regime and contribute to a broader consensus on international cooperation in the peaceful uses of nuclear energy. The Conference should also find ways and means to create conditions where no state outside the NPT could reasonably argue that remaining outside the Treaty is compatible with its considered national interests. Last year the General Assembly of the United Nations by an overwhelming majority approved in this matter a resolution based on an initiative by the delegation of Finland. It is our intention to maintain our activity in this matter. We also urge those non-nuclear weapon states parties to NPT which have not yet concluded safeguards agreements with the International Atomic Energy Agency to intensify their efforts towards the finalization of these agreements.

Recently, the Agency has negotiated new safeguards agreements and arrangements, which will put increased requirements on the Agency both in terms of personnel and funds. In the view of my delegation the sum allocated to this purpose is a modest price for a contribution to peace.

Mr. President,

The IAEA has also other functions to perform and all parts of its programme are integral and equally important components of a whole. This means that no part should be forgotten at the expense of another. We understand perfectly that the world needs more and more energy. Considering the scarcity of the energy sources, it is no surprise that the developing nations are beginning to look at the IAEA with more attention and are inclined to give it a more important role in their national planning. Consequently the pressure for larger technical assistance by the Agency is growing. Maybe time has come to examine the question of technical assistance in all its aspects and see how funds available could be increased and used better. In this connection we note with satisfaction that in Resolution 32/187f, the General Assembly emphasized the urgent need of common efforts towards an essential increase of this assistance.

In our view the programme of technical assistance should be given priorities emphasizing particularly such areas where the Agency is the sole contributor. We have in mind, for example, questions concerning reactor safety and physical protection. There might be others, too, and we would be most eager to cooperate with the Agency in searching for best ways and means to enhance the Agency's activity in this field.

Finland regards the study of a possible plutonium bank to be of great importance. This project, in our view, has a double merit. It would serve at the same time the interest of efforts to strengthen the non-proliferation regime and to contribute to the availability of energy resources. We have therefore in our reply to the Director General taken a positive stand and we hope to be assistance in the further elaboration of the project.

The Agency has a possibility to give its impetus to the progress of the nuclear technology and sciences. This is done through an extensive programme of meetings, seminars and symposia. My Government will also next year host one of the meetings included in the programme of the Agency. The Conference organized in Salzburg was a success, and we support the idea of another Salzburg-type conference. Taking into account the interest the public opinion places on nuclear energy questions it might be worthwhile to keep that aspect in mind in the preparations of such a conference.

Mr. President,

The International Nuclear Cycle Evaluation Program that was initiated in October 1977 is now well under way and we shall soon have to decide on the guidelines for its completion. Finland has

approached the aims as well as the work of the Program without predetermined positions and taken part in it within her rather limited resources. On the basis of the work done to date we expect that the INFCE program will be a valuable contribution in the efforts to create conditions in which nuclear energy can cover its share of the world energy requirements while at the same time alleviating the causes for growing popular concern with regard to the nuclear energy as well as minimizing the dangers of nuclear proliferation.

In the work of the INFCE programm we pay special attention to the guidance it can give concerning the proliferation resistance of the various fuel cycles which in turn can serve individual countries as well as the world community in planning nuclear policies. We also look forward to practical results in fields such as physical protection, environmental and health aspects. Further information should be gained also with regard to the financial aspects of the back end of the fuel cycle. Within the framework of the programm such questions as the need for innovative juridical arrangements and, for example, the international management and storage of plutonium and spent fuel will have to be addressed. For our part we would like to express our gratitude to the Director General for the valuable support the IAEA has given to INFCE by providing logistic and secretarial assistance as well as expert assistance in preparing background studies etc. We expect the INFCE exercise to be a helpful guidance also to those countries that have not taken part in its activities.

The Finnish Government has followed with keen interest the common efforts of a number of nuclear exporting countries to formulate a common policy with regard to the export of nuclear materials, equipment and technology. We have expressed our support for these efforts. At the beginning of this year the fifteen countries in question circulated as an Agency document the basic principles and guidelines those governments have agreed to follow in their export policy. As a country which for many years has actively been engaged in efforts to create international arrangements which would make the non-proliferation regime more effective, Finland considers the adoption of the export guidelines as a significant step in this direction. We would, however, like to see the principle of full-scope control accepted by the recipient countries as a necessary condition for ensuring an effective safeguards system.

We have also taken note of the wish expressed by the fifteen governments that other states would decide to follow similar nuclear export policies. Finland has already assumed obligations relating to nuclear exports under the Non-Proliferation Treaty and the Zangger Committee. We see the guidelines adopted as an expansion and precision of these conditions. It is the intention of my Government for its part

to apply export conditions that correspond to the guidelines I have referred to.

The nuclear non-proliferation regime has, however, in recent years along with its development become more cumbersome and complicated. Different export criteria have been adopted by various countries and in many cases individual bilateral agreements must be negotiated. This trend has brought about administrative and practical difficulties which are not necessary from the point of view of effective safeguards requirements. We do believe that international agreements can be found which will in a comprehensive way satisfy the need both for administrative straightforwardness and for certain commonly agreed and stringent safeguards criteria. To this end a meeting of interested parties could be considered.

Mr. President,

Last year a number of governments took the initiative of trying to work out a consensus on how physical protection of nuclear material could be secured. Meetings were held and some steps forward have been taken. It has now been agreed that in the first stage the future convention should apply only on nuclear material in international transports. We believe that at present there are phenomena, like terrorism, that make it necessary to protect the safety of international trade of nuclear material. My Government is committed to work on the agreed basis towards a convention which we hope will be universally adhered to.

As we see from the programme and budget for 1979 the Agency is having a difficult year before it. My delegation fully understands the problems the Director General had to solve in order to arrive at a balanced budget estimates. His efforts have been successful and my delegation is prepared to support the budget. In fact we share the view according to which it would not be to the advantage of the Agency to try to bypass the present problems by delaying their solution. As a token of our support for the technical assistance programme Finland shall also, as in previous years, pay its share of the target set for voluntary contributions.

Mr. President,

It is our belief that the special session of the General Assembly of the United Nations provided the basis on which future concrete disarmament steps will be taken. It is commonplace to state that progress in disarmament is only possible in conditions of detente. The continuation of that process is contingent on progress in disarmament efforts. This interaction between disarmament and detente does not, however, automatically follow from a political relaxation of tension. Peace, security and social progress call for common efforts by all and it is the firm conviction of the Government of Finland that the IAEA and its work are an indispensable tool to the world community in these efforts.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

Paris, 30th June, 1978

Note to EditorsSIXTH ACTIVITY REPORT OF THE
OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY

The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) announced today the publication of its Sixth Activity Report covering the year 1977. The Report reviews work performed by NEA during the year and is prefaced by an analysis of the trends in nuclear power in the Agency's 23 Member countries.

The role of the Agency in the past year has become more sharply focussed on those areas of nuclear development of direct concern to governments which determine the availability of the nuclear option, both in time and on the scale required. In particular, the Agency is seeking to evaluate in their true worth the impediments to the introduction of nuclear power and from this to contribute to a better informed public discussion in this sensitive field. The Agency therefore continued, under the guidance of the Steering Committee for Nuclear Energy, to give priority attention to economic and technical studies on nuclear energy development, including long term nuclear fuel cycle requirements and uranium resource availability, and to questions of safety and regulation from both the policy and operational points of view.

A summary of the NEA Report is attached.

Members of the press may obtain a copy of the Report for review from the OECD Nuclear Energy Agency, 38 Boulevard Suchet, 75016 Paris. Tel.: 524.96.72.

41.834

SUMMARY OF SIXTH ACTIVITY REPORT
OF THE OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY

(1st January - 31st December 1977)

Trends in Nuclear Power

Throughout much of 1977, the outlook for nuclear power continued to be characterized more by consolidation than by expansion. The rise of energy costs, the lack of vigour following the economic recession associated with the oil crisis and the slowing down of economic growth rates are among the factors which have brought about new reductions in the projected rates of nuclear energy growth in the OECD area. A contributing political factor was the increasing effort towards formulation of policies to minimise nuclear weapons proliferation from the spread of peaceful nuclear technology, which can potentially affect major areas of the nuclear fuel cycle. Examples of this were to be found in the new policy of the United States, deferring reprocessing and recycling of spent nuclear fuel and the initiation of a major International Nuclear Fuel Cycle Evaluation in which 40 countries are taking part. From the social point of view, public authorities have continued to meet difficulties in gaining broad acceptance for plans involving rapid expansions of nuclear power. The question of long-term management of radioactive waste, and movements favouring delay were strengthened by the uncertainties introduced by safeguards related reassessments.

Despite these tendencies, there was increased recognition by governments of the necessary contribution which nuclear power should make to Member countries' energy supplies at least until the end of the century. In addition to policy statements and findings, this was demonstrated by the considerable funds allocated to research and development programmes in these countries. In the European countries and Japan, there was continued emphasis on fast breeder reactor development, as well as on thermal reactors including high temperature gas cooled reactors and advanced gas cooled reactors ; fuel cycle services, including radioactive waste management also received substantial attention. In the United States, on the other hand, the level of government funding for the civilian nuclear programme was curtailed. Most specifically, the efforts devoted to the liquid metal cooled fast breeder were reduced, compensated in part by some increase in emphasis on other possible

breeders. Fuel cycle support was also cut, pending the outcome of current evaluations of more "proliferation-resistant" cycles.

Economic and Technical Studies on Nuclear Development

During 1977, the Secretariat substantially reinforced its studies on key questions relating to the nuclear fuel cycle. This was reflected in the setting up of a new NEA Committee for Technical and Economic Studies on Nuclear Energy Development and the Fuel Cycle, to succeed the Study Group on the Long-Term Role of Nuclear Energy.

The established programme for evaluation of uranium resources was continued and a new report in the series "Uranium Resources, Production and Demand", with emphasis on information concerning uranium exploration activities, was published at the end of the year. The report notes that known world uranium "Reserves" (the portion of world's total resources from which production is normally drawn) now total 1.65 million tonnes of uranium. These reserves represent about 20 years of forward requirements, corresponding to what is now considered to be the likely growth of nuclear power. For economic, technical and political reasons, however, all of these reserves are not likely to be exploited and additional reserves may be necessary to meet the needs of this period. There must therefore be sufficient incentive to provide the basis for the necessary increases in production capacity, and a continuing increase in the tempo of exploration activity to bring greater quantities of known resources and new discoveries into the "Reserve" category.

New work has been initiated on the evaluation of uranium resources, in the framework of an "International Uranium Resources Evaluation Project" (IUREP) which was sponsored jointly by NEA and IAEA, following preliminary consideration by the International Energy Agency. This project has been set up to review and evaluate the potential for discovery of additional uranium resources, identify suitable areas and suggest new exploration efforts which might be carried out in collaboration with the countries concerned.

In parallel, work was stepped up on R & D activities for uranium exploration techniques, through exchange of information and experience among interested countries.

Nuclear fuel cycle requirements and supply questions through the long-term were also studied during the year, in order to identify future imbalances between supply and demand of uranium and fuel cycle services and possible areas for international co-operation. This has also included an examination of long-range scenarios to determine the comparative needs of advanced reactors for uranium and for supporting services, thereby establishing the basis for the further development of uranium resources and specific reactor systems. A comprehensive report on these questions was finalised for publication towards the end of the year (*). The report

(*) "Nuclear Fuel Cycle Requirements and supply considerations through the long-term", OECD, February 1978.

concludes that future demands for fuel cycle services will pose two major challenges to the industry : to provide adequate capacity, at levels several times those of today ; and to adapt to new technologies, required by advanced converter and breeder reactor systems. But in meeting these challenges, the industry must also cope with problems similar to those faced by uranium suppliers - principally, uncertainties in the growth of nuclear power. Similarly, the same political constraints that have led to the restriction of uranium exports, affect enrichment, fuel fabrication (where plutonium is involved), and reprocessing. It is in the interests of all countries to seek means, through international co-operation and controls, for the performance of all fuel cycle services between countries sharing non-proliferation concerns.

The International Nuclear Fuel Cycle Evaluation programme (INFCE), in which some 40 countries are involved, was launched during 1977 at the initiative of the United States to respond to the growing concern that the spread of peaceful nuclear technology, and in particular of enrichment and reprocessing capacity would increase the risk of proliferation of nuclear weapons. As it was apparent that a major part of the NEA programme was relevant to INFCE, the Agency has become involved in nearly all of the INFCE working groups, to which the two reports mentioned earlier were made available, together with advice on their interpretation.

Safety and Regulatory Aspects of Nuclear Activities

First priority in the programme of nuclear safety research, which is guided and co-ordinated by the Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI), continued to be given to safety questions connected with light water reactors. Important areas here were the development of a detailed understanding of the phenomena which would occur, should there be occasion to use an emergency core cooling system, with particular emphasis on comparison of computer codes used to predict this behaviour, fuel element behaviour under postulated accident conditions, and related scientific and technical investigations.

Comprehensive exchanges were also maintained during the year on safety research connected with fast breeder reactors, notably on studies of heat transfer from molten fuel as might apply under major reactor accident conditions, specialised diagnostic instruments needed in support of fast reactor safety experiments, and analytic descriptions of conceivable accident scenarios.

Increasing importance has been attached to probabilistic methods for analysing the safety and reliability of nuclear plants, with emphasis on the reliability analysis of reactor protection systems and reactor structural components.

Nuclear installations, like any other industrial plant, are exposed to external impacts of man-made and natural origin. The Agency has been active in areas related to protection against impacts caused by exploding gas clouds or crashing

aircraft. It has been concluded that these are significant factors in design and licensing only where peculiar local situations lead to specific hazards. Considerations of potential earthquake effects have indicated the potential benefit which may be realized from a more detailed understanding of the type of motions and forces and of the significance of several building design factors.

A coherent safety assessment of the types of nuclear installations throughout the entire nuclear fuel cycle has been started during 1977, notably to establish whether the quantitative risk assessment methodologies applied to the safety assessment of reactors could be applied to other facilities, and to indicate areas where further research is needed, extending from mining and milling, through fuel enrichment and fabrication, to fuel reprocessing and radioactive waste storage.

Attention continued to be given to the safety of nuclear powered merchant ships and an international Symposium on the subject was held in December. It is concluded that, while there is a large backlog of relevant data and experience, the harmonization of shipping safety factors and of nuclear safety considerations will require considerable elaboration by both shipping and nuclear experts. There is a good cooperation between IMCO and NEA on this subject.

The mechanical and metallurgical behaviour of materials in nuclear installations was further examined in a revised programme covering not only physical aspects but also the problems met in testing materials and components.

A Nuclear Safety Research Index continued to be published jointly with the International Energy Agency, as a means of encouraging collaboration and avoiding duplicative research efforts.

The Sub-Committee on Licensing of CSNI examined the impact of these questions on regulatory practices and licensing procedures. These exchanges were supported by a number of compilations of national practices prepared by the Secretariat.

As regards radioactive waste management, the priority accorded to the problem of disposal of long-lived radioactive waste in deep geological formations has been reaffirmed in the experts report on "Objectives, Concepts and Strategies for Radioactive Waste Management" which was published during the year. The report emphasizes the need for demonstrating the applicability of present technologies to the large scale storage, conditioning and transport of high level and alpha-emitting radioactive waste. It draws particular attention to the need for stepping-up the activities in the field of disposal which is the critical issue in this area, and also suggests that an administrative, legal and financial framework for radioactive waste management activities should be established to ensure the required degree of safety and protection over the long-term future. As a first follow-up of the report, the Agency has reinforced the information exchange and coordination of national R & D disposal programmes.

The OECD Council adopted on 22nd July, 1977 a Multilateral Consultation and Surveillance Mechanism for Sea Dumping of Radioactive Waste. This Mechanism, in which 20 countries are taking part, reinforces the controls over such operations and establishes a system of consultations between those countries and relevant international organisations, in line with the provisions of the London Convention on the Prevention of Marine Pollution from Wastes and Other Matter, which came into force in 1975. The new Mechanism was applied in the summer of 1977 on a provisional and voluntary basis, to an operation for the disposal of low-activity packaged solid waste originating from three Member countries. Arrangements have been made with countries participating in the Mechanism for the preparation and implementation of a number of guides to regulate operational procedures, including the design of containers, and for the evaluation of risk in relation to the sites used for such operations.

The production and use of nuclear energy involve significant radiation protection questions both for workers in the nuclear industry and the general public. Priority has been given to radiation and environmental protection questions directly related to the nuclear fuel cycle, such as the significance of radium and radon releases in the environment as a result of the expansion of uranium mining and milling operations, or of other gaseous effluents whose effects may be cumulative in the atmosphere and therefore have both regional and worldwide importance. A system was launched, including holding of seminars and specialised meetings, for exchange of information and experience between Member countries interested in uranium mining and milling, particularly on the environmental problems involved and the protection of mine workers from occupational exposure. A study was also initiated on the biological and environmental behaviour of plutonium and some other transuranium elements.

The Agency's work relating to legal affairs has included initial efforts towards modernisation of the Paris and Brussels Conventions on nuclear third party liability, particularly as regards the amounts of liability and compensation and the monetary unit in which these amounts are expressed. The Nuclear Law Bulletin, which is mainly devoted to announcing and analysing legislative and regulatory work and case law, saw a substantial increase in its readership. Twelve Member countries now send their nuclear law information to NEA for processing and transmission to the International Atomic Energy Agency for inclusion in the International Nuclear Information System (INIS).

Nuclear Science

The major responsibility of the two scientific Committees of NEA : the Committee on Reactor Physics (NEACRP) and the Nuclear Data Committee (NEANDC) lies in research co-ordination in these specialised fields. During the year, the NEANDC has pursued research on data directly related to fission reactors, while reactor physics questions important for safety

have constituted a large part of the work of NEACRP in 1977. The work of both Committees is co-ordinated with that of IAEA.

The Computer Program Library (CPL) at Ispra (Italy) provided a specialised service for collection, evaluation and distribution of nuclear computer programs to some 300 establishments within OECD Member countries, while requests from 100 other OECD establishments were satisfied on an ad hoc basis ; services were also provided to some 50 non-OECD establishments. A clear increase was noted in respect of requests for computer programs in the area of radiological safety, hazard and accident analysis.

The Neutron Data Compilation Centre (CCDN) at Saclay (France) for the compilation of bibliographic and numerical data produced in neutron physics experiments or through theoretical studies, disseminated some five million data points within Member countries, in response to requests for neutron data from reactor designers, evaluators, and nuclear physicists.

Towards the end of the year, the Steering Committee for Nuclear Energy decided to set up a new NEA Data Bank among interested countries in succession to the CPL and the CCDN. This decision has been taken after comprehensive studies had shown that the complementarity of the professional resources needed to operate the CPL and the CCDN would provide a service potential considerably greater than could be afforded by their continued separate operation. The initial programme of work for the Data Bank supposes the implementation of a fully integrated Data Base Management System on the Data Bank terminal equipment, and this is expected to strengthen greatly the capability to respond to future needs of users.

Technical Co-operation

The Co-ordinating Group on Gas-cooled Fast Reactor Development, which at present involves participation by ten Member countries, the Commission of the European Communities and an Association of industrial firms, has continued to help resolve remaining questions of feasibility relative to this concept, which is considered as a back-up to liquid metal fast breeder development.

During 1977, the OECD Halden Reactor Project continued its research programme in the two areas of fuel performance and process control and supervision of power reactors. Specific subjects included fuel-clad interaction, fuel behaviour in transient conditions, control of core power distribution and operator-process communication. These research activities of the Project are particularly relevant to the nuclear safety of modern power plants. For this reason, technical liaison with the Project was effected by the NEA Nuclear Safety Division and the Project's safety-related activities were reported regularly to the Committee on the Safety of Nuclear Installations and its subsidiary bodies.

The Eurochemic Company ceased reprocessing operations in 1974 but was extended for five years to carry out a technical basic programme to meet its legal obligations to its host country, Belgium. 1977 has been marked by intense legal and technical work to elaborate and finalise a Convention between Eurochemic and the Government of Belgium on transfer of the installations and execution of the legal obligations of the Company. A draft Convention was prepared, which determines how the installations shall be transferred to a new Belgian Company and specifies each party's financial and other responsibilities, the various steps for completing Eurochemic's work and for the transfer to the Belgian Company, and Eurochemic's contribution to the dismantling expenditure to be borne by the Belgian Company.

The International Food Irradiation Project has continued a programme of work designed to provide the data on which the Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committees on the Wholesomeness of Irradiated Food may base their recommendations to national authorities. The Project, which is jointly sponsored by NEA and IAEA, together with FAO, is supported by 24 countries of which seven are non-OECD countries.

PRINCETONIN TOKAMAKILLA 60 MILJOONAA ASTETTA

Elokuun puolivälissä julkistettiin USA:ssa tieto Princetonin yliopistossa saavutetusta 60 miljoonan asteen lämpötilasta, joka oli luotu tokamak-tyyppisessä laitteessa PLT (Princeton Large Torus). Itse tokamak valmistui vuonna 1975 ja plasman lisäkuumennuslaitteistot asennettiin vaiheittain vuoden 1977 ja viime kevään aikana. Mistä kokeesta on kysymys ja mikä on tuloksen merkitys?

Laajan kansainvälisen fuusiotutkimuksen tavoitteena on fuusio-reaktorin kehittäminen. Fuusioenergian tuottaminen perustuu kahden kevyen ytimen sulautumiseen, jossa sidosenergiaa vapautuu. Esimerkkinä mainittakoon raskaiden vetyisotoppien deuteriumin ja tritiumin välinen reaktio: $D+T \rightarrow {}^4\text{He} + \text{neutroni} + 17.6 \text{ MeV}$. Sulautumisen edellytyksenä on polttoaineen riittävän korkea lämpötila, jotta lähtöytimet termisen energiansa turvin kykenevät ylittämään välillään vallitsevan sähköisen poistovoiman. DT-seoksella tähän tarvittava nk. syttymislämpötila on 50...100 miljoonaa astetta (5...10 keV), jolloin polttoaine on täysin ionisoituneessa muodossa eli plasmatilassa. Syttymislämpötilan yläpuolella fuusioreaktioista vapautuvat energeettiset He-ytimet (3.4 MeV) huolehtivat plasman lämpötilasta ja ulkoinen kuumennus voidaan lopettaa. Princetonin koe osoittaa, että tokamak-laitteessa todella kyetään luomaan näin korkeita lämpötiloja.

Toinen perusehto fuusioenergian tuottamiselle on, että kuuma plasma pysyy koossa kyllin tiheänä niin pitkän ajan, että fuusioenergiaa vapautuu enemmän kuin koossapitoon ja kuumennukseen kuluu. Tämä määrää alarajan plasman tiheyden ja koossapitoajan tulolle, joka tunnetaan Lawsonin kriteerinä. DT-plasmalle se on $n\tau \geq 10^{14} \text{scm}^{-3}$. Tätä ei vielä Princetonin kokeessa toteutettu. Tyypillinen fuusioplasman tiheys on $10^{14} \dots 10^{16} \text{cm}^{-3}$,

joten koossapitoajan tulisi ylittää 0.01...1 s. Paras $n\tau$ -tulon arvo on saavutettu MIT:n Alcator tokamakilla, jolle $n\tau = 3 \cdot 10^{13} \text{scm}^{-3}$ lämpötilan ollessa 10 miljoonaa astetta.

Tokamak-laite on nykyisistä plasmakoneista lupaavin reaktoriehdokas. Toruksen muotoisen plasman vangitsemiseen käytettävä magneettikenttä koostuu kahdesta komponentista: ulkoisilla magneeteilla synnytetystä toroidaalikentästä ja plasmaan indusoidun virran aiheuttamasta poloidaalikentästä. PLT:ssä toruksen isosäde on 132 cm, pikkusäde 45 cm, toroidaalikenttä 3...4.5 T ja plasmavirta 1...1.5 MA. Plasman tyypillinen tiheys on $0.4 \dots 1 \cdot 10^{14} \text{cm}^{-3}$ ja koossapitoaika 30...100 ms. Nykyisissä kokeissa käytetään puhdasta H-, D- tai He-plasmaa.

Tokamakissa plasmaan indusoitu virta huolehtii esikuumennuksesta n. 10 milj. asteeseen. Lisäkuumennus saadaan aikaan injektioimalla plasmaan energeettinen neutraalien deuteriumatomien suihku. Sähköisesti neutraalit atomit läpäisevät helposti koossapitokentän. Ne ionisoituvat plasmassa kuumentaen sitä edelleen törmäysten välityksellä. PLT:ssä on neljä neutraalisuihkuinjektoria, joilla saadaan tällä hetkellä 2.1 MW:n kuumennusteho hiukkasenergian ollessa 35...40 keV. Plasman lämpötila kasvaa suoraan verrannollisena kuumennustehoon ja kääntäen verrannollisena plasman tiheyteen. Kyseinen 60 milj. asteen lämpötila saavutettiin tiheydellä $4.5 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$ koossapitoajan ollessa n. 30 ms. Koossapitotulo $n\tau$ kasvaa kuitenkin tiheyden neliöön verrannollisena. Lisäämällä kuumennustehoa voidaan tiheyttä ja sen mukana myös plasman koossapitoaikaa kasvattaa. Princetonin tulos noudatti edellä mainittuja skaalauslakeja ja oli siten täysin ennakoitavissa. Kokeen suurin merkitys lieneekin, että odottamattomia anomaalisia häviöitä ei ilmaantunut.

PLT-plasman lämpötila mitattiin kolmella menetelmällä: varauksenvaihtomittaukset, sopivien epäpuhtausatomien viivasäteilyn Doppler-leveneminen ja neutroniemissio DD-reaktioista, jotka kaikki vahvistivat 60 milj. asteen lämpötilan (tarkkuus n. 10 %).

Princetonin lämpötilasaavutuksen on tehnyt mahdolliseksi viime vuosina tapahtunut valtava kehitys neutraalisuihkujen suorituskyvyssä, mikä ilmenee oheisesta taulukosta

vuosi	teho	energia	pulssin pituus
1971	1 kW	1 keV	
1974	30 kW	20 keV	10...30 ms
1976	300 kW	40 keV	10...30 ms
1977	600 kW	40 keV	100 ms
1978	3 MW	150 keV	500 ms

Vuoden 1978 arvot ovat rakenteilla olevan TFTR-tokamakin prototyyppi-injektorista, joka saatiin äskettäin testattua. Kyseinen kuumennusmenetelmä on tällä hetkellä kiistattomasti tehokkain ja on suoraviivaisesti ulotettavissa ainakin koe-reaktoriasteelle.

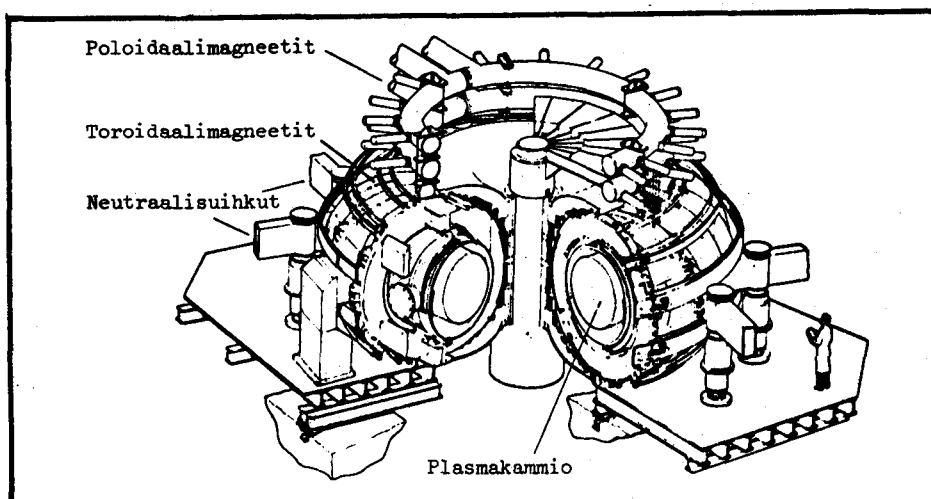
Tällä hetkellä on rakenteilla neljä suurta tokamakia: Princetonin TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor), Euratomin JET (Joint European Torus), Japanin JT-60 ja Neuvostoliiton T-10M, jotka valmistuvat 80-luvun alussa. Dimensioiltaan ne ovat noin kaksinkertaiset PLT:hen verrattuna. TFTR:llä ja JET:llä tul- laan suorittamaan DT-kokeita ja niiden arvioidaan yltävän 'breakeven'-tilanteeseen, jossa fuusioenergiaa syntyy sama määrä (n. 10...20 MW) kuin plasman luomiseen kuluu.

Ensimmäiset energiaa tuottavat koereaktorit ovat suunnitteilla. Ne sisältävät kaikki täysimittaisen fuusioreaktorin toiminnot. Niiden valmistuminen ajoittuu 80-luvun loppuun. Suurvaltojen tavoitteena on luoda 500 MWe demonstraatiovoimala vuosisadan loppuun mennessä, joten laajassa mitassa fuusioenergialla voi olla merkitystä aikaisintaan 30...40 vuoden kuluttua nykyhetkestä lukien.

Princetonin lämpötila- ja MIT:n koossapitosavutukset osoittavat eittämättä fuusion tieteellisen toteutettavuuden. Sitä vastoin tekninen ja taloudellinen toteutettavuus vaatii lukuisien äärimmäisten vaikeiden ongelmien ratkaisemisen. Kannustimena tähän on fuusioenergian tarjoamat edut, joista mainittakoon polttoaineen riittävyys, energiamuodon vähäsaasteisuus ja valtava kehityspotentiaali.

vuosi	T(milj.K)	$nt(\text{scm}^{-3})$
1955	0.1	10^9
1960	1	10^{10}
1965	1	10^{11}
1970	5	$5 \cdot 10^{11}$
1976	20	10^{13}
1978	60	$3 \cdot 10^{13}$
reaktori-teho	50...100	$\geq 10^{14}$

Toroidaalisten laitteiden koossapitotulon ja lämpötilan kehitys vuodesta 1955 lähtien. Tokamakit tulivat kuvaan 60-luvun lopulla.



Periaatekaavio Princetoniin rakenteilla olevasta tokamakista TFTR (= tokamak fusion test reactor).

DIE ENTSORGUNG DER KERNKRAFTWERKE VON RADIOAKTIVEN BETRIEBS- ABFÄLLEN NACH DEM GNS STEAG-SYSTEM - BETRIEBSERFAHRUNGEN

Vor weniger als drei Jahren konnte die STEAG-Kernenergi GmbH mit einer ersten Versuchsanlage die Möglichkeiten der mobilen Konditionierung von radioaktiven Betriebsabfällen aus Kernkraftwerken demonstrieren. Wenig später erhielt sie den ersten grösseren Auftrag. Inzwischen wurde die Technik der Konditionierung von Betriebsabfällen soweit entwickelt, dass die Übernahme sämtlicher Betriebsabfälle zur Konditionierung, Verpackung und - soweit möglich - Einlagerung im Salzbergwerk ASSE angeboten werden kann. Nachdem an zahlreichen deutschen und ausländischen Kernkraftwerken Einzelprojekte ausgeführt wurden, konnten im Jahre 1977 die ersten Verträge über die langfristige Gesamt-Entsorgung der radioaktiven Betriebsabfälle aus zwei grossen Kernkraftwerken abgeschlossen werden.

Bei der Konzeption des mobilen Entsorgungssystems waren folgende Tatsachen massgebend:

1. Die zum Teil an den Kernkraftwerken in Betrieb befindlichen stationären Konditionierungsanlagen konnten die Annahmebedingungen der ASSE nicht mehr erfüllen.
2. Die beim Betrieb der Kernkraftwerke anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle weisen im Verhältnis zu vergleichbaren industriellen Prozessen ein sehr geringes Volumen auf: Es sind maximal einige 100 m^3 pro Kraftwerk zu beseitigen.
3. Solange die Bedingungen für die Konditionierung der radioaktiven Abfälle zur Endbeseitigung noch nicht endgültig festliegen, liegt in der Festlegung auf bestimmte Techniken in teuren stationären Anlagen ein erhebliches Risiko.
4. Fast jedes Kernkraftwerk verfügt über Lagerkapazität, die für die tatsächliche Abfallproduktion eines Jahres ausreicht.

5. Die bei jedem Kernkraftwerk vorhandenen Anlagen und Schutzsysteme können ohne Aufwand für den Betreiber mitbenutzt werden: Gebäude, Energieversorgung, Kontrollbereiche und Strahlenschutz-Überwachung, Be- und Entlüftung, Entwässerung etc.
6. Für die Abfallkonditionierung muss qualifiziertes Personal eingesetzt werden, das oft für den Betreiber nicht ausreichend verfügbar ist.

Die zu entwickelnden Anlagen und Systeme hatten also folgenden Bedingungen zu genügen:

- Hohe Durchsätze, um mit einer Anlage möglichst viele Kernkraftwerke bedienen zu können und um die dem normalen Betrieb fremden Konditionierungskampagnen möglichst kurz zu halten.
- Hohe Betriebssicherheit, um die notwendigen Durchsätze garantieren zu können. Das bedeutet auch strahlenschutztechnische Optimierung zur sicheren Vermeidung von Kontaminationen und Minimierung der Strahlenexposition des Bedienungs-personals.
- Kompakte Masse und begrenzte Gewichte für einfachen An- und Abtransport, schnellen Auf- und Abbau und geringen Flächenbedarf im Kernkraftwerk.

Zudem waren die Konditionierungsmethoden den verschiedenartigen Abfällen eines Kernkraftwerks anzupassen.

Das führte zu zwei kompakten Anlagen für die flüssigen Abfälle:

- . FAFNIR (Fahrbare Anlage für niedrig radioaktive Abfälle) für die flüssigen Abfälle wie Verdampferkonzentrate und Filterabschlammungen mit Ausnahme von Kugelharzen.
- . FAMA (Fahrbare Anlage für mittelaktive Abfälle) für den Spezialfall der mittelaktiven Kugelharze aus Primärkreisläufen.

Die Anlagen arbeiten teilautomatisch. Alle aktiven Leitungen und Gefässe sind für hohe Drücke ausgelegt. Trotzdem werden die radioaktiven Flüssigkeiten innerhalb der Anlagen ausschliesslich mit Vakuum bewegt. Durch entsprechenden Überwachung werden Undichtigkeiten sofort bemerkt und Leckagen sicher vermieden.

Dazu kommt ein System für feste Abfälle, insbesondere aus dem Kern, bei dem verschiedene Zerlege-, Verpackungs- und Konditionierungsmethoden kombiniert werden können.

. MOSAIK (Mobiles System für aktivierte Kerneinbauten).

Die übrigen Abfälle werden bisher entweder in geringen Mengen (z.B. Filterkerzen) erzeugt, so dass sich ein spezielles Beseitigungssystem noch nicht lohnt, oder die Verarbeitung am Reaktor und der laufende Abtransport sind unproblematisch (z.B. niedrig aktive komprimierbare Abfälle), so dass die Inanspruchnahme von Dienstleistungen nicht unbedingt notwendig ist.

Im folgenden werden die drei Systeme und ihr bisheriger Einsatz beschrieben:

FAFNIR

Die Anlage selbst besteht aus einem abgeschirmten Vorlage- und Dosiergefäss, der Abfüll- und Mischstation, dem Schaltpult mit den Bedienungs- und Kontrollelementen sowie den Hilfsaggregaten für Vakuum und Druckluft.

Die Abfallfässer weisen im Deckelbereich lediglich eine zentrale Öffnung auf (NW 50 bis 80) und sind mit eingebauten Mischschaufeln ausgerüstet. In der Regel genügen unabgeschirmte Fässer. Die Anlage kann jedoch auch abgeschirmte Fässer bis zu 5 t Gesamtgewicht aufnehmen. Ein zweiter Deckel bzw. die Abdeckung der Verschlüsse mit Beton dient der Sicherheit.

Die Fässer werden bereits ausserhalb der Kernkraftwerke mit der notwendigen Menge Zement gefüllt. Nach dem Aufsetzen auf den Mischstuhl wird die Fülleitung auf die zentrale Öffnung

geflanscht. Zur Rotation um die Längsachse ist die Fülleitung mit einem vakuumdichten Drehgelenk und einem Kompensator ausgerüstet, zum Kippen um eine Querachse ist die Zuleitung flexibel.

Füllen und Mischen in der Anlage laufen danach wie folgt ab:

- Einspülen (durch den Reaktor) oder Einsaugen (durch die Anlage) des Schlammes in das Dosiergefäss.
- Evakuieren des Abfallfasses, Kippen und Rotieren.
- Einsaugen des Schlammes in das Abfallfass.
- Mischen unter Vakuum (Rotation um die Längsachse).
- Abschlagen des Fasses und Verschliessen der Öffnung.

Das Prinzip des Freifallmischers sorgt für eine optimale Homogenisierung des Schlamm/Zement-Gemisches.

Die Anwendung von Vakuum hat eine Reihe von Vorteilen:

- Leckagen nach aussen sind nicht möglich: Bei den bisher erzeugten Fässern - etwa 3000 Stück - gab es keinerlei Kontaminationen
- Eine Überfüllung des Abfallfasses ist nicht möglich.
- Ein Porensystem wird weitgehend unterdrückt. Dadurch kann mehr radioaktiver Feststoff pro Volumeneinheit untergebracht werden; ausserdem ist das Produkt weitgehend wasserdicht. Damit wird die Auslaugbeständigkeit erheblich verbessert.

Die Durchsätze der Anlage liegen bei schwachaktiven Schlämmen (ohne Abschirmung) bei $1 \text{ m}^3/\text{h}$, bei mittelaktiven Schlämmen (mit Abschirmung) zwischen $0,5$ und $0,75 \text{ m}^3/\text{h}$. Das bedeutet, dass die jährliche Schlamm-Entsorgungskampagne für einen grossen Reaktor in etwa 2 Wochen einschliesslich An- und Abtransport, Montage, Endreinigung und Demontage durchgeführt werden kann.

Bisher werden viele Kernkraftwerke entsorgt, z.B.:

- KRB (Gundremmingen):
ca. 50 m³ mittelaktive Schlämme bis ca. 5 Ci/m³
(Kieselgur, Fällschlamm, Salzlösungen)
- Biblis A
ca. 70 m³ niedrig aktive Schlämme bis ca. 0,5 Ci/m³
(Borsäurelösungen, Kieselgur)
- Biblis B
ca. 50 m³ niedrig aktive Schlämme bis ca. 0,1 Ci/m³
(Borsäurelösungen, Kieselgur)
- GKN (Neckarwestheim):
ca. 30 m³ niedrig aktive Schlämme bis 0,1 Ci/m³
(Borsäurelösung, Reaktorsümpfe)
- Brunsbüttel
- Würzgasse
- Stade
- Isar

Der Einsatz in einer Reihe weiterer Kernkraftwerke noch in diesem Jahr ist vorgesehen, voraussichtlich wird auch ein erster Auslandseinsatz durchgeführt.

Mit dem Bau einer zweiten Anlage ist begonnen worden.

FAMA (Abb.1-3)

Die Anlage besteht aus einem abgeschirmten Dosierbehälter zur Übernahme der Austauschharze, der Abfüllstation für die Abfallfässer, einer Kabine für die Zubereitung des Verfestigungsmittels, dem Schaltpult und den Hilfsaggregaten. Das Abfallfass selbst weist einen Siebboden zum Zurückhalten der Austauscherharze und eine Reihe von Zuleitungen auf.

Vor jedem Anfahren wird die Funktion der Anlage durch ein Prüfprogramm getestet, alle Ventile sind gegeneinander so verriegelt, dass aktives Material nicht in den inaktiven Teil der Anlage

gelangen kann. Das Styrol wird nur in Teilmengen gehandhabt, die Kabine ist mit mehreren Überwachungs- und Schutzsystemen ausgestattet.

Der Ablauf des Prozesses in der Anlage ist wie folgt:

- Einspülen der aktiven Harze in den Dosierbehälter mit Wasser als Trägermaterial.
- Einsaugen der Harze in das Abfallfass.
- Abziehen des freien Wassers aus dem Abfallfass über den Siebboden.
- Injektion von Kunststofflösung durch den Siebboden in die Harze.

Als Verfestigungsmittel dient Styrol mit verschiedenen Zusätzen (Vernetzungsmittel, Katalysator etc.). Die Injektion von unten führt zu einer Auflockerung mit optimaler Benetzung der Harzkugeln mit anschließender Resedimentation. Jede Harzkugel ist dann völlig von Kunststoff umhüllt.

Die Aushärtezeit ist temperaturabhängig und beträgt 3-6 Tage. Auf Wunsch der Behörden wird ein besonderes Prüfloch zur Kontrolle der Aushärtung angebracht.

Pro Fass werden normalerweise 100 l Harze eingebettet. Die Kapazität der Anlage liegt bei ca. 3 Fass = $0,3 \text{ m}^3/\text{Stunde}$. Da bei einem grossen Druckwasserreaktor nur 1-3 m^3 Kugelharze pro Jahr anfallen, genügt alle 2-3 Jahre eine 1-2-wöchige Entsorgungskampagne.

Bisher werden folgende Kernkraftwerke von mittelaktiven Kugelharzen entsorgt:

- KRB (Gundremmingen):
ca. 60 m^3 Kugelharze, Aktivität $100 \text{ Ci}/\text{m}^3$
- KKS (Stade):
ca. 6 m^3 Kugelharze, Aktivität ca. $50 \text{ Ci}/\text{m}^3$

- SENA (Frankreich):
ca. 11 m³ Kugelharze, Aktivität ca. 100 Ci/m³
- Tihange (Belgien):
ca. 12 m³ Kugelharze, Aktivität ca. 50 Ci/m³
- DOEL (Belgien)
ca. 5 m³ Kugelharze, Aktivität ca. 100 Ci/m³
- Biblis B

Die Harze aus deutschen Kraftwerken sind im Rahmen einer Sondergenehmigung in die ASSE eingelagert worden, diejenigen aus Frankreich im Zentrum von La Hague. Die Harze aus Belgien sollen in der nächsten holländisch/belgisch/schweizerischen Meerver-senkung beseitigt werden.

MOSAİK

Bei diesem System können verschiedene Zerlegetechniken, Verpackungsverfahren und Endlagerbehälter unter Beachtung der Randbedingungen optimal kombiniert werden.

Für die Zerlegung stehen neben normalem Werkzeug Unterwasser-scheren und Unterwasserpressen zur Verfügung. Für besondere Anwendungsfälle wurde ein Unterwasser-Plasma-Schneidgerät entwickelt, das in den nächsten Wochen in den heissem Betrieb geht.

Verpackung und Endlagerbehälter werden in der Regel durch die Bedingungen bei der Endlagerung selbst bestimmt, wobei die Gewichtsbeschränkung und die Eignung für die Handhabungseinrichtungen die grösste Rolle spielen:

In der Regel werden die zerlegten Abfälle in metallische Abschirm-behälter verpackt, die innerhalb des Kontrollbereiches bewegt werden können. Diese werden in verlorene Betonabschirmungen eingesetzt und zubetoniert.

In vielen Fällen, ausdrücklich für besonders hohe Aktivitäten, können auch verlorene Abschirmungen aus Gusseisen eingesetzt

werden, bei denen mit Hilfe von Bleieinsätzen Abschirmstärken wie bei grossen Transportbehältern für bestrahlte Brennelemente zu erreichen sind.

Mit MOSAIK wurden folgende Kernkraftwerke entsorgt:

Mühlenberg/Schweiz (SWR):	für Vergiftungsbleche und Wasserführungskästen
Biblis A (DWR)	: für Absorberelemente
Biblis B (DWR)	: --"
Neckarwestheim (DWR)	: --"

Bei den beiden letzten Kraftwerken konnte bisher nur die Zerlegung durchgeführt werden. Die Endlagerung im Rahmen des Versuchs- und Demonstrationsprogramms des Salzbergwerks ASSE ist jedoch beantragt.

Die wesentlichen Erfahrungen beim Einsatz des STEAG-Systems für die mobile Entsorgung der radioaktiven Betriebsabfälle aus Kernkraftwerken können in zwei Punkten zusammengefasst werden:

1. Menge und Qualität der Abfälle

Der tatsächliche Anfall von radioaktiven Abfällen aus Leichtwasserreaktoren liegt erheblich unter den bisher gültigen Vorausschätzungen. Dies gilt in erster Linie für die flüssigen Rohkonzentrate. Nach bisheriger Erfahrung liegt der jährliche Anfall an flüssigen Abfällen bei einem Druckwasserreaktor nach der Anfahrphase zwischen 50 und 100 m³. Diese Mengen können vielleicht noch weiter abgesenkt werden. Hierfür sprechen insbesondere die in den Kernkraftwerken Stade und Neckarwestheim erzeugten Abfallmengen, die weniger als 30 m³/Jahr betragen.

Auch bei den Siedewasserreaktoren ist zu erwarten, dass statt der Auslegungswerte von über 300 m³ flüssiger Abfälle pro Jahr weniger als 100 m³/Jahr anfallen. Hierfür spricht der Konzentratanfall des Kernkraftwerkes Würgassen, der

im Mittel deutlich tiefer gelegen hat. Aufgrund dieser reduzierten Abfallmengen und der allgemeinen Verzögerung des Zubaus von Kernkraftwerken wird der bisher für die Mitte der 80er Jahre befürchtete Engpass bei der Förderkapazität des Versuchs- und Demonstrationslagers im Salzbergwerk ASSE voraussichtlich erst einige Jahre später eintreten.

Auch die Aktivitäten liegen im unteren Bereich der Voraussagen. Bei den in den Kernkraftwerken Biblis A, Biblis B und Neckarwestheim verfestigten Rohkonzentraten genügten durchweg unabgeschirmte Fässer, um die für das Salzbergwerk ASSE massgebenden Grenzwerte für die Dosisleistung (10 mrem/h in 1 m Abstand) zu unterschreiten. Bei den Schlämmen des älteren Demonstrationskraftwerks Gundremmingen mussten wegen der erhöhten Aktivität verlorene Betonabschirmungen eingesetzt werden.

2. Konditionierungstechniken

2.1 Kunststoffeinbettung

Die vor drei Jahren noch vielversprechende Kunststoffverfestigung hat bisher die Erwartungen nicht erfüllen können. Über die Anwendung des Polystyrol-Divinylbenzols bei der Verfestigung von Kugelharzen hinaus hat sich bisher kein weiteres Verfahren durchsetzen können. Das hat eine Reihe von Gründen:

Die wasserlöslichen Kunststoffe, z.B. das in den USA entwickelte Harnstoffverfahren, bieten gegenüber der Zementierung weder bei der Volumenreduzierung noch bei der Auslaugbeständigkeit wesentliche Vorteile.

Bei den eine Trocknung voraussetzenden Verfahren, z.B. bei Polyäthylen oder dem französischen Polyesterverfahren, besteht einerseits ein erhebliches Genehmigungsrisiko, solange quantitative Einlagerungsbedingungen nicht vorliegen, andererseits beeinträchtigen die durch die Trocknung bedingten aufwendigen Prozesse und geringeren Durchsätze die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Zementierung.

2.2 Zementierung

Das wichtigste Hindernis bei der breiten Anwendung der Zementierung für die Verfestigung radioaktiver Betriebsabfälle war das schlechte Abbindeverhalten von Mischungen aus Borsäurekonzentraten und Zement. Das wurde durch die Verwendung von Zement mit Ca-Uberschuss und die dadurch erfolgende Bildung eines unlöslichen Borates überwunden. Das bisher gegenüber anderen Produkten schlechtere Auslaugverhalten wird ebenfalls ständig verbessert:

- Durch die in Gundremmingen und Biblis praktizierten Fällungsmethoden, die zur Bildung schwer löslicher Verbindungen der einzelnen Radionuklide führen.
- Durch die Entwicklung besonderer Zemente und Zementzusätze zum Festhalten der Aktivitäten im Zement. Diese Entwicklungen werden insbesondere in Karlsruhe betrieben.
- Durch Prozesse, die wasserdichte Zementprodukte erzeugen, z.B. das Vakuumverfahren im STEAG-System FAFNIR, oder nachträgliche Imprägnation der Zement/Betonblöcke mit dichtenden Mitteln.

Es kann als sicher gelten, dass bei richtiger Auswahl von Zement und Prozess verfestigte Abfallprodukten hergestellt werden können, die ein befriedigendes Auslaugverhalten aufweisen.

Schliesslich ist die mit der nassen Zementierung verbundene Erhöhung des Volumens der Konzentrate mit der Volumenverminderung bei anderen Verfestigungsmethoden (Kunststoff, Bitumen) zu vergleichen. Dabei sind zwei Typen von flüssigen Konzentraten zu beachten:

- verbrauchte Filterhilfsmittel
Die durch Trocknung erzielbare Volumenverminderung liegt bei Kieselgurschlämmen bei weniger als 10 %, bei Pulverharzen zwischen 20 und 30 %. Ein Teil dieser Verminderung kann

beim Einsatz des Verfestigungsmittels wieder verloren gehen. Insgesamt wird nur ein sehr geringer Vorteil erzielt.

- Verdampferkonzentrate

Den besten Vergleichsmaßstab liefert der Gehalt an Abfall im verfestigten Produkt. Folgende Vergleichswerte sind zu nennen (jeweils Mittelwerte):

Bituminierung im Extruder: 0,45 g Abfallfeststoff/ml

Kunststoffeinbettung im Extruder: 0,33 g -"-

(Borsäurekonzentrate/Borssele)

Nasse Zementierung FAFNIR-Verfahren: 0,25 g -"-

(Borsäurekonzentrate/Biblis)

Der Volumenvermehrungsfaktor bei der nassen Zementierung liegt also gegenüber den mit Trocknung verbundenen Verfahren zwischen 1.3 und 1.8.

Dieser Nachteil wird durch folgende Punkte mehr als aufgewogen:

- . Die Technik der Zementierung ist einfach und billig.
- . Auf den in der Regel heissen Trocknungsprozess, der mit erheblichen Kosten und Risiken verbunden ist, kann verzichtet werden.
- . Durch die höhere Selbstabschirmung kann im gleichen Volumen Zement/Betonprodukt etwa die doppelte Menge Aktivität untergebracht werden.
- . Die Zusatzkosten für höheres Transportgewicht und höheren Bedarf an Endlagervolumen sind nicht sehr hoch.

Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen ist damit zu rechnen, dass bei der Verfestigung schwach- und mittelaktiver flüssiger Abfälle in Zukunft die Zementierung die Hauptrolle spielen wird.

Zusammenfassung:

Das mobile STEAG-System zur Konditionierung von radioaktiven Betriebsabfällen aus Kernkraftwerken stellt unter den heutigen Bedingungen eine besonders sichere und wirtschaftliche Entsorgung dar.

Dabei wird für den grössten Teil der Abfälle, die flüssigen Konzentrate (Verdampferkonzentrate und Filterabschlammungen), die Zementierung nach dem FAFNIR-System eingesetzt.

Für den Sonderfall der mittelaktiven Kugelharze aus den Primärkreisläufen hat sich die Kunststoffeinbettung nach dem FAMA-Verfahren als bisher einziges verfügbares Verfahren bewährt.

Die besonders aktiven festen Abfälle aus dem Reaktorkern werden nach dem MOSAIK-System zerlegt, in transport- und endlagerfähige Behälter verpackt und aus dem Brennelementlagerbecken entfernt.

Die Systeme sind so sicher, dass eine Störung oder Unterbrechung des Kraftwerksbetriebes wegen Mängeln in der Entsorgung von radioaktiven Betriebsabfällen auszuschliessen sind.

LITTERATUR

1. Baatz, H.
Behandlung von radioaktiven Abfällen aus Kernkraftwerken für die Endlagerung.
Atom und Strom, Jg. 22 (1976), Heft 4, S 103-104.
2. Kroebel, R.; Meyer, A.; Naumann, G.; Rittscher, D.
Verfestigung radioaktiver Abfälle aus Kernkraftwerken.
Schweizer Maschinenmarkt, 9403 Goldach, Nr 8/1977, s 24-26.
3. Durcak, H.
"Operating experience with equipment for handling liquid and solid radioactive waste as well its intermediate atorage within the Nuclear Power Plant Gundremmingen."
Lecture held at the Commission of the European Community on Feb. 3rd, 1976, on the occasion of the above mentioned working meeting.

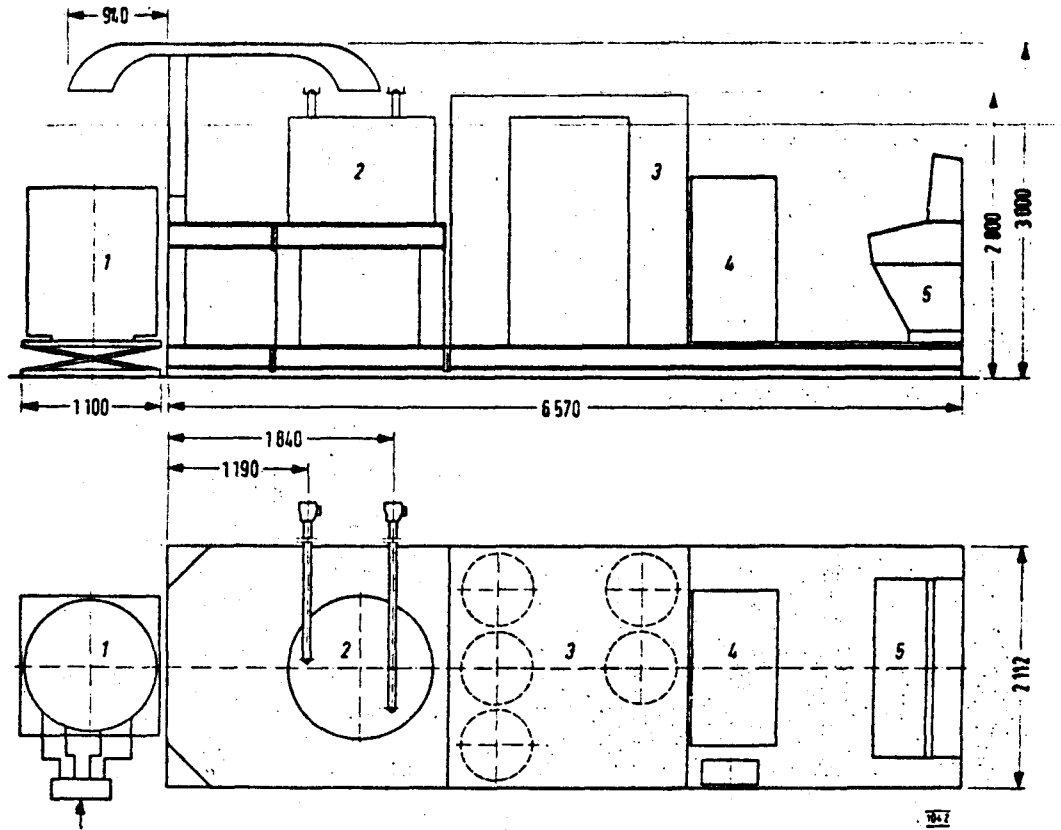


Bild 1. Schematische Darstellung der Anlage „Fama“ /1/.

- 1 Abfüllstation mit Hubtisch und verlorener Betonabschirmung,
- 2 Dosierbehälter,
- 3 Chemiekabine,
- 4 Hilfsaggregate,
- 5 Steuerpult.

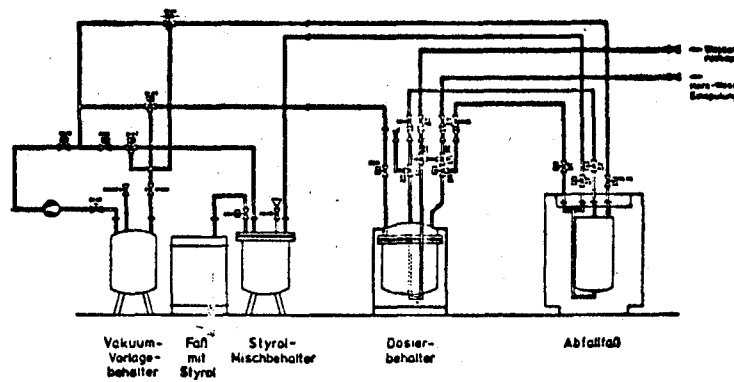


Bild 2. Mobile Anlage zur Verfestigung mittelaktiver Abfälle
Fließschema der mobilen Verfestigungsanlage /2/.

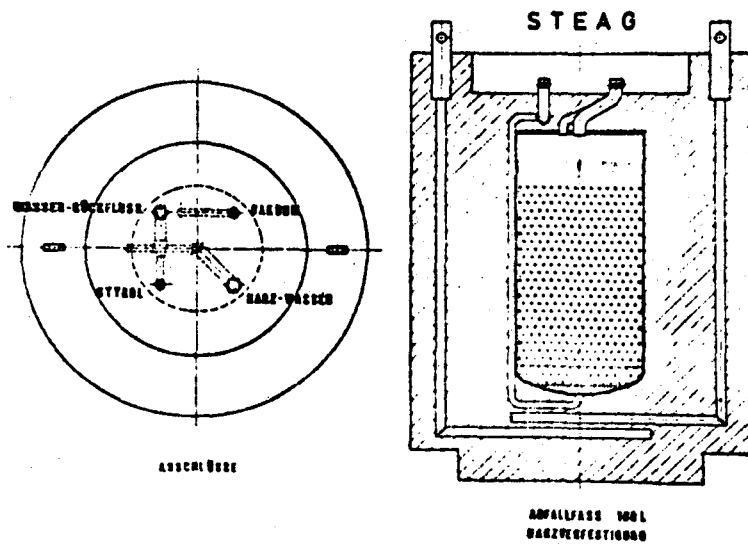


Bild 3. Querschnitt eines Abfallfasses für Ionenaustaucher /3/.

20.9.1978

HYÖTÖREAKTORIEN KEHITYSNÄKYMÄT

Hyötöreaktoriteknologian kehittämiseen kohdistetaan ydinteknologian suurmaissa huomattavat panokset. Vaikka USA:ssa onkin viime aikoina lähinnä vain tempoiltu poliittisella tasolla, muualla on päästy jo merkittävän pitkälle kaupallisen teknologian kehittämisessä.

Seuraava katsaus perustuu lähinnä ruotsalaisen Studsvik Energiteknik Ab:n (entinen Atomenergi Ab) viime syyskuussa järjestämässä hyötöreaktoriseminaarissa sekä 10:nnessä Maailman Energiakonferenssissa (WEC) viime vuoden syyskuussa saatuihin vaikutelmiin.

Miksi hyötöreaktoreita ?

Maailman Energiakonferenssi (WEC) arvioi läntisen maailman tunnettujen uraanivarojen määräksi 2,0 MtU alle 130 \$/kgU (50 \$/lb) hintaluokassa. Kun yksi 1000 MW:n kevytvesireaktori tarvitsee luokkaa 4500 tu luonnonuraaania 30 vuoden käyttöaikana, riittävät maailman tunnetut uraanivarat 440:n 1000 MW_e:n reaktorin tarpeisiin. Vuoden 1977 lopussa oli läntisessä maailmassa suunnitteilla, rakenteilla tai käytössä ydinvoimakapasiteettia yhteensä 376 GW. Näin ovat tunnetut uraanivarat jo lähes täysin varattu menneillä olevan ydinvoimaohjelman tarpeisiin. Tunnettujen 2 Mt:n lisäksi arvioidaan maailmassa olevan saman verran löytämättömiä varoja. Ellei hyötöreaktoreita oteta käyttöön rajoittuisi maksimi ydinvoimalakapasiteetti alle 130 \$/kg uraanivaraille 800...1000 GWe:iin. WEC:n mukaan on ydinvoimalakapasiteetin tarve kuitenkin suurempi.

1985	300	GW
2000	1500	"
2030	5000	"

WEC:in ennuste lähtee siitä, että 50 % sähköntuotannosta tyydytetään tulevaisuudessa ydinvoimalla ja että sähköntarpeen kasvu on 5 %/a.

Kevytvesireaktoriin tilanne on hyvin verrattavissa öljyn ongelmiin. Öljyn tunnetut varat ovat 90 Gt mikä riittää nykyisellä käyttömäärällä (3 Gt/a)

noin 30 vuotta. Tunnetut uraanivarat riittävät niin ikään 30 vuotta kun jo sovitut reaktorit rakennetaan. Energiapoliittiset ohjelmat pyrkivät eroon öljystä kaikkialla maailmassa. Energiapulan välttämiseksi tulisi vähitellen siirtyä hyötöreaktoreiden käyttöön. Luonnonuraani voidaan kuitenkin ensin käyttää kevytvesireaktorissa, joiden jätteistä saadaan hyötöreaktorin tarvitsemaa plutoniumia.

Kun kevytvesireaktori pystyy käyttämään ilman uudelleenkierto uraanista vain 0.55 % hyödyksi pystyy nopea hyötöreaktori (LMFBR) 75 %:in hyväksikäyttöasteeseen. Näin voidaan uraanivarojen energiasisältö tehdä 100 kertaiseksi ja jo tunnetuilla varoilla nostaa ydinvoimalakapasiteetti 100000 GWe:n tehoon. Koska lisäksi luonnonuraanin kulutus on vastaavasti 100 kertaa pienempi, voidaan hyödyntää uraanivaroja, joiden kustannukset ovat vielä 10.000 \$/kgU. Näihin varoihin kuuluvat mm. valtamerien uraani (< 1000 \$/kgU) ja ehkä myös graniittiin sitoutunut uraani. Näin olisivat energiavarat käytännössä rajoittamattomat.

Tutkimusohjelmat Studsvikin hyötöreaktoriprojektin johtajan Vieiderin mukaan on maailmassa käytetty hyötöreaktoriensa koko T&K-panos 5000 Mmk vuodessa.

Tämä jakautuu eri reaktorityypeille seuraavasti:

	R&D panos (Mmk)	1000 MW:n yksikkö valmis
Nopeat hyötöreaktorit (FBR)		
- Natrium (LMFBR)	4000	1983/4
- Kaasu (GFR)	100	> 2000
Korkealämpötila reaktorit (HTR)		
- höyryturpiini kierto	1400	> 1990
- kaasuturpiini kierto	250	> 2000
- prosessi lämpö	250	> 2000

Näin on natriumjäähdytteinen nopea hyötöreaktori (LMFBR) ollut ehdottomasti ensisijainen kehittelykohde. Korkealämpötilareaktori, joka pystyy hyötöämään torium varoja, on huomattavasti LMFBR:stä jäljessä. Myös kaasujäähdytteinen nopea hyötöreaktori ei tule kaupalliseen käyttöön vielä tällä vuosikaudalla, vaikka se tarjoaakin monia etuja natriumreaktoriin verrattuna.

Neuvostoliitto ja Ranska lienevät kärjessä tutkimusohjelmillaan sekä myös prototyyppien rakentamisessa.

Molemmilla on pääkehittelyn kohteena allastyypinen natrium reaktori LMFBR. 80-luvulla valmistuvat ensimmäiset täyden mittakaavan prototyypit Ranskassa Super Phenix (1200 MW_e) ja Neuvostoliitossa BN-1600. Tämän jälkeen alkaa sarjatuotanto. Ranskan valtion voimayhtiö EDF aikoo tilata ensimmäiset 1800 MW_e:n laitokset Saone 1/2 lähitulevaisuudessa.

Yhdysvalloissa on vuosittain käytetty nopeiden reaktorien kehittelyyn 2000 Mmk, Carterin aikana ohjelmia on vähennetty neljänneksellä supistamalla mm. Clinch Cliver hyötöreaktoriprojektin varoja. Clinch Breeder on Yhdysvalloissa ensimmäinen 350 MW prototyyppi, joka valmistunee samoihin aikoihin, kuin täyden mittakaavan laitokset Ranskassa eli 80-luvun puolivälissä.

Englanti on saanut käyntiin jo Dounreyn 250 MW PFR-laitoksen. Suunnitelmat 1200 MW CFR-1 (Commercial Fast Breeder) rakentamiseksi ovat pitkällä, mutta rahoja rakentamiseen ei ole myönnetty. Sähkön kysyntä ei ole päässyt vauhtiin eikä plutoniumin käyttö ole saanut vielä yleistä hyväksymistä. Tutkimusohjelmiin käytetään vuosittain luokka 400 Mmk.

Saksan liittotasavalta, Hollanti ja Belgia rakentavat yhdessä 300 MW_e hyötöreaktorin prototyyppilaitosta SNR-300. Tämä LMFBR-tyyppinen laitos valmistuu 80-luvun alussa, jonka jälkeen tilataan suuri kaupallinen laitos SNR-2. Maat käyttävät vuosittain luokka 800 Mmk hyötöreaktorien kehitysohjelmiin.

Japanissa on myös käynnissä huomattava kehitysohjelma (400 Mmk/vuosi). Ensimmäisen 300 MW LMFBR MONJU:n rakennustyöt on juuri aloitettu. Suunnitelmat 1500 MW_e kaupallisen laitoksen rakentamiseksi ovat myös tehty Tokion voimayhtiön ja Mitsubishin toimesta.

Pohjoismaissa on tyydytty vain seurailemaan alan kehitystä. Ruotsissa on käytetty vuosittain 2 Mmk kehityksen seuraamiseen ja analyysiin. Studsvikissa on neljän hengen työryhmä, joka on keskittynyt hyötöreaktoreihin. Suomessa on koko ydintutkimuksen panos luokka 18 Mmk. Tämä on lähes kokonaan käytetty kevytvesireaktorien ja niiden polttoainekierron tutkimuksiin, kun muissa maissa hyötöreaktorien osuus valtion ydinvoiman tutkimusmäärärahoista on noin puolet.

Hyötöreaktorien taloudellisuus

Hyötöreaktorien taloudellinen perusta on sen kyvyssä pienentää luonnonuraanin kulutus 170 kg/MW vuodessa 5 kg/MW, joka määrä käytetään vaippamateriaalina. Rikastustyön tarve vähenee niin ikään, mutta jälleenkäsittely ja valmistus tulee kalliimmaksi, joten polttoaineen kokonaiskäsittelykustannukset ovat molemmilla samaa luokkaa, 80 Mmk/a 1000 MW laitosta kohti. Hyötöreaktorin nettohyödyksi jää luonnonuraanitarpeen säästö. Tämän vuosiarvo 1000 MW laitokselle on nykyhinnoilla luokkaa 50...100 Mmk vuodessa mikä vastaa 400...800 Mmk pääoman sijoitusta. Tämä on puolestaan 15...30 % kevytvesireaktorin hankintakustannuksista. Polttoaineiden hinnat ovat kuitenkin nousussa ja 5 % vuosittainen hinnan kasvu nostaa pääoma-arvoa 50 % ja tekee hyötöreaktorin kustannusylityksen 25...50 % mahdolliseksi. Jos verrataan hyötyreaktorin sähkön tuotantokustannuksia kivihiililaitosten tuotantokustannuksiin, saa hyötöreaktorin hinta edelleen nousta 20 %. Näin voisi hyötöreaktorin hinta olla 1.5...2 kertaa kevytvesilaitoksen hinta.

Toteutetuissa projekteissa ovat hyötöreaktorilaitosten kustannukset olleet selvästi kevytvesilaitoksen kustannuksia kalliimmat. 1974 valmistunut 250 MW:n Phenix on kuutiotilavuudeltaan 240000 m³ eli noin 1 m³/kW. Tällä hetkellä tehtävien kevytvesireaktorien ominaistilavuus on 0,5 m³/kW, kun Loviisan laitoksen tilavuus on Phenixin luokka. Phenixissä on reaktorirakennuksen ja höyrykehitysrakennuksen tilavuus 0,4 m³/kW, kun PWR:llä vastaava tilavuus on 0,1 m³/kW. Näin ovat Phenixin rakennuskustannukset kaksinkertaiset kevytvesilaitoksiin verrattuna, joten kokonaiskustannukset ovat 20 % kalliimmat. Vastaavasti on Phenixin höyrykehitysjärjestelmä kevytvesilaitokseen nähden kaksinkertainen, joten Phenixin kustannukset ovat noin 1,5 kertaa kevytvesilaitoksen kustannukset. Työvoiman tarve laitospaikalla oli 12 h/kW mikä on niin ikään 1,5...2 kertaa kevytvesilaitoksen tarve.

Super Phenix-laitoksen reaktori ja höyrykehitysrakennusten tilavuus on 300000 m³ eli 0,25 m³/kW. Tästä seuraa vain noin 10 % kokonaiskustannusten kasvu. Super Phenixin arvellaan maksavan 40 % enemmän kuin samankokoisen kevytvesireaktorin.

Taloudellisessa mielessä on 1000 MW_e LMFBR jo nykyhinnoin kilpailukykyinen kivihiililaitosten kanssa. Luonnonuraanin hinnan nousu luokkaan 260 \$/kgU (100 \$/lb) tekee hyötöreaktorista kil-

pailukykyisen myös kevytvesireaktorien kanssa. Hyötöreaktorien seuraava kehitysvaihe nostaa niiden tehon 1600...2000 MW_e luokkaan, joka vielä parantaa laitosten kilpailukykyä entisestään.

Turvallisuus

Natriumjähdyttimen hyötöreaktorin turvallisuutta voidaan verrata vastaavan kokoisen kevytvesireaktorin turvallisuuteen. Vieiderin mukaan ovat LMFBR:n aiheuttamat terveysvahingot 50 % kevytvesireaktorien aiheuttamista vahingoista. Nämä jatkautuvat seuraavasti

	LWR	LMFBR
Voimalaitos		
- onnettomuudet	5	5
- normaali käyttö	30	5
Polttoainekierto		
- Uraanin louhinta	25	-
- jätteiden käsittely	40	40
Yhteensä	100 %	50 %

Onnettomuuksien vaikutus on samaa luokkaa mutta normaali käytön ja uraanin louhinnan ansiosta on hyötöreaktori LWR:ää turvallisempi. Kysymys onkin ennen muuta plutoniumin käytön hyväksymisestä ja ydinaseiden leviämisen ehkäisemisestä.

Onnettomuustilanteet

Prototyypireaktorit (Phenix, BN-350 ja PFR 300) rakennettiin ilman suojarakennusta. Katsottiin että allastyypisessä reaktorissa ei voi esiintyä jäähdytteenmenetysonnettomuutta kuten LWR:ssä. Suuren altaan dimensiointi katsottiin voitavan mitoitaa aina siten, että jälkilämpö voidaan poistaa luonnon kierrolla, jos reaktorin suojaussysteemi toimisi. Näin vastaisi turvallisuusfilosofia suunnilleen kevytvesireaktorin tasoa luotettavuudeltaan. Onnettomuustilanteen todennäköisyys riippuu pikasulkujärjestelmän luotettavuudesta.

Onnettomuuden todennäköisyyttä voidaan vielä pienentää rakentamalla toinen riippumaton pikasulkusysteemi. Näin on tehtykin saksalaisessa SNR-300:ssa.

Reaktorin sulaminen on postuloitu tapahtuvaksi viimeisimmissä laitoskonsepteissa. Tältä varalta on mm. Super Phenix, Clinch River ja SNR-300 varustettu

suojarakennuksella. Kun pääkiertopumput pysähtyvät ja samanaikaisesti oletetaan, että reaktori ei mene pikasulkuun, höyrystyy natrium. Koska natrium höyryllä on positiivinen vaikutus reaktiivisuuteen, reaktori sulaa ja valuu suojarakennuksen pohjalle. Sula reaktori menee teräksen läpi. Pohjamateriaalina onkin käytettävä aineita, joiden sulamispiste on yli metallin höyrystymislämpötilan ja sulan reaktorin lämmönsiirtoa natriumiin on tehostettava. Super Phenixissä on tiilistä tehty portaat, joita pitkin sula reaktori valuu ja jäähtyy.

Kun nopean hyötöreaktroin suunnittelu varautuu sydämen sulamiseen tai tekee reaktorin luonnostaan vaarattomaksi, pienenee onnettomuuksien todennäköisyys ratkaisevasti. Koska maksimi aktiivisuuspäästöt ovat hyötöreaktorilla samaa luokkaa kuin kevytvesireaktorilla, olisi nopea hyötöreaktori näin selvästi kevytvesireaktoria turvallisempi.

Ympäristövaikutukset

Studsвикissa on simuloitu Forsmarkin sijoitetun hyötöreaktorin hypoteettisia onnettomuustilanteita sekä verrattu niitä Barsebäckin laitoksen ympäristövaikutuksiin /5/. Kokonaispäästön määrä on Forsmarkiin sijoitetulle 1300 MW_e hyötöreaktorille 1690 MCi eli 1,3 Ci/W. Vastaavasti on Barsebäckin 600 MW_e kokonaispäästö 558 MCi eli 1,0 Ci/W. Näin on aktiivisuuspäästön suuruus riippuvainen olennaisesti vain reaktorin koosta eikä niinkään tyypistä.

Lasketut kokonaisannokset ovat 95 % varmuudella alle seuraavien lukujen

Forsmark (FBR) 0,5	Milj manrem
Barsebäck (BWR) 12,6	"

Yksittäiset henkilöannokset riippuvat etäisyydestä seuraavasti:

	2 km	5 km	20 km	50 km
Forsmark (FBR)	291 rem	147 rem	31 rem	10 rem
Barsebäck (BWR)	90 "	39 "	18 "	6 "

Kuolemaan johtavia säteilyannoksia on laitospaikoille

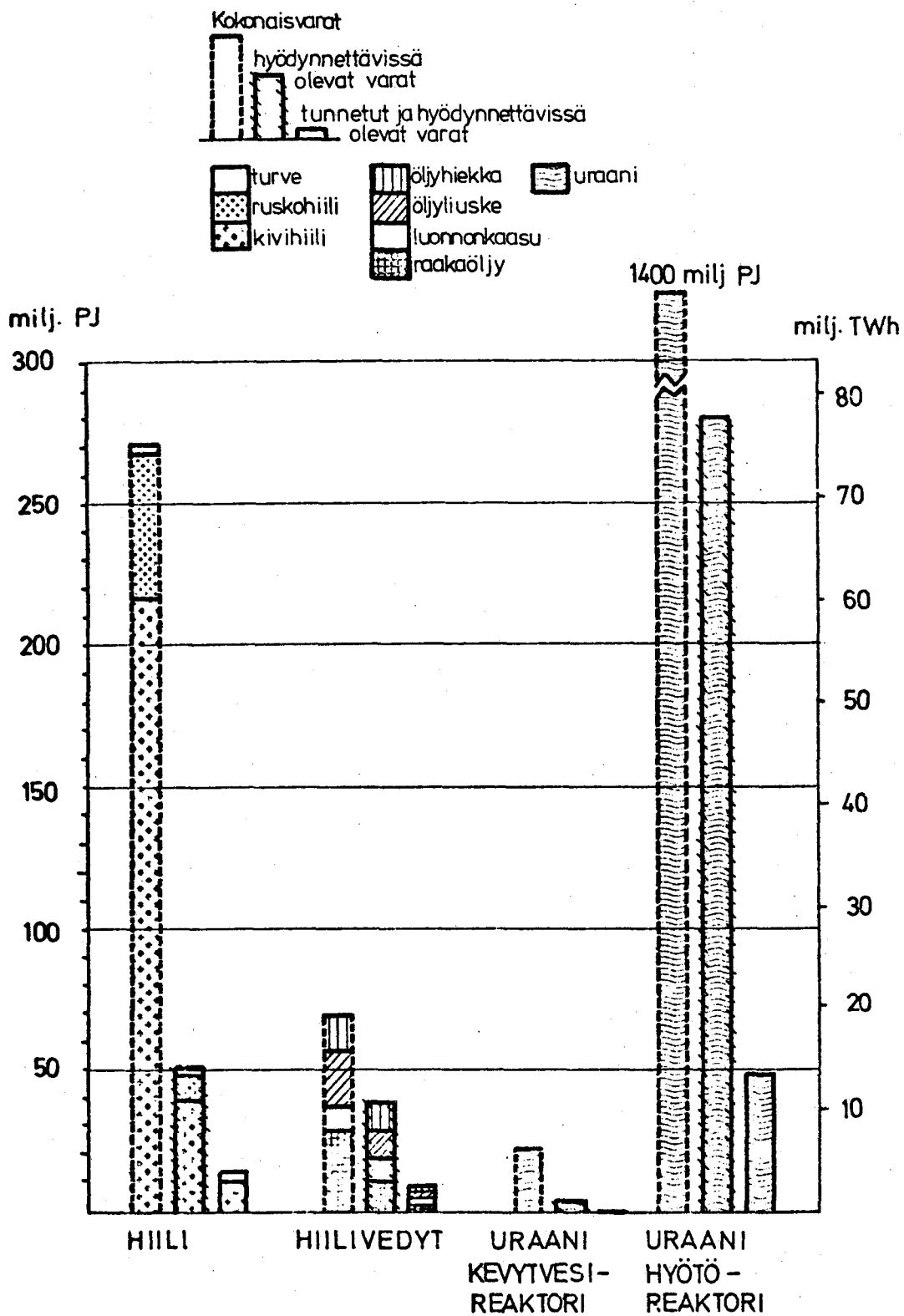
Forsmark (FBR)	66
Barsebäck (BWR)	1610

Näin katsotaan että hyötöreaktorin ympäristönvaikutukset Forsmarkissa ovat huomattavasti pienemmät,

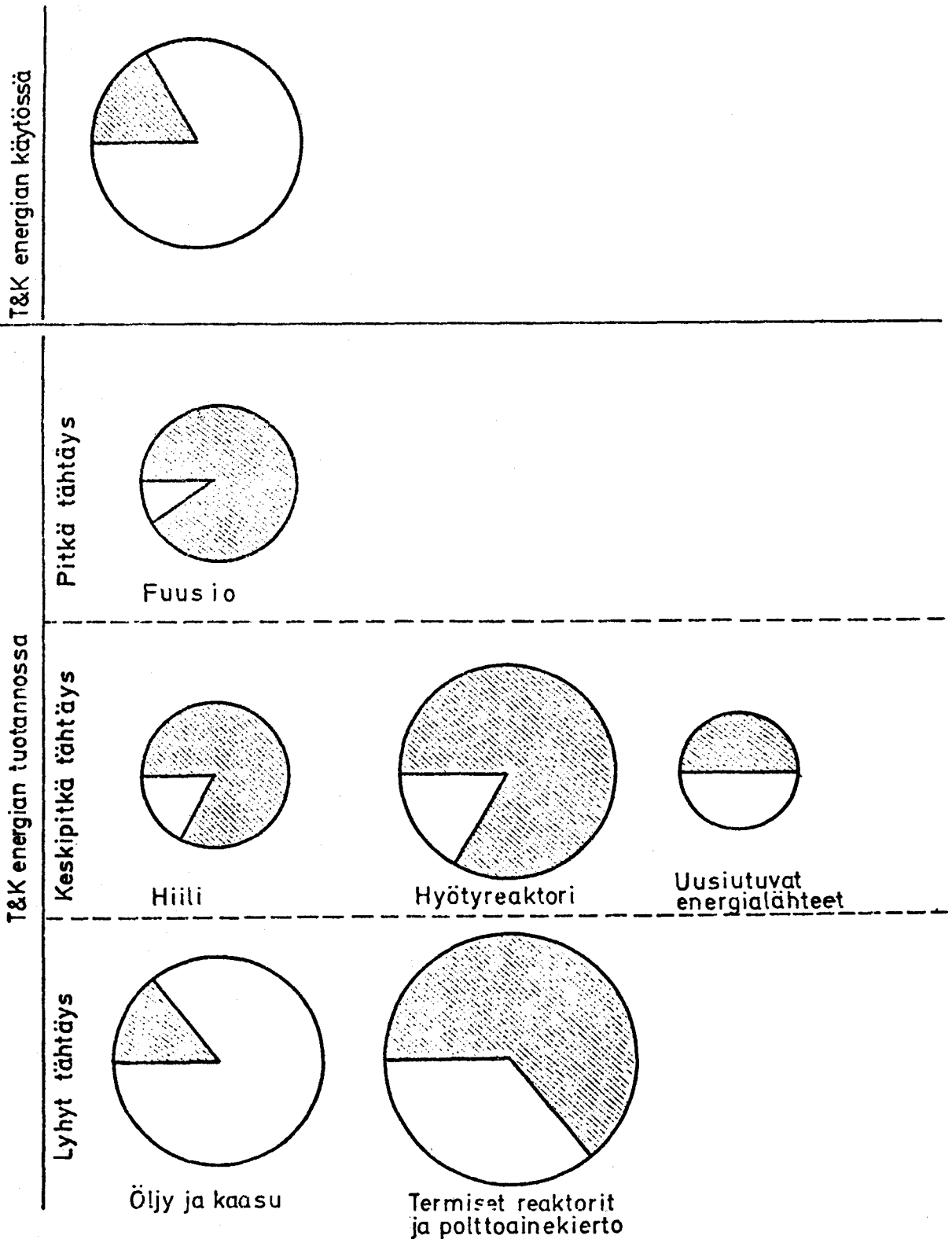
kuin BWR ympäristövaikutukset Barsebäckissä, joka on lähellä Kööpenhaminaa. 50 km sisällä asuu Barsebäckissä 2 milj. ihmistä, kun Forsmarkissa asuu vastaavasti 30000 ihmistä. Hyötöreaktorin turvallisuus onnettomuustilanteissa on vähintään yhtä hyvä kuin vastaavan kokoisen LWR:n. Ympäristövaikutusten suuruus on siten riippuvainen vain laitospaikasta.

Yhteenveto

Hyötöreaktorit ovat teknillisesti ottaen valmis ratkaisu maailman energiaongelmiin sadoiksi vuosiksi eteenpäin. Taloudellisuus ja turvallisuus kilpailee hyvin kevytvesireaktorin kanssa. Ranskassa ja Neuvostoliitossa on nopean natriumjäähdytteisen hyötöreaktorin (LMFBR) kehitys jo hyvin pitkällä. Kaupallisissa laitoksissa ollaan rakentamassa. Kun Super Phenix käynnistyy 1984, alkaa reaktorien markkinointi. Myös meillä Suomessa tulisi perehtyä sitä ennen hyötöreaktorin mukanaan tuomaan tekniseen ja sosiaaliseen ongelmakenttään. Kevytvesireaktorit tuottavat riittävästi plutoniumia, jotta ensimmäinen reaktori voitaisiin käynnistää 90-luvulla.



KUVA 1. Maailman polttoainevarat (lähde SOU 1977:56)



KUVA 2. Maailman energiatutkimus- ja kehitystyön jakautuminen eri kohteille.
 Ympyröiden kokonaissumma on 10 G\$.
 Viivoitettu alue on rahoitettu julkisilla varoilla ja valkoinen alue yksityisillä varoilla. (lähde SOU 1977:56)