

ATS

Ydintekniikka n:o 3/1979

ENS NEWSLETTER N:O 14 July 1979	3
LOVIISA 1 KÄYTTÖ V.1979	12
TVO I JA II	14
VTT:LLE UUSIA YHTEISTYÖSOPIMUKSIA	18
ENERGIAKATSAUS	19
YDINTEKNIIKAN TUTKIMUS V.1980 BUDJETTIESITYKSESSÄ	22
YDINENERGIAKENTTÄ VALTIONHALLINNOSSA	23
ATS KULTTUURIPALSTA: KIINA-ILMIÖ -ELOKUVA	24
IAEA:N PÄÄJOHTAJAN VIERAILU SUOMESSA SYYSKUUSSA -79	26
SUOMEN URAANIVARAT L K Kauranne	40
THREE MILE ISLAND -LAITOKSEN ONNETTOMUUTTA KOSKEVA OECD/NEA:N TIEDOTUSKOKOUS 27.-28.6.1979 S Vuori	45
SAKSALAISEN HDR -REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUS- OHJELMAN TULOKSET SAADAAN SUOMEEN K Kilpi	57
SAKSALAINEN YDINVOIMALAITOSTEN RISKITUTKIMUS I Savolainen	62
SUOMEN OSALLISTUMINEN KANSAINVÄLISEEN REAKTORI- TURVALLISUUSTUTKIMUKSEEN L Mattila	67

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO 3/1979

LOKAKUU 1979

JULKAISIJA SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA -
ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND R.Y.

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
TKT LASSE MATTILA
PUH. 90-648931
VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

TOIMITTAJAT
DI MATTI HANNUS
PUH. 90-648931
VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

FM LAURO TUURA
PUH. 90-6172471
HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI 10

ATS:N TOIMIHENKILÖT v.1979

PUHEENJOHTAJA
TKT OLLI TIAINEN
PUH. 90-6172470
HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI 10

VARAPUHEENJOHTAJA
DI PAAVO HOLMSTRÖM
PUH. 939-37211
RAUMA-REPOLA OY, PORIN TENAAT
PL 96
28101 PORI 10

RAHASTONHOITAJA
TKT PEKKA HIISMÄKI
PUH. 90-4566320
VTT/REAKTORILABORATORIO
OTAKAARI 3 A
02150 ESPOO 15

SINTEERI
FM JORHA KARJALA
PUH. 90-520379
TEOLLISUUDEN VOIMA OY
KUTOJANTIE 8
02630 ESPOO 63

JOHTOKUNNAN JÄSEN
DI ANTERO RAADE
PUH. 90-6160267

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI 10

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKL AMI RASTAS
PUH. 90-523522

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
KUTOJANTIE 8
02630 ESPOO 63

JOHTOKUNNAN JÄSEN
FL ANNELI SALO
PUH. 90-544212

SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS
PL 268
00101 HELSINKI 10

YLEISSINTEERI
DI PEKKA LOUKO
PUH. 90-6160474

IMATRAN VOIMA OY
EERIKINKATU 27
00180 HELSINKI 18

LEHDESSÄ JULKAISTUT ARTIKKELIT EDUSTAVAT
KIRJOITTAJIEN OMIA MIELIPITEITÄ, EIKÄ
NIIDEN KAIKISSA SUHTEISSA TARVITSE VASTATA
ATS:N KANTAA.

ATOMIENERGIANEUVOTTELUKUNNAN NÄKYMIÄ

Keväällä 1979 päättyneen toimikauden atomienergianeuvottelukunta toimi lähes jatkuvassa ajolähtötilanteessa. Uusien ydinvoimalaitosten lupakäsittely ja sen edellyttämät lainsäädännölliset järjestelyt työllistivät neuvottelukuntaa ja sen atomiasiaain turvallisuustoimikuntaa ja muita toimikuntia kireällä aikataululla.

Luparuuhkan ensimmäinen kierros on nyt purettu. Siihen liittyvistä ongelmista ei kuitenkaan ole päästy lopullisesti eroon. Erityisesti käyttö lupien määräaikaisuus tuo suhteellisen pian uudelleen tarkasteltaviksi ne polttoainekierron ja rahoitustakeiden avoimet kysymykset, joiden vuoksi luvat vain määräaikaisina valtioneuvostossa myönnettiin. Toivoa sopii, että ydinenergian kansainvälinen tilanne hieman valkenisi ja loisi paremmat edellytykset myös meillä jäljellä olevien polttoainekierron jälkipään ongelmien ratkaisuille.

Uudella toimikaudella neuvottelukunnalla on aikaisempaa paremmin mahdollisuus laajentaa toimintaansa lupakäsittelyn ulkopuolelle. Eräänä tehtävänä on yhteydenpito eri osapuolten välillä valtioneuvostossa, jossa ydinenergia-asioita nykyisin käsitellään puolessa tusinaa ministeriöitä ja parissa kymmenessä laitoksessa. Vireillä oleva atomienergiain uudistus tuo aikanaan eräitä tarkennuksia työnjakoon, mutta tuskin yksikäsitteistä säännöstöä.

Kansainvälinen ydinenergian kehityspolitiikka ja ydinsulku- ja valvontakysymykset tulevat korostetusti esille Suomen määräaikaisen IAEA:n hallintoneuvoston jäsenyyden kautta. Samoihin kysymyksiin joudutaan ottamaan kantaa myös läheisemmin määriteltäessä linjoja maamme ydintekniikan viennille, johon vientiin saavuttamamme teknillinen valmius ja rakennusprojekteista vapautuva henkinen kapasiteetti nyt antavat mahdollisuuksia.

Eräs ydinenergiaan liittyvä jatkuva tehtävä on informaation jako. Neuvottelukunnan informaatio suuntautuu lähinnä valtioneuvostoon päin. Mutta paljon laajempaakin toimintaa kaivataan. Atomiteknillisen Seuran työ tällä kentällä on ollut ansiokasta. Sen lisäksi tarvitaan entistä enemmän myös tutkijoiden aktiivista osallistumista kirjoitteluun. Tämä on välttämätöntä sekä ydinenergian tutkimusrahoituksen että julkisen luottamuksen säilyttämiseksi ja vahvistamiseksi.

Jorma Routti

AEN:n pääsihteeri

SÄHKÖN LISÄKSI MEIDÄN ON TUOTETTAVA MYÖS TIETOA

Ydinenergian osuus maamme energiahuollossa alkaa olla merkittävä: 6 % koko tuotannosta ja 15 % sähköstä tämän vuoden alkupuoliskolla. Merkit viittaavat siihen, että kasvusuunnassa on myös tarve tiedotustoimintaan. Tähän vaikuttavat pääasiallisesti maamme ulkopuoliset tapahtumat - ennen kaikkea TMI-tapaus ja sen seurausvaikutukset, kuten Ruotsissa ja Tanskassa tulossa olevat kansanäänestykset - mutta asiaan lienee osuutensa myös maamme ydinenergiaohjelman edistymisellä nykyiseen vaiheeseensa. Nyt kun laitokset ovat käynnissä etusivulle kelpaava uutisaineisto on valitettavasti usein luonteeltaan kielteistä. Laitosten toimintahäiriöt tuottavat suuria taloudellisia menetyksiä ja häiriöillä on turvallisuusnäkökohtansa. Käyvät laitokset myös todella tuottavat ydinjätettä.

Viime vuosina päivälehdistöön on tietävästi ollut melko vaikeaa saada ydinenergiaa koskevia kirjoituksia. Nyt ulko- ja kotimaiset tapahtumat ovat tehneet aiheesta ajankohtaisen, joten palstatilan saaminenkin on varmempaa. Yleisönosastojen keskusteluun osallistuminen on ehkä helpoin tapa antaa oma panoksensa ja tällä kentällä on tarvekin kaikkein polttavin, sillä korjausta edellyttävistä puheenvuoroista ei ole ollut puutetta.

Massatiedotusvälineissä tapahtuva tiedotus on vain osa koko tarvittavasta toiminnasta. ATS:n juuri tuottama informaatiokirjanen on sellaisenaan huomattava väline lähestyttäessä esim. eri tasoisia päättäjiä. Kirjasen sisältämä tietomäärä on niin suuri, että se antaa hyviä lähtökohtia myös ATS:n jäsenistön toteuttamalle informaatiotoiminnalle.

ATS Ydintekniikka -lehti pyrkii osaltaan sekä patistelemaan jäsenistöä liikkeelle että antamaan taustatukea. ATS-lehden tehtäväksi sopii erityisesti kertominen mitä Suomessa ydinenergia-alalla tapahtuu. Ajankohtaisuus on yksi tavoite, jolle tosin ilmestymisharvuus asettaa rajoituksensa. Parhaiten on ehkä voitu avustaa luomaan kuvaa mitä ydintekniikan eri lohkoilla on käynnissä. Mielessä on pyritty pitämään myös tosiasia, että ydinenergia on osa koko energiateknologiaa.



Newsletter
No. 14
July 1979

EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY NEWSLETTER

NEW PRESIDENT'S MESSAGE TO ENS

Dear Fellow Member

Taking office as President, I wish to express my appreciation for your support, through the National Member Societies, for the activities and ventures of the ENS. The great success of the Paris '75 and Hamburg '79 Conferences is proof of an increasing interest of scientists and engineers in a joint European forum where technical progress as well as socio-political aspects of nuclear energy can be presented and debated; the merit for this success is largely yours.

At this point, I gratefully acknowledge the outstanding contributions of the Past Presidents, Dr Colomb and Professor Beckurts, in interpreting your feelings and providing firm leadership. I am confident that your support and participation in the coming year will encourage the governing bodies of ENS in the furtherance of statutory goals.

We all share a common interest; the fullest application of nuclear energy to the betterment of mankind. Our main purpose is to foster international cooperation based on mutual good will. I strongly believe that our society can make a valuable contribution in promoting the above aims, particularly in these fields:

informing honestly the public on the benefits of nuclear power and showing inter alia that the largest risk incumbent on European countries is not the nuclear spectre but energy shortage and the steep increase in its cost. In this context, people should also be helped to realise the limits of so-called soft technologies, at least in the next few decades.

Advising national political bodies for the sake of improved reactor safety of the urgency of promoting the development of uniform plant operation procedures such as better operator training on a European, hopefully world wide base. In this field, our society could, in my view, contribute to the reaching of an internationally accepted 'code of behaviour' with the aim of improving the already excellent safety record of the nuclear industry.

The widening of public acceptance, to which such a useful contribution was made at Hamburg in the session chaired by Professor Tubiana, requires first of all new credible facts. It is we, the members of the ENS, who can contribute to the development of these facts.

In closing, I look forward to an increasing application of nuclear energy. Most of the actual problems will evaporate in the same way as they were artificially created.

Carlo Salvetti
President ENS

SWITZERLAND. AN ISLAND OF SANITY?

After the rejection by the Swiss voters on February 18, 1979, of the antinuclear initiative, a German newspaper heralded Switzerland as an island of sanity in the middle of a European continent tossed about by irrational antinuclear waves. Is it really so? At any rate, how does this oldest democracy cope with the political stresses created by the antinuclear movement. More specifically: what is the future of nuclear power in this country?

First, a recapitulation of recent history:

. Since the mid-sixties, nuclear is a fact of life in Switzerland. In 1978, more than 20% of the electricity generated was nuclear; in 1982, this percentage will reach 50%, a world record. The existing plants work like clocks; sound American designs topped with Swiss quality lead to steady load factors of about 90% in all plants. And the environmental protection authorities give these nuclear plants a clean bill of health.

. The antinuclear movement began to prosper in the early seventies. Well-fed and well-to-do intellectuals - typically a university professor with an apartment downtown during the antinuclear season and a chalet in the Alps during the skiing season - started to mobilize all the protest movements left idle (and frustrated) by the American withdrawal from Vietnam. With no domestic social issue (prosperity is boring) and with no easy scapegoat among Western democracies (only nuclear engineers would have reasons to picket the US Embassy), nuclear power became the new Cause, the new steppingstone to television prominence for the young politicians on the rise.

. The result of this "smear and fear" campaign: the antinuclear initiative that came on the ballot last February. (An "initiative" in Switzerland is a proposal to modify the Federal Constitution backed by 100,000 signatures.) This initiative would have made nuclear power impossible by requiring "absolute" safety and providing a right of veto to municipalities close to nuclear sites. The antinuclear initiative was rejected by 51% of the voters and by a more comfortable majority of the Cantons (States) forming the Swiss Federation - Both required to modify the Constitution.

The Victory was thin. But the battle had been hard, unusually hard for Switzerland. Yet the losers were unable to claim that Big Money had won the day. The antinuclear posters outnumbered the pronuclear in a ratio of 7-to-1 in the streets of Zurich, somewhat less elsewhere.

. In order to take the wind out of the antinuclear movement, the Federal Government had a few years ago initiated a revision of the 20-year old Nuclear Law. The new law of 1978 acknowledges that nuclear energy has become - rightly or wrongly, this is beside the point - a political issue which deeply affects a large segment of the population, the political parties and the working of democratic institutions. As such, broad decisions on nuclear energy should not be left to

utility companies, not even to the Government, but should be taken by the Parliament itself. Elected representatives should take the responsibility, including the risk of future power shortages if they deny to utilities the freedom to match supply and demand. The new law makes it indeed more difficult to build new plants, but it is not "antinuclear" per se. As a matter of fact, it also provides expropriation powers for land to be used for nuclear waste storage. The law passed Parliament in the fall of 1978 with a unanimous vote and with the support of both proponents and opponents of nuclear power.

With what is then called in Switzerland a "referendum", 50,000 citizens can ask that a new law be put on the ballot before coming into force. The extreme-left and the most radical opponents did succeed in gathering the required number of signatures. This is why the citizens had to vote a second time on May 20, 1979. The new Nuclear Law was accepted by a more than 2-to-1 majority, creating thereby a solid basis for the new legislation.

What about the impact of the Three Mile Island incident? Well, most important, it did occur after the February vote on the antinuclear initiative... The only specific impact was a delay of several weeks in the granting of the full power licence for the Gosgen plant, now finally on its way to commercial operation.

After a very hectic period, the nuclear scene has now quieted down. Energies have been released in political battles which have nevertheless produced a new legal basis and some kind of consensus. Nuclear power will indeed have a more difficult time in Switzerland. However, the nuclear option is preserved, should it be needed. But, short of a major energy crisis calling for the substitution of oil by electricity, no new nuclear plant is likely to be committed within the next five years since, as already noted, the current program will result in a healthy 50-50 split in electricity generation between hydro and nuclear power already in 1982 after commissioning of the Leibstadt plant now under unhampered construction.

Switzerland, a island of sanity? To some extent, yes. But this self-serving assessment is probably more applicable to the political institutions than to the people. Institutions, such as the initiative/referendum right, do channel movements of opinions and do help in relieving excessive social and political pressures. Called frequently to the voting booth, the Swiss citizens have, however, learnt that they cannot simultaneously vote for less tax and more social welfare, or more prosperity and no more nuclear power.

Referenda on nuclear energy have been held or are being proposed in various European countries not accustomed to this practice. Beware, because this is a medicine that should be taken frequently (as in Switzerland) in order to be effective at solving national issues. Exceptional referenda tend to be misused for other political objectives; as demonstrated in Austria, this can be a deadly medicine.

Doctor Bruno Pellaud
Swiss Nuclear Society

HIGHLIGHTS OF HAMBURG - ENC 79

The Hamburg Conference, ENC 79, can be considered a success by all members of the European Nuclear Society and its co-sponsors, not least by the Kerntechnischegesellschaft who did so much to organise the whole meeting. Over 2400 delegates from many countries attended the six day meeting from 6 to 12 May. The weather was only modestly favourable but perhaps this kept the delegates hard at work. There was of course plenty else to do and see in Hamburg.

A notable feature of the opening ceremony on the Monday was the telegram of good wishes from President Carter acknowledging perhaps the significant role of the American Nuclear Society, co-sponsors of the meeting. Even more substantial, however, was the personal appearance in a forty minute speech, of Chancellor Schmidt giving in effect a long awaited German statement on the role of nuclear power. It was in response to these two contributions that the Presidents of both the ENS and the ANS sent telegrams to these heads of state, welcoming the tentative initiative for an international study of nuclear power safety and promising the co-operation of the sixteen thousand or so professional scientists, technicians and engineers who together make up our twin societies.

That other international study, INCFE, was reported on as the study winds to a close in late 1979. It seems that no 'technical fix' is likely to meet the political difficulties that engendered the study; what has been made clearer perhaps is the real fears of European and third world countries that unilateral American action will have the perhaps unintentional effect of denying them that access to nuclear power to replace shortages elsewhere that was inherent in the promise of an earlier American President, who offered Atoms for Peace. It was remarked in passing, however, that although in many respects the Eastern bloc, centralised economy countries, were taking an independent approach to nuclear power and the general energy problems, they were evidently co-operating in INCFE.

The most lively event of the Conference however was certainly the report on Three Mile Island - 'incident', 'accident', or 'disaster' at choice. This was initiated by a detailed account of the sequence of events in the Harrisburg plant by Dr Levenson who spent four of the first five weeks on site as chairman of the industry's advisory committee. A detailed account has been issued by the Electric Power Research Institute. The subsequent panel discussion was notable for the pessimistic views taken by representatives of the press on the likely effect on acceptability of nuclear power by the public. One commentator indeed envisaged that there could be no 'commercial' sales of nuclear power plants in future in the States; it would be necessary, if nuclear power was to be used, for the provision to be government sponsored.

In a final ceremony, Sir John Hill, Chairman of the UK Atomic Energy Authority, summed up the content of the Meeting. His paper, like other invited and plenary papers, will be published in the formal proceedings. It was a nice choice in view of the honour paid to Sir John earlier in the week at a Forum lunch. Whether the Forum was to some extent outshone by the success of the ENC Conference itself is a matter of debate; it seems that the Forum organisers will not seek a joint meeting next time. This next time is likely to be in the UK; the organisers of ENC 1983 can only benefit from the example of the successful running of Hamburg, ENC 79.

International News

Brazil. Tentative plans for the Brazilian nuclear power programme are based on a contract with West German suppliers for eight 1000 MWe PWR stations and a fuel reprocessing plant. Brazil has substantial supplies of uranium and can expect an increasing demand for electricity in the eighties and nineties. It is reported however that increasing costs (revisions of safety matters in PWRs are likely to accelerate this trend), are causing second thoughts and the possibility is mentioned of having only four stations in the first plan.

The Organisation for Economic Co-operation and Development announce the appointment of Mr Hiroshi Murata, President of the Japan Atomic Energy Research Institute, as Chairman of the OECD Steering Committee for Nuclear Energy, taking over from Mr B Aler at the coming October meeting.

May saw the formal opening of the European Joint Torus project (JET) at Culham in England during a series of 'open days' at the Fusion Laboratory. Both JET and Culham are dedicated to the ultimate development of controlled fusion energy.

In news reported from the Middle East, still suffering the consequences of the Iranian revolution, it is understood that Iranian contracts for nuclear power plants with both France and Germany have been suspended. The German contract is perhaps particularly galling in view of the 80% completion and the apparent likelihood of default in payments due.

The Netherlands and France have signed an agreement to reprocess Dutch nuclear power station fuel at Cap de La Hague and thus enable the Dutch Government to give effect to their announced support of a balanced contribution of nuclear energy to the economy in Holland.

National News

It is reported from Australia that a formal opening has taken place of the Ranger uranium mine. Compensation for the Aborigines has been undertaken, though perhaps not all the controversy on this point has died down. In addition, three major Labour unions have declared their opposition to the mining and export of uranium, ostensibly on grounds of non-proliferation. The Liberal Government in Australia see the export of uranium as a valuable means of securing finance for the necessary import of half Australia's oil requirements in 1983, at a time when a substantial shortfall in domestic supplies will have occurred.

One of the predicted consequences of the Three Mile Island accident has been the reallocation of Nuclear Regulatory Commission manpower from the licensing process to operations supervision. This has been estimated to be likely to add in itself some two to three years in the licensing time for new nuclear stations in the USA.

Announcements in Bonn in late May indicated a delay in the proposed Gorleben nuclear waste disposal plant arising from the uncertainty in the Lower Saxony Land Government about the suitability of the site for disposal. However, a simultaneous announcement was made of an agreement with France to reprocess German fuel at La Hague which should meet the immediate needs of the German nuclear power programme. Work on the waste disposal aspect is to continue at Gorleben, however.

COMMITTEE NEWS

Steering Committee. The committee met during the Hamburg Conference. Arrangements were made to appoint auditors and for the acceptance of the Society's budget. Several new Supporting Members were admitted and it is hoped to publish the definitive current list in the Newsletter in due course. In view of the interest expressed by other national societies (Argentina, Israel etc) in cooperating with ENS, it was decided to refer to the previous Constitution Committee this and other questions that would require formal changes in our constitution.

Following a French initiative, it was decided to review the contribution the Society could make in technical advice to such organs as the European Assembly.

Publication Committee. The Hamburg meeting discussed amongst other items: the successful venture into Nuclear Technology in partnership with the ANS. Proceedings of the Hamburg Conference (plenary and invited papers) would be published elsewhere but it was hoped to publish the bulk of the contributed papers in a special Nuclear Technology issue. It was important however to maintain not only the European element of authorship but of subscriptions.

the ENS Newsletter was reviewed and it was agreed that it would be timely next year to increase the circulation to organisation members from two copies to a number sufficient to go to members of National Society Committees. To this would be added copies to ENS Committees, Supporting Members and major International Exchange.

Planning Committee. This met too in Hamburg and was devoted to a scrutiny of the earlier paper on the role and organisation of the Society on behalf of the Steering Committee.

The next meeting of the Steering Committee is to be called on 2 November 1979.

Publications of Interest

The UK Department of Energy has published a free pamphlet entitled 'Energy; A Key Resource', Room 1389a, Thames House South, Millbank, London SW1P 1QJ.

The Electric Power Research Institute (EPRI) has published an interpretation of the sequence of events at Three Mile Island that is authoritative and valuable. Copies are available from EPRI at 3412 Hillview Avenue, P O Box 10412 Palo Alto, California 94304

The American journal 'Science' has carried a criticism of the Canadian (Atomic Energy of Canada Ltd) 'Inhaber' report of the relative dangers of different energy sources that originally placed nuclear power in a favourable position.

Errata. In the last ENS Newsletter article by Dr Reino Ekholm, two misprints were made. The final example should have read:

FORT ST VRAIN/GAC/PUBLIC SERVICE CO, COLORADO - HeGR-842MW/330MWe-ST

We regret the compositing error.

ENS NEWS

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

JULY

2 - 6

IAEA/NEA Symposium on Underground Disposal of Radioactive Wastes, Otaniemi, Helsinki, Finland.

9 - 13

Fourth International System Safety Conference, San Francisco (ANS co-sponsor) Robert Hubbard P O Box 731 Cupertino, California 95014 **

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 Technology. The deadline Call for Papers has now passed and the response promises a successful meeting.

OCTOBER

14 - 17

Conference: The Breeder Reactor and Europe, Lucerne. Sponsored by the Swiss Association for Atomic Energy and FORATOM P O Box 2613 CH-3001 Berne. **

14 - 17

Executive Conference on International Safeguards, Vienna. Sponsored by American Nuclear Society.

23 - 25

Boiler Dynamics and Control in Nuclear Power Stations, Bournemouth, UK. Details from BNES.

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

NOVEMBER

11 - 15

American Nuclear Society Winter Meeting, San Francisco, USA. Neil Norman, 50 Beale St, San Francisco

DECEMBER

A Nuclear Energy Day will be held in Milan sponsored by the Federation of Technical and Scientific Associations of Italy, CNEN, ENEL and FIEN. For information, contact Dr Giuseppe Basso, CNEN viale Regina Margherita 125, Rome (tel 06/85282541).

1980

FEBRUARY

26 - 28

Third International Conference on Nondestructive Evaluation in the Nuclear Industry, Salt Lake City (ANS) **

MARCH

26 - 30

La gestion sur place des déchets de reacteurs de puissance, a colloquium organised by IAEA and the OECD to be held in Zurich.

APRIL

8 - 11

ANS Topical Meeting on Thermal Reactor Safety, Knoxville, Tennessee, USA. Call for papers by 1 Nov 1979 to either: Mario Fontana, ORNL, P O Box Y, Oak Ridge, Tennessee 37830 or Dwight Patterson, TVA, 400 Commerce Avenue, Knoxville, Tennessee 37902. **

MAY

13 - 15

International Conference on Post-irradiation examination, British Nuclear Energy Society, to be held in the Lake District. **

14 - 17

Fourth International Conference on Nuclear Methods in Environmental and Energy Research, Climbia, Missouri, USA (ANS) **

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

JUNE

8 - 13

American Nuclear Society Annual Meeting, Las Vegas.

SEPTEMBER

3 - 7

Ninth International Symposium on the Chemistry of Fluorine, University of Bordeaux, Avignon.

OCTOBER

2 - 3

Radioecology Conference, Bonn (Secretary: Deutsches Atomforum e.V., D-5300 Bonn-Heusallee 10, FR Germany **

22 - 26

International Conference on Nuclear Cross-sections for Technology, University of Tennessee, USA.

NOVEMBER

16 - 21

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

1981

APRIL

27 - 29

ANS/ENS International Topical Meeting; Advances in Mathematical Methods for Nuclear Engineering Problems, Munich, Germany. This meeting is to be organised by the Kerntechnische Gesellschaft under the General Chairmanship of Herr M Werner. Details and calls for papers will be announced in due course.

ENS NEWS

9

NAMES AND ADDRESSES OF ENS MEMBER SOCIETIES

1. Netherlands Nuclear Society: Secretary - ir.P.Brand, N.V.KEMA, Utrechtseweg 310 Arnhem, Netherlands
2. American Nuclear Society: Local Sections in Europe
 - Belgium: M M. Potemans, U E E B
Galerie Ravenstein 4, Boite 6, B-1000 Brussels
 - Central Europe: A.Bayer, KFZ, Postfach 3640,
7500 Karlsruhe, INR West Germany
 - France: M. Rozenholc, 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: H Cartwright, OBE
c/o Institution of Civil Engineers,
1-5 Gt George St London SW1P 3AA
4. Foreningen Karnteknik: Pehr E Blomberg, Studsvik Energiteknik AB,
S-611 82 Nykoping, 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
1, Penerley Road, Catford, London SE6, UK tel: 698 1500
7. Kerntechnische Gesellschaft e.V.:
Heusallee 10, D-5300, Bonn 1, FR 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 Palop
Estenbarez Calderon, 7-90f
Madrid-20, Spain
10. Societa Nucleare Italiana: Prof C.Salvetti c/o CNEN
Viale Regina Margherita, 125, I-00198 Rome, Italy
11. Societe Francaise d'Energie Nucleaire: Secretariat,
48, rue de la Procession, F - 75724 PARIS CEDEX , France
12. Suomen Atomiteknillinen Seura-Atomtekniska Saellskapet I Finland
R.Y. (Finnish Nuclear Society FNS):
Valtion teknillinen tutkimuskeskus,
Ydinvoimatekniikan laboratorio, Loennrotinkatu 37,
SF-00180, Helsinki 18 Finland

LOVIISA 1 KÄYTTÖ V. 1979

Loviisa 1:n käyttöhistoria v. 1977 - 1978 on kuvattu aikaisemmin ATS-lehdessä.

V. 1979 käyttöhistoria ajalta 1.1.-31.8. on esitetty kuvassa. Kuvasta näkyy, että tuotantotilanne on edelleen ollut hyvä. Tammikuu sujui erittäin hyvin. Aikakäytettävyys oli 100 % ja käyttökerroin 92 %. "Stretch-out"-ajo alkoi 24.1. tuorehöyryn paineen laskulla.

Helmikuu sujui "stretch-out"-ajon merkeissä aina 26.2. saakka, jolloin laitos ajettiin alas vuosihuoltoa varten. Käyttökerroin oli vuosihuoltojen välisenä aikana ollut 95 % sallitusta maksimivuodosta.

Vuosihuolto käsitti n. 1500 eri työtä työmääräinten mukaan. Huolto suoritettiin suunnitellussa ajassa - 28 vrk, mutta heti ylösajon jälkeen jouduttiin jatkamaan töitä neljä vuorokautta erään säätösauvan kiinnittymisen korjaamiseksi. 32 vrk:n kesto ennustetun budjetin puitteissa oli sinänsä tyydyttävä tulos. Vaikeuksia esiintyi luonnollisesti: Lauhduttimen laaja pyörrevirtamittaus, pääkiertopumppujen tarkastus ja parannukset sekä generaattorien käämikiilaukset olivat odotettua suuritöisempiä.

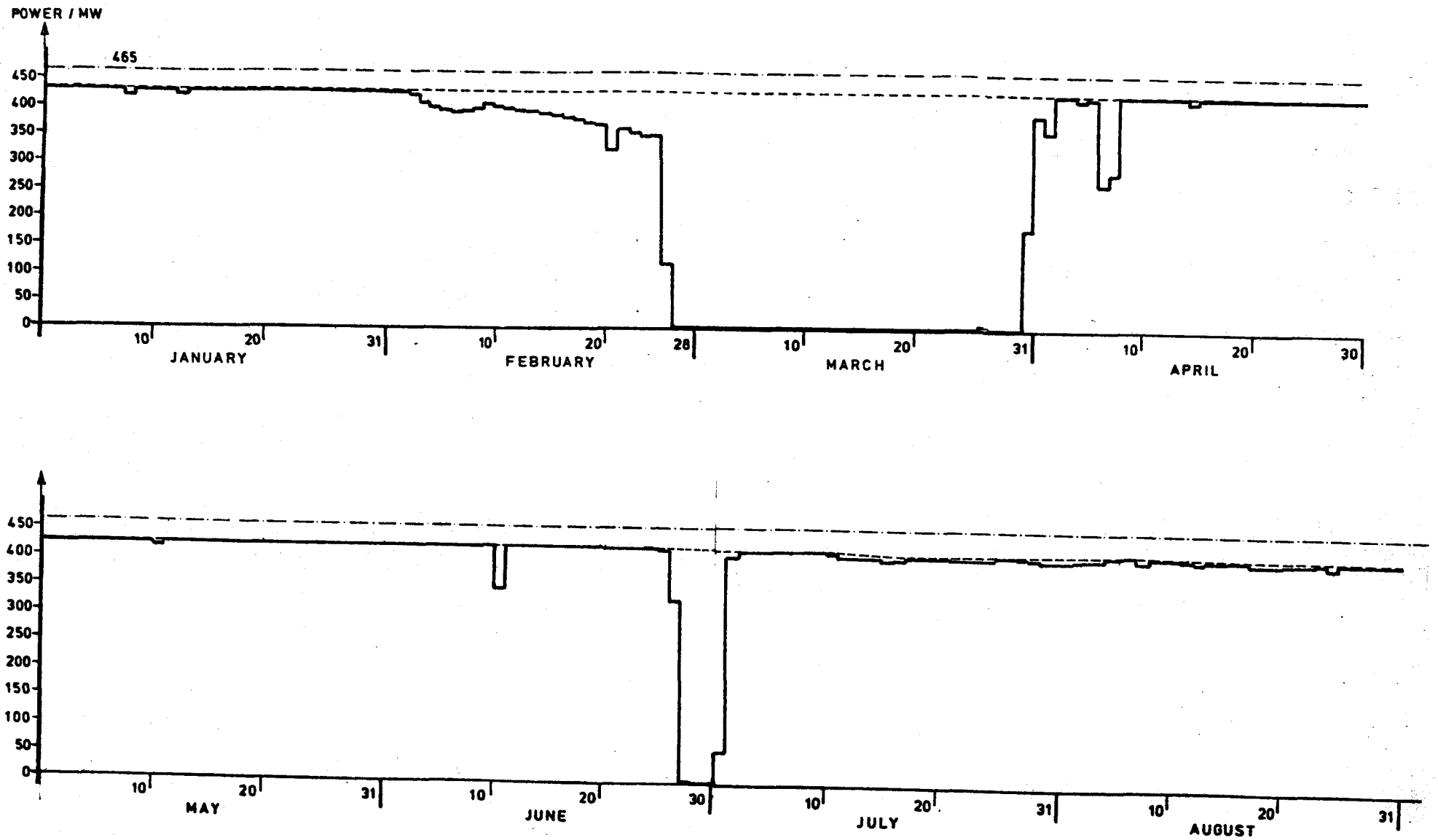
Huhtikuussa toiminta oli häiriötöntä. Toukokuussa jatkui hyvä käyttö: Käyttökerroin 91,8 %. Kesäkuun lopussa suoritettiin kylmäseisokki säätösauvakoneiston vaihtamiseksi. Kesto aika 3,5 vrk, joista 2 vrk alas- ja ylösajoon ja 1,5 vrk tehokasta huoltotyötä. Ylösajo oli heinäkuun 1. pnä.

Heinäkuu oli taas hyvä. Matalapaine-esilämmittimen korjauksen takia menetettiin vähän energiaa kuukauden keskivaiheilla. Käyttökerroin oli silti 89,6 %. Elokuu oli edelleen hyvä: Käyttökerroin oli 91,5 %. Matalapaine-esilämmittimen huollot sekä yhden pääkiertopumpun laukeaminen pudottivat tuotannon sallitusta 92 %:n tehosta.

Polttoaine on edelleen tiivistä, reaktorin vesi suhteellisen puhdasta ja siten sekä päästöt että säteilyarvot alhaisia. V. 1979 vuosihuollon kokonaisannos oli 91 manrem, jäädessä alle edellisen vuoden vastaavan arvon (99 manrem).

Anders Palmgren

LOVIISA 1 KÄYTTÖ V. 1979



13

IMATRAN VOIMA OY
LOVIISAN VOIMALAITOS
17.9.1979 RTK

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
INDUSTRINS KRAFT AB

ATS Ydintekniikka
27.9.1979

TVO I JA II

TVO I ON MAINETTAAN PAREMPI

Sen jälkeen, kun TVO I ensi kerran 8.1.1979 saavutti 100 %:n tehon, on sillä jo kehitetty yli 2 TWh sähköenergiaa ja se on ollut useita viikkoja yhtäjaksoisesti 100 %:n tehotasolla. Toisaalta laitousyksikkö on joutunut myös seisomaan useita viikkoja ja sen tekniseen kuntoon on puututtu aina julkisen sanan palstoja myöten. Näiden kahden ääriroolin väliin mahtuu sitten kaikki se, mikä vasta käyttöön otetulle ja jatkuvaan tehoajoon siirtyvälle laitokselle on ominaista. Ja kun kysymys on keskisuuresta ydinvoimalaitoksesta, siihen väliin todella mahtuu paljon.

Tällaisessa vaiheessa voikin lähimenneisyyteen rajoittuvan tapahtumakatsauksen laatia varsin monella tavalla. Kun kuitenkin, kuten edellä todettiin, TVO I:n vaiheet ovat olleet tarpeettomankin laajan huomion kohteena, on niiden kriittisimmistä osista syytä antaa jonkinlainen yleiskatsaus. Tämä on perusteltua ehkä siksikin, että kehitetty tehomäärä ja takana olevat käyttötunnit puoltavat laitoksen kutsumista pikemminkin valmiiksi kuin keskeneräiseksi. Eikä tavanomainen tärkeiden projektitapahtuminen luettelointi siten enää juurikaan kerro laitousyksikön valmiudesta. Tällöin on kuitenkin pidettävä mielessä, että kysymys on ulospäin näkyvästä valmiudesta. Se ei ota huomioon sitä, että näin suuren laitoksen valmius tilaaja/toimittaja välisessä suhteessa on varsin vaikea ja mutkikas asia, että laitoksella

sisäisesti saattaa olla hyvin paljon eriasteisia puutteita ja tekemättömiä jälkitöitä, jotka eivät estä turvallista ja taloudellista käyttöä ja jotka odottavat sopivaa revisioseisokkia eikä sitä, että tällainen laitos ei koskaan ole täysin valmis.

Valtaosa laitoksen seisokkiajasta on johtunut generaattorista. Kuten muistetaan, rikkoontui Etelä-Ruotsissa Barsebäckin laitoksen generaattoriroottorin toinen päätykapseli räjähdysnomaisesti aiheuttaen lisäksi öljypalon. Koska TVO I:n roottori on konstruktioltaan samanlainen, käynnistettiin TVO:n toimesta asiassa varsin laajat selvitystyöt, joihin sisältyi myös kaksi seisokkia, yhteispituudeltaan lähes 50 vuorokautta. Roottori on todettu virheettömäksi, joten seisokkia ei mitenkään voida lukea laitoksen viaksi.

Toinen mittava seisokki oli niinikään runsaan 40 vuorokauden pituinen, heinäkuun puolesta välistä elokuun loppuun. Tällöin vaihdettiin samainen roottori toiseen, johon oli tehty jo edellisinä vuosina sovittuja muutoksia. Samanaikaisesti tehtiin sekä pienehkö vuosirevisio että koko joukko toimituspuutteiden poistotöitä. Seisokkia pidensi turbiinin öljyjärjestelmässä sattunut öljynjäähdyttimen vesivuoto. Koska laitos joka tapauksessa oli alasajettuna, päätettiin koko öljy vaihtaa ja samalla myös vaihtaa öljylaatua. Lisäksi avattiin ja tarkastettiin kaikki säätöjärjestelmän servomoottorit, jotta öljyn mukana mahdollisesti kulkeutunut vesi ei pääsisi haittaamaan arkojen toimilaitteiden toimintaa. Tämäkään seisokki ei siten ollut kuin osaltaan laitoksen aiheuttama, joten suotta syyttä TVO I on saanut huonosti toimivan maineen. Lisäksi, kun kysymyksessä on ydinvoimalaitos, niin tottakai myös se on asetettu kyseenalaiseksi, vaikka toimen-

piteet on tehty täysin konventionaaliseen laitos-osaan!

Generaattorilla on ollut lisäksi myös herätinkoneella pikku vaurio, jonka korjaus otti noin 1½ viikkoa.

Runsaimmin julkisuutta sai reaktoriveden puhdistuspiirissä sattunut putkirepeämä, joka niin tapahtumana kuin seurauksiltaan oli suhteellisen pieni, mutta teknisen selvittelytyön kannalta erittäin mielenkiintoinen. Keskiviikkoiltana sattunut repeämä oli sunnuntaina korjattu, selvitetty ja raportoitu, ja voitiin maanantaiaamuna esittää Säteilyturvallisuuslaitokselle pyynnöllä saada jälleen käynnistää yksikkö. TVO onkin esittänyt erityiskiitoksensa sekä viranomaiselle että tapauksen selvittelyyn osallistuneelle VTT:n metallilaboratoriolle nopeasta toiminnasta, jossa ei kuitenkaan yhtään tingitty tarkkuudesta, huolellisuudesta eikä asiallisuudesta.

Muun osan vuotta TVO I onkin käynyt lähes keskeytyksettä, joten se on selvästi "mainettaan parempi". Oikean ja asiallisen informaation saanti sensaatiota etsivän pintakuohun sekaan on vain lähes toivoton tehtävä.

TVO II

TVO II on edelleen pysynyt aikataulussa ja sen tapahtumia on jo loppukeväästä lähtien leimannut valmistautuminen polttoaineen lataukseen, joka on suunniteltu lokakuun alkuun. Reaktorilaitos on asennusvalmis ja sen kuumakäyttö vietiin läpi suunnitellusti touko-kesäkuun vaihteessa. Samanaikaisesti saavutettiin valmius polttoaineen vastaanottoon laitokselle. Ensimmäinen erä saapui Olkiluotoon 23.5.

Asennustyöt jatkuvat vielä turbiinilaitoksella, jonne generaattorin staattori saapui alkusyksystä. Generaattoriasennus on viimeinen varsinainen asennustoimenpide. Samanaikaisesti sen kanssa tehdään turbiinilaitoksen järjestelmien kylmäkokeita ja, toivon mukaan, reaktorilla latauksen jälkeisiä järjestelmäkokeita. Valtioneuvosto myönsi TVO II:lle käyttöluvan 1.9.1979, joten edellytykset aikataulun edelleenkin pitämiseksi ovat hyvät.

Myös muilta osiltaan laitos edistyy suunnitellusti. Lähinnä on tällöin kyse kaikkien huonetilojen loppusaneerauksesta, joka on ollut käynnissä jo useita kuukausia. Näillä näkymillä laitoksen noin 1500 eri huonetilaa saadaan ajoissa lopulliseen käyttökuntoon.

DI Antti Hanelius
Asennusvalvontatoimiston
päällikkö

VTT:LLE UUSIA REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUKSEN KANSAINVÄLISIÄ YHTEYKSIÄ

VTT on kesän aikana solminut kaksi uutta reaktoriturvallisuuustutkimusta koskevaa kansainvälistä yhteistyösopimusta.

Yhdessä Ruotsin Studsvikin ja Tanskan Risø:n kanssa on sovittu USNRC:N kanssa yhteistyöstä, joka antaa pohjoismaihin täydelliset tiedot kahdesta USNRC:n mittavasta kevytvesireaktoreiden turvallisuustutkimusohjelmasta.

- The Power Burst Facility (PBF) -ohjelma. PBF-kooreaktorissa Idahossa tutkitaan polttoainesauvojen käyttäytymistä erilaisissa häiriö- ja onnettomuus-tilanteissa. Saatujen tulosten perusteella kehitetään ja testataan polttoaineen käyttäytymismalleja, joita käytetään mm. ydinvoimalaitosten lupa-käsittelyssä.
- The Heavy Section Steel Technology (HSST) -ohjelma. HSST-ohjelmassa selvitetään primääripiirin painetta kantavien rakenteiden, erityisesti paksuseinämaisten paineastioiden, kestävyyttä ja murtumiskäyttäytymistä.

Pohjoismaat antavat vuorostaan NRC:lle tulokset lähes 30 pohjoismaisesta turvallisuustutkimusprojektista, jotka polttoaine- ja materiaalitekniikan lisäksi käsittelevät myös muita turvallisuusaiheita. Suomesta mukana on kuusi projektia.

Ruotsin Studsvikin välityksellä ja yhteistyössä TVO:n kanssa VTT on hankkinut mahdollisuuden saada Suomeen tulokset Saksan Liittotasavallan PHDR (Projekt Heissdampfreaktor) -turvallisuustutkimusohjelmasta. HDR-projekti koostuu useista erillisistä osaprojekteista, joissa tutkitaan kokeellisesti käytöstä poistetulla HDR-laitoksella mm.

- ainetta rikkomattomien aineenkoetusmenetelmien luotettavuutta,
 - paineastian, reaktorin sisäosien, putkistojen, eräiden keskeisten venttiilien, jne. toimintaa ja kestävyyttä onnettomuusolosuhteissa,
 - maanjäristysten vaikutuksia keskeisiin komponentteihin sekä
 - suojarakennuksen vuotokokeiden suorittamistekniikkaa.
- HDR-projektista on yksityiskohtaisempi kuvaus toisaalla tässä lehdessä.

Ensimmäisen vuosipuoliskon tilastot osoittavat, että energian kokonaiskulutus on kääntynyt selvään nousuun. Kasvu on ollut 7% viime vuoden tammi-kesäkuuhun verrattuna. Sähköenergian kulutus lisääntyi vastaavasti 9%:lla. Energian kokonaiskulutuksen kasvu on näin ollen ensimmäisen kerran kuuteen vuoteen ylittänyt vuotta 1973 edeltäneen pitkän aikavälin keskimääräisen kasvuvauhdin. Kulutuskasvun kiihtymiseen on vaikuttanut kokonaistaloudellisen tilanteen paranemisen ohella se, että elpyminen on ollut keskimääräistä ripeämpää toimialoilla, jotka tarvitsevat tuotannossaan runsaasti polttoaineita ja sähköä. Tätä energian kulutuksen kasvua voidaan kuitenkin pitää odotettuna. Kasvun arvioidaan tasaantuvan lähitulevaisuudessa energian hinnan nousujen myötä ja myöhemmin taloudellisten suhdanteiden mahdollisen heikkene-
misen vaikutuksesta.

Vesivoiman tuotanto jäi tammi-kesäkuussa 12% edellistä vuotta pienemmäksi. Tämä vajuus ja energian kokonaiskulutuksen kasvu peitettiin kokonaan tuontienergialla. Kivihiilen kulutus kasvoi 14% edellisen tammi-kesäkuuhun verrattuna. Öljyn osuus energian kokonaiskulutuksesta säilyi edellisvuoden vastaavan ajanjakson tasolla eli 51%:ssa. Öljytuotteita toimitettiin kuluttajille ja vähi-täiskaupan jakelupisteisiin 13% enemmän kuin edellisena vuonna. Tähän sisältyy kuitenkin hinnannousuista johtuva varastointihalukkuus. Kulutuksen lisäys voidaan arvioida viideksi prosentiksi. Maakaasun kulutus supistui helmikuussa sattuneiden katkojen vuoksi 5%:lla. Saantihäiriöt aiheutuivat Tjumenin kaasujohdon vaurioitumisesta Neuvostoliitossa. Turpeen kokonaiskulutus lisääntyi muutaman aikaisemman vuoden tapaan voimakkaasti. Kokonaiskasvu oli tammi-kesäkuussa yli 60%. Turpeen osuus kokonaisenergiankulutuksesta oli 2,1%. Energiahuollon kotimaisuusaste laski noin 2%-yksiköllä ollen tammi-kesäkuussa 26%.

TAULUKKO:

Energian kokonaiskulutuksen jakautuminen
energiälähteittäin tammi-kesäkuussa 1978-1979, %

Sähkön hankinta tammi-kesäkuussa 1979

	I-VI/78	I-VI/79		GWh	muutos % 79/78	osuus %
öljy	51	51	vesivoima	4756	- 12	25
maakaasu	4	3	vastapainevoima	5484	+ 11	29
hiili	14	15	ydinvoima	2902	+ 132	15
ydinvoima	2	6	muu lämpövoima	6301	+ 15	33
tuontisähkö	1	- 1	tuotanto	19445	+ 14	101
tuontienergia	72	74	+ tuonti	710	+ 13	4
vesivoima	11	9	- vienti	984	500	- 5
turve	1,5	2,1	= kokonaiskulutus	19171	+ 9	100
muut kotimaiset	15	15				
kotimaiset	28	26				
KAIKKIAAN	100	100				

Maassamme tuotettiin tammi-kesäkuussa sähköä 14% enemmän kuin vastaavana aikana vuotta aikaisemmin. Sähkön vienti nousi ensimmäistä kertaa moneen vuoteen tuontia suuremmaksi. Vienti oli arvoltaan 84 milj.mk. Sähköntuotannon lisäyksestä ili valtaosa ydinvoimaa. Kesäkuuta edeltäneen 12 kk:n jakson aikana olivat Loviisan ja Olkiluodon ykkösreaktorit tuottaneet sähköä 4,8 GWh.

Ydinvoiman tuotanto yli kaksinkertaistui vuoden 1978 tammi-kesäkuuhun verrattuna. Ydinvoiman osuudeksi kokonaisenergiasta muodostui 6 %. Osuus jäi kuitenkin aikaisemmin ennakoitua pienemmäksi Olkiluodon ykkösreaktorin seisokkien vuoksi.

ÖLJYN HINNANKOROTUKSET NOSTIVAT ENERGIAN TUONNIN ARVOA

Energiaa tuotiin maahamme tammi-kesäkuussa 3,6 mrd. mk:n arvosta. Lisäystä edelliseen vuoteen oli 23 %. Valtaosa tuonnin arvon lisäyksestä aiheutui raaka-öljyn hintojen ja määrien kasvusta. Sensijaan kivihiilen tuonti supistui sekä markkamääräisesti että määrältään. Energian tuonnin osuus koko tavaratuonnista oli 18,5 %.

Energiaa vietiin tammi-kesäkuussa 496 milj. mk:n arvosta. Merkittävin vientituote oli moottoribensiini. Bensiinin keskimääräinen vientihinta oli tammi-maaliskuussa 73 p/l ja huhti-kesäkuussa 94 p/l.

KITTELÄN URAANIESIINTYMÄ

KTM on asettanut virkamiestyöryhmän selvittämään Kittilän Pahtavuomasta löydetyn uraanimalmin käyttöönottomahdollisuuksia. Outokumpu Oy on todennut, ettei malmin hyödyntäminen ole nykyisellään liiketaloudellisesti kannattavaa. Asiaan voi kuitenkin liittyä sellaisia energiapoliittisia, aluepoliittisia ja malmirikastuksen teknologiaan liittyviä kysymyksiä, jotka oikeuttaisivat tuotannon aloittamiseen huomattavalla valtion tuella. Työryhmän tehtävänä on selvittää mahdollisen kaivoksen ja malminrikastuslaitoksen kustannukset sekä saatavan uraanirikasteen hintaodotukset ja toisaalta em. energiapoliittiset ja muut kysymykset. Työryhmän puheenjohtajana toimii vt. toimistopäällikkö Matti Purasjoki.

ENERGIAPOLIITTINEN OHJELMA VALMIS

Valtioneuvosto hyväksyi 15.3.1979 energiapoliittisen ohjelman, joka muodostaa Suomessa lähivuosina harjoitettavalle energiapolitiikalle perustan. Ohjelman valmistelutyö suoritettiin energiapolitiikan neuvostossa ja kauppa- ja teollisuusministeriössä. Ohjelmassa määritellään energiapolitiikan tavoitteet sekä esitetään joukko toimenpiteitä, joilla näihin tavoitteisiin pyritään. Pää tavoitteeksi asetetaan energian säästäminen ja kotimaisen energian käytön lisääminen. Tärkeimpiä keinoja ovat rahoitusjärjestelyt, hallinnolliset ja säädännölliset toimet, vero- ja hintapolitiikka sekä tiedotus- ja koulutus-toiminta. Valtioneuvosto päätti seurata energiaohjelman toteutumista ja tehdä siihen tarvittaessa muutoksia. Ohjelman kokonaistarkistus suoritetaan viimeistään kolmen vuoden kuluttua.

UUSI ATOMIENERGIANEUVOVOTTELUKUNTA

Valtioneuvosto on asettanut atomienergianeuvottelukunnan entisessä kokoonpanossaan vuoden 1981 loppuun ulottuvaksi toimikaudeksi. Kokoonpano on seuraava:

puheenjohtaja	ylivohtaja Erkki Vaara
jäsenet	toimitusjohtaja Sven Hultin
	pääjohtaja Pekka Jauho
	alivalios sihteeri Keijo Korhonen
	pankinjohtaja Seppo Lindblom
asiantuntijat	maaherra Paavo Aitio
	teollisuusneuvos Ilkka Mäkipentti
pääsihteeri	professori Jorma Routti

UUSI EPN ASETETTU

Valtioneuvosto asetti kesäkuussa parlamentaarisen energiapolitiikan neuvoston eduskunnan voimasuhteita vastaavaksi. Vaalikauden ajan toimivaan neuvostoon kuuluvat seuraavat henkilöt.

Puheenjohtaja

kauppa- ja teollisuusministeri Ulf Sundqvist (sd)

Varapuheenjohtaja

valtiovarainministeri Ahti Pekkala (kesk.)

Sihteerit

Pääsihteeri

Kauppa- ja teollisuusministeriö
yllyjohtaja Erkki Vaara.

Apulaispääsihteeri

Kauppa- ja teollisuusministeriö
yllytarkastaja Taisto Turunen.

Jäsenet

(euluisia henkilökohtaiset varajäsenet)
Suomen Sosialidemokraattinen Puolue
kansanedustaja Jermu Laine (apulaikaupunginjohtaja Erkki Tuomioja), kansanedustaja Risto Tuominen, (kansanedustaja Kai Barlund), dipl. ins. Christer Granekog, (puheenjohtaja Viho Pekkonen), toimitusjohtaja Lars Larsson, (toimitusjohtaja Pekka Rainio).

Kansallinen Kokoomus

dipl.ins. Erik Olander, (toimitusjohtaja Veli Rautoja), dipl.ins. Leo Neuvo, (toimitusjohtaja Rafael Nyqvist), tekniikan tohtori Seppo Priha, (liittopuheenjohtaja Petri Pöyhönen).

Keskustapuolue

professori Olavi Huikari, (metsänhoitaja Pekka Airaksinen), tekniikan tohtori Markku Nurmi, (dipl.ins. Risto Mäkinen), kansanedustaja Mikko Jokela, (kansanedustaja Heimo Linna).

Suomen Kansan Demokraattinen Liitto

apulaikaupunginjohtaja Taisto Heikkilä, (dipl.ins. Esko Kukkonen), dipl.ins. Gunnar Riskula, (tekniikan tohtori Bruno Bära), valtiotiet.tis. Pekka Parkkinen, (maatalous- ja metsätiet.kand. Martin Lodenius).

Ruotsalainen Kansanpuolue

dipl.ins. Philip Hildén, (valt.yo Leif Rex).

Suomen Kristillinen Liitto

professori Asser Stenbäck, (dipl.ins. Jakob Lehto).

Pysyvät asiantuntijat

Kauppa- ja teollisuusministeriö
toimistopäällikkö Esko Ylikoski.

Ulkoasiainministeriö

ulkoasiainneuvos Carolus Lassila.

Suomen Pankki

johtaja Seppo Lindblom.

Suomen Sähkölaitosyhdistys

toimitusjohtaja Tapio Kunnas.

Teollisuuden Keskusliitto

toimitusjohtaja Lauri Pöyhönen.

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto

johtaja Pentti Sierilä.

Imatran Voima Oy

toimitusjohtaja Pentti Alajoki.

Neste Oy

toimitusjohtaja Jaakko Ihamuotila.

YDINTEKNIIKAN TUTKIMUS VUODEN 1980 BUDJETTIESITYKSESSÄ

Alla esitetään vierekkäin vuosien 1979 ja 1980 budjettiesityksien momentin 32.44.21, "Energiatalous: Eräät energiahuollon tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatoiminnan menot", käyttösuunnitelmat sekä vuoden 1980 osalta myös perustelut.

1979

1980

Maassamme lähivuosina harjoitettavan energiapolitiikan perustaksi hyväksytyssä energiapolitiikassa ohjelmassa asetetaan tavoitteeksi erityisesti energian nykyistä tehokkaampi ja taroituksenmukaisempi käyttö sekä kotimaisten polttoaineiden käytön lisääminen muun muassa tehostamalla energiateknologiaa tutkimustointaa sekä avustamalla kotimaisen energian käyttöä lisääviä investointeja. Energian kulu- tuksen kasvun hillitseminen on tarpeen ener- gian tuonnista maksutaseelle aiheutuvan rasi- tuksen vähentämiseksi ja fossiilisten energia- lähteiden, ennen kaikkea öljyn tuonnin häiriö- allisuuden vuoksi. Käynnissä olevat ja lähi- vuosina valmistuvat ydinvoimalaitokset edellyt- tävät ydinenergiatutkimuksen suuntaamista eri- tyisesti turvallisuus- ja ydinjätekyösymysten selvittämiseen.

21. Eräät energiahuollon tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatoiminnan menot (siirtomääräraha)

Luvun perusteluun viitaten momentille ehdotetaan lisäystä 12 500 000 mk etenkin energiansäästöön ja energiatalouden omavaraisuuden nostamiseen liittyvän tutkimustoiminnan tehostamista varten. Erityistä huomiota kiinnitetään konkreettiseen tuote- ja laitekehittelyyn, jonka tuloksia voidaan nopeasti hyödyntää

Käyttösuunnitelma:	mk
Energian säästötutkimus ja energiateknolo- gian kehittäminen	6 500 000
Kotimaisten energialähteiden tutkimus	3 700 000
Energiatalouden suunnitteluun liittyvät sel- vitykset	800 000
Atomienenergian perustutkimukset ja erityis- sovellutukset	1 400 000
Ydinvoimalaitosten turvallisuus- ja ympäris- töanalyysit	2 100 000
Reaktoritekniilliset tutkimukset	2 000 000
Polttoainetekniilliset tutkimukset	800 000
Polttoainekiertoön ja ydinjätehuoltoon liit- tyvät selvitykset	2 000 000
Kotimaisen teollisuuden atomienenergia-alan tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutoimin- nan edistäminen	2 400 000
Atk- ja tilastopalvelut	200 000
Energiahuollon tutkimus- ja valvontatoimin- taan liittyvät matkat	300 000
Muut energiahuollon tutkimus- ja valvonta- toiminnan menot	300 000
Yhteensä	22 500 000

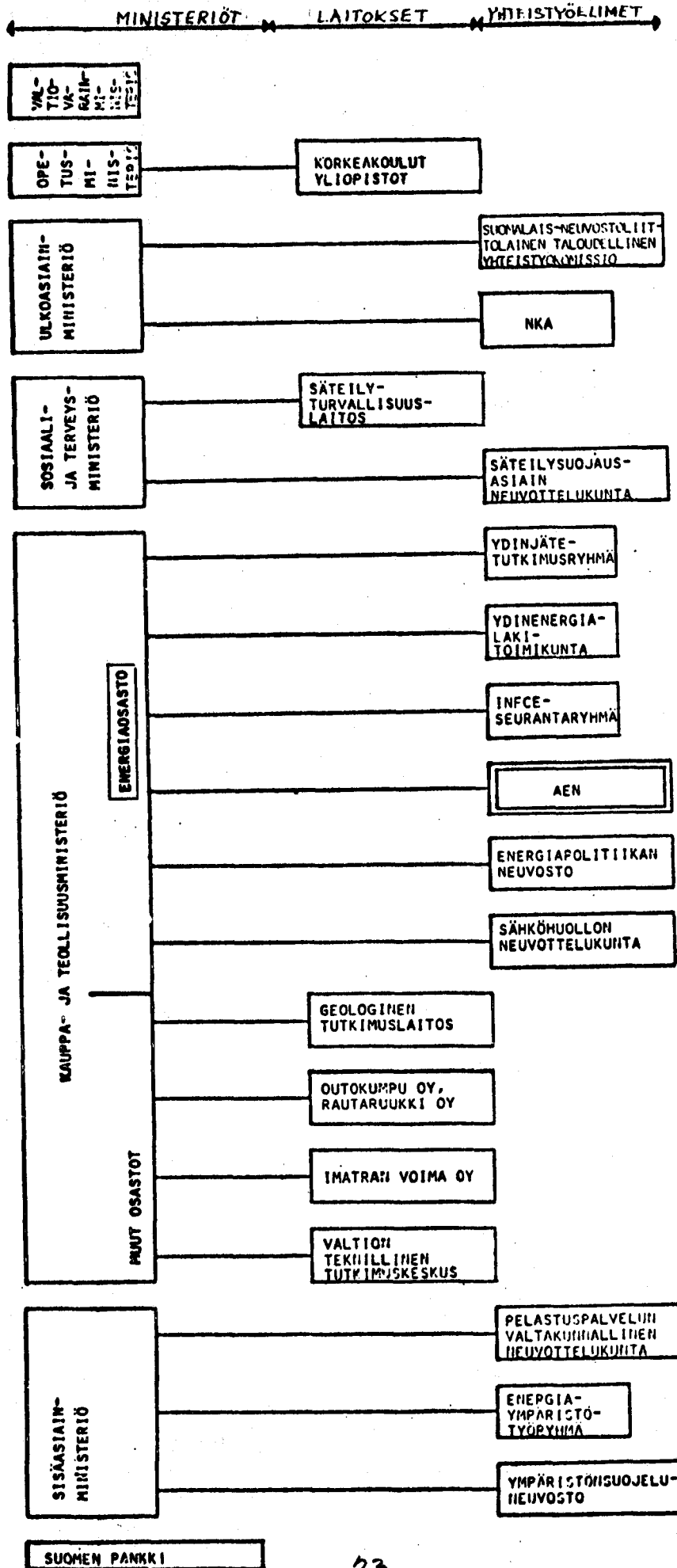
1979 esitys	22 500 000
1978 menoarvio	14 700 000
1978 I lisämenoarvio	4 000 000
1977 tilinpäätös	14 523 100

Käyttösuunnitelma:	mk
Energiansäästötutkimus	12 500 000
Kotimaisten energialähteiden tutkimus	8 000 000
Muun energiateknologian tutkimus	2 000 000
Energiatalouden suunnitteluun liittyvät selvitykset	900 000
Ydinenergian perustutkimukset ja erityis- sovellutukset	1 000 000
Ydinvoimalaitosten käyttöselvitykset	300 000
Ydinvoimalaitosten turvallisuus- ja ympä- ristöanalyysit	2 200 000
Reaktoritekniilliset tutkimukset	1 900 000
Polttoainetekniilliset tutkimukset	300 000
Polttoainekiertoön ja ydinjätehuoltoon liittyvät selvitykset	2 200 000
Kotimaisen teollisuuden ydinenergia-alan tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutoi- minnan edistäminen	2 300 000
Atk- ja tilastopalvelut	200 000
Energiahuollon tutkimus- ja valvontatoimin- intaan liittyvät matkat	300 000
Muut energiahuollon tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatoiminnan menot	400 000
yhteensä	35 000 000

1980 esitys	35 000 000
1979 menoarvio	22 500 000
1979 II lisämenoarvio	3 000 000
1978 tilinpäätös	18 500 000

Ydintekniikan tutkimukselle ehdotettu määräraha, 10,7 Mmk, on siis markka- määräisesti ennallaan. Vuosi sitten esiintyi vielä sentään edes n. 6 % kasvu. Näin huonokehityssuunta on käsittämätön, kun koko energiätutkimusmomenttia on kuitenkin samana aikana voitu roimasti kasvattaa: 18,5 Mmk v. 1978, 25,5 Mmk v. 1979 ja 35 Mmk ensi vuonna.

YDINENERGIAKENTTÄ VALTIONHALLINNOSSA
(MINISTERIÖT-LAITOKSET-YHTEISTYÖELIMET)



ATS KULTTUURIPALSTA

KIINA ILMIÖ -ELOKUVA

Nyt se on Suomessakin. Ison ja pienen rapakon takaa kantautuneet huhut, että elokuva on jännitysajanvietteenä sinänsä hyvä, pitää paikkansa. Näyttelijäsuoritukset ovat kovatasoiset, miljööt ovat toimivia ja tapahtumien vauhti on kiihkeä. Mukana ovat myös amerikkalaisen toimintaelokuvan perusklišeet, autohurjastelut ja häiriöntuottajan totaalinen vaimentaminen seulaksi ampumalla. Jotain perusreseptistä kuitenkin puuttuu: romanssia ei ollut ei sitten minkäänlaista - jos sellaiseksi ei lasketa vuoroinsinöörin tunnustamaa rakkautta laitokseen.

Koska filmin teossa on käytetty ydintekniikan asiantuntijoita, sidokset käytäntöön tuntuvat riittävän luontevilta. Realismi pettää lähinnä yksilöiden ja organisaatioiden toiminnan kuvauksessa. Ohessa lisää tietoa elokuvasta kopioituna suoraan OKG aktuellt -lehden kesäkuun numerosta.

Suosittelen itse kullekin elokuvakäyntiä. Elokuvan päätyttyä on ehkä myös tuoreeltaan mahdollisuus väittelyyn teatterin ulkopuolella parveilevien EVY-läisten kanssa.

L. Mattila

”Kinasyndromet” en skrämmande och skicklig film

Carl-Erik Wikdahl.

”Kinasyndromet är ett begrepp som bara en handfull människor nu riktigt vet vad det är för något, men efter den 16 mars kommer alla att veta”. Ja, sådant kunde man höra på amerikansk kommersiell TV i reklamsnuttar för en ny film i början av 1979. Hård kommersiell reklam alltså för Jane Fondas och Jack Lemmons film om ett allvarligt olyckstillbud vid Ventana Nuclear Power Plant i Kalifornien i USA.

Filmen har sedan premiären den 16 mars setts av många människor i USA. När jag såg den vid ett besök i New York i mitten av maj var dock bara 10—15% av platserna upptagna i premiärbiografen på Broadway. I mitten av augusti, i lagom tid före valet kommer filmen att ha premiär i Sverige. Hurdan är filmen? Är den sann? På vilket sätt kommer den att påverka svenskarna? Jag skall försöka ge min syn på de här frågorna.

Filmen är en oerhört skickligt gjord underhållningsfilm och kommer bli därför att bli en synnerligen lönsam affär. Kanske inte lika lönsam som ”Hajen” och ”Stålmannen” men näst intill. Skickligheten gäller inte bara storyn och skådespelarin-

satserna utan också miljön, känslan hos åskådaren att vara med mitt i händelserna och inte minst förtroendet och medkänslan för huvudpersonerna.

Mördande ironiska scener

Jane Fonda spelar en modern nyhetsjournalist vid ett lokalt TV-bolag. Hon skickas ut för att göra ett snällt reportage om Ventana kärnkraftverk tillsammans med kraftbolagets PR-kille. Man demonstrerar i några mördande ironiska scener hur kärnkraft-PR såg ut i början av 70-talet. Under besöket inträffar ett allvarligt olycksförlopp, som filmteamet upplever från kontrollrummets besöksbalkong. Filmfotografen låter kameran gå i hemlighet under olycksförloppet. Olyckan, som inträffar vid en anläggning med tryckvattenreaktor, sägs ha sin orsak i ett turbinsnabbstopp och öppnandet av en säkerhetsventil, som inte sedan stänger utan förblir öppen (filmen var helt färdig före olyckan vid Three Mile Island). Mätaren som visar vattennivån i reaktortanken hänger upp sig först så att personalen tror att tanken är full, men efter en kort stund går visaren ner till strax över härdens överkant. Där stoppas vattenutflödet av skiftet och stor glädje utbryter i kontrollrum-

met. Man klarade ju upp det hela och ingenting skadades (tror man).

Man känner igen sig

Skiftingenjören spelas av Jack Lemmon. Han är överdådig liksom kontrollrumsmiljön och övriga typer på skiftet. När Jack säger: "I love that plant" så känns det äkta. Vem som helst som jobbat vid ett kärnkraftverk i kontrollrummet känner igen sig. Filmmakarna har ju också haft god hjälp med miljön av framstående experter. MHB Technical Associates som under 1977—78 gjorde ett stort utredningsarbete åt den svenska energikommissionen (MHB = Minor, Hubbard och Bridenbaugh, dvs de tre kärnkrafttekniker som under uppmärksammade former hoppade av från General Electric 1977), har återigen tydligt gjort ett mycket professionellt jobb. Nu som rådgivare åt Hollywood!

Jane Fondas spel är av hög klass. Om miljön i TV-studion är riktigt beskriven kan jag inte bedöma. Tempot förefaller dock något överdrivet.

Kraftbolaget försöker hemlighålla och bagatellisera hela händelsen. Man förmår TV-bolaget att inte använda filmen. Men den används i stället av kärnkraftmotståndare som bevis på att incidenten var mycket allvarlig. Några märkliga röntgenfilmer från en kontroll av en svets, spelar en dominerande roll. Jack Lemmon försöker förmå sina chefer att stoppa verket för att göra nya röntgenundersökningar, men misslyckas. I stället mördas den man som transporterar röntgenfilmerna och Jack Lemmon beslutar sig för att alldeles själv ockupera

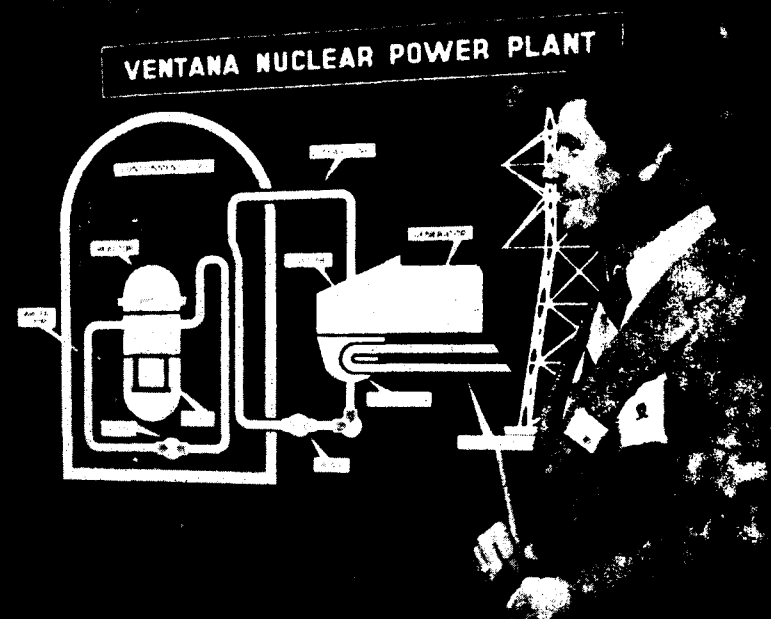
kontrollrummet. Han gör det verkligen på ett smart sätt, som jag inte skall avisöja.

Är filmen sann?

Är filmen sann? Möjligen beträffande huvuddelen av den tekniska presentationen, men inte mänskorna och deras handlande. Så fort man går till de fantasifyllda och fantastiska händelseförloppen försvinner den fina realism man lyckats med i kontrollrummet. Direktörsrummet, kraftbolaget som är berett att ta uppenbara risker för att kunna producera el och för att få tillstånd att starta upp ett nytt aggregat, den enkla konspirationsteorin, våldsamma biljakter och ett kallblodigt mordande, visar nog mera på Hollywoodmiljöer än på kraftverksmiljöer.

Är filmen effektiv antikärnkraftpropaganda också i Sverige? Ja, det blir den alldeles säkert. Visserligen är en hel del av Hollywoodscenerna helt otroliga för de flesta svenskar. Men de tar inte helt hål på trovärdigheten och medkänslan med huvudpersonerna. Kärnkraftkunniga åskådare kommer att njuta och äcklas. Kärnkraftmotståndare kommer säkert bara att njuta. Filmens viktiga påverkan blir alla de neutrala, som gillar spänning. Många av dem kommer att skrämmas, vilket ju var en del av meningen med filmen.

Den bästa dementin på att filmens konspirationsteori, dvs kraftbolagets och myndigheternas nedtystning av olyckan är det öppna sätt på vilket olyckan vid Three Mile Island behandlats av myndigheter, politiker och kraftindustrin.



Jane Fonda som TV-reporter i kontrollrummet på Ventana Nuclear Power Plant. Ur filmen Kinasymdromet som har svensk premiär i augusti.

IAEA:N PÄÄJOHTAJA SIGVARD EKLUND KÄVI JA HUOMATTIIN SUOMESSA

Ruotsalainen Sigvard Eklund on ollut IAEA:n arvostettu pääjohtaja jo vuodesta 1961 eli v. 1957 perustetun järjestön lähes koko eliniän ajan. Sigvard Eklund syntyi Kiirunassa v. 1911, on ydinfysiikan tohtori ja toimi ennen pääjohtajakauttaan Ab Atomenergin, nykyisen Studsvik Energiteknik Ab:n, tutkimusjohtajana.

Eklundin vierailu Suomessa sai massatiedotusvälineissä ehkä yllättävänkin laajaa ja suopeaa huomiota.

ATS Ydintekniikka julkaisee ohessa Eklundin Atomienergianeuvottelukunnan ja ATS:n järjestämässä tilaisuudessa pitämän esitelmän. Tilaisuuden avauksessa KTM:n energiaosaston ylijohdaja Erkki Vaara esitti taustaksi myös yhteenvedon IAEA:n tehtävistä.

Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA (International Atomic Energy Agency) toimii YK:n yhteydessä. Se aloitti toimintansa vuonna 1957 ja siihen kuuluu yli sata jäsenvaltiota. Järjestön päämajassa Wienissä toimii noin 1500 henkilöä, ja tämän lisäksi järjestö voi käyttää suuria määriä asiantuntijoita eri maissa.

IAEAn päätehtävä on edistää ydinvoiman rauhanomaista käyttöä kaikkialla maailmassa ja samanaikaisesti valvoa, että se ei johda sotilaalliseen väärinkäyttöön. Tämä tehtäväkenttä on maailman tulevan energiankäytön kannalta keskeinen ja siihen liittyy vaativia teknisiä ja poliittisia kysymyksiä.

IAEAn työkenttä on kaksijakoinen. Perussääntönsä mukaan se "pyrkii nopeuttamaan ja laajentamaan atomienergian käyttöä rauhan, terveyden ja hyvinvoinnin hyväksi kaikkialla maailmassa". Toisaalta "se vakuutautuu käytettävissään olevin keinoin siitä, ettei sen antamaa apua tai sen pyynnöstä tai sen johdolla tai valvonnassa annettua apua käytetä sotilaallisia tarkoituksia edistävällä tavalla".

Edelliseen tavoitteeseen IAEA pyrkii ensisijaisesti toimimalla atomienergian rauhanomaisessa käytössä saavutettujen kokemusten välittäjänä, jolloin toiminta on erityisesti kehitysmäihin suuntautuvaa. Suomen kannalta tärkeitä IAEAn toimintamuotoja ovat mm. alan konferenssit ja symposiot, sekä niihin ja järjestön muihin toimintoihin liittyvä julkaisutoiminta.

Toinen Suomen kannalta tärkeä toimintamuoto on ydinenergian turvallisen käytön varmistamiseen tähtäävien säännösten ja ohjeiden laatiminen.

Paitsi välittämänsä avun rauhanomaista käyttöä IAEA valvoo myös ydinaseiden leviämistä koskevaan ydinsulkusopimukseen liittyneiden ns. ydinaseettomien valtioiden (mm. Suomen) koko ydinenergia-alan toimintaa.

Ydinvoiman kehitykselle on alusta saakka ollut luonteenomaista kansainvälinen yhteistyö ja IAEAn rooli on myös tästä syystä tärkeä. Suomi on osallistunut IAEAn toimintaan vuodesta 1958 lähtien. Tällä hetkellä Suomi on järjestön hallintoneuvoston jäsen.

IAEA:n pääjohtajan SIGVARD EKLUNDin
esitelmä Suomen atomienergianeuvottelukunnan
järjestämässä tilaisuudessa Ritarihuoneella
17.9.1979 klo 19.00

YDINVOIMA 1979

Kun minut kutsuttiin puhumaan vuoden 1979 ydinvoimanäköaloista, minusta tuntui että voisi olla mielenkiintoisempaa yrittää arvioida nykyistä tilannetta kuin hahmotella jälleen yhtä tulevaisuudenennustetta.

Kaksi kysymystä on noussut erityisen merkitykselliseksi yleiselle mielenkiinteelle ja poliittiselle päätöksenteolle, nimittäin kysymys ydinvoiman turvallisuudesta ja ydinaseiden leviämiskäytöstä. Kummallakin alalla on vuoden 1979 aikana tapahtunut tärkeitä asioita, ennen kaikkea Three Mile Island -aseman reaktorionnettomuus Yhdysvalloissa Harrisburgin lähellä sekä ydinpolttoainekierron kansainvälisen tutkimuksen, "the international fuel cycle evaluation" eli INFCE:n loppuun saattaminen. En suinkaan ole sitä mieltä, että nämä kaksi tapahtumaa, vaikka ne ovatkin tärkeitä, olisivat niin merkityksellisiä, että niistä voisi tulla ratkaisevia tulevalle kehitykselle. Siinä suhteessa lienee öljyn hintakehityksellä ja energijärjestelmien hidastamisella sentään vielä enemmän vaikutusta. Three Mile Island ja INFCE ovat kuitenkin saaneet osakseen niin paljon huomiota poliittisessa keskustelussa, että saattaa olla mielenkiintoista luoda katsaus vallitsevaan tilanteeseen nimenomaan niiden pohjalta.

Aivan ensimmäiseksi haluaisin kuitenkin luoda hiukan taustaa sille oletukselle, johon koko esitelmäni perustuu, nimittäin että maailmassa tarvitaan tulevaisuudessa yhä enemmän ydinenergiaa. Kysymys ei yksinkertaisesti voi olla pelkästään ydinenergian hyväksymisestä tai hylkäämisestä, vaan siitä, kuinka paljon ja millä ehdoilla ydinenergiaa käytetään.

Puuttumatta määrällisiin ennusteluihin haluan sanoa, että sekä suotavaa että todennäköistä on, että maailman energiantarve kasvaa maailmassa lähi-vuosikymmeninä. Tähän energiantarpeen lisäykseen on useita syitä:

1. väestön kasvu, erityisesti kehitysmaissa;
2. elintason kohoaminen kehitysmaissa;
3. pitkä aika, jonka teollisuusmaiden energiansäästötoimet monissa tapauksissa vaativat saavuttaakseen täyden tehonsa;

4. se, että joudutaan turvautumaan yhä köyhempiin mineraaleihin ja käyttämään uudelleen jo kerran käytettyjä raaka-aineita;
5. se, että joudutaan ja pyritäänkin käyttämään hyväksi sellaisia uusia maapallon alueita, jotka ilmastollisista syistä ovat tähän saakka olleet asumattomina.

Maailman väestömäärän odotetaan vuosisadan vaihteeseen mennessä kasvavan 6 500 miljoonaksi asukkaaksi, kun se nyt vielä on 4 100 miljoonaa. Lisäys tulisi siis olemaan yli 50 %. Kehitysmaiden väestön määräksi tulisi 5 miljardia, mikä olisi lähes 80 % maapallon koko asukasmäärästä, kun tuo osuus tällä hetkellä on 70 %.

Energian nykyinen kulutus asukasta kohden on teollisuusmaissa kymmenkertainen kehitysmaiden vastaavaan lukuun verrattuna ja kuvastaa suoraan näiden maaryhmien välistä elintasoeroa. Tilanteen tasoittumiseen voidaan käytännössä päästä vain kehittämällä kehitysmaiden teollisuutta, mikä puolestaan varsinkin alkuvaiheessa edellyttää huomattavaa energiankulutusta. Vaikka teollisuusmaat itse pitäisivät talouskasvunsa nollassa, tulee pelkästään kehitysmaiden energiantarve voimakkaasti lisäämään maailman koko energiantarvetta. Itse tosin uskon, että on silkkää toiveajattelua päästä teollisuusmaissa nolllakasvuun. Asuntokannan tai kuljetusjärjestelmien uusiminen vähemmän energiaa kuluttaviksi vaatinee todellisuudessa vuosikymmeniä.

Vuonna 1977 järjestetty maailman energiakonferenssi julkaisi ennusteen, jonka mukaan nykyisen 6,7 miljardin ekvivalentin öljytonnin suuruisen vuotuisen primäärienergian kulutuksen voidaan odottaa vuoteen 2000 mennessä kasvavan 12 - 15 miljardiin tonniin.

Mitä energianlähteitä on käytettävissä tämän vuosisadanvaihteeseen mennessä kaksinkertaistuvan kulutuskysynnän tyydyttämiseksi? Öljy- ja maakaasuvarat ovat rajalliset. Kiinteitä fossiilipolttoaineita on luultavasti kaksinkertainen määrä öljyyn ja kaasuun verrattuna, mutta kuten tiedämme, myös hiilentuotannon nopea kasvu johtaa vakaviin ympäristö- ja yhteiskuntaongelmiin. Esimerkiksi Belgia, jonka omat hiilivarat ovat huomattavat, pitää mahdollisena jatkaa nykyistä louhintatahtia, koska edes vieras työväki ei ole halukasta työskentelemään hiilikaivoksissa maan uumenissa.

Kukaan tuskin hämmästy, jos sanon ydinvoiman olevan Harrisburgin tapauksesta huolimatta vaihtoehto, jonka käyttöä voidaan niin teknisesti kuin kaupallisesti välittömästi ja uskoakseni runsaastikin lisätä. Samalla haluan pai-

nottaa, että myös muita energianlähteitä on tietenkin kehitettävä, sikäli kuin niiden voidaan otaksua auttavan energiaongelmien ratkaisemista. Ei pidä kuitenkaan unohtaa, että nämä potentiaaliset reservit ovat useissa tapauksissa joko jo paljolti käytössä tai epätasaisesti jakautuneita, kuten esim. vesivoima, tai käyttökelpoisia vain ajoittain, kuten aurinko- ja tuulienergia, mikä supistaa niiden teollista käyttökelpoisuutta ja pakottaa täydentämään jo olemassa olevaa kapasiteettia konventionaalisilla voimailloilla tai runsaasti pääomaa vaativilla iämmönvaraajilla. Luultavasti nämä uudistuvat energianlähteet voivatkin merkitä maailman energiahuollossa vain aivan muutaman prosentin lisäystä vuoteen 2000 mennessä.

Tässä yhteydessä haluaisin sanoa, että minusta on anteeksiantamatonta ja jopa edesvastuutonta puhua eri energiavaihtoehtoista toisensa pois sulkevana, kuten on tapahtunut esimerkiksi 'pehmeästä' ja 'kovasta' teknologiasta keskusteltaessa. Yksinkertainen totuus on, että me tulemme tarvitsemaan kaikki tarjolla olevat vaihtoehdot, joiden hyödyntämiseen suinkin on mahdollisuuksia. Me tarvitsemme nimenomaan enemmän tietoa siitä, kuinka eri klassiset ja toisaalta huipputeknologiaan perustuvat energiajärjestelmät voivat yhdessä parhaiten täydentää toisiaan tulevaisuudessa, niin että poliittiset päätöksentekijät voivat perustaa kannanottonsa perinpohjaiseen asiantietoon.

Muutama sana kehitysmaiden tilanteesta. Useimmille kehitysmailla ydinenergia tuskin voi olla ratkaisu. Nykyiset yksikkökoot ovat liian suuria ja liiaksi pääomaa vaativia, jotta niitä voitaisiin rakentaa ja käyttää muissa kuin joissakin kaikkein pisimmälle edistyneissä maissa. Aurinko- ja tuulienergia sisältää varmasti tiettyjä mahdollisuuksia erityisesti maaseudulla, jossa voidaan käyttää pieniä hajautettuja energiajärjestelmiä. Kaupaungeille nämä energiamuodot eivät kuitenkaan merkitse ratkaisua, ja juuri yhä suurempien väestönosien kaupungistumiseen on kehitysmaissa nykyään havaittavissa selvää suuntausta. Useimmat näistä maista ova kokonaan vailla omia fossiilisia energiavaroja ja siis pakotettuja tuomaan niitä, erityisesti öljyä, muualta. Tässä tilanteessa on vakavana uhkana, että öljyn kulutuksen ja tuonnin jatkuva kasvu teollisuusmaissa voi johtaa varsin vakaviin seuraamuksiin niiden kehitysmaiden kannalta, joille öljy on ainoa mahdollisuus ratkaista todella tärkeitä energiahuolto-ongelmia. Ydinvoiman torjumisella eräissä teollisuusmaissa ei olekaan vaikutusta yksinomaan niille itselleen, vaan tämä teko voi olla todellinen karhunpalvelus kehitysmaille.

Maailmassa oli vuoden 1978 lopussa 227 ydinvoimalaa, joiden yhteinen tuotantokapasiteetti oli 110 000 MW(e). Kuvatakseni sitä merkitystä, joka ydin-

voimalla on eräissä ydinreaktorimaissa, mainittakoon muutamia lukuja viime vuodelta. Belgiassa ja Ruotsissa katettiin 22 % koko sähköntarpeesta ydinreaktoreilla. Kanadassa, Ranskassa, Sveitsissä, Englannissa ja USA:ssa vastaava osuus vaihteli 10 ja 20 % välillä ja Suomessa se oli 9 %. Syytä on erikseen muistuttaa niistä erinomaisista kokemuksista, joita ydinenergiasta saatiin vuoden 1977 talvikautena pakkasen pitkään koettelemilla alueilla USA:ssa, Kanadassa ja Ruotsissa. Pohjois-Saksassa ankara viime talvi olisi johtanut vielä vakavampiin häiriöihin, jos ydinvoimaloita ei olisi ollut, koska konventionaalisia voimaloita ei voitu pitää käynnissä hiilipulan ja kuljetusvaikeuksien takia. Rautatie- ja maantieyhteys Greifswaldin voimaloihin oli poikki yli viikon, mutta reaktorit voitiin pitää käynnissä suorittamalla käyttöhenkilökunnan vaihdot helikopterin avulla.

Kokemuksen pohjalta nykyään hyvin tunnetut uraanivarat ovat noin 2 miljoo-
nan tonnin suuruiset. Arvioituja uraanivaroja arvellaan olevan saman verran
lisää. Yhteensä nämä varat riittävät nykyään arvioitavissa olevien enimmäis-
ydinvoimaohjelmien mukaan kattamaan uraaninkulutuksen pitkälle kolmannelle vuo-
situhannelle. Varmasti on suuria uraniesiintymiä vielä tutkimattomissakin
maapallon osissa. Minä kuulun niihin, jotka uskovat, että vielä kehitetään
kaupallinen hyötöreaktori ja se otetaan käyttöön suurissa energiankuluttaja-
maissa. Siinä tapauksessa nyt tiedossa olevan uraanin käyttömahdollisuudet
lisääntyvät 50-kertaisiksi, ja samalla käy mahdolliseksi käyttää hyväksi
erittäin niukasti uraania sisältäviä malmeja.

Tässä yhteydessä on todettava, että Englannissa, Ranskassa ja Neuvostoliitossa prototyyppinä olevien kolmen nopean reaktorin käyttö ei ole antanut aihetta olettaa tämän reaktorityypin sisältävän voittamattomia turvallisuusriskejä tai teknisiä vaikeuksia ja että mainituissa maissa uskotaan uuden reaktorin saavan suuren merkityksen kuluvan vuosisadan loppupuolella.

Huolimatta ydinenergian mahdollisuuksista antamastani positiivisesta kuvasta tosiasiaksi jää, että sekä teollisuus- että kehitysmaiden ydinenergiaohjelmissä on tapahtunut vuoden 1973 ennusteisiin verrattuna olennaisia supistuksia. Tuon vuoden jälkeen öljyn hinta on noussut nimellisesti kuusinkertaiseksi ja reaalisesti ehkä nelinkertaistunut - ja edessä olevaa tilannetta voidaan sanoa paradoksaaliseksi.

Kesti vajaat 20 vuotta, kun ensimmäiset ydinvoimalat 50-luvun puolivälissä tapahtuneen atomiytimen halkaisemisen jälkeen otettiin käyttöön. Kymmentä vuotta myöhemmin oli voimaloiden yhteisteho 6 000 MW. Nyt, kuten sanottu, on

ydinreaktoreiden tuotantokapasiteetti jo yli 100 000 MW, ja yhteenlaskettu käyttökokemus lähenee 2 000 reaktorivuotta. Samalla saamme todeta ydinvoiman kannattajien joutuvan käymään kovaäänistä väittelyä yhä kasvavien vastustajajoukkojen kanssa yhä useammassa maassa.

Mielestäni ydinvoiman vastustajille on annettava tunnustus heidän alkuperäisestä aloitteestaan, joka koski reaktorien turvallisuuteen ja radioaktiiviseen jätteeseen liittyviä kysymyksiä ja joka siinä vaiheessa käynnisti keskustelun sekä tutkimus- ja kehitystyön, jota ei muutoin ehkä olisi lainkaan syntynyt tai joka olisi mahdollisesti alkanut vasta myöhemmin ja kuka ties pienemmässä mittakaavassa. Alkuvaiheen jälkeen on ydinvoiman vastustajien kiinnostuksen kohde kuitenkin jatkuvasti vaihtunut: reaktoriturvallisuskysymyksistä on siirrytty uraanihuoltoon, käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyyn ja radioaktiivisen jätteen säilytykseen, ympäristövaikutuksiin sekä niihin leviämisriskeihin, joita siviilireaktoreihin uskotaan liittyvän. Samanaikaisesti näemme ydinvoiman vastustajien liittoutuvan teollisuuden kehittämistä ja yleensä kulutusyhteiskuntaa ja elintason kohottamista vastustavien ryhmittymien kanssa. Käsitteen "elintaso" asemesta käytetään sanontaa "elämisen laatu", valitettavasti asiaa tarkemmin määrittelemättä.

Tärkeätä on muistaa, että ydinvoiman siviilikäytön vastustaminen on yksinomaan teollistuneen läntisen maailman ilmiö. Sitä ei esiinny sosialistisissa maissa eikä kehitysmaissa, ja ensiksi mainituissa onkin ydinvoimaa rakennettu voimakkaasti. Viime kesäkuun 28. päivänä allekirjoittivat seitsemän SEV-maan pääministerit sopimuksen, jonka mukaan vuoteen 1990 mennessä rakennetaan 150 000 MW ydinvoimaa, minkä jälkeen 30 % sähköstä tuotetaan näissä maissa ydinenergian avulla. Neuvostoliitossa ollaan vieläpä kiinnostuneita ydinvoiman käytöstä lämmitystarkoituksiinkin.

Huolimatta siitä tunneperäisestä suhtautumisesta, joka on nykyään luonteenomaista ydinvoiman vastustajille, täytyy toivoa, että informaatiotoiminnan lisääminen ja siis perehtyminen ongelmiin johtaisi energiatilanteen arviointiin järkisyiden perusteella.

Esitän kaksi esimerkkiä alueista, joilla keskustelu hyötyisi ongelmien laajakantoisemmasta käsittelystä. Toinen liittyy ydinvoiman ympäristövaikutuksiin, toinen turvallisuuskysymyksiin.

Ydinvoiman vaikutus ympäristöön on suhteutettava muiden energiamuotojen vastaavaan vaikutukseen. Järjestö, johon itse kuulun, Wienissä toimiva Kansainvälinen Atomienenergiajärjestö eli IAEA suorittaa tällaista vertailua yhteistyössä YK:n ympäristöohjelman eli UNEPin, Maailman terveysjärjestön eli WHO:n ja Soveltavan syteemianalyysin kansainvälisen instituutin eli IIASAn kanssa. Ydinvoiman voidaan sanoa joutuneen niiden ydinvoiman ympäristövaikutuksia koskeneiden uraa uurtavien tutkimusten uhriksi, joita ydinvoiman edustajat itse käynnistivät kohta asian ajankohtaistuttua. Aikaisemmin ei ollut koskaan minkään teollisuudenalan piirissä tutkittu, mitä seurauksia laitoksessa syntyvästä suurehkosta hypoteettisesta onnettomuudesta voisi olla, onnettomuudesta, josta nyttemmin käytetään englanninkielistä nimitystä "maximum credible accident". Ydinvoiman kohdalla nämä seuraukset käsittävät nykyään välittömien vaikutusten lisäksi myös melkein rajattomien ajanjaksojen kuluessa esiin tulevat vaikutukset.

Mainitsen käytännön esimerkin siitä, mitä tarkoitan. Jos halutaan verrata ydinvoimalaan liittyviä riskejä kivihiilikäyttöisen voimalan riskeihin, on ensin mainitussa tapauksessa aloitettava tarkastelu uraanikaivoksesta, sitten siirryttävä reaktorin käyttöön ja siitä syntyviin radioaktiivisuuden päästöihin ja säteilyihin sekä jatkettava edelleen polttoainekiertoa ja jätteenkäsittelyyn. Kivihiilivoimalan ollessa kyseessä on taas aloitettava hiilikaivoksesta, edettävä voimalan palamistapahtumaan ja siitä aiheutuviin palokaasupäästöihin - hiilen ~~uranipitoisuudesta~~ johtuva radioaktiivisuus mukaan luettuna - sekä päädyttävä tuhkan käsittelyyn ja ilmakehän hiilidioksidikerääntymistä aiheutuviin seuraamuksiin. Tällaisia vertailevia tutkimuksia on tehty, ja ne ovat selvästi osoittaneet, että ydinvoima on erittäin ympäristöystävällinen energianlähde. Tuloksia vain on julkistettu valittavan huonosti ainakin julkisissa viestimissä. Mutta on myös moneen kertaan huomautettu, mm. WHO:n taholta, ettei esimerkiksi hiilen käytön ympäristövaikutuksista ole olemassa tietoa, jota voitaisiin verrata siihen, mitä ydinvoiman vastaavista vaikutuksista tiedetään.

On mentävä vieläkin pitemmälle ja verrattava tietyn teknologian aiheuttaman onnettomuuden negatiivisia vaikutuksia niihin menetyksiin ja poliittisiin epävarmuustekijöihin, jotka olisivat olleet seurauksena, jollei kyseisen teknologia olisi tullut käyttöön.

Voimalareaktorien käyttövarmuus ja onnettomuuden seuraukset ovat tulleet ajankohtaisiksi julkisissa viestimissä Harrisburgin katastrofiksi nimitetyn onnettomuuden johdosta. Tämä onnettomuushan sattui viime maaliskuun 28. päivänä Babcock & Wilcox-valmisteisessa 900 MW:n tehoisessa painevesireaktoriyksikössä n:o 2 Three Mile Islandin voimalalla lähellä Harrisburgia Pennsylvanian osavaltiossa USA:ssa. Kirjallisuus eli paremminkin raportit onnettomuudesta ovat laajoja, mutta mitä muuta voidaan odottaakaan, kun laitoksessa on käynyt noin 900 henkilöä noin sadasta eri yrityksestä, vierastosta ja laitoksesta ja lisäksi 300 lehtimiestä. Presidentti Carter on asettanut erityisen tutkimuskomission, jonka selostus valmistunee lokakuun lopulla. Myös senaatti on käynnistänyt tutkimuksia, jotka on määrä saada päätökseen ensi vuoden kesäkuuhun mennessä, ja Nuclear Regulatory Commission laatii selvityksiä, joiden on määrä valmistua tämän vuoden lopulla.

Yhtäpitävät tiedot viittaavat siihen, että onnettomuus johtui puutteellisesti toimineesta laitteistosta ja mm. apusyöttövesipumppujen venttiilejä koskevien ohjeiden laiminlyömisestä. Tilannetta pahensivat käyttöhenkilöiden epäasianmukaiset toimenpiteet heidän tulkitessaan väärin valvontalaitteiden ilmoituksia tai vastaanottaessaan niistä väärää tietoa. Ensimmäisten 16 tunnin aikana oli reaktorin sydän kolmeen otteeseen ilman vettä. Tällöin sydän vaurioitui ja suuri osa polttoainekuoren zirkalloyseoksesta joutui kosketuksiin vesihöyryn kanssa synnyttäen vetykaasua. Mikään ei osoita, että polttoainetta olisi sulanut, mutta kaasumaisia halkeamistuotteita on päässyt suuressa määrin vapautumaan polttoaineesta, ja paikallisia ohjaussauvojen sulamisia lienee esiintynyt.

On mielenkiintoista todeta, että kuvitellusta reaktorionnettomuudesta on tehty kirja ja elokuva, "Kiina-ilmiö". Vaikka reaktorinsydän Harrisburgin tapauksessa oli jonkin aikaa kokonaan vailla vettä, ytimen sulamista ei todellisuudessa tapahtunut.

Tässä tapauksessa on puhuttu katastrofista, mutta mistään sellaisesta ei ollut kysymys. Onnettomuus ei vaatinut ainoatakaan kuolonuhria. Jos joku olisi jatkuvasti oleskellut laitosta ympäröivän aitauksen luona, hän olisi saanut laskelmien mukaan kahta tai kolmea röntgentutkimusta vastaavan säteilyannoksen.

Todetkaamme, että onnettomuus oli vakava mutta että katastrofiksi se ei kehittynyt. Väestöä ja henkilöstöä radioaktiivisuudelta suojaamaan tarkoitettut esteet toimivat kaikesta huolimatta tyydyttävästi.

Onnettomuuden kulun tarkka läpikäynti tulee antamaan mittaamattoman arvokasta kokemustietoa reaktorien turvallisuuden parantamista silmällä pitäen. Käyttöhenkilöstön riittävän koulutuksen merkitys on käynyt selvästi ilmi, ja on luonnollista vaatia, että henkilöstön pätevyys on todettava koulutuksen ja toistuvien simulaattorikokeiden avulla samaan tapaan kuin lentäjien kelpoisuutta tutkitaan kaupallisen lentoliikenteen piirissä. On ajateltavissa, että voimalareaktorien valmistajat tulevat itse aikanaan sisällyttämään toimitusehtoihin vaatimuksen, että tilaajamaan kansallisen luvanantoviranomaisen on kohdistettava riittävästi huomiota turvallisuusnäkökohtiin.

Hätävalmiussuunnittelua ja evakuointiohjelmia on tarkistettava määräajoin, ja riittävän laaja ja korkeatasoisen teknisen infrastruktuurin olemassaolo tullaan todennäköisesti katsomaan erääksi ehdottomaksi edellytykseksi kehitysmaiden voimalareaktoriohjelmien laatimiselle.

Three Mile Islandin onnettomuuden poliittiset seuraamukset ovat vaikeammin arvioitavissa. Luotettavilta tahoilta Ranskasta, Yhdysvalloista, Japanista ja Länsi-Saksasta on kuitenkin tähdenetty, että ydinvoima tulee vastedeskin esittämään huomattavaa osaa näiden maiden energiahuollossa.

Sallittakoon minun päättää esitelmäni tämä osa toteamalla, että me olemme nyt eläneet yli kolme vuosikymmentä ns. atomien parissa. Tämän uuden energianlähteen käyttöönotto yhteiskunnassamme on tapahtunut esikuvallisella tavalla, itse asiassa paremmin kuin useimpien muiden uusien teknologian alojen ollessa kysymyksessä. Ihmisen tiedonhalu on ollut alituisena kiihokkeena luonnon tutkimiseen ja sen mahdollisuuksien hyödyntämiseen. Ihminen on oppinut hallitsemaan ydinvoimaa, joka voi merkitä juuri sitä energiamuotoa, jonka avulla tulemme riippumattomiksi fossiilipolttoaineista. Tällä uudella teknologian alalla tulee toki esiintymään hankalia jaksoja, mutta olen vakuuttunut siitä, että ne ydinvoimaan liittyvät ongelmat, joita ei ole vielä onnistuttu täysin ratkaisemaan, tullaan ratkaisemaan ja että tätä uutta energianlähdetä tullaan käyttämään edelleen ja yhä enemmän määrin.

Keskustelussa ydinenergian hyväksymisestä tai hylkäämisestä ihmetyttää nimenomaan siinä esiin tuleva tunnepohjaisuus sekä se ahdaskatseisuus ja johdonmukaisuuden puute, joka on ominaista tälle ajatustenvaihdolle - kaikki seikkoja, jotka tekevät aiheen soveliaaksi poliittisille kannanotoille erityisesti silloin, kun osapuolten välisiä eroavuuksia on vaikeata muulla tavoin määritellä.

Ajatellaanpa vain ns. jätekysymystä, jonka puitteissa pohditaan sitä, millaisen perinnön me jätämme, ilman että kukaan koskaan vaivautuu huolehtimaan siitä, että me olemme tekemässä jälkeläisemme perinnöttömiksi öljyn ja kaasun suhteen, jotka molemmat ovat ensiarvoisen tärkeitä raaka-aineita nykyiseen hyvinvointiimme niin suuresti vaikuttaneessa orgaanisen kemian teollisuudessa. Jätekysymyksessä sovelletaan tuhansien vuosien aikaperspektiiviä, jollaista aikaisemmin ei ole koskaan suunnitelun yhteydessä tuotu esiin puhuttaessa niistä teollisuusjätteistä, joiden puoliintumisaika on loputon (esim. elohopea ja arsenikki). Atomivoima esitetään jonkinlaiseksi insinööritaidon uudeksi keksinnöksi, vaikka tiedämme ainakin yhden alueen Gabonista, jossa 1,8 miljardia vuotta sitten toimi luonnon ydinreaktori ketjureaktion kestäessä 100 000 vuotta tuottaen jätteitä, joiden voimme todeta kuluneiden geologisten ajanjaksojen jälkeenkin olevan yhä jäljellä samassa paikassa, mihin ne ovat keräytyneet.

Maanalaisia ydinasekokeita siedetään käytännöllisesti katsoen viikottain kautta vuoden, niin että tähän mennessä on tapahtunut yli 100 tällaista koetta radioaktiivisine jätekertymineen. Niiden osalta ei vaadita geologisia asiantuntijalausuntoja siitä, onko tämäntyyppinen loppuvarastointi hyväksyttävää.

Voidaan vakavasti kysyä, eikö monien ympäristöintoilijoiden asenne ympäristökysymyksiin ole suorastaan vahingoksi tulevalle kehityksellemme.

En lakkaa ihmettelemästä sitä, että ydinvoiman vastustajat puhuvat kiivaasti ydinvoimaloihin liittyvistä vaaroista, vaikka kaikki käytettävissä oleva tieto ja järki kokemuksien karttuessa tähtää näiden laitosten turvallisuuden jatkuvaan lisäämiseen, mutta eivät koskaan puhu ydinenergian sotilaskäytöstä suurten laivastoyksikköken tai sukellusveneiden polttoaineena tai pommien

räjähdysaineena. Hyväksytään kyllä parin kolmensadan atomikäyttöisen meren armoilla liikkuvan sota-aluksen olemassaolo, muttei suvaita kuivalle maalle rakennettuja reaktoreja. Puhutaan kyllä vaarasta, että terroristit kaappaavat aseellisesti haltuunsa ydinmateriaalia, rikastettua uraania tai plutoniumia siviililaitoksista, muttei viitata lainkaan siihen mahdollisuuteen, että kaapattaisiin ydinaseita niiden varastopaikoista, joissa niitä on pelkästään Euroopassa kymmenisentuhatta muusta maailmasta puhumattakaan. Kaikkiaan lienee tällä hetkellä olemassa noin 60 000 atomiasetta. Ne merkitsevät suurinta vaaraa, mikä milloinkaan on ollut uhkaamassa ihmiskuntaa ja joiden käyttäminen johtaisi totaaliseen tuhoon.

Tämä johdattaa minut toiseen pääkohtaan, jota haluaisin kosketella täällä tänään, nimittäin ydinaseiden leviämisaarasta. Minä en voi hyväksyä sitä usein esitettyä väitettä, että siviilikäyttöinen ydinvoima johtaisi vääjäämättömästi ydinaseiden leviämiseen. Tällaista yhteyttä ei ole olemassa. Ydinaseiden leviämisen estämistä tarkoittavan sopimuksen nojalla on vuodesta 1970 lähtien 107 ydinaseetonta valtiota sitoutunut olemaan kehittämättä tai hankkimatta ydinaseita. Ei ole olemassa ainoatakaan esimerkkiä siitä, että voimantuotantoon käytettävää siviilireaktoria olisi käytetty asemateriaalin valmistukseen. Wienissä toimiva kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA on velvollinen valvomaan, että leviämiskieltosopimuksen määräyksiä noudatetaan. Ydinaseiden leviämisaara ei piile sopimuksen allekirjoittaneissa maissa, vaan niissä valtioissa, jotka eivät ole allekirjoittaneet tätä sopimusta. Ydinvoiman siviilikäytön vastustajat tekisivät ihmiskunnalle palveluksen keskittämällä ponnistelunsa siihen, että kaikki valtiot saataisiin hyväksymään leviämiskieltosopimus ja että ydinasevallat saataisiin luopumaan ydinaseistaan.

Kysymys on tullut entistä ajankohtaisemmaksi sen takia, että lehdissä on kerrottu Pakistanin rakentavan omaa uraanirikastamoita. Koska Pakistan ei ole allekirjoittanut leviämiskieltosopimusta, se ei ole velvollinen ilmoittamaan uusista ydinlaitoksistaan IAEA:lle, joten järjestömme on saanut tiedon asiasta tiedotusvälineistä. Jos nämä tiedot pitävät paikkansa, niistä on myös tehtävissä eräitä johtopäätöksiä, jotka on syytä lausua julki.

Ensinnäkin uutinen merkitsisi sitä, että maat, jotka ovat viimeksi ehkä hankkineet teknologisen pätevyyden rakentaa ydinlatauksia, ovat suorittaneet tämän rikastamalla uraania eivätkä käyttämällä reaktoreista peräisin olevaa plutoniumia.

Edelleen se osoittaisi, kuinka vaikeata teknologian siirtymisen valvominen tai rajoittaminen on. Rikastaminenhan on alun alkaen ollut salaiseksi leimattu taito, ja kuitenkin olisi kehitysmaan nyt onnistunut omaksua tarvittava teknologia ja soveltaa sitä. Olisi aivan ilmeisesti parempi hankkia varmuus siitä, että uusissa maissa käyttöön otettava teknologia on pidettävä IAEA:n valvonnan ja tarkastusten kohteena kansainvälisten sopimusten avulla - joko ydinaskeieltoa koskevan sopimuksen tai muiden avulla. IAEA:n valvonnan heikkoutena ei ole, että se olisi tehotonta. Heikkoutena on se, että yhä on olemassa ja voidaan rakentaa laitoksia, joissa me emme voi harjoittaa valvontaamme. Vastapainoksi katson, että on myös välttämätöntä vähentää tarvetta rikastus- tai jälleenkäsittelylaitosten rakentamiseen antamalla riittävän pitkäaikaiset takuut ydinpolttoaineen jatkuvasta saannista vakiintuneiden kansainvälisten ydinenergiajärjestelyjen puitteissa, joiden on katettava kaikki ydinreaktorit ja ydinpolttoainetta koskevat kauppasopimukset.

Nämä pohdiskelut ovat olleet keskeisellä sijalla myös INFCE:ssä. Mainittu kansainvälinen tutkimusprojekti käynnistettiin amerikkalaisen aloitteen pohjalta syksyllä 1977 perusolettamuksena se, että ydinenergiaa pitäisi olla yleisesti saatavissa maailman energiantarpeen tyydyttämiseksi, että on ryhdyttävä tehokkaisiin toimiin ydinaskeiden leviämiskaavan supistamiseksi mahdollisimman pieneksi silti vaarantamatta energiahuoltoa ja ydinenergian rauhanomaista kehittämistoimintaa sekä että kehitysmaiden tarpeisiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota.

Kahden vuoden työn jälkeen INFCE on nyt valmistumassa. Viitisenkymmentä maata on osallistunut tähän työhön, joka on tapahtunut kahdeksassa työryhmässä, joista yhdessä oli suomalainen puheenjohtajaryhtenä kolmesta. Käsitellyt kysymykset ovat olleet erittäin laajoja ja ovat kattaneet alan koko kentän alkaen kysymyksestä "paljonko uraania maapallolla on?" sellaisiin kuin "milloin me tarvitsemme hyötöreaktorin?" ja "miten polttoainekierron turvallisuutta ydinaineen leviämisen estämisen kannalta voitaisiin parantaa?".

INFCE:n tuloksia esitellään Wienissä ensi helmikuussa pidettävässä täysistunnossa. Tässä yhteydessä on ennen aikaista lausua yksityiskohdista sen enempää.

Kun INFCE käynnistettiin, kävivät mielipiteet jälleenkäsittelyn tarpeellisuudesta ja plutoniumin käytöstä lämpöreaktoreissa ja nopeissa hyötöreaktoreissa Atlantin ja Tyynen valtameren molemmiin puolin jyrkästi eri suuntiin. INFCE on tuskin päässyt täydelliseen yksimielisyyteen kaikista ongelmista, mutta se on varmasti opettanut paremmin ymmärtämään kansallisia näkökantoja ja luonut siten paremman perustan tulevalle kehitykselle. USA tuntuu nyt myöntävän, että hyötöreaktori ja sen

Toivoakseni esimerkiksi aikaisempi keskittyminen plutoniumiin leviämisvaaratekijänä on saanut väistyä avaramman näkömyksen tieltä, jonka mukaan kaikkia leviämisongelmia - rikastus ja teknologian vienti mukaan luettuina - voidaan tarkastella pitkäaikaisen saatavuustakuiden merkitystä ja kansallisten polttoainekierron kehittämishojelmien merkityksen tunnustamista vasten.

Tältä kannalta ja pitäen taustana INFCEssä tapahtunutta tärkeätä yhteistyötä täytyy toivoa, että voitaisiin uudelleen vakiinnuttaa se kansainvälinen luottamus, joka on viime vuosina horjunut, ponnistelemalla yhteisvoimin uusien periaatteiden luomiseksi kansainvälisille yleis- ja toimitussopimuksille. Käsitykseni mukaan, kuten olen useasti aikaisemminkin maininnut, eräs pääperiaate on, että toimitussopimusten vastapainoksi on saatava täysin kattava IAEA-valvonta ja että kumpikaan ei saa olla irtisanottavissa. INFCE on myös perehtynyt eräisiin ehdotuksiin, joita on tehty leviämisongelman tekniseksi ratkaisemiseksi eli "fiksaamiseksi". Ilmeisesti - ja tämä on tuskin mikään uutinen teille pitkään ydinenergian parissa työskennelleille - on tultu siihen tulokseen, ettei pohjimmiltaan poliittisiin ongelmiin ole olemassa ihmeitätekeviä poliittisia ratkaisuja. Näitä ratkaisuja onkin etsittävä järjestöpohjalta, yksittäisten polttoainekierto- vaiheiden osalta kansainvälisestä yhteistyöstä ja toimitusehtojen osalta laajemmista kansainvälisistä sopimuksista.

Voin tässä mainita kolme esimerkkiä, jotka ovat tärkeitä meille IAEA:laisille. On ilmeistä, että jos vastedes käytämme plutoniumia, mikä tulee kysymykseen erityisesti hyötöreaktoreissa, niin on aiheellista välttää varastoidusta suurista plutoniummääriä kovin moniin maihin polttoainekierron eri vaiheissa. Eräs ratkaisu olisi yleensä varastoida plutonium IAEAn valvomiin ja tarkkailemiin kansainvälisiin plutoniumvarastoihin ja luovuttaa sitä niistä ainoastaan reaktoreissa ja tutkimustyössä käytettäväksi. Tällaisia plutoniumvarastoja edellytettiin jo IAEAn peruskirjassa 23 vuotta sitten, ja IAEA teetti asiasta perusteellisen tutkimuksen jo ennen kuin INFCE käynnistettiin.

On myös ilmeistä, että erittäin suuria määriä jälleenkäsittelmätöntä ydinpolttoainetta tulee olemaan varastoissa vuosisadan lopussa. Kokonaismäärä voi olla yli 200 000 tonnia vuonna 2000. IAEA tutkii parhaillaan myös suunnitelmaa, joka koskee kansainvälisten varastojen perustamista käytettyä ydinpolttoainetta varten. Aloite tähän tutkimukseen on peräisin USAsta, mutta tutkimus on herättänyt kiinnostusta myös muissa maissa.

Kolmannen ajatuksen olen jo maininnut, nimittäin sen, että olisi välttämättä saatava aikaan laajempi sopimus polttoaineen saatavuustakuista, joiden vastapainona olisi täysin kattavan valvonnan hyväksyminen sekä kohtuulliset takeet atomiaseiden leviämisen estymisestä. Tässäkin kysymyksessä IAEA voi toimia keskustelujen ja neuvottelujen foorumina. Ennakkotapauksen voisi tarjota hallintoneuvoston alainen komitea, joka perustettiin vuonna 1970 määrittelemään leviämiskieltosopimuksen edellyttämää turvallisuusvalvontaa. Kaikkiaan 45 maata osallistui tähän työhön, joka saatettiin päätökseen yhdeksässä kuukaudessa.

Lyhyesti sanottuna, minusta IAEAsta voidaan tehdä vielä merkityksellisempi tekijä INFCE:n synnyttämien ajatusten toteuttamisessa.

Nyt voidaan sanoa, että minä olen ollut monessa suhteessa pessimisti, mitä tulee ydinenergian asemaan vuonna 1979. Vaikutelmaa pessimismistä en kuitenkaan ole halunnut antaa. Olen vakuuttunut siitä, että julkinen mielipide tulee aikaa myöten jälleen heilahtamaan suopeaksi ydinvoimalle niissäkin maissa, joissa vastustus tällä hetkellä on voimakkainta. Oikean tiedon levittäminen ja jatkuva ponnistelu olennaisten kysymysten selvittämiseksi on kuitenkin tällä hetkellä edellytyksenä sille, että me voimme antaa ydinvoimaa koskevasta poliittisesta päätöksenteosta vastaaville täydellisen materiaalin heidän työtään varten. IAEA on jatkava tähän tähtääviä ponnistelujaan ehkä entisestäänkin korostuneen tehtävänsä puitteissa. En kuitenkaan luule olevan syytä elätellä mitään harhakuvitelmia. Vastarintaliikkeet erityisesti kehittyneimmissä maissa tulevat myös lähivuosina jatkamaan ydinenergian vastaista kiihotustoimintaansa, ja voin vain toivoa, että poliitikot oivaltavat niiden päätösten merkityksen ja pitkäjänteiset vaikutukset, joita nyt tehdään.

SUOMEN URAANIVARAT

Uraaninetsinnästä

Uraaninetsintä aloitettiin Suomessa 1950-luvulla, jolloin sitä harjoittivat mm. Atomienenergia Oy, geologinen tutkimuslaitos, Imatran Voima Oy ja Outokumpu Oy sekä vähäisemmässä määrin myös muut malminetsintäorganisaatiot. Viime vuosina uraaninetsintä on jäänyt jokseenkin kokonaan geologisen tutkimuslaitoksen tehtäväksi. Uraaninetsintään on käytetty resursseja seuraavasti:

Taulukko 1. Uraaninetsintä Suomessa

Vuosi	Aeroradiometriset tutkimukset (km ²)	Muut tutkimukset		Timattikairaus		Malminetsintäkulut yhteensä U.S.\$
		Geokemia (km ²)	(näytteitä)	(m)	(reikien lukum.)	
Pre-1975	28 400	3 000	2 250	17 400	120	4 700 000
1975	11 700	10 000	9 353	4 400	36	1 400 000
1976	11 600	16 600	17 908	4 500	31	1 440 000
1977	11 500	11 000	19 200	5 030	50	1 650 000
1978	12 000	20 700	17 612	2 300	29	750 000
1979	11 500	21 000	18 000	4 500	30	700 000
Yht.	86 700	82 300	84 323	38 130	296	10 620 000

Uraaninetsintään sijoitetun miestyövoiman ja määrärahojen jakautuma v. 1979 näkyy taulukossa 2.

Taulukko 2. Geologisen tutkimuslaitoksen uraanitutkimukset v. 1979

TUTKIMUSALUE PROJEKTI	SUUNNITELTU LAAJUUS			TOTEUTTAVA ORGANISAATIO	PROJEKTIPÄÄ- LIKKÖ TAI VASTUUHENKILÖ	HUOMAUTUKSIA
	TYÖPANO (HTV)	KOKONAIS- KUSTANNUKSET (KMK)	SUUNNITELTU KTM:N OSUUS RAHOITUKSESTA (KMK)			
Polttoainekiertoon ja ydinjätehuoltoon liit- tyvät selvitykset						
A. Uraanin etsintä						
- geologiset tutki- mukset	18,1	2054	-	GTL/malmios. uraanitutki- musten ala- ryhmä	FK E. Räsänen	
- aerogammamittaukset	n. 5	n. 1000	-	GTL/geofysii- kan osasto	TkL M. Peltoniemi	arvioitu osuus (n. kolmannes) matalalentomit- tausten työpa- noksesta ja kus- tannuksista
- geokemialliset tutki- mukset	n. 4	n. 500	-	GTL/geokemi- an osasto	FK P. Noras	arvio uraani- tutkimusten osuudesta osas- ton suorittamassa geokemiallisessa kartoituk- sessa
	n. 27	n. 3600	-			

Ruotsi käyttää uraaninetsintään vuosittain 8 kertaisen määrän rahaa, tekee sillä 5 kertaisen määrän syväkairausta, kattaa 2 kertaisen alueen aeroradiometrisillä mittauksilla ja tutkii samankokoisen alueen geokemiallisesti.

Geologisella tutkimuslaitoksella on tarkoitus lisätä maastotutkimuksia, ennenkaikkea kairauksia. Tätä varten on malmiosastoon perustettu erityinen 16-henkinen uraaniryhmä joka tulee vielä hiukan kasvamaan. Aeroradiometrisiä mittauksia tullaan hiukan laajentamaan, geokemiallisten tutkimusten vuosittainen alue tulee hiukan supistumaan. Vuoden 1980 keväällä saamme maahamme IAEA/NEA:n 2-henkisen asiantuntijaryhmän perehtymään esiintymiin, etsintään ja antamaan suosituksia etsintöjen suuntaamiseksi ja tehostamiseksi.

Uraaniesiintymät

IAEA/NEA:n joka toinen vuosi julkistama raportti "Uranium resources, production and demand" jakaa uraaniesiintymät sivukiven mukaan seuraavasti:

1. kvartsipallokonglomeraatit
2. proterotsooiset epäjatkuvuussaumat
3. pirotteet syvä- ja metamorfisissa kivilajeissa
4. juonet
5. hiekkakivet
6. muut

Viimeiseen ryhmään kuuluvat mm. ne uraanin suhteen alhaispitoiset kulta-, fosfaatti- ja porfyryrikuparimalmit joista uraani saadaan sivutuotteena sekä merellisiin mustaliuskeisiin ja fosforipitoisiin karbonaattikiviin, hiili- ja ligniittikerrostumiin sekä monatsiittiin sitoutunut uraani.

Suomessa tunnetaan uraanin rikastumia miltei kaikissa edellisen luettelon muodostumatyypeissä. Seuraavassa luettelossa seurataan Sarikkolan tekemää jaottelua ja viitataan IAEA/NEA:n jaotteluun hakasulkeissa esitettävällä numerolla:

1. pirotteiset uraniniitti ja sekundääristen U-mineraalien esiintymät epikontinentaalisisissa Jatuli (vanh. Karjalaiset liuskeet) kvartsiiteissa ja kvartsipallokonglomeraateissa [1, 2] juuri Arkeisen pohjagneissimuodostuman päällä: Kolin 20 km pitkän vyöhykeen malmit Paukkajanvaara 30 t U_3O_8 ; 0,12 % U malmina (pois louhittu), Ruunanniemi (184 t; 0,14 %), Ipatti (69 t; 0,08 %), Martinmonttu (23 t; 0,10 %) ja tästä etelään Värtsilän pieni esiintymä sekä Kesänkitunturi Kolarissa koostuen 2 erillisestä 100-150 m pitkästä 15-20 m paksusta malmiosta kvartsiitissa (Yht. 1120 t; 0,06 %).

2. uraniniitti fosforirikkaissa meri-Jatuli kvartsiiteissa ja karsikerroksissa Jatulikvartsiittien päällä mutta Kalevikiille ja -mustaliuskeiden alla [6] : Nuottijärvi Paltamossa (1100 t U_3O_8 ; 0,04 % U; 3,5 % P_2O_5), Losonvaara Sotkamo (0,5 - 3 m paksuja kerroksia; 0,04 % U), Lampinsaari Vihanti Zn malmin päällä linssimäinen mineralisaatio (0,03 % U), Harjukangas Noormarkku 10^m paksu kerros (0,02 % U) sekä pienemmät samankaltaiset esiintymät Korsnäsissä, Ruotsalossa Kälviällä, Temossa Muuruvedellä, Rytkyssä Kuopiossa, Kuivasteenmäessä Siilinjärvellä sekä Pielavedellä.

3. U-Ta-pyrokloorimineralisaatio useita miljoonia tonneja (0.01-0,02 % U) karbonaattissa Savukosken Soklilla.

4. uraniniittipirotemalmit spiliittisissä (metabasiitti, albitiitti tai albiittidiabaasi) juonissa ja niihin liittyvissä ruhjeissa, jotka leikkaavat Karjalaisia mustaliuskeita ja vihreäkiviä: Pahtavuoma Kittilä (700 t U_3O_8 ; 0,3-0,5 % U), Uuniniemi Kuusamo (0,1 % U ja 1,5 % Th) ja poislouhittu pieni Mårtenssonin malmi Paukkajanvaara Eno [4].

5. rikkaat satunnaisesti esiintyvät uraniniittiläiskät Arkeisten gneissien ja graniittien hematitiitituneissa ja kvartsiutuneissa hiehto- ja breksia-vyöhykkeissä [2]: Revonkylä Kiihtelysvaara 2-4 m paksuja vyöhykkeitä (0,03-0,04 % U) sekä Alho Askolassa (jopa 20 % U) ja Kuohunki Rovaniemellä pienet mutta rikkaat esiintymät.

6. pienet satunnaisena esiintyvät uraani- ja toriummineraalikasumat amfiboliitti- tai kinzigiittimigmatiittien juoniaineksessa esim. Köldö Pernaja 100-200 m leveä vyöhyke, missä U-pitoisuus vaihtelee 0-10 %.

7. uraniniittipirote pegmatiitissa esim. Muotkajärvellä Enontekiöllä, Laajassa Suomussalmella, Väyrylän kylässä Puolangalla sekä erityisesti pegmatiiteissa lähellä rapakiven kontaktia kuten Lakeakallio Askolassa.

Vuosina 1978 ja 1979 on löydetty lisää uraania Lakeakallion tuntumasta, Kankaanpäästä, Sukevalta, Sotkamosta ja Kuusamosta. Varsinkin viime-mainittu löydös tuntuu nyt kun vielä jatkotutkimuksin ei ole toisinkaan osoitettu, hyvin lupaavalta.

IAEA/NEA jakaa uraanivara-arviot kolmeen luotettavuus- ja kolmeen kustannusluokkaan: todetut malmivarat (reasonable assured resources), arvioidut lisämalmivarat (estimated additional resources) ja oletetut esiintymät (speculative resources); alle \$ 80/kg U hyödynnettävät malmit (reserves), \$ 80-130/kg U hyödynnettävät malmit ja yli \$130/kg U hintaan hyödynnettävissä olevat malmit.

Taulukko 3. Suomen hyödynnettävissä olevat uraanivarat
arvio tammikuussa 1979.

Todetut malmivarat		Arvioidut lisämalmivarat	
Louhintakelpoiset hinnalla < \$ 80/kg U	Louhintakelpoiset hinnalla \$ 80-130/kg U	Louhintakelpoiset hinnalla < \$ 80/kg U	Louhintakelpoiset hinnalla \$ 80-130/kg U
	2 700 t		500 t

Tällä hetkellä tunnetuista malmeistamme on teoriassa saatavissa yhteensä 3200 t luonnonuraa arviolta alle \$130/kg U kustannuksin. Pienet ja/tai köyhät malmit kyllä jäänevät louhimatta samoin kuin Kesänkitunturin luonnonsuojelualueella sijaitseva malmi.

THREE MILE ISLAND-LAITOKSEN ONNETTOMUUTTA KOSKEVA OECD/NEA:N
TIEDOTUSKOKOUS 27.-28.6.19791. Johdanto

Kokouksen järjestäjänä toimi OECD/NEA:n erityiskomitea CSNI (Committee on the Safety of Nuclear Installations). Alunperin kokouksen tarkoituksena oli ollut kartoittaa kvantitatiivisten riskiarviointimenetelmien soveltamiskelpoisuutta ydinteknisten laitosten turvallisuustarkasteluissa. USA:ssa sattunut ydinvoimalaitosonnettomuus TMI2-laitoksella 28.3.1979 kuitenkin herätti monissa osanottajamaissa tarpeen saada lisätietoja onnettomuuden tapahtumaketjuista ja sen aiheuttamista muutoksista joko laitosten konstruktion tai operointimenettelytapoihin. USA:n edustajien lupauduttua selostamaan tapahtunutta onnettomuutta ja sen aiheuttamia reaktioita, CSNI päätyi järjestämään kokouksen, jonka pääteemana oli TMI-laitoksen onnettomuus siihen liittyvine jälkitoimenpiteineen eri maissa.

2. Selostus onnettomuuden kulusta

Kokoukseen mennessä oli käsitys onnettomuuden ajallisesta kulusta ja erityyppisistä virhetoiminnoista sen aikana melko hyvin jäsentynyt, mutta eräät olennaiset vaiheet ovat vielä vailla täyttä selvitystä. USNRC:n nykyisen käsityksen onnettomuuteen liittyvistä tapahtumista esitti komission johtaja H.R. Denton. Selostuksensa aluksi hän esitti ne tärkeimmät tekijät, jotka olivat vaikuttaneet onnettomuuden tapahtumiseen ja tilanteen kehittymiseen pois operaattorien hallinnasta. Nämä tärkeimmät tekijät, jotka vastaavat myös Suomessa muodostunutta käsitystä aiemmin saaduista tiedoista (ATS Ydintekniikka 1979 n:o 1 ss. 23-31 ja n:o 2 ss. 18-33), olivat seuraavat:

1. Syöttöveden menetyksen jälkeen apusyöttövesilinjat olivat venttiileillä suljettuja aiempien huoltotöiden jäljiltä.
2. Paineistimen ulospuhallusventtiili ei sulkeutunut säädetyssä paineessa.
3. Paineistimen pinnan korkeusindikaatio mahdollisesti antoi virheellisen kuvan primaaripiirin vesimäärästä, mikä sai operaattorit ennenaikaisesti sulkemaan korkeapainehätäsyöttöpumput.
4. Suojarakennuksen eristys tapahtuu paineen perusteella eikä hätäsyötön käynnistymisen perusteella. Tämän johdosta suojarakennuksen pohjalle joutunutta primaarivettä apurakennukseen syöttävä pumppu käynnistyi automaattisesti.
5. Hätäsyöttöjärjestelmää käytettiin vain aika-ajoin seuraamalla paineistimen pinnan korkeuden avulla näennäisesti primaarijäähdytteen määrän vaihteluja.
6. Pääkiertopumppujen pysäyttäminen kavitaatiovärehtelyjen aiheuttaman vaurioitumisuhan vuoksi johti polttoainevaurioihin, koska samalla ei voitu varmistaa luonnonkierrolla tapahtuvaa jäähdytystä.

Nämä tekijät on nähtävä kokonaisuutena ja esitysjärjestys ei kuvaa suoraan kunkin tekijän merkitystä kokonaistapahtumaan. Esimerkiksi huolimatta tekijöistä 1 ja 2 reaktori olisi ollut mahdollista saattaa oikeilla ohjaustoimenpiteillä normaaliin tilaan. Kuitenkaan vastuuta tilanteen hallinnan menetyksestä ei voida säilyttää yksin operaattoreille, jotka tilanteen kuluessa ilmeisesti toimivat saamassaan koulutuksessa annettujen ohjeiden mukaan. Pääasiallinen puute on todennäköisesti kyseisen

reaktorilaitoksen erityisominaisuuksien puutteellinen huomioonottaminen operaattorikoulutuksessa. Lisäksi tilanteen hallintaa vaikeutti paineistimen pinnan korkeuden avulla saatu erheellinen kuva vesimäärästä muualla primaaripiirissä. Kokouksessa tuotiin kuitenkin esille useampaan kertaan mielipide, että lämpötila- ja paineanturien antaman informaation sekä höyrytaulukoiden käyttämisen kautta olisi pitänyt olla mahdollista havaita voimakas höyrymuodostus paineastiassa ja siitä seuraava kasvava vajaus primaaripiirin kokonaisvesimäärässä.

Liitteessä on esitetty tämänhetkinen käsitys onnettomuuden aikahistoriasta, joka pieniä täydennyksiä ja täsmennyksiä lukuunottamatta vastaa jo aiemmin esitettyä kuvausta (esim. ATS Ydintekniikka n:o 2:ssä oleva liite). Kuitenkin eräät kohdat onnettomuuden kulussa ovat vielä vaillinaisesti selvitettyjä. Esimerkiksi pohjakaivopumput alkoivat syöttää vettä suojarakennuksen pohjalta apurakennuksessa oleviin säiliöihin jo n. 8 min. onnettomuuden alusta, mutta toisaalta tiedetään paineistimesta ulospuhallettua höyryä vastaanottavan säiliön murtolevyn rikkoutuneen n. 15 min. kohdalla. Tämä viittaa siihen että ainakin alkuvaiheessa vuotoa on tapahtunut muutakin kautta kuin ulospuhallusventtiilin ja edelleen kokoomasäiliön kautta. Lisäksi on havaittu radioaktiivista höyryä kulkeutuneen myös käytetyn polttoaineen varastointitilaan toistaiseksi tuntematonta reittiä pitkin.

Lisäksi onnettomuuden kulkua on pyritty tarkemmin kartoittamaan suorittamalla havaittujen mitta-arvojen ja tehtyjen toimenpiteiden perusteella teoreettisia analyysejä primaaripiirin olosuhteista onnettomuuden kuluessa. Kuvissa 1 ja 2 on ilmaistu ajan funktiona primaaripiirin paine ja paineistimen pinnan korkeus. Kuvista voidaan havaita, että noin tunti onnettomuuden tapahtumisen jälkeen primaaripiirin olosuhteet olivat jo huomattavasti vakaantuneet ja vieläämpä siten, että primaaripiirin paine oli kyllästyspainetta suurempi. Tässä tilanteessa ei ollut ilmeisesti vielä tapahtunut mitään merkittäviä vaurioita reaktorisydämelle ja systeemi olisi vielä ollut saatettavissa normaaliin sammutustilanteeseen takaamalla lämmön siirtyminen sekundaaripiiriin sen olosuhteita sopivasti muuttamalla. Samalla olisi tullut huolehtia primaariveden määrän ylläpitämisestä hätäsyöttöpumppujen avulla kunnes paineistimen ulospuhallus saatiin keskeytettyä sulkuventtiilin avulla (2,3 h). Todellisuudessa tilanne alkoi merkittävästi huonontua hieman alle 2 tuntia onnettomuuden alusta, kun primaaripiirin veden kierrätys keskeytyi kaikkien pääkiertopumppujen tultua pysäytetyiksi. Kuvasta 3 ilmenee ajanjaksot, jolloin primaaripiirin paine on ollut alle kyllästyspaineen ja tästä seuraten sydämessä on tapahtunut voimakasta höyrymuodostusta mikä edelleen on paljastanut sydämen yläosan ja aiheuttanut sen ylikuumentumisen. Tämän vaiheen alussa pystyi sydämessä syntyvä höyry vielä ilmeisesti kohtalaisen hyvin jäädyttämään paljastunutta sydämen yläosaa. Tällöin samoihin aikoihin tapahtuva paineistimen ulospuhalluksen keskeytyminen nosti primaaripiirin painetta ja höyryn muodostuminen sydämessä vähentyi. Tästä oli seurauksena sydämen yläosan lämmönsiirron keskeytyminen lähes kokonaan, koska primaaripiirin vesimäärän vajauksen vuoksi paineen noususta aiheutuva höyryn lauhtuminen ja höyrypatjan kokoonpuristuminen ei riittänyt peittämään koko sydäntä vedellä.

Tämän hetkisten arvioiden mukaan sydämen vaurioitumisasteesta on muodostunut seuraava käsitys:

- sydämen yläosan keskialueella lämpötila on noussut 1800 °C aiheuttaen huomattavan fissiotuotteiden vapautumisen
- noin 35 % sydämen sisältämistä jalokaasuista vapautui
- noin 40 % Zr-suojakuorista reagoi veden kanssa perustuen laitoksella havaittuun vetymäärään

- noin 35 % sydäntilavuudesta on pahasti vaurioitunut
- polttoainetta sisältämättömien komponenttien lämpötila on ollut yli n. 1700 °C ja näin ollen on tapahtunut osittaista metallien sulamista
- johtuen monista suojakerroksista termoelementtiputket ovat säilyneet ehjinä myös sydämen vaurioituneissa osissa
- sydämen rikkoutuneet ja oksidoituneet osat ovat todennäköisesti jääneet sydämen yläosaan ylätukihilojen toimiessa rajoittimena niiden kulkeutumiselle muualle primaaripiiriin
- rikkoutuneet irralliset polttoainepelletit ja muut suojakuori yms. palaset ovat tällä hetkellä jääneet sydämen vähemmän vaurioituneeseen alaosaan.

Viimeisimpien arvioiden mukaan ympäristön väestön saamista säteilyannoksista esitettiin seuraavat tiedot:

- suurin yksilöannos: 86 mrem
- keskim. annos alueella 0 - 50 mailia: 1,6 mrem
- kollektiivinen annos: 5380 manrem (ylin arvio)
3300 manrem (best estimate)
1800 manrem (alin arvio)

Vertailun vuoksi todettiin, että laitoksen ympäristössä 50 mailin säteellä luonnollinen taustasäteily vastaavana ajanjaksona on aiheuttanut 270 000 manrem suuruisen kollektiivisen annoksen.

TMI-2 laitoksen suojarakennuksessa olevien vesien samoin kuin suojarakennuksen ilma- ja vesitilojen puhdistaminen on suunniteltu aloitettavaksi heinäkuussa

3. USA:ssa tehdyt jatkotoimenpiteet ja annetut suositukset tulevista toimenpiteistä ja lisätutkimuksista

Välittömät toimenpiteet NRC:n taholta onnettomuuden tapahduttua käsittivät ensinnäkin luonnollisesti onnettomuuden kohteeksi joutuneen laitoksen aktiivisen seurannan ja mahdollisen evakuoitintarpeen harkinnan sekä lisäksi välittömänä seurauksena eräitä ohjeita kevytvesireaktoreita, etenkin Babcock & Wilcox-tyyppejä, käyttäville voimayhtiöille vastaavan tyyppisten tilanteiden toistumisen ehkäisemiseksi. B & W-tyyppiset laitokset määrättiin sammutettaviksi tarkastuksien ja tiettyjen toimenpiteiden suorittamista varten. Nämä laitokset katsotaan olevan mahdollista vähitellen käynnistää uudelleen kesän kuluessa. Välittömiä toimenpiteitä edellyttävät määräykset koskivat seuraavia seikkoja:

- apusyöttövesijärjestelmän luotettavuuden ja toimintakyvyn tarkistaminen ja mahdollinen parantaminen
- varsinaisen syöttövesijärjestelmän käyttäminen ja valvonta riippumattomasti systeemin kokonaisvalvontajärjestelmästä
- reaktorin pikasulun järjestäminen välittömänä seurauksena pääsyöttövesijärjestelmän menetyksestä ja/tai turpiinin pikasulusta
- täydentää pieniä vuotoja koskevia turvallisuusanalysejä ja antaa tarvittavat lisämääräykset operaattorien toimintaohjeisiin
- käyttöhenkilökuntaan valvontahuoneessa on kuuluttava ainakin yksi operaattori, joka on saanut TMI-2-tyypistä tilannetta vastaavan koulutukseen B & W-simulaattorilla

Myöhemmässä vaiheessa kaikkiin näihin seikkoihin liittyviä selvityksiä tai toimenpiteitä tulee jatkaa tai suorittaa perusteellisemmin.

Varsinaisten määräysten lisäksi NRC on esittänyt ja tulee edelleen esittämään tiettyjä suosituksia, jotka pyrkivät parantamaan ydinvoimalaitosten turvallisuutta ottamalla huomioon TMI-2-onnettomuuden perusteella välittömästi ja myös välillisesti esiintulleet näkökohdat. Laitosten käyttöä koskien ehdotettiin ensinnäkin käyttöhenkilökuntaa täydennettäväksi laitoksen "turvallisuusinsinööriä", jolla olisi korkeakoulutasoinen koulutus ja jolla olisi paremmat edellytykset keksiä tilanteen edellyttämiä toimenpiteitä myös oudoissa tapahtumissa, jotka eivät kuulu normaalin operaattorikoulutuksen piiriin. Tämän laitoksen turvallisuusinsinöörin tehtäviin ei saisi kuulua hallinnollisia töitä, vaan hänen tulisi voida keskittyä turvallisuusluonteisiin tehtäviin ja hänen tulisi jatkuvasti seurata muilla vastaavatyypisillä laitoksilla esiintyviä erikoistapahtumia ja pyrkiä analysoimaan niiden mahdollisia jatkovaikutuksia systeemihäiriöiden yhteydessä sekä kaavailemaan niiden edellyttämiä toimenpiteitä. Edelleen mahdollisia hätätilanteita varten pitäisi laitoksille luoda varsinaisen valvontahuoneen ulkopuolella oleva "hätätoimenpiteiden ohjauskeskus", jotta mahdollisesti koottava suurilukuinenkaan avustajajoukko ei häiritse laitoksen operointihenkilöstöä. Lisäksi tulisi tarkemmin selvittää, mitkä turvallisuusjärjestelmissä havaitut puutteet muodostavat rajan laitoksen käynnissäpitämisedellytyksille.

Järjestelmien suunnittelun ja analysoinnin osalta kiinnitettiin huomiota mm. seuraaviin seikkoihin:

- tiettyjen systeemiin kuuluvien laitteiden ulkopuolisen sähkövirran saannin varmistaminen (esim. paineistimen sähkökuumentimet, eräät venttiilit, paineistimen pinnankorkeusosoitus)
- ulospuhallus- ja varoventtiilien toimintakyvyn tarkistukset
- lisätietojen saannin varmistaminen operaattorille onnettomuustilanteissa (esim. venttiilien asentoindikaation perustuttava virtauksen havaitsemiseen; sydämen jäähdystystilanteesta ja termohydraulisista olosuhteista sydämen alueella saatava enemmän tietoja)
- suojarakennuksen eristyksen käynnistävien automaattisten tai manuaalisten toimenpiteiden perusteellisempi valinta (esim. TMI-2:n tapauksessa päästöt ympäristöön olisivat olleet oleellisesti pienemmät, jos suojarakennuksen eristys olisi tapahtunut hätäsyötön käynnistymisen perusteella)
- onnettomuuden yhteydessä mahdollisesti syntyvän ja vapautuvan vedyn havaitseminen ja luotettavien erityisläpivientien varaaminen vedyn puhdistamista ja rekombinaattoreihin syöttämistä varten; suojarakennuksen ilmatilan täyttämisen esim. tyypellä; varauduttava rekombinaattorien tuomiseen laitokselle.
- suojarakennuksen ulkopuolisten turvajärjestelmien tiiviys ja säteilysuojaus varmistettava, jotta esim. jälkilämmönpoistojärjestelmää voidaan käyttää myös voimakkaasti saastuneen veden kierrätykseen ja lämmönsiirtoon
- apusyöttövesijärjestelmien luotettavuuden parantaminen (esim. eräällä B & W-laitoksella (Ocone 1, 2, 3) on ainoastaan turpiinikäyttöinen apusyöttövesijärjestelmä)
- onnettomuuden kulun ja vakavuuden seuraamiseen tarkoitettun instrumentoinnin kehittäminen (näytteenotto, päästöjen monitorointi)
- analysoitava enemmän myös mahdollisia onnettomuuksia, jotka jäävät DBA-onnettomuuksien ja sydämensulamisonnettomuuksien väliin, jotta operaattorien koulutusta ja suunniteltuja toimenpiteitä voidaan asianmukaisesti täydentää. Tulevaisuudessa NRC katsoo erittäin

tarpeelliseksi kehittää tietokoneohjelmia, jotka toimivat nopeasti vähäisemmin tarkkuusvaatimuksin, mutta jotka pystyvät ottamaan huomioon systeemissä tapahtuvat muutokset onnettomuuden kuluessa esim. operaattorin toimenpiteiden kautta.

Ainakin yksittäisten onnettomuusketjujen osalta järjestelmien suunnittelun, toimintaperiaatteiden ja toiminnan luotettavuuden varmistamistestien avulla voidaan merkittävästi alentaa kyseisen tapahtuman esiintymistodennäköisyyttä. Valaisevan esimerkin tässä suhteessa toi esiin tri Saul Levine esittämällä WASH-1400 raportissa referenssilaitoksena käytetyn Westinghouse-tyyppisen (Surry) PWR-laitoksen ja TMI-2 laitoksen osalta nyt tapahtuneen onnettomuusketjun todennäköisyysarviot. WASH-1400:ssa esitetty onnettomuusketju koostui seuraavista tapahtumista:

$TMLQ = 10^{-8}$ /vuosi, missä

- T = transientin esiintymistodennäköisyys, johon liittyy pääsyöttövesijärjestelmän menetys
- M = todennäköisyys, että pääsyöttöjärjestelmää ei saada uudelleenkäynnistettyä 30 min kuluessa
- L = todennäköisyys, että apusyöttövesijärjestelmä ei toimi vaadittaessa
- Q = todennäköisyys ulospuhallusventtiilin juuttumiseen auki-asentoon

WASH-1400:ssa näille tapahtumille on käytetty seuraavia todennäköisyysarvioita:

$$T = 3; \quad M = 10^{-2}; \quad L = 4 \times 10^{-5}; \quad Q = 10^{-2}$$

Onnettomuusketjun TMLQ mahdollinen päätyminen sydämensulamiseen riippuu ulospuhallusventtiilin koosta ja hätäsyöttöjärjestelmän kapasiteetista.

TMI-2 laitoksen osalta tapahtuneessa tilanteessa $L = 1$, koska apusyöttöjärjestelmän venttiilit olivat suljetut estäen apusyöttöveden kulun höyrystimeen. Lisäksi on arvioitu ulospuhallusventtiilin aukijuuttuminen kyseisellä laitoksella tapahtuvan kerran 50:ssä tapauksessa ($Q = 2 \times 10^{-2}$). Tällöin onnettomuusketjun todennäköisyydeksi saadaan olettamalla vielä lisäksi, että $M = 1$, koska B & W-tyyppisessä laitoksessa höyrystimen kuivaksikiehumisaika on oleellisesti lyhyempi kuin esim. Westinghousen laitoksissa.

$$TMQ = 6 \times 10^{-2} \quad (T = 3; \quad M = 1; \quad Q = 2 \times 10^{-2})$$

Onnettomuuden antamien opetusten perusteella systeemiä voidaan ajatella parannettavaksi seuraavasti

$$\begin{aligned} T &= 3 \\ M &= 5 \times 10^{-1} - 10^{-1} \\ L &= 10^{-2} - 10^{-5} \\ Q &= 2 \times 10^{-2}, \end{aligned}$$

jolloin onnettomuusketjun todennäköisyys asettuisi tasolle $TMLQ = 3 \times 10^{-4} - 6 \times 10^{-8}$.

4. TMI-2-laitoksen onnettomuuden vaikutukset muissa maissa

Eri maiden edustajat esittivät omat selostuksensa TMI-2 onnettomuuden aiheuttamista toimenpiteistä kussakin maassa. Näissä selostuksissa, jotka Suomea ja Italiaa lukuunottamatta esitettiin ainoastaan suullisesti, tuotiin esille mm.

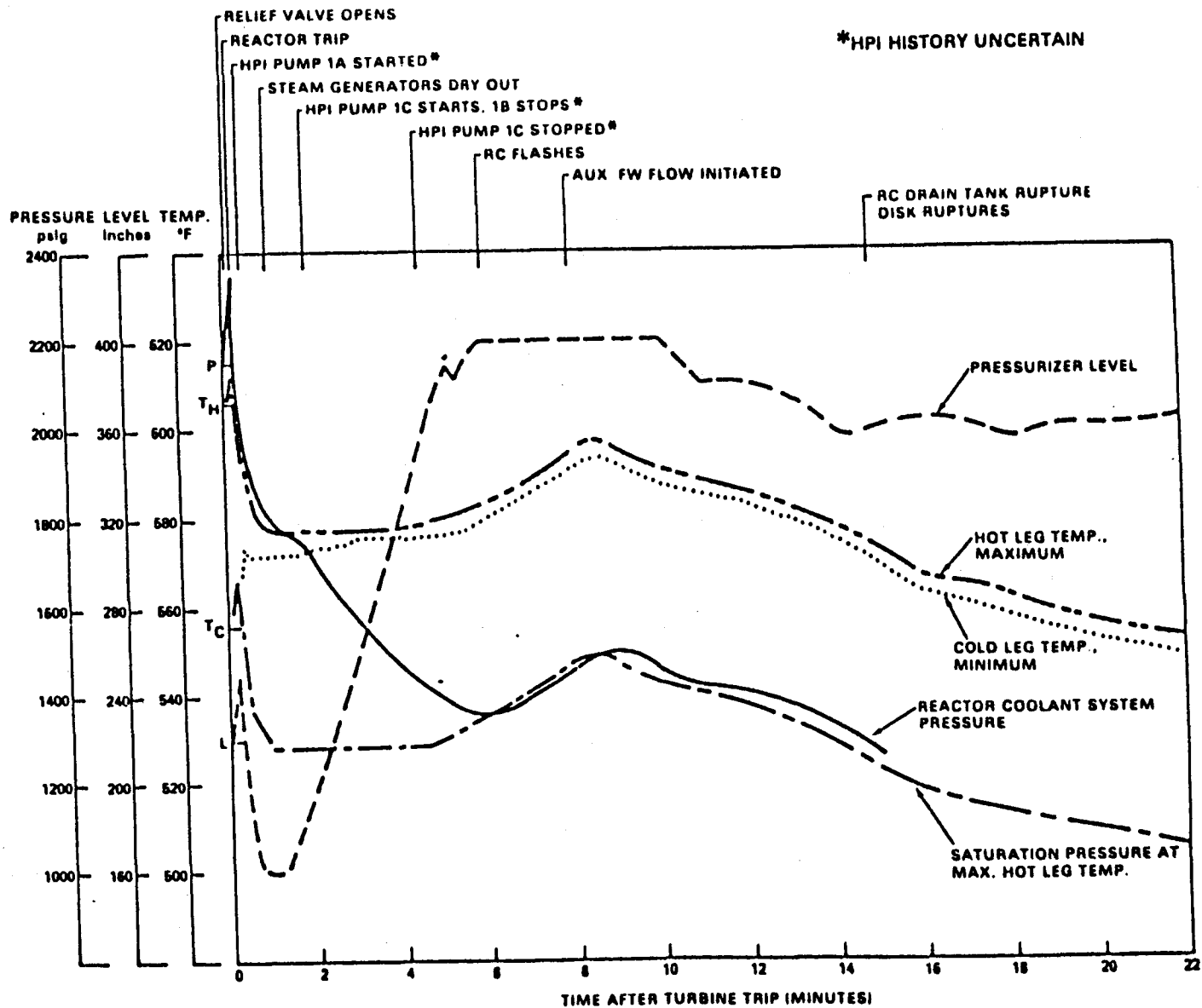
seuraavia seikkoja:

- useimmissa maissa on suoritettu reaktorijärjestelmien analysointia onnettomuuden kulkuun ratkaisevasti vaikuttaneissa osajärjestelmissä mahdollisesti ilmenevien yhtäläisten puutteiden havaitsemiseksi
- useimmissa maissa ei ole katsottu olevan tarvetta välittömiin käyttörajoitustoimenpiteisiin, mutta onnettomuuden syvällisempi analysointi ja sen pidemmällä tahtäyksellä edellyttämien käyttö- tai suunnittelumuutosten harkinta on edelleen käynnissä
- hätäjäähdetyksen käynnistytävä alhaisen paineen perusteella riippumatta pinnan korkeusindikaatiosta
- ulospuhallusventtiilien sulkeutuminen vaadittaessa on varmistettava
- suojarakennuksen eristyksen käynnistytävä hätäsyötön alkaessa riippumatta suojarakennuksen paineesta
- instrumentointia täydennettävä
- onnettomuuden jälkeinen jäähditys varmennettava
- pienten jäähdytteenmenetysonnettomuuksien analysointia tehostettava
- vedyn muodostumismekanismeja ja sen käyttäytymistä jäähdytysjärjestelmässä onnettomuuksien yhteydessä on selvitettävä perusteellisemmin; (mm H₂O - Zr-reaktion riippuvuus höyryn paineesta)
- sydämen vaurioitumismekanismeja ja vapautuvien radioaktiivisten aineiden jakautumista reaktorilaitoksen eri tiloihin tutkittava edelleen
- höyrystimen ja sekundaaripiirin merkitys lämmönpoistossa pienten jäähdyttevuotojen yhteydessä selvitettävä
- pääkiertopumppujen toimintaedellytykset 2-faasialueella tutkittava
- lauhtumattomien kaasujen poistaminen jäähdytysjärjestelmästä varmistettava
- onnettomuusanalyseissä tarkasteltava säätösauvojen mahdollisen sulamisen vaikutusta onnettomuustapahtumien kulkuun
- jodisuodattimien tehokkaan toiminnan varmistaminen onnettomuustilanteissa
- tarkasteltava yksityiskohtaisemmin onnettomuustilanteita, joissa tapahtuu primaaripiirin paineenlasku sekundaaripiiriin tapahtuvan vuodon seurauksena
- selvitettävä syyt primaariveden boorikonsentraation alenemiseen onnettomuuden kuluessa
- täydennettävä onnettomuuden yhteydessä saastuneiden vesien varastointikapasiteettia
- kvantitatiivisten riskiarviointimenetelmien käyttöä tehostettava järjestelmien suunnittelussa ja vaihtoehtojen vertailussa

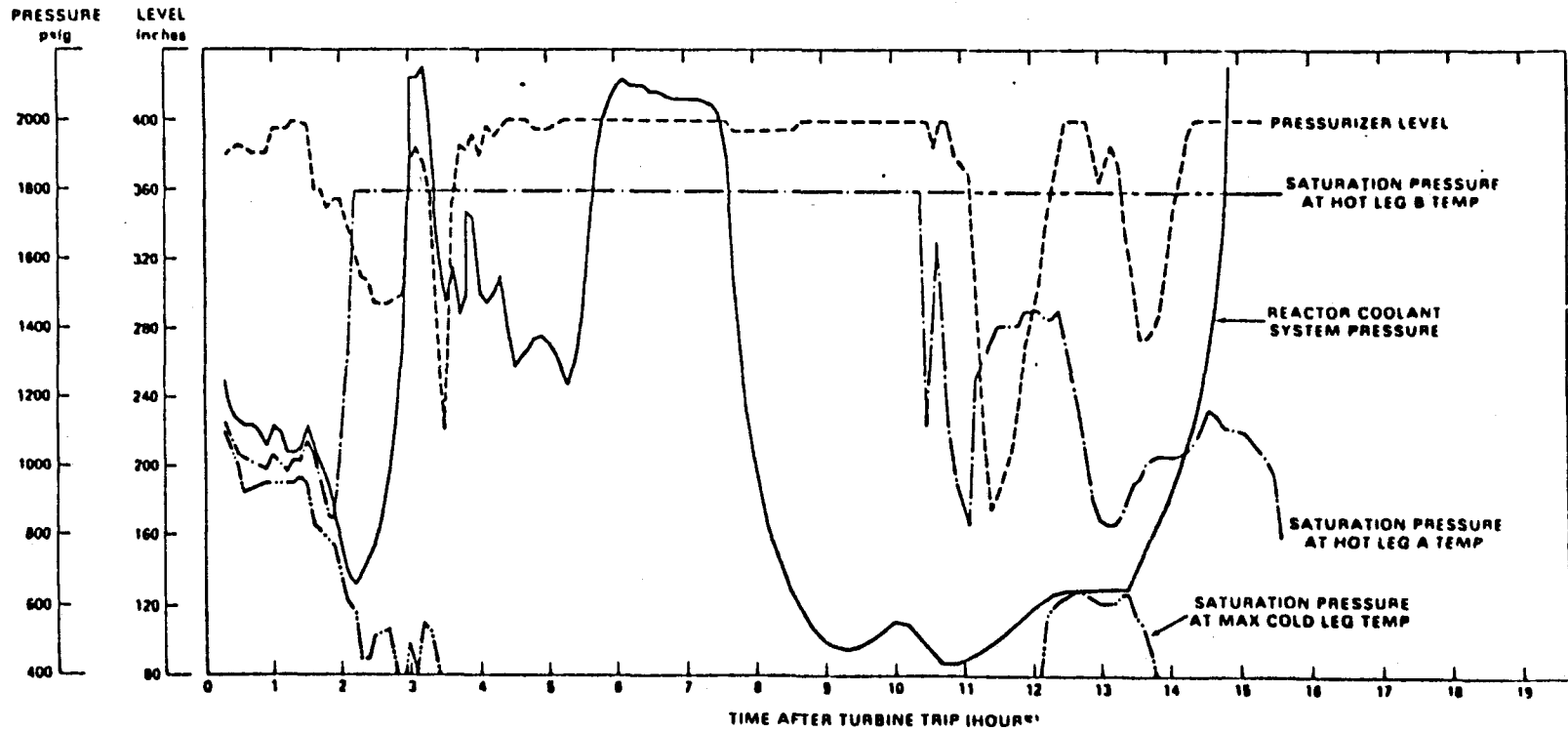
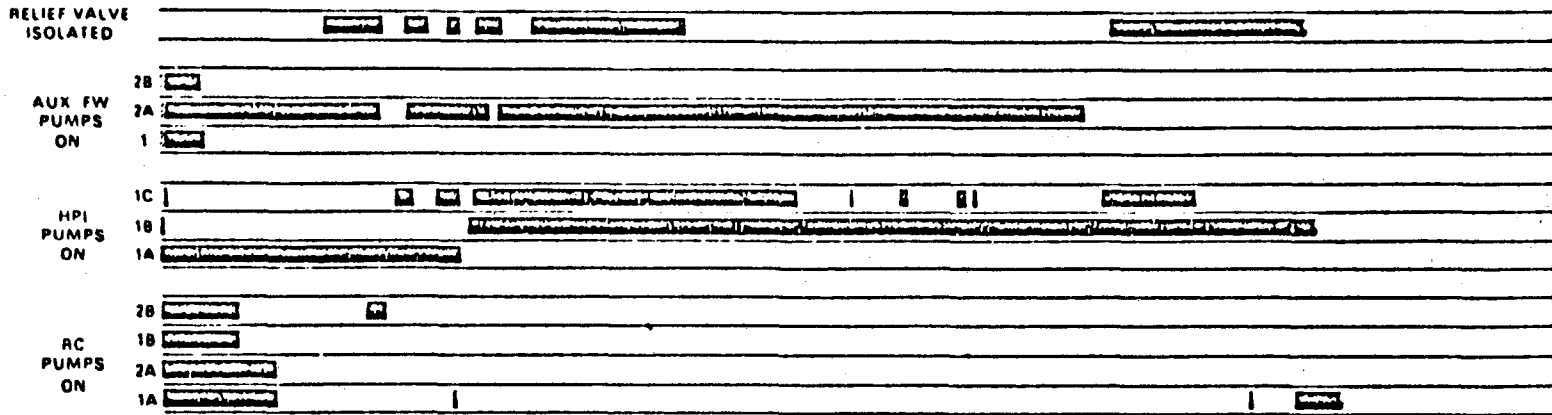
REACTOR COOLANT SYSTEM PARAMETERS IN MINUTES AFTER TURBINE TRIP AT THREE MILE ISLAND, UNIT 2, MARCH 28, 1979.

Kuva 1

51



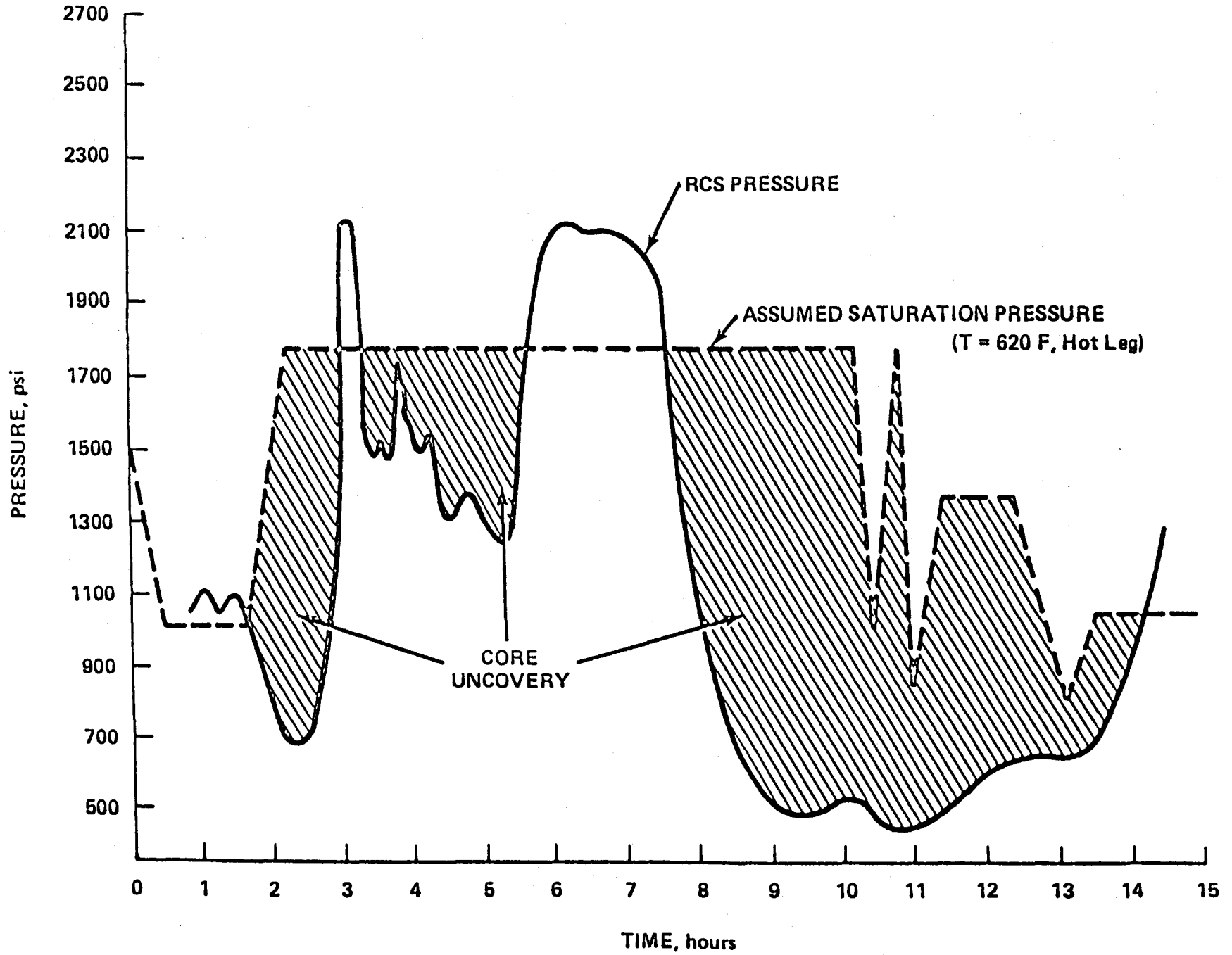
REACTOR COOLANT SYSTEM PARAMETERS IN HOURS AFTER TURBINE TRIP AT THREE MILE ISLAND, UNIT 2, MARCH 28, 1979.



52

KUVA 2

SYSTEM PRESSURE HISTORY



TMI-2-onnettomuuden aikahistoria ja suoritettut toimenpiteet

- ennen klo 4.00
28.3.1979
- reaktorin teho 97 %
 - laitoksen henkilökunta suorittaa syöttövesijärjestelmää koskevia huoltotöitä
 - reaktori toimii täysin automaattisäädön alaisena
- t = - 1 s
- syöttöveden puhdistusjärjestelmässä olevat pumput (condensate booster pump & condensate pump) pysähtyvät
- t = 0
- syöttövesipumput pysähtyvät aiheuttaen turpiinin pikasulun
- t = 0+
- apusyöttövesipumput käynnistyvät
 - paineistimen pinnankorkeus ja paine nousevat nopeasti
- t = 1 s
- turpiini pysähtyy
 - 500 kV katkaisijat avautuvat
- t = 3-6 s
- paineistimen varoventtiili avautuu primaaripiirin paineen noustua 2255 psig (155 bar)
- t = 8 s
- reaktorin pikasulku primaaripiirin paineen noustua edelleen 2355 psig (162 bar)
- t = 13 s
- primaaripiirin paine alentunut tasolle 2205 psig (155 bar), jossa paineistimen varoventtiilin tulisi sulkeutua
- t = 14 s
- apusyöttövesipumput ovat saavuttaneet täyden paineen (mutta syöttävät aiempien huoltotöiden yhteydessä kiinni jätettyjä venttiilejä vasten)
- t = 54 s
- paineistimen pinnankorkeus saavuttaa alimman kohdan ja alkaa uudelleen nopeasti nousta (oletettavasti johtuen primaaripiiriin kehittyvien höyryaukkojen syntymisen myötä)
- t = 1 min
- höyrystimien A ja B sekundaaripuolen pinnankorkeus hyvin alhaalla ja ne alkavat kuivua
- t = 2 min 4 s
- hätäjähdytysjärjestelmän korkeapainepumput käynnistyvät
 - lämmönsiirto sekundaaripiiriin täysin keskeytynyt (kylmä ja kuuma haara samassa lämpötilassa)
- t = 3 + min
- paineistimen pinnankorkeus yli asetusarvon
- t = 4 min 38 s
- korkeapainepumppu 1 C pysäytetään, pumppu 1 A jää käyntiin kuristettuna
- t = 6 min
- paineistimen höyrypatja poistunut
 - primaarivesi alkaa kiehua; paine 1350 psig (93 bar), kuumen haaran lämpötila 585 °F (307 °C)
- t = 7 min 43 s
- reaktorin suojarakennuksen pohjakaivopumppu käynnistyy
- t = 8 min
- operaattori havaitsee apusyöttövesipiirin venttiilien olevan kiinni; niiden avaamisen jälkeen höyrystimet alkavat saada syöttövettä ja sekundaaripuolen pinnankorkeus alkaa nopeasti nousta

- t = 10 min 19 s - toinen suojarakennuksen pohjakaivopumppu käynnistyy, pumpa-
ten apurakennukseen vettä 280 gall/min
- t = 10 min 24 s - korkeapainepumppu 1 A pysähtyy, käynnistetään ja pysähtyy
uudelleen
- t = 10 min 48 s - suojarakennuksen pohjakaivon pinnankorkeus ylittää hälytys-
rajan
- t = 10 - 11 min - paineistimen pinnan korkeus palautuu asteikon ylärajan ala-
puolelle ja alkaa nopeasti laskea
- t = 11 min 40 s - korkeapainepumppu 1 A käynnistetään; pysähtyy; käynniste-
tään uudelleen ja jää käyntiin kuristetussa tilassa
- t = 15 min - primääriveden purkusäiliön (quench tank) murtolevy rikkou-
tui paineessa 192 psig (13 bar), koska aukiolevasta varo-
venttiilistä purkautui jatkuvasti vettä
- t = 18 min - polttoaineen varastointitilassa havaitaan jodimäärän luke-
massa pieni äkillinen nousu
- t = 20 - 60 min - primääripiirin olosuhteet asettuneet arvoihin 1015 psig/
550°F (70 bar/288°C)
- t = 38 min - suojarakennuksen pohjakaivopumput pysäytetään
- t = 1 h 15 min - pääkiertopumput piirissä B pysäytetään (kavitaation aih.
värähtelyn takia)
- t = 1 h 40 min - pääkiertopumput piirissä A pysäytetään samasta syystä
- säteilymonitorit osoittavat huomattavan hyppäyksellisen
kasvun säteilytasossa
- t = 1 1/2 + h - kylmän ja kuumen haaran välinen lämpötilaero alkaa kasvaa,
reaktorisydämen ylikuumentuminen alkaa luonnonkierron puut-
tumisen vuoksi, sydämen yläosa on paljaana
- t = 2.3 h - paineistimen varoventtiilin kautta tapahtuva jäähdytteen
purkaus saadaan keskeytettyä sulkemalla samassa piirissä
oleva sulkuventtiili
- t = 2 h 54 min - pääkiertopumppu 2 B käynnistetään 19 min ajaksi ja primaari-
piirin paine nousee 2200 psig:iin (155 bar)
- t = 3 h 13 min - paineistimen sulkuventtiili avataan primaaripiirin paineen
alentamiseksi
- t = 3 h 23 + min - korkeapainesyöttö (HPI) käynnistetään
- t = 3 h 26 min - korkeapainesyöttö (HPI) pysäytetään
- t = 4 h 20 min - säteilytaso suojarakennuksessa 600 R/h
- t = 5 h - suojarakennuksen paine 4 psig (0,28 bar)
- primaaripiirin paine 1375 psig (96,7 bar)
- paineistin täynnä vettä
- höyrystimen sekundaaripuolen pinnan korkeus 40-50 %
- suojarakennuksen säteilytaso 6000 R/h

- t = 5 h 42 min - primaaripiirin paine noussut arvoon 2000 psig (141 bar)
- t = 7 h 30 min - operaattori avaa paineistimen sulkuventtiilin ja yrittää alentaa piirin paineen alle 400 psig (28 bar), jolloin voitaisiin käynnistää jälkilämmön poistojärjestelmä
- t = 9 h - primaaripiirin paine 500 psig (34 bar)
- t = 9 h 15 - hätäjähdytysakut purkautuvat osittain
- t = 9 h 50 min - suojarakennuksen paineessa havaitaan 28 psig (1.9 bar) piikki, mikä käynnistää suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmän n. 2 min. ajaksi. Painehuippu oletettavasti johtuu rajoitetusta vetypalosta
- t = 13 h 30 min - primaaripiirin paine nostetaan jälleen sulkemalla paineistimen sulkuventtiili
- t = 14 h 45 min + - paine noussut arvoon n. 2300 psig (158 bar)
- t = 15 h 51 min - pääkiertopumppu piirissä A käynnissä
ja - primaaripiirin paine 1000 psig (69 bar)
- 27.4. asti - lämmönsiirto yhdellä höyrystimellä päälauhduuttimeen
- 27.4.1979 lähtien - laitos toimii luonnonkierrolla ja lämmönpoisto tapahtuu höyrystimen kautta

TMI-2 laitoksen olosuhteet tällä hetkellä (kesäkuu 1979):

- paine 22,8 bar
- jäädytteen lämpötila $T_{in} = 65,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{out} = 70,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- sydämen kuumimman kohdan lämpötila $167,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- suojarakennuksen alipaine 0,014 bar
- veden pinnan korkeus suojarakennuksessa n. 2,1 m
- päästöt ympäristöön selvästi alle sallittujen yläraja-arvojen

SAKSALAISEN HDR (HEISSDAMPFREAKTOR) -REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUS- OHJELMAN TULOKSET SAADAAN SUOMEEN

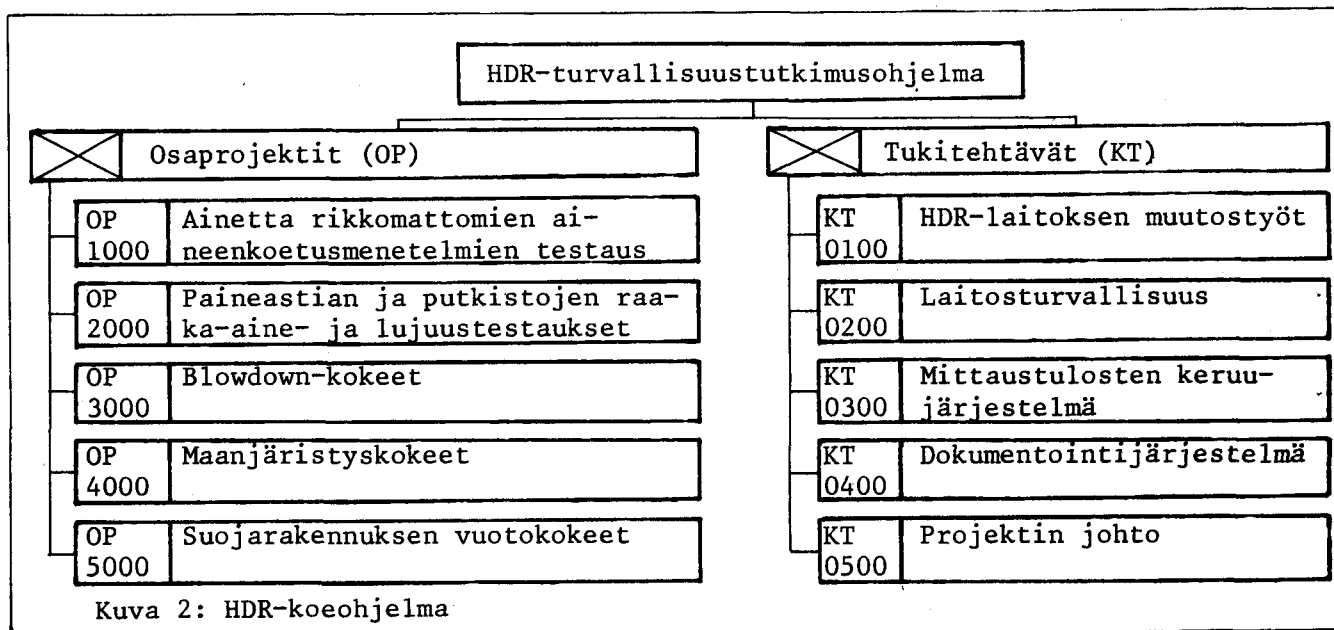
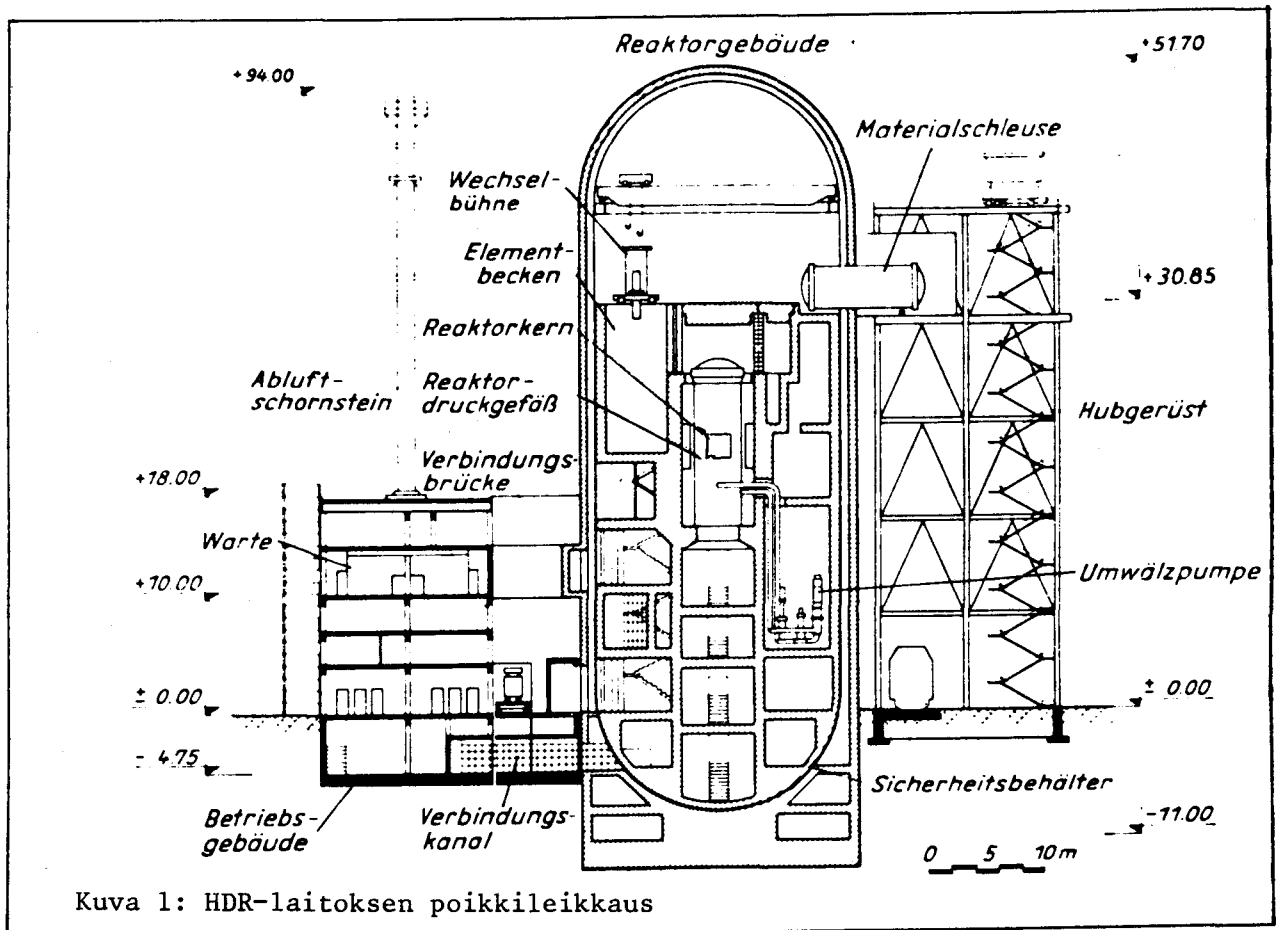
Taustaa

Suomalainen ydinvoiman käyttöön liittyvä turvallisuustutkimus on tukeutunut valtaosaltaan amerikkalaiseen perustietoon, lähinnä siksi, että muiden maiden merkittävien tutkimusohjelmien tulosten saatavuus Suomeen on ollut vaikeaa. Selvänä puutteena on ollut mm. se, että Saksan liittotasavallan mittavien turvallisuustutkimusohjelmien tuloksia on saatu vain rajoitetusti. Tähän on nyt tullut osittainen parannus, kun VTT ja TVO ovat hankkineet täydet oikeudet saksalaisen HDR-projektin (Projekt Heissdampfreaktor-Sicherheitsprogramm (PHDR)) tutkimustuloksiin. Tehty sopimusjärjestely on voimassa viisi vuotta ulottuen vuoteen 1984.

Tämän vuoden toukokuussa Studsvik Energiteknik AB ja Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) solmivat sopimuksen reaktorien turvallisuutta koskevan teknisen tutkimuksen tulosten vaihdosta. Sopimuksessa saksalaiset saavat käyttöönsä Marvikenissa suoritettut MX-III-CFT -projektin tulokset sekä eräitä muiden ruotsalaisten projektien tuloksia, ruotsalaiset ja heidän kanssaan erillisen sopimuksen tekävä suomalainen osapuoli saavat käyttöönsä HDR-projektin tulokset. Varsinainen suomalainen osapuoli on VTT. TVO on mukana kuvassa siten, että VTT Suomesta TVO:n ja omasta puolestaan sekä Studsvik Ruotsista yhdessä toteuttavat erillisen HDR-koetulosten analyysiprojektin. Suomalainen osuus, lähinnä n. 2 htv:n työpanos, on samalla Suomen maksu HDR-tiedon saamisesta. HDR-sopimus rajoittaa yksityiskohtaisen HDR-tiedon levittämistä Suomessa. Kuitenkin valtion viranomaisilla on ilman muuta tietoihin täydet oikeudet.

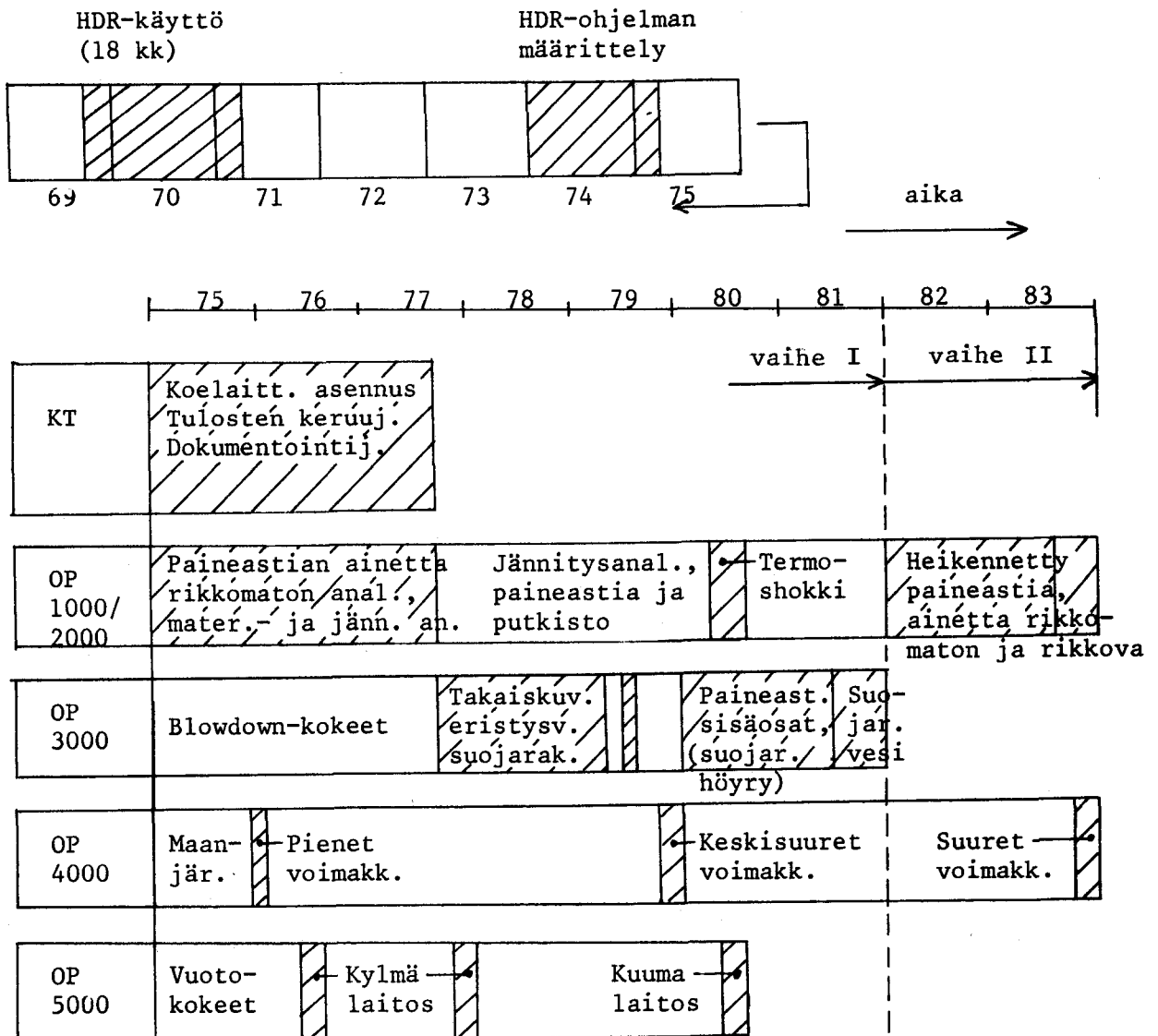
HDR-projektin synty, sisältö ja aikataulu

HDR-laitos rakennettiin 60-luvun lopulla Kahl/Mainiin noin 40 km Frankfurt/Mainista itään. Tyypiltään se oli tulistettua höyryä tuottava kiehutusvesireaktori (100 MW_{th}) ja oli käytössä 1.5 vuotta vuosina -69...-71. Polttoainesauvojen suojakuorissa havaittujen vaurioiden vuoksi laitos suljettiin, mihin osaltaan myös vaikutti se, että nykyään käytettävät kevytvesireaktorit valtasivat alaa muihin ratkaisuihin verrattuina. Laitoksen sulkeamisen jälkeen eri käyttövaihtoehdoista päädyttiin HDR-reaktoriturvallisuustutkimusohjelman suorittamiseen laitoksella. Ohjelma on laadittu siten, että testit ja kokeet suoritetaan käytännön vaatimusten mukaisessa järjestyksessä. Näin esimerkiksi aluksi on tutkittu reaktoripaineastian ja putkistojen materiaaliominaisuuksia, mahdollisesti esiintyvien vikojen sijaintia ja suuruutta ym., minkä jälkeen on voitu suorittaa rakenteita rasittavia blowdown-kokeita. Koeohjelman aikaisemmassa vaiheessa pyritään tietoisesti välttämään rakenteiden ja materiaalien rikkoutumista, sen sijaan ohjelman loppuvaiheessa tehtävissä kokeissa tähän eräissä tapauksissa pyritään. Kuvassa 1 on esitetty HDR-laitoksen poikkileikkaus, ja kuvassa 2 esitetään HDR-koeohjelman jakautuminen osaprojekteihin ja projektin tukitehtäviin.



HDR-projektin tukitehtävistä KT 0300 ja KT 0400 ovat oleellisen tärkeitä, koska nimenomaan blowdown-kokeissa suoritetaan paljon mittauksia. Tulosten keruujärjestelmä on hyvin saman kaltainen Marvikenissa olevan järjestelmän kanssa perustuen PCM-laitteen hyväksikäyttöön. Yhteensä 406 eri mittausta voidaan suorittaa PCM-laitetta käyttäen. Dokumentointijärjestelmälle on asetettu suuret vaatimukset, koska sen tulee selvittää datan määräästä, joka redusoitunakin voi olla noin $250 \cdot 10^6$ mittausarvoa.

HDR-koeohjelma jakautuu kahteen vaiheeseen, joista jälkimmäisen sisältö määritetään osittain edellisen vaiheen koetulosten pohjalta ja osittain samanaikaisesti ensimmäisen vaiheen aikana tehtyjen teoreettisten analyysien pohjalta. Toisen vaiheen aikana tullaan tekemään kokeita, joissa paineastia ja mahdollisesti suojarakennus osittain vaurioituvat. Kuvassa 3 on esitetty HDR-koeohjelman aikataulu.



Kuva 3: HDR-koeohjelman aikataulu

HDR-osaprojektit

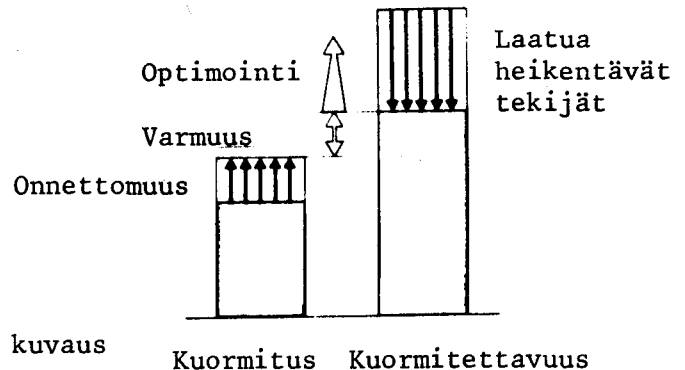
1. Ainetta rikkomattomien aineenkoetusmenetelmien testaus

Osaprojektissa on useilla eri aineenkoetusmenetelmillä (esim. ultraääni-, akustinen emissio- ja pyörrevirtamenetelmät) tutkittu paineastiassa olevia säröjä. On pyritty selvittämään, miten eri menetelmillä pystytään paikantamaan säröt sekä säröjen suuruus ja muoto. Tehtyjen kokeiden perusteella on paineastia todettu soveliaaksi blowdown-kokeita varten. Toisen vaiheen aikana suoritetaan havaittujen säröjen kohdalta ainetta rikkovat kokeet, joiden tuloksena särö voidaan tarkasti määrittää. Kokeitten rinnalla suoritetaan teoreettisia analyysejä, joiden avulla pyritään selvittämään mm., kuinka särö rasiituksen aikana kasvaa.

Projektin päämääränä on 1) teoreettisten analyyysien verifioiminen kokeelliseen dataan perustuen ja 2) ainetta rikkomattomien aineenkoetusmenetelmien optimaalinen käyttö säröjen ja murtumien löytämiseksi ja niiden muodon määrittämiseksi. Molemmat tavoitteet lisäävät tietoutta siitä, kuinka turvallisiksi ja varmaksi komponentti voidaan arvioida.

2. Paineastian ja putkistojen raaka-aine- ja lujuustestaukset

Osaprojekti pyrkii selvittämään reaktorin primaaripiirin komponenttien ja komponenteissa käytettyjen materiaalien kestävyyttä ja varmuusmarginaaleja. Aiheen ongelmakenttää selventää kuva 4.



Kuva 4: Varmuusmarginaalin kaaviollinen kuvaus

Materiaaleissa esiintyy aina joitain lujuutta heikentäviä tekijöitä (esim. säröt, aineiden seostussuhteiden vaihtelut), jotka vähentävät materiaalin kuormitettavuutta. Toisaalta komponentti joutuu onnettomuustilanteissa suurempien rasitusten alaisiksi kuin normaalin käytön aikana, komponentin kuormitus kasvaa. Epäedullisimman kuormitettavuuden ja kuormituksen suhde ilmaisee komponentin varmuusmarginaalin. Osaprojektissa suoritetaan komponenttien kuormitusanalyysejä ja materiaalien vahingoittumisanalyysejä sekä HDR-laitoksesta otetuille koepaloille että mahdollisimman virheettömille referenssikoe-paloille. Kokeitten rinnalla suoritetaan teoreettisia jännitysanalyysejä, joita sitten verrataan kokeellisiin jännitysanalyyseihin. Toisen vaiheen aikana tehdään komponenttien vahingoittumiskokeita heikentämällä komponentteja tietyistä paikoista, jolloin saadaan tarkkaan selvitettyksi komponentin kuormitettavuus. Tätä ennen on suoritettu teoreettinen vahingoittumisanalyysi.

Myös osaprojektit 3000, 4000 ja 5000 antavat hyödyllistä dataa osaprojektin 2000 tutkimuksia varten. Lopullisina tavoitteina on teoreettisten analyyysien verifioiminen kokeellisella datalla sekä käytettyjen menetelmien konservatiivisuuden arviointi. Seurauksena näistä päämääristä on komponenttien ja komponenttimateriaalien varmuusmarginaalien parantuminen, josta taas on seurauksena materiaalisäästöjä ym.

3. Blowdown-kokeet

Osaprojektissa on tutkittu eri komponenttien (esim. syöttöveden takaiskuventtiili, päähöyryputken eristysventtiili) käyttäytymistä LOCA-tapauksissa. Samoin on tutkittu lämpötilan jakautumista paineastiassa blowdownin aikana. Edelleen tullaan suorittamaan kokeita, joissa tutkitaan paineastian sisäosien käyttäytymistä LOCAn aikana. Reaktorisydämen virtauksia pyritään saamaan aikaan simulointimallilla. Lisäksi paineastian sisäosille tehdään ns. "snap back"-kokeita. Suojarakennuksen kestävyyttä ja painejakautumia LOCAn aikana tullaan tutkimaan.

Tavoitteina on 1) näyttää toteen komponenttien toimintavarmuus LOCAn aikana, 2) tehtyjen termohydraulisten koodien ja rakenneanalyysikoodien verifiointien kokeellisella datalla. Lisäksi tuloksia voidaan hyödyntää osaprojektissa 2000.

4. Maanjäristyskokeet

Osaprojektissa suoritetaan erilaisia rakennuksen ja komponenttien rasitus- ja värähtelykokeita. Aluksi rasitukset ovat pieniä (pieniä dynamiittipanoksia suhteellisen kaukana rakennuksesta, tärinää aiheuttavia laitteita), sen sijaan toisen faasin aikana huomattavasti suurempia saattaen aiheuttaa rakenteiden rikkoutumista.

Tavoitteina on verrata teoreettisia analyysejä (lineaariset ja epälineaariset) mitattuihin rakenteiden liikkeisiin ja värähtelyihin. Pyritään selvittämään materiaalien, maaperän ominaisuuksien ja rakenteiden konstruktion vaikutus rakenteiden värähtelykäyttäytymiseen. Näiden seurauksena voidaan edelleen kehittää parempia tietokonekoodeja rakenteiden seismisen käyttäytymisen määrittämiseksi.

5. Suojarakennuksen vuotokokeet

Osaprojektissa tutkitaan suojarakennuksen seinämien läpi vuotavan ilmamäärän suuruutta, vuodon riippuvuutta eri tekijöistä (nouseva tai laskeva paine, lämpötila, paineaalto). Edelleen pyritään suorittamaan useita kokeita samojen olosuhteitten vallitessa, millä pyritään 1) parantamaan vuotomäärien mittaustelmää ja 2) verifioidaan kokeitten toistettavuus ja tietyn mukainen riippuvuus olosuhteista. Toistaiseksi on tehty kokeita kylmällä laitoksella (20... 50 °C). Edelleen tullaan suorittamaan kokeet kuumalla laitoksella (käytön aikaiset lämpötilat), jolloin tutkitaan lämpötilan ja kosteuden jakautumista suojarakennuksessa. Blowdown-kokeitten yhteydessä mitataan paineen, lämpötilan ja kosteuden aika- ja sijaintiriippuvuuksia suojarakennuksessa.

Tavoitteina osaprojektissa on selvittää normaalikäytön aikaiset suojarakennuksen vuotomäärät ja eri tekijöiden vaikutus suojarakennuksen tiiveyteen. Näin pyritään parantamaan suojarakennuksen tiiveyskokeitten luotettavuutta sekä myös rakennusten tiiveyttä.

Lopuksi

HDR-projektin budjetti on kaikkiaan noin 90 MDM. Siihen osallistuu KfK:n kanssa sopimuksen tehneinä useita saksalaisia eri erityisalojen asiantuntijaorganisaatioita. HDR-tulosten käyttöoikeus ei rajoitu ainoastaan kokeellisen datan saantiin, myös projektissa tehdyt analyytit ja tietokonekoodit ovat sopimuksen piirissä. Tältä pohjalta nähtynä on todettava, että sopimuksen mahdollistanut TVO:n ja VTT:n yhteistyö ja edelleen Studsvikin ja VTT:n yhteistyö on kanta-massa runsasta hedelmää.



Ilkka Savolainen

SAKSALAINEN YDINVOIMALAITOSTEN RISKITUTKIMUS

Saksalaisesta ydinvoimalaitosten riskitutkimuksesta on julkaistu yhteenveto ja tutkimukseen liiteraportit julkaistaneen lähiaikoina. Liitteenä on tutkimuksen julkaisussa annettu lehdistötiedote. Tutkimuksen tämänhetkisestä vaiheesta käytetään nimeä vaihe A ja myöhemmin on tutkimukseen kohdistuneet kommentit ja kritiikki tarkoitus ottaa huomioon vaiheessa B, joka on suunnitteilla. Vaiheessa A on tarkasteltu saksalaisten ydinreaktorien turvallisuutta WASH-1400:n tutkimusmenetelmillä ottaen huomioon laitosten teknologiassa ja sijoituspaikassa olevat erot.

Tärkeimmät piirteet raporteista ja tuloksista ovat

- huolimatta laitosten teknillisistä eroista ja erilaisista sijoituspaikoista tulokset sopivat varsin hyvin yhteen WASH-1400:n kanssa
- tulosten epätarkkuusalue on arvioitu suuremmaksi
- sydämensulamisonnettomuuksien todennäköisyyksien summa on noin kerran 10 000 vuodessa
- primaarikiertopiirin pienet vuodot yhdessä inhimillisten virhetoimintojen kanssa aiheuttavat puolet sydämensulamisonnettomuuksista
- radioaktiivisten aineiden päärokkategorioiden vapautumisosuudet eivät poikkea kovin paljon WASH-1400:sta, eräissä päästökategorioissa vapautuminen on jaettu kolmeen jaksoon
- pahimmassa onnettomuustilanteessa (todennäköisyys $5 \cdot 10^{-10}$ /a arvioidaan aiheutuvan säteilyn varhaisvaikutuksena 14 500 kuoleman tapausta ja 104 000 syövästä johtuvaa kuolemantapausta. Syöpätapauksista puolet on Saksan liittotasavallan rajojen ulkopuolella. Perinnöllisten sairaustapausten lukumääriä ei ole arvioitu, koska tutkimuksessa on pidetty eläinkokeisiin liittyviä riskikriteerejä liian epäluotettavina.
- evakuointi oletetaan suoritettavaksi vaiheittain, lähimmällä alueella 8 tunnissa (33 km^2 , keskimäärin 6 900 ihmistä, maksimi 66 000), seuraavalla alueella 14 tunnissa 24 km:n etäisyyteen saakka (keskimäärin 5 200, maksimi 1000 000 ihmistä) ja viimeisellä alueella evakuointi suoritetaan ainoastaan säteilyn myöhäisvaikutusten estämiseksi (keskimäärin 180 000, maksimi 2 900 000 ihmistä)

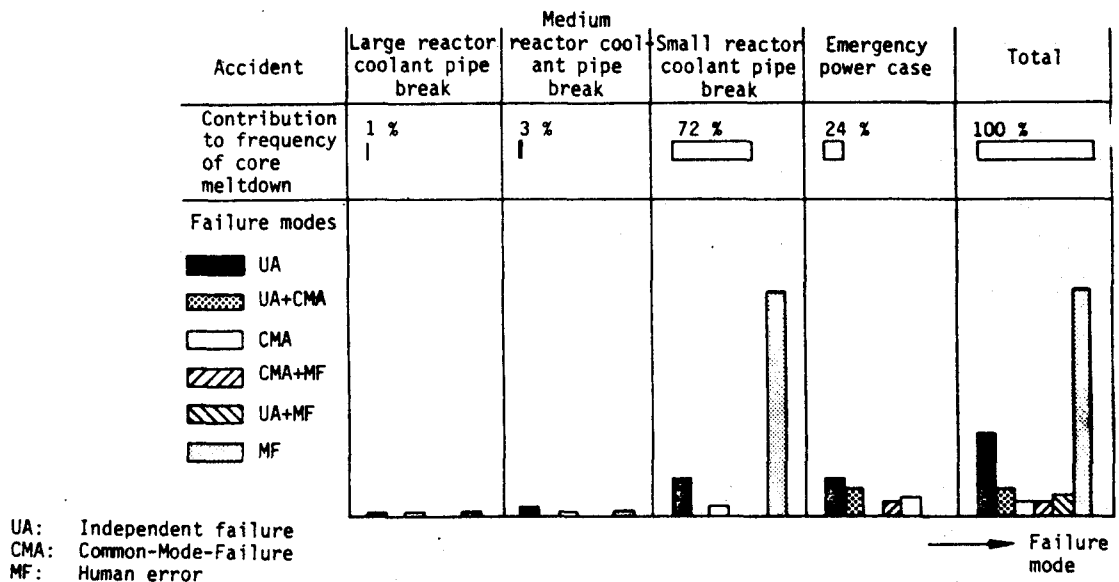


Fig. 5: Contribution of different failure modes to frequency of core meltdown

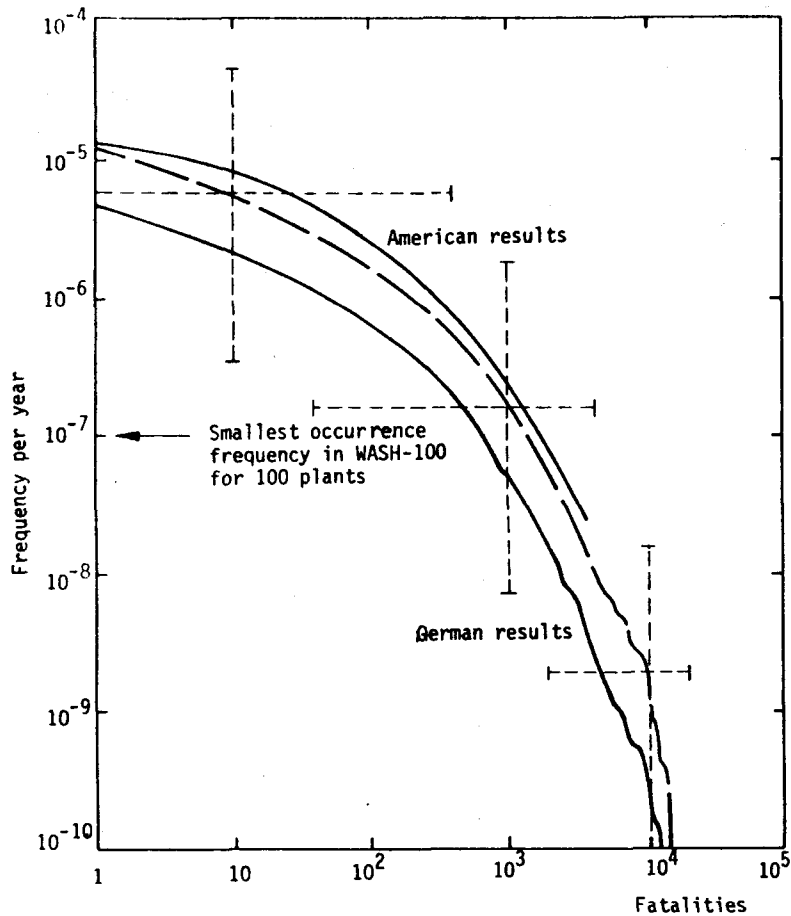


Fig. 11: Cumulative frequency distribution of early fatalities per year corresponding to 25 plants

The thick broken line with thin broken bars indicating 90 % confidence limits results from a different averaging method used in the German Risk Study.

For comparison: Median values of German Risk Study and American Reactor Safety Study

69

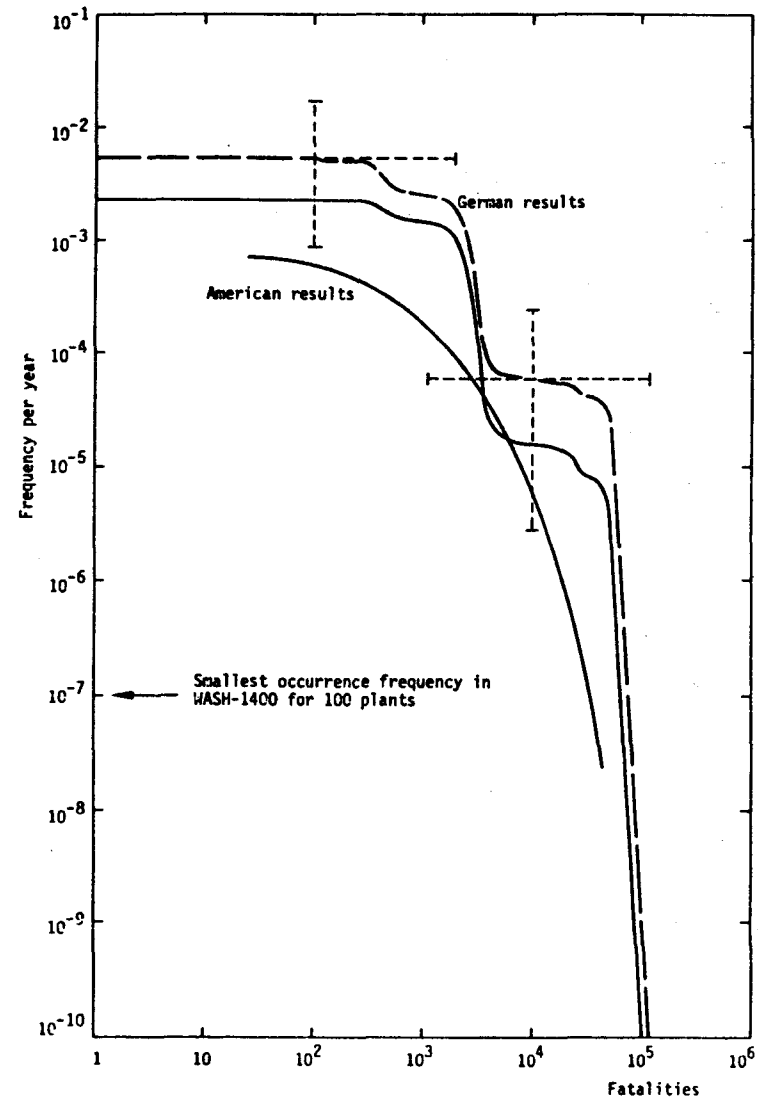


Fig. 12: Cumulative frequency distribution of late fatalities per year corresponding to 25 plants

The thick broken line with thin broken bars indicating 90 % confidence limits results from a different averaging method used in the German Risk Study

For comparison: Median values of German Risk Study and American Reactor Safety Study

Press release: The German Risk Study for Nuclear Power Plants
Köln, August 14, 1979

Contract

The German Federal Minister for Research and Technology had awarded the German Risk Study Contract in June 1976 to the Reactor Safety Company (Gesellschaft für Reaktorsicherheit - GRS). In this study, the risk caused by accidents in nuclear power plants was to be investigated taking into account the specific German situation.

Phase A of this risk study has now been concluded after almost three years of work with an average involvement of about 20 scientists. Phase B is presently in the planning stage.

GRS is the main contractor of the risk study; its manager, Prof. Adolf Birkhofer, is scientifically responsible for the study. Several other institutions participated in the risk study, among others the Nuclear Research Center Karlsruhe (Kernforschungszentrum Karlsruhe) and the Radiation and Environmental Research Company (Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung). GRS has now submitted the results obtained in a 475 page main volume to the Minister of Research and Technology, Volker Hauff. In addition to this report, the investigations performed, the results obtained and related observations are documented in several scientific appendices. A summary is available*) for fast orientation on the risk study.

Although risk analyses are also applicable to other technical disciplines, comparable studies were, up to now, essentially restricted to nuclear installations. The American Reactor Safety Study published in October 1975 is best known in this respect. It is usually cited as the Rasmussen Report.

The German Risk Study in phase A is based mainly on the American analytical techniques in order to enable comparisons between both studies. However, differences in plant design and siting conditions are taken into account.

*) Available from: Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Postfach 20 07 06, D-5300 Bonn 2

Background

From the very beginning of nuclear engineering, safety considerations played an important role. They are a control constituent of any nuclear licensing process. Consequently, a safety concept for nuclear power plants was developed taking into consideration comprehensive safety requirements to such a degree as they are not to be found in any other technology.

The objective of this safety concept is to ensure the safe containment of the radioactive material present in a nuclear power plant at all times. This concept has proved itself: in more than 25 years in which nuclear power plants are operated, nobody has lost his life due to radioactive releases from nuclear power plants.

Nuclear power plants are equipped with comprehensive safety features in order to prevent or mitigate accidents. Incidents which are controlled by the safety features of the plant do not cause damage external to the plant site. A contribution to the overall risk, therefore, is only to be expected from such sequential events which develop into accidents by a failure of safety features and, thus, lead to radioactive releases into the environment.

Objectives

With this study, an attempt was to be made to determine the societal risk of nuclear power plants in the Federal Republic of Germany. For this purpose, the frequency of accidents and the consequential health damages are determined. The study was to enable a comparison with the American results by a far-reaching adaptation to the basic assumptions and methods of the Rasmussen Study.

The objectives have to be seen in context of, and as a part of, the broad research program on reactor safety. The results shall

be utilized to develop new, and to improve existing, safety-related review and assessment methods. Simultaneously, the present limitations of the probabilistic methods were to be determined. The results obtained shall eventually serve to identify starting points for initiating additional highly effective research programs.

Investigations

The calculations in the German Risk Study are based on 19 sites with a total of 25 reactor units as presently in operation, under construction or in the process of being licensed. This approach ensures that this data is representative for the societal risk caused by accidents of nuclear power plants in the Federal Republic of Germany.

The plant analyses were performed for the representative example of a 1300 MW pressurized water reactor. Necessarily, data was introduced into the analyses which originated from other installations. The results, therefore, have only model character and, basically, cannot be applied to a specific plant.

Results

The risk caused by accidents is essentially determined by such sequential events which lead to core meltdown and subsequently to a failure of the containment integrity. The frequency of a core meltdown accident is determined to be in the order of 1 in 10 000 per reactor operating year.

The results of the plant analyses demonstrate - as in the American Reactor Safety Study - that the decisive contributions are caused by uncontrolled small loss-of-coolant accidents and from loss of energy supply. Large coolant losses, however, play only a minor role in this regard. The investigations performed also show that external events do not provide risk contributions worthwhile mentioning.

The study demonstrates the decisive safety function of the containment vessel. In most of the analyzed accidents, the containment reduces or delays a radioactive release into the environment. This leads to the result that, in combination with effective emergency measures, only approximately 1 % of all core meltdown accidents cause early fatalities in the environment.

The calculated values of occurrence probabilities and of accident consequences are shown as risk curves for early fatalities (acute deaths) and late effects (deaths due to leukemia and cancer). They show a similar trend as those in the American Reactor Safety Study.

Taking into account the 25 reactor units considered, the range of early fatalities is from 2 cases with an occurrence probability of 1 in 100 000 per year up to 14 500 cases with an occurrence probability of 1 in 2 000 000 000 per year. The curve for late effects, again for the 25 reactor units, extend from 2 700 deaths with an occurrence probability of 1 in 1 000 per year up to 104 000 deaths with an occurrence probability of 1 in 2 000 000 000 per year. An appreciable fraction of the late effects is obtained, in the study, due to the utilized pessimistic model of radiation exposures in the order of the natural background radiation. The late effects would be distributed over decades affecting a population of approximately 670 000 000.

In addition to the risk curves, the expectancy values of early fatalities and late effects are important. They show that a yearly average of 0.001 acute deaths and 10 deaths due to late effects are to be expected. The comparative numbers for unrelated deaths due to leukemia and cancer are 1 890 000 per year in the same population. This number would include 8 400 deaths due to the natural background radiation as calculated with the same dose/risk correlation applied in the study. Similar calculations can also be performed for the late effects of medical radiation applications.

Evaluation

The study treats only the risk caused by incidents and accidents in nuclear power plants. Risks due to normal operation or other fuel cycle facilities are not taken into account. Any contribution from war, sabotage etc. was also neglected.

Risk analyses suffer from considerable uncertainties due to the present stage of development of the methods and the available data basis. The results, therefore, can only be considered as estimates of the risk to be evaluated.

The study took into account many results from investigations that are also applied in nuclear licensing processes.

A peculiarity of risk analyses is the fact that the introduction of additional safety features will reduce the occurrence probability, but not the resulting damage of an accident. Even with optimum safety provisions, the occurrence probability cannot be made exactly zero. Therefore, the question of risk acceptability cannot be separated from the accident probability. The solution to the risk acceptability problem, however, was not an objective of the German Risk Study as this is part of the political opinion forming process. The results of study can contribute to give a more rational basis to this process.

Further work

GRS has already offered proposals for the planned phase B of the German Risk Study as based on the results of phase A. These essentially aim at intensifying past investigations, thus increasingly improving the usefulness and certainty of the future investigations.

Lasse Mattila

SUOMEN OSALLISTUMINEN KANSAINVÄLISEEN REAKTORITURVALLISUUS- TUTKIMUKSEEN

YHTEENVETO VTT:N JÄRJESTÄMÄSTÄ INFORMAATIOILAISUUDESTA

VTT:n reaktorionnettomuuksien lämpö- ja virtausteknillinen analyysiprojekti (onnettomuusanalyysiprojekti, OAP) järjesti kesäkuussa informaatioilaisuuden, jossa esiteltiin erityisesti ko. projektin yhteydessä tapahtuvaa Suomen osallistumista kansainväliseen reaktoriturvallisuustudkimukseen. Samassa yhteydessä esitettiin kuitenkin myös yleisempi katsaus reaktoriturvallisuustudkimukseen niin Suomessa kuin myös koko maailmassa. Onnettomuusanalyysiprojekti on VTT:n suurin ydintekniikan projekti ja sen toiminnassa kansainvälinen yhteistyö on erityisen korostunut.

Tilaisuuden avauspuheenvuorossa prof. Veikko Palva, VTT:n Sähkö- ja atomitekniikan tutkimusosaston tutkimusjohtaja ja OAP:n johtoryhmän puheenjohtaja, totesi reaktoriturvallisuustudkimuksen olevan laaja ja monitahoinen tutkimus-alue, joka voidaan rajata hyvinkin monella eri tavalla. Tässä yhteydessä rajausta on suoritettu seuraavasti:

- Tarkastelun kohteena on lähinnä laitosturvallisuus. Esim. polttoainekierto ja jätehuolto jäävät ulkopuolelle.
- Tarkastelu koskee lähinnä häiriö- ja onnettomuustilanteita. Esim. normaalin käytön aikaiset radioaktiivisuuspäästöt jäävät ulkopuolelle.
- Voidaan myös sanoa, että tarkasteltava toiminta on valtaosaltaan tai kokonaan julkisesti rahoitettua, ydinvoimalaitosten lupakäsittelyä ja turvallisuusvalvontaa tukevaa tutkimustoimintaa.
- Huomattava on lisäksi, että laitosturvallisuusselvityksiä tehtäessä tarvittava tekninen perustieto materiaaliominaisuuksista, reaktorin, polttoaineen ja rakenteiden käyttäytymisestä, laitteiden ja järjestelmien luotettavuudesta jne. hankitaan suurelta osin muilla kuin tässä yhteydessä turvallisuustutkimukseksi määritellyillä tutkimusalueilla. Toisaalta monet turvallisuustutkimukseksi määritellyn työn tulokset, esim. lämpö- ja virtaustekniikan sekä riskianalyysin alueilla, ovat soveltamiskelpoisia myös ydintekniikan ulkopuolella.

Seuraavaan on koottu tiivistelmät tilaisuudessa pidetyistä alustuksista. OAP:n projektipäällikkö, TkT Lasse Mattila, kuvasi yleisesti reaktoriturvallisuustudkimuksen tavoitteita, sisältöä ja laajuutta maailmalla ja Suomessa sekä perusteet Suomen osallistumiselle alan kansainväliseen yhteistoimintaan. OAP:n osalta kuvataan seuraavat kansainvälistä yhteistyötä sisältävät kohteet:

- NORHAV/LOFT Jäähdytteenmenetysonnettomuus ja hätäjähdytys. Kokeita ja tietokoneohjelmien kehitystä.
- MX-III-CFT Vesi-höyry -seoksen kriittinen virtaus (jäähdytteenmenetysonnettomuus). Kokeita.
- VTI Kriittinen lämpövuoto polttoainesauvan pinnalla. Kokeita.

Tämän lisäksi esitellään VTT:n muista aiheeseen sopivista kohteista

- OECD/HALDEN Polttoainesauvojen käyttäytyminen transientti- ja jäähdytteenmenetysonnettomuusolosuhteissa.
&
Tietokoneohjelmien luotettavuus (SOFTREL)
- INTER-RAMP & OVER-RAMP Polttoainesauvojen kestävyys tehonnostotilanteissa.

Säteilyturvallisuuslaitoksen puheenvuoro, jonka piti reaktoriturvallisuusosaston johtaja Tapio Eurola, myös STL:n edustaja OAP:n johtoryhmässä, toistetaan täydellisenä. Mukana on vielä lopuksi otettu OAP:n v. 1978 projektikuvaus. Vastaava kuvaus on saatavissa kaikista VTT:n ydintekniikan projekteista.

REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUS MAAILMASSA JA SUOMESSA. YLEISKATSAUS.

L. Mattila

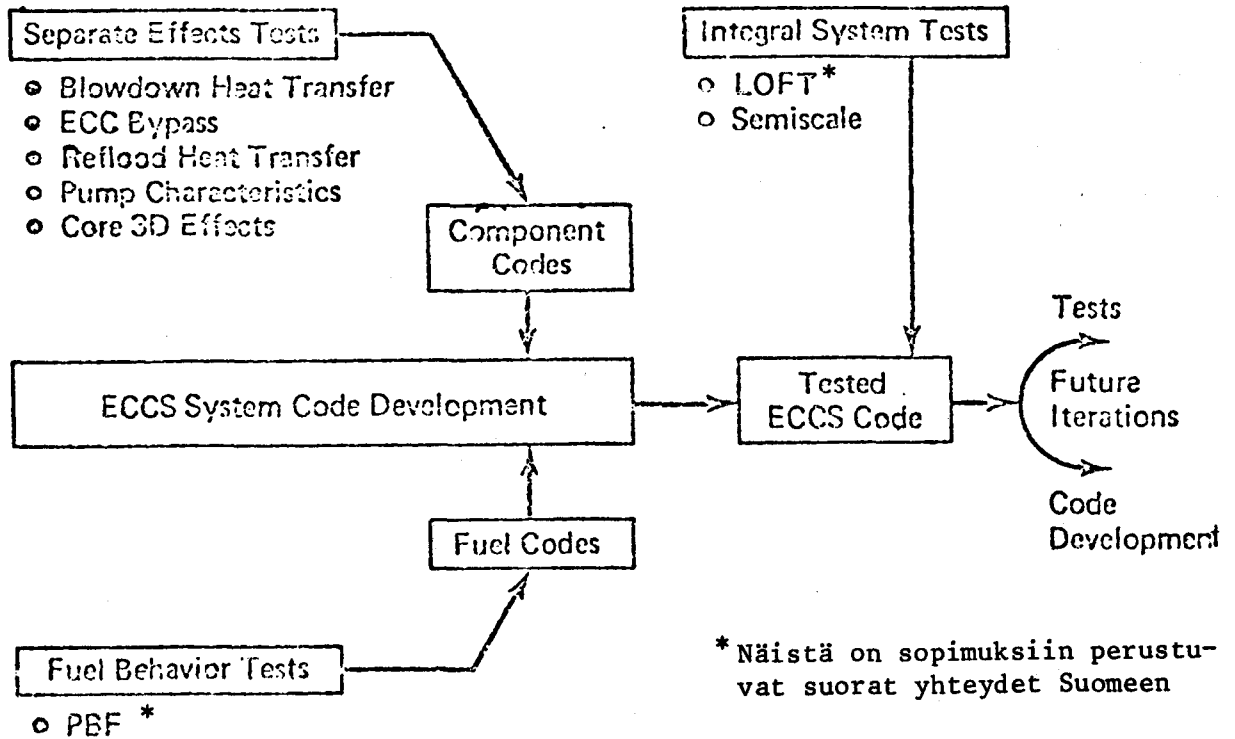
REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUS YDINTEKNOLOGIAN SUURMAISSA ESIMERKKEJÄ

USA

UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSIONIN (USNRC)
KEVYTVESIREAKTOREIDEN TURVALLISUUSTUTKIMUS

- BUDJETTI NÄINÄ VUOSINA 100...125 M⁸/A
- VERTAILUKOHDAKSI: YDINVOIMALAITOKSIA KÄYTÖSSÄ NYT
N. 70 KPL/60 GWE, VUONNA 1985 N. 160 KPL/150 GWE
- SUURIMPIA KOHTEITA
 - JÄÄHDYTTENMENETYSONNETTOMUUS JA HÄTÄJÄÄHDYTYS
(VALTAOSA) (TERMOHYDRAULIIKKA JA POLTTOAINEEN
KÄYTTÄYTYMINEN) (LOFT, SEMISCALE, 2D/3D, SEPARATE
EFFECTS TESTS, CODE DEVELOPMENT)
 - POLTTOAINEEN KÄYTTÄYTYMINEN ERILAISISSA HÄIRIÖ-
JA ONNETTOMUUSTILANTEISSA (PBF)
 - PRIMÄÄRIPIIRIN EHEYS (HSST)
 - SEISMISET KYSYMYKSET
 - TODENNÄKÖISYSMENETELMIEN KÄYTTÖ TURVALLISUUS-
ANALYYSEISSÄ
 - KÄYTÖN AIKAINEN TURVALLISUUS (NOUSEMASSA
VOIMAKKAASTI MM. TMI-TAPAUKSEN JOHDOSTA)

RESEARCH PLAN FOR DEVELOPING LWR
SAFETY ANALYSIS METHODS (NRC)



BRD

- REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUKSEN JULKINEN RAHOITUS
v. 1959...1980 YHTEENSÄ N. 1400 MDM, NYT 120...150 MDM/A
- VERTAILUKOHDAKSI: YDINVOIMALAITOKSIA KÄYTÖSSÄ NYT
N. 10 KPL / 7 GWE; VUONNA 1985 N. 19 KPL / 17 GWE
- PÄÄKOhteet
 - LAADUNVARMISTUS, KOMPONENTTIEN TURVALLISUUS¹⁾
 - JÄÄHDYTTENMENETYSONNETTOMUUS (ML, SYDÄMEN SULAMINEN),
HÄTÄJÄÄHDYTYS JA SUOJARAKENNUKSET¹⁾
 - SÄTEILYN VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖSSÄ
 - YDINVOIMALAITOKSEN KOKONAISRISKI
(ks. artikkeli toisaalla tässä lehdessä)

¹⁾ Ns. HDR-projektista on suorat, sopimukseen perustuvat yhteydet Suomeen. Ks. artikkeli toisaalla tässä lehdessä.

JAPANI

- ERITTÄIN MITTAVA TUTKIMUSOHJELMA
- LAAJA OSALLISTUMINEN KANSAINVÄLISEEN YHTEISTYÖHÖN
- KESKEISIÄ KOHTEITA
 - JÄÄHDYTTEENMENETYSONNETTOMUUS JA HÄTÄJÄÄHDYTYS (2D/3D, ROSA)
 - POLTTOAINEEN KÄYTTÄYTYMINEN (NSRR)

RANSKA

- ERITTÄIN MITTAVA TUTKIMUSOHJELMA
- KESKEISIÄ KOHTEITA
 - JÄÄHDYTTEENMENETYSONNETTOMUUS (KRIITTINEN VIRTAUS, PHEBUS, TIETOKONEOHJELMIEN KEHITYS)
 - FISSIOTUOTTEIDEN KÄYTTÄYTYMINEN

AIHEELLISTA ON MUISTAA MYÖS SEURAAVAT MAAT:

RUOTSI

NEUVOSTOLIITTO

TSEKKOSLOVAKIA

KANSAINVALISEN YHTEISTYÖN KOORDINOINTI

- OECD/NEA/CSNI (COMMITTEE ON THE SAFETY OF NUCLEAR INSTALLATIONS)¹⁾
 - TURVALLISUUSVIRANOMAISTEN KÄSITYSTEN ESILLE TUONTI
 - TURVALLISUUSAIHEIDEN PRIORISOINTI
 - TURVALLISUUSTUTKIMUSOHJELMIEN LUETTELOINTI
 - AJANKOHTAISKATSAUKSIA

- IAEA
 - OHJEET, SUOSITUKSET JNE., ERITYISESTI ALKAVILLE MAILLE
 - KONFERENSSITOIMINTA
 - RAHOITUSTUKI (mm. OAP:n yhdelle osaprojektille n. 70 kmk)
 - SEV-MAIDEN ESIINTYMISPAIKKA

1) Ks. artikkelit ATS Ydintekniikka 1/1979.

REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUS SUOMESSA

YLEISET TAVOITTEET

- AVUSTETAAN VIRANOMAISIA LÖYTÄMÄÄN SOPIVA TURVALLISUUSTASO LAINSÄÄDÄNTÖÄ KEHITETTÄESSÄ.
- ENERGIAPOLIITTISEN SUUNNITTELUN JA PÄÄTÖKSENTEON TARPEISIIN HANKITAAN MM. RISKI/HYÖTY-ANALYYSIIN TIETOA, JOLLA VOIDAAN VALAISTA YDINENERGIAN HYVÄKSYTTÄVYYSNÄKÖKOHTIA SEKÄ LUODA EDELLYTYKSIÄ OPTIMAALISILLE LAITOSPAIKKA- JA REAKTORIJÄRJESTELMÄVALINNOILLE.
- AVUSTETAAN TURVALLISUUSVIRANOMAISIA YDINLAITOSTEN LUPAKÄSITTELYN JA VALVONNAN TOTEUTUKSESSA SEKÄ TÄHÄN LIITTYVIEN SÄÄNNÖSTÖJEN JA OHJEISTOJEN KEHITTÄMISESSÄ.
- LUODaan EDELLYTYKSIÄ TURVALLISUUSTASON TALOUDELLISELLE OPTIMOINNILLE LISÄÄMÄLLÄ TIETOUTTA SUOMESSA KÄYTETTÄVIEN YDINVOIMALAITOSTEN TURVALLISUUSMARGINAALEISTA.

TOTEUTUS

- PERUSTIETO, KUTEN KOKEELLISET MITTAUSTULOKSET JA SUURET TIETOKONEOHJELMAT, HANKITAAN MIKÄLI SUINKIN MAHDOLLISTA OSALLISTUMALLA KANSAINVÄLISIIN YHTEISPROJEKTEIHIN.
- SELVITETÄÄN TÄÄLLÄ KÄYTETTÄVIEN TAI KÄYTETTÄVIKSI SUUNNITELTUIEN LAITOSTEN TEKNISTEN ERITYISPIIRTEIDEN MERKITYS.

ERITYISESTI KIINNITETÄÄN HUOMIOTA VVER-TYYPPISTEN REAKTOREIDEN TAPAUKSESSA ILMENEVIIN NEUVOSTOLIITTOLAISEN JA LÄNSIMAISEN AJATTELUTAVAN, RAKENNERATKAISUJEN JA TEKNOLOGIAN EROIHIN.
- HANKITAAN VERTAILEVISSA ENERGIANTUOTANTOVAIHTOEHTOJEN RISKI-ANALYYSIEISSÄ SEKÄ SIJOITUSPAIKKASELVITYKSISSÄ TARVITTAVAT PERUSTIEDOT SUOMELLE OMAISISTA LUONNON-, ASUTUS- YM. OLOSUHTEISTA.
- TURVALLISUUSVIRANOMAISTEN TARPEIDEN MUKAISESTI YLLÄPIDETÄÄN TIETOKONEOHJELMISTOJA JA KOESTUSLAITTEISTOJA SEKÄ SUORITETAAN NÄILLÄ TOIMEKSIANTOTEHTÄVIÄ ERITYISESTI SEURAAVILLA ALUEILLA:
 - MATERIAALITEKNIikka.
 - LAATU- JA TARKASTUSTEKNIikka SEKÄ AINEENKOETUS.
 - ONNETTOMUUS- JA HÄIRIÖTILANTEIDEN REAKTORIDYNAAMINEN, LÄMPÖ- JA VIRTAASTEKNILLINEN SEKÄ RADIOLOGINEN SEURAUSVAIKUTUSANALYYSI.
 - KOMPONENTTIEN, RAKENTEIDEN JA LAITTEISTOJEN RAKENNE- JA LUOTETTAVUUSANALYYSI SEKÄ TESTAUS.
 - RISKIANALYYSI.
- OSALLISTUTAAN KOTIMAISEEN JA KANSAINVÄLISEEN SÄÄNNÖSTÖJEN, OHJEIDEN JA STANDARDIEN LAADINTAAN.

LAAJUUS

JULKISESTI RAHOITETUN REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUKSEN
LAAJUUS SUOMESSA VUONNA 1978

	HENKILÖTYÖVUOSIA
◦ HÄIRIÖ- JA ONNETTOMUUSTILANTEIDEN REAKTORI- DYNAAMINEN, LÄMPÖ- JA VIRTAASTEKNILLINEN SEKÄ YMPÄRISTÖVAIKUTUSANALYYSI	20
◦ MATERIAALI-, LAATU- JA TARKASTUSTEKNIikka	≈ 10
◦ KOMPONENTTIEN, RAKENTEIDEN JA LAITTEISTOJEN TOIMINTA-, RAKENNE- JA LUOTETTAVUUSANALYYSI	≈ 10
	YHTEENSÄ ≈ 40

KUSTANNUKSET YHTEENSÄ N. 5 MMK

YDINVOIMALAITOSTEN LUPAKÄSITTELYN JA VALVONNAN OSANA SUORITETTU-
JEN KAUPALLISTEN SOVELLUTUSTEN (AINEENKOESTUS, TARKASTUS JNE.)
ARVO OLI V. 1977 N. 4,3 MMK.

YDINTEKNIIKAN TUTKIMUKSEN JULKINEN RAHOITUS V. 1978 N. 18 MMK.

SUOMEN OSALLISTUMINEN KANSAINVÄLISEEN REAKTORITURVALLISUUS- TUTKIMUKSEEN

TAVOITTEET

- OSALLISTUMALLA KANSAINVÄLISTEN TUTKIMUSOHJELMIEN TOTEUTTAMI-
SEEN VOIDAAN VARMISTAA, ETTÄ NIIDEN TULOKSET, MUKAAN LUKIEN
TIETOKONEOHJELMAT, SAADAAN SUOMEEN NOPEASTI JA TÄYDELLISESTI.
- TAATAAN TUTKIMUSALUEEN RIITTÄVÄ KÄTTÄVYYS.

OSALLISTUMISMUOTOJA

- SELLAISTEN KORKEATASOISTEN KAPEA-ALAISTEN TUTKIMUSPROJEKTIE-
N TOTEUTTAMINEN SUOMESSA, JOIDEN TULOKSET KELPAAVAT VAIHTO-
VÄLINEEKSI.
- HENKILÖSTÖN ASETTAMINEN YHTEISTYÖPROJEKTEIHIN.
- KOETULOSTEN ANALYYSI SUOMESSA.
- KOELAITTEISTON OSIEN TOIMITUS SUOMESTA.
- ISOJEN TUTKIMUSOHJELMIEN OSAPROJEKTIE-
N TOTEUTUS SUOMESSA.

NORHAV NORDISKT HAVERIPROJEKT

H. Ollikkala, L. Mattila

- TAVOITTEENA ON PARANTAA KEVYTVESIREAKTOREIDEN SUUNNITTELUN PERUSTANA OLEVAN JÄÄHDYTTEENMENETYSONNETTOMUUDEN (LOCA) YMMÄRTÄMISTÄ JA KEHITTÄÄ SEN ANALYYSISSÄ TARVITTAVIA LASKENTAMENETELMIÄ.
- ALOITETTU 1973, NYKYINEN SOPIMUS JATKUU VUOTEEN 1980.
- MUKANA SUOMI, RUOTSI, TANSKA, NORJA
- VUOTUINEN LAAJUUS (VÄHINTÄÄN) 20 HTV
- SUOMEN OSUUS (VÄHINTÄÄN) 3,5 HTV/A.
- OSAPROJEKTEJA:
 - BEST-ESTIMATE-LASKENTAMALLIEN KEHITTÄMINEN LOCAN BLOWDOWN- JA HÄTÄJÄÄHDYTYSVAIHEIDEN PAREMPAA YMMÄRTÄMISTÄ JA ANALYYSIÄ VARTEN.
 - NORCOOL: BWR:N HÄTÄJÄÄHDYTYS (SAMANAIKAINEN YLÄTILARUISKUTUS JA POHJASTA TULVINTA); RISØ / TANSKA, KAIKKI OSANOTTAJAT MUKANA.
 - NORA: YLEISOHJELMA TERMOHYDRAULISTEN TRANSIENTTIEN LASKEMISEEN PUTKISTOVERKOISSA, MM. BLOWDOWN JA SUOJARAKENNUS- SOVELLUTUKSIA; KJELLER / NORJA.
 - TINA: PWR-SYDÄMEN ALIKANAVA-ANALYYSI, 3-D ILMIÖT; RISØ / TANSKA.

KONSERVATIIVISTEN LUPAKÄSITTELYTARKOITUKSIIN KÄYTETTÄVIEN LASKENTAMALLIEN KÄYTTÖÖNOTTO, PARANTAMINEN, TESTAAMINEN JA SOVELTAMINEN.

- USNRC:N WREM-OHJELMISTO, ERITYISESTI RELAP 4: UUSIEN VERSIOIDEN KÄYTTÖÖNOTTO, LUPAKÄSITTELYSOVELLUTUKSET (ESIM. LOVIISA JA OLKILUOTO/FORSMARK).
- OHJELMIEN TESTAAMINEN OECD/NEA/CSNI:N STANDARDIPROBLEEMATYÖHÖN OSALLISTUMALLA: RELAP 4 (BLOWDOWN, HÄTÄJÄÄHDYTYS, SUOJARAKENNUS), NORA (BLOWDOWN, SUOJARAKENNUS), NORCOOL (HÄTÄJÄÄHDYTYS).

KOKEET

- ASEA-ATOM -TYYPPISEN POLTTOAINESAUVANIPUN HÄTÄJÄÄHDYTYS; RUOTSI.
- OSALLISTUMINEN EDUSTAJIA SIJOITTAMALLA USNRC:N LOFT-PROJEKTIIN; LÄHINNÄ SUOMI JA RUOTSI.
- POLTTOAINESAUVAN UUELLEENKASTUMISPROSESSIN YKSITYISKOHDAT; LÄHINNÄ TANSKA, OSITTAIN SUOMI (REWET-I)

NORHAV-PROJECT
 DEVELOPMENT OF "KNOW HOW" AND
 EVALUATION MODELS FOR LOCA ANALYSIS

THEORETICAL ANALYSIS
 AND MODEL DEVELOPMENT

EXPERIMENTS

CONSERVATIVE MODELS

BEST ESTIMATE MODELS

BLOWDOWN
 MODELS:
 RELAP4-EM

ECC AND
 FUEL MODELS:
 MOXY-EM
 TOODEE-2
 RELAP4

BLOW DOWN
 MODELS:
 NORA
 TINA
 RISQUE

ECC AND
 FUEL MODELS:
 NORCOOL-I
 NORCOOL-II
 TINA

BLOW DOWN:
 LOFT
 SEMI SCALE
 (USA:SSA)

ECC:
 GÖTA
 (REWET)

- APPLICATIONS
 - LICENSING
 - CSNI STANDARD PROBLEMS

LOFT LOSS-OF-FLUID-TEST¹⁾

H. Holmström

LOFT - YLEISTÄ

MIKÄ ON LOFT ?

- o KOEOHJELMA, JOSSA TUTKITAAN PAINEVESIREAKTORILAITOKSEN KÄYTTÄYTYMISTÄ JÄÄHDYTTENMENETYSONNETTOMUUKSIEN (LOCA) AIKANA
- o AINOA KOELAITTEISTO, JOKA SISÄLTÄÄ SEKÄ YDINENERGIAA TUOTTAVAN SYDÄMEN ETTÄ VASTINEET KAIKILLE TÄYSMITTAAVAISEN TEHOREAKTORILAITOKSEN PÄÄOSILLE, KUTEN PÄÄKIERTOPUMPULLE, PAINEISTIMELLE JA HÖYRYSTIMILLE
- o USNRC:N VESIREAKTORIEN TURVALLISUUSTUTKIMUSOHJELMAN SUURIN PROJEKTI, JONKA VUOTUINEN BUDJETTI ON N. 40 M\$
- o KANSAINVÄLINEN PROJEKTI, JOSSA OVAT MUKANA MYÖS JAPANI, SAKSAN LIITTOTASAVALTA, HOLLANTI, SVEITSI, ITÄVALTA JA NELJÄ POHJOISMAATA

LOCA = LOSS OF COOLANT ACCIDENT

USNRC = UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (USA:N TURVALLISUUSVIRANOMAINEN)

KUKA TOTEUTTAA KÄYTÄNNÖSSÄ ? MISSÄ ?

- o PROJEKTI TOTEUTETAAN USA:N ENERGIAMINISTERIÖN (DOE) OMISTAMASSA IDAHON TUTKIMUSKESKUKSESSA (INEL)
- o USNRC RAHOITTAÄ, DOE VALVOO JA YKSITYINEN YHTIÖ EG&G TOTEUTTAA KÄYTÄNNÖSSÄ
- o LAITTEISTO ON SIOITETTU HALLITUKSEN SUURELLE KOELAITOS-ALUEELLE N. 100 KM PÄÄHÄN IDAHO FALLSIN KAUPUNGISTA, JOSSA SIIJAITSEVAT MM. TULOSTEN ANALYYSIÄ TEKEVÄN HENKILÖSTÖN TILAT

1). LOFT-projektin edustajia saapuu Suomeen joulukuun 1979 alussa esittelemään työtään.
• LOFT-projektia on kuvattu myös ATS Ydintekniikassa 1/1978.

LOFT - HISTORIAA

LOFT 1962...1967

- o SUUNNITELTIIN SARJAA ISOTERMISIÄ KOKEITA SEKÄ YHTÄ NUKLEAARISTA KOETTA ILMAN HÄTÄJÄÄHDYTYSTÄ
- o NUKLEAARISESSA KOKEESSA OLI TARKOITUS ANTAA SYDÄMEN SULAA SEKÄ TUTKIA VAPAUTUVIEN FISSIOTUOTTEIDEN KÄYTTÄYTYMISTÄ JA SYDÄMEN JÄÄNNÖKSIÄ
- o V. 1965 SUUNNITELMIIN LISÄTTIIN SUOJARAKENNUKSEN SPRAY-JÄÄHDYTYS JA POLTTOAINEEN SUOJAKUORI MUUTETTIIN SIRKALOYKSI

LOFT 1967...1969

- o V. 1967 SUUNNITELMIIN LISÄTTIIN HÄTÄJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT
- o PROJEKTIN TAVOITTEIKSI MÄÄRITELTIIN JO ERÄITÄ NYKYISIÄ TAVOITTEITA
- o SUUNNITELTIIN AINAKIN NELJÄÄ INTEGROITUA KOETTA
- o V. 1968 PROJEKTISSA OLI "VÄLIVUOSI"

LOFT 1969...1976

- o V. 1969 TAVOITTEET MÄÄRITELTIIN LÄHES NYKYISIKSI JA KOKO LAITTEISTON UUELLEENSUUNNITTELU VASTAAMAAN UUTTA KAUPALLISTA PWR:A ALOITETTIIN
- o V. 1972 SUUNNITTELU SAATIIN LOPPUUN
- o LAITTEISTON RAKENTAMINEN ETENI HITAASTI PIENISTÄ SUUNNITELMIEN MUUTOKSISTA JOHTUEN
- o LAITTEISTO SAATIIN TÄYSIN VALMIIKSI V. 1975
- o MAALISKUUSSA V. 1976 SUORITETTIIN ENSIMMÄINEN VARSINAINEN LOC-KOE (VUODEN ALUSSA OLI TEHTY MUUTAMIA MINI-BLOWDOWN-KOKEITA)

V. 1979 MENNESSÄ KOKONAISKUSTANNUKSET OVAT NOUSSEET YLI 250 M€:N

LOFT - TAVOITTEET

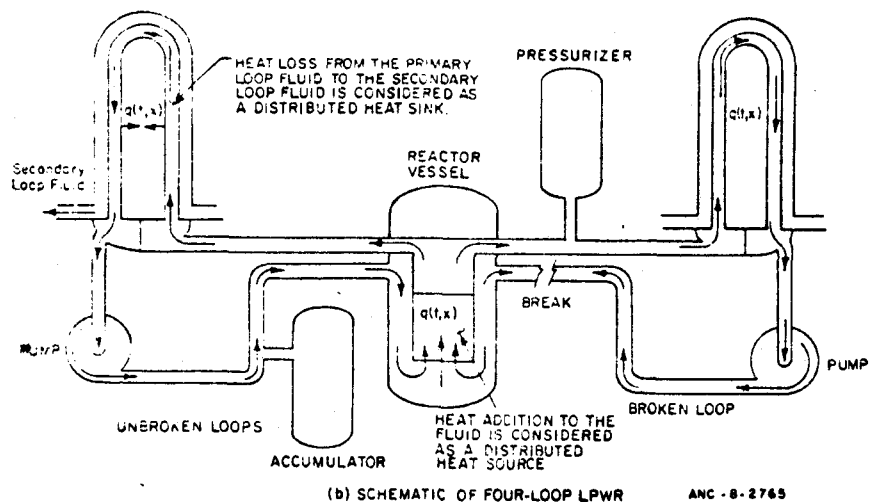
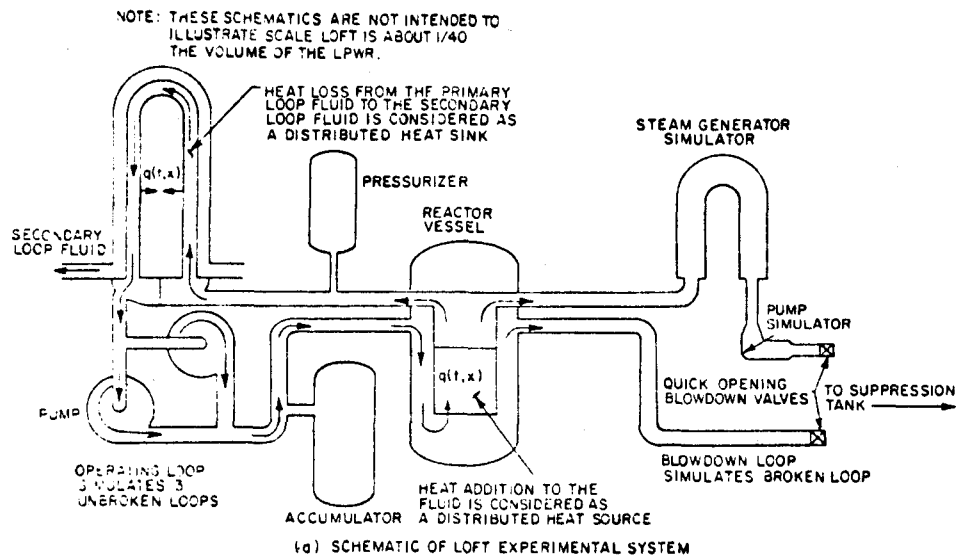
MIKSI LOFT YLIPÄÄNSÄ ?

- o LOCA:A KUYAAVIEN TIETOKONEOHJELMIEN KÄYTTÖKELPOISUUDEN JA RIITTÄVYYDEN ARVIOINTI
- o LOCA-YMMÄRRYKSEN LISÄÄMINEN, JOTTA TIETOKONEOHJELMIA VOIDAAN EDELLEEN PARANTAA
- o TURVALLISUUSMARGINAALIEN MÄÄRITTÄMINEN HÄTÄJÄÄHDYTYSKRITEERIEN KÄYTTÖKELPOISUUDEN ARVIOIMISEKSI
- o TIETOKONEOHJELMIEN KÄYTTÖKOKEMUKSEN HANKINTA

- MAHDOLLISTEN ODOTTAMATTOMIEN ILMIÖIDEN HAVAITSEMINEN JA TUTKIMINEN NIITÄ KUVAAVIEN LASKENTAMALLIEN KEHITTÄMISEKSI
- VAIHTOEHTOISTEN HÄTÄJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMIEN TEHOKKUUDEN ARVIOINTI
- MYÖS MUIDEN KUIN LOC-ONNETTOMUUKSIEN TUTKIMINEN TARPEEN MUKAAN

MIKSI JUURI TÄLLAINEN LAITTEISTO ?

- KAIKKI ISON KAUPALLISEN PWR:N PÄÄOSIEN VASTINEET MUKANA (KUVA 1)
- TARPEEKSI SUURI (1:50), JOTTA KÄYTTÄYTYMINEN LOCA-TILANTEESSA OLISI OLEELLISESTI SAMANLAINEN KUIN TÄYSMITTAKAAVAISEN LAITOKSEN (EI TÄYSIN)
- KUSTANNUKSILTAAN HYVÄKSYTTÄVISSÄ
- RIITTÄVÄ INSTRUMENTOINTI KAIKKIEN TAVOITTEIDEN SAAVUTTAMISEKSI
- LAITTEISTON GEOMETRIA MUUNNELTAVISSA (ESIM. ERILAISET MURTUMAN PAIKAT, ERILAISET HÄTÄJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT)
- FYSIKAALISTEN PARAMETRIEN RIITTÄVÄ MUUNNELTAVUUS (TEHO, LÄMPÖTILAT, PAINEEET, VIRTAAUKSET JNE.)



KUVA 1. LOFT VS. ISO PWR-LAITOS

LOFT - LAITTEISTO

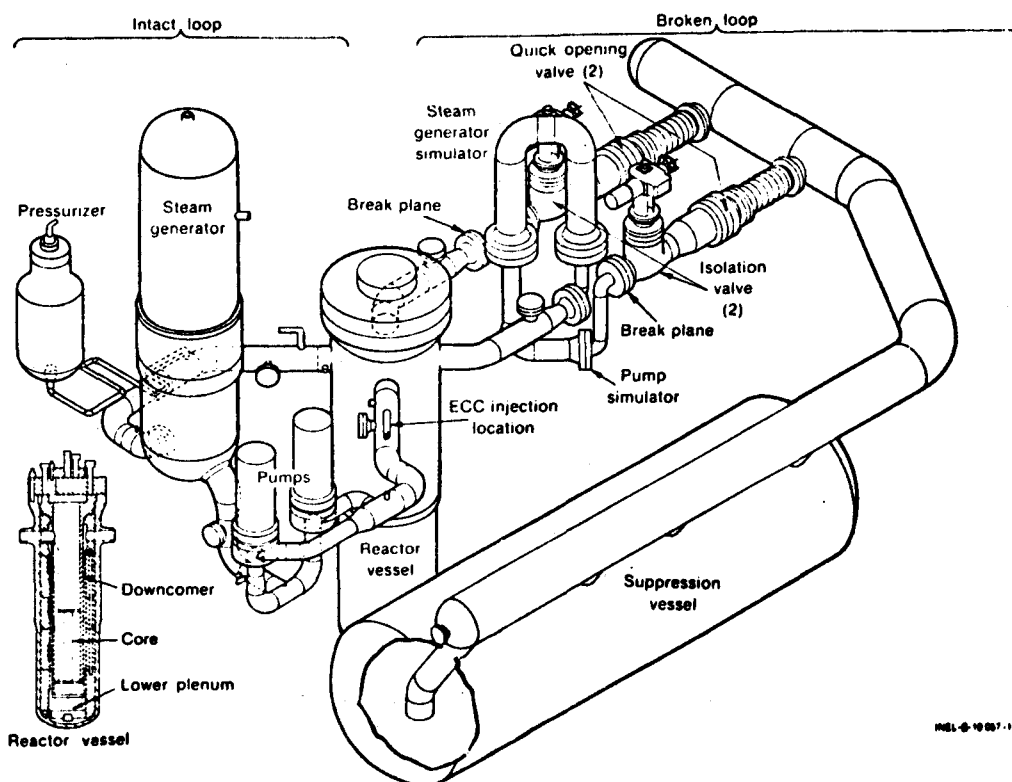
PRIMÄÄRIPIIRI (KUVA 2)

- YKSI KIERTOPIIRI, JOSSA HÖYRYNKEHITIN, KAKSI PUMPPUA RINNAN JA PAINEISTIMEN YHDE. PUMPUT KYTKETTY MOOTTORI-GENERAATTORI-VAUHTIPYÖRÄ-YHDISTELMÄÄN, JOLLA VOIDAAN SIMULOIDA ISON PUMPUN KÄYTTÄYTYMISTÄ. TÄMÄ PIIRI VASTAA LPWR:N EHJIÄ KIERTOPIIREJÄ.
- YKSI BLOWDOWN-PIIRI, JOSSA HÖYRYNKEHITTIMEN JA PUMPUN SIMULAATTORIT, KAKSI ERISTYSVENTTIILIÄ SEKÄ KAKSI NOPEASTI (JOPA 10 MS) AUKENEVAA VENTTIILIÄ, JOILLA JÄLJITELLÄÄN PUTKEN MURTUMISTA LPWR:SSA.
- LÄMPÖILOJA PYRITÄÄN PITÄMÄÄN VASTAAVINA SEKÄ BLOWDOWN-ETTÄ KIERTOPIIRISSÄ KIERRÄTTÄMÄLLÄ NIIDEN VÄLILLÄ PIENTÄ VESIVIRTAUSTA ERILLISTEN PUTKIEN KAUTTA.

SYDÄN (KUVA 3)

- PÄÄÄRVOT

	LOFT	LOVIISA VVER-440
LÄMPÖTEHO MW _T	55	1375
SYDÄMEN KORKEUS M	1,7	2,4
SYDÄMEN HALKAISIJA M	0,6	2,8
POLTTOAINESAUVOJA KPL	1300	44000
100 % TEHOA VASTAAVA SUURIN SAUVAN KUORMITUS KW/M	39	30...36
- VIISI NELIÖMÄISTÄ POLTTOAINESAUVAELEMENTTIÄ (15x15), JOISTA KESKIMMÄISESSÄ EI SÄÄTÖSAUVOJA
- NELJÄ KOLMIOMAISTA ELEMENTTIÄ (12x12)
- KOLMESSA ELEMENTISSÄ EI INSTRUMENTOINTIA



KUVA 2. Axonometric projection of LOFT system.

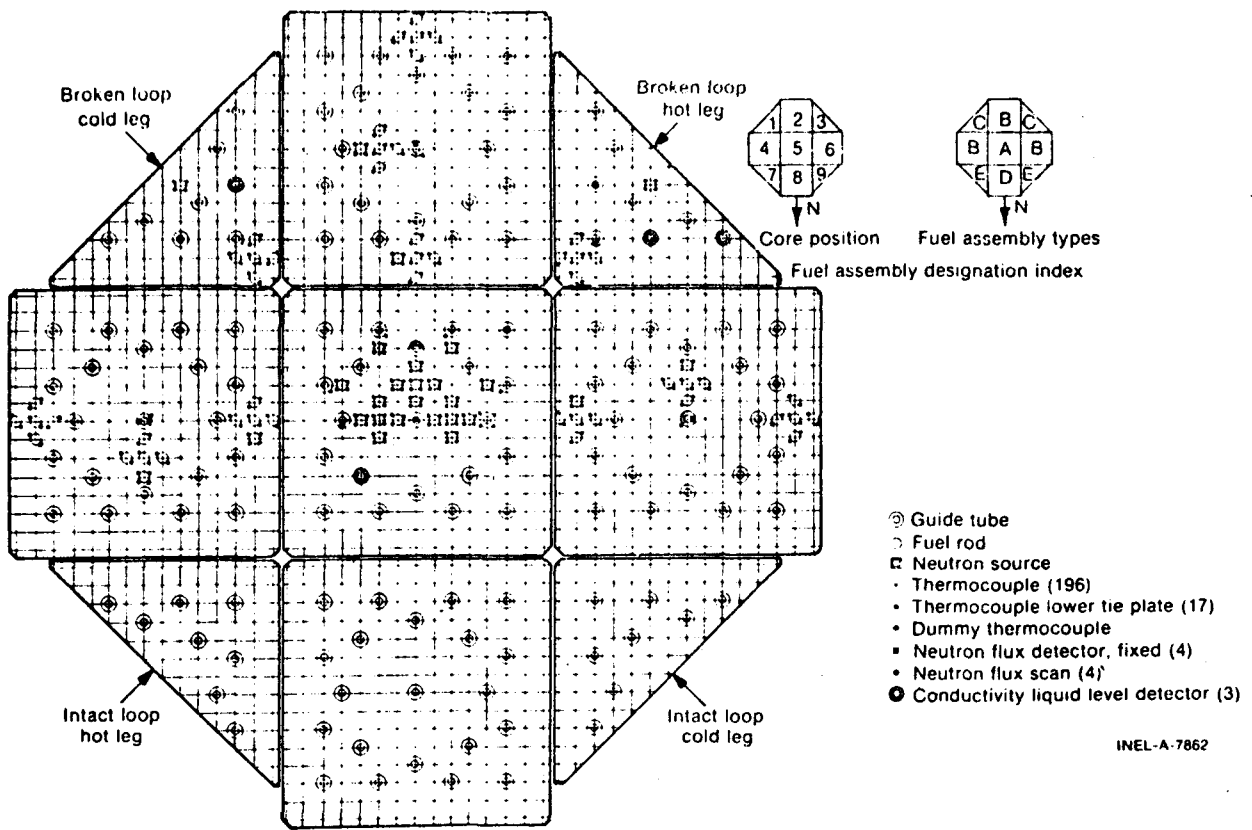


Fig. 2 LOFT core configuration and instrumentation.

KUVA 3. LOFT-SYDÄN

HÄTÄJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ (ECCS)

- KAKSI ERILLISTÄ LAITERYHMÄÄ
- KUMMASSAKIN RYHMÄSSÄ 3 ALAJÄRJESTELMÄÄ:
 - SUURPAINEPUMPUT
 - AKKUMULAATTORIT
 - PIENPAINEPUMPUT
- RYHMÄT VOIVAT TOIMIA ERIKSEEN TAI YHDESSÄ
- YLEENSÄ RYHMÄT KÄYTTÄVÄT ERILLISIÄ PUTKISTOJA, MUTTA PUTKISTOJEN YHDISTÄMINEN ON MAHDOLLISTA
- TAVALLISESTI KOKEISSA KÄYTETÄÄN VAIN YHTÄ RYHMÄÄ TOISENKIN OLLESSA TARVITTAESSA KÄYTETTÄVISSÄ
- MAHDOLLISET HÄTÄJÄÄHDYTYKSEN RUIKUTUSKOHDAT:
 - EHYT KYLMÄ HAARA
 - EHYT KUUMA HAARA
 - PAINEASTIAN ALATILA
 - PAINEASTIAN YLÄTILA
 - PAINEASTIAN ALASTULOTILA (DOWNCOMER)
- AKKUMULAATTORIEEN SUUNNITTELUVAINE 69 BAR (KOEISSA YLEENSÄ NOIN 42 BAR)
- RUIKUTUSMÄÄRIÄ VOIDAAN SÄÄTÄÄ LAAJALLA ALUEELLA

SEKUNDÄÄRIPIIRI

- o PÄÄOSAT: HÖYRYNKEHITIN, ILMAJÄÄHDYTYSTEINEN LAUHDUTIN, LAUHTTEEN KERÄYSSÄILIÖ, LAUHTTEEN JÄÄHDYTIN, SYÖTTÖVESI-PUMPPU SEKÄ VENTTIILIT HÖYRYN JA SYÖTTÖVEDEN MÄÄRIEN SÄÄTÄMISEKSI.
- o TURBIINEJA EI OLE.

LOFT - SUORITETUT KOKEET

ISOTERMISET KOKEET L1-1...L1-5

- o YLEISET TAVOITTEET:
 - A) LAITTEISTON, INSTRUMENTOINNIN JA KOKEIDEN SUORITUSTAVAN TESTAUS SEKÄ HENKILÖSTÖN KOULUTUS
 - B) BLOWDOWNIN ALIJÄÄHTYNEEN JA KYLLÄISEN VAIHEEN TUTKIMINEN
 - C) KÄYTETTÄVIEN TIETOKONEOHJELMIEN TESTAUS
 - D) INSTRUMENTTIEN KALIBROINTI
 - E) MEKAANISTEN KUORMITUSTEN TUTKIMINEN
 - F) HÄTÄJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN TOIMINNAN TUTKIMINEN
 - G) PERUSKOKEET, JOIHIN MYÖHEMPIÄ NUKLEAARISIA KOKEITA VOIDAAN VERRATA

L1-KOESARJAN TÄRKEIMMÄT TULOKSET TIETOKONEOHJELMIEN (RELAP, WHAM) ARVIOINNIN KANNALTA

- o YLEISESTI OTTAEN LASKENTATULOKSET OVAT VASTANNEET VARSIN HYVIN KOETULOKSIA, VAIKKA PARANTAMISEN VARAA JA LIIKA-KONSERVATIIVISUUTTA LÖYTYY.
- o WHAM: KOODI LASKEE HYVÄLLÄ TARKKUUDELLA ALIJÄÄHTYNYTTÄ BLOWDOWNIA. ERÄITÄ KONSERVATIIVISIA OLETUKSIA ON INPUTISSA TEHTY.
- o RELAP4: SEURAAVASSA KOMMENTTEJA ERÄISTÄ MALLEISTA:
 - A) MURTUMAVIRTAUS: MELKO HYVÄÄN TULOKSEEN PÄÄSTY. ERÄITÄ ONGELMIA KUITENKIN ON. MYÖS MURTUMAVIRTAUKSEN MITTAAMINEN TARKASTI ON VAIKEAA. AVAINASEMASSA OLEVA PARAMETRI.
 - B) PAINEISTIN: TÄRKEÄ ENSIMMÄISTEN 10 SEKUNNIN AIKANA PRIMÄÄRIPIIRIN PAINEIDEN, VIRTAUSTEN JA TIHEYKSIEN KANNALTA. KAIKKI KITKA- JA KERTAHÄVIÖT, 2-FAASIKERTOIMET SEKÄ VENACONTRACTA -ILMIÖT OTETTAVA TARKASTI HUOMIOON.
 - C) ECC-SEKOITTUMINEN: RELAP4:SSÄ OLETETAAN KYLMÄN VEDEN JA KUUMAN JÄÄHDYTYKSEN SEKOITTUVAN TOISIINSA TÄYDELLISESTI JA VÄLITTÖMÄSTI TIETYSSÄ OSATILAVUUDESSA (NOODISSA). KOETULOSTEN MUKAAN TÄMÄ ON YLEENSÄ

HUOMATTAVAN VÄÄRÄ OLETUS, JOSTA ON SEURAUKSENA LÄMPÖTILAN YLIARVIOINTI KO. NOODEISSA JA KOKO SYSTEEMIN PAINEN ALIARVIOINTI. NYT ONKIN RELAPIA VARTEN KEHITETTY UUSI ECC-SEKOITUSMALLI, JOKA ON TESTAUSVAIHEESSA.

- D) DOWNCOMER: "HALKAISTU" DOWNCOMER-MALLI ON YLEENSÄ EDELLYTYKSENÄ LASKENTA- JA MITTAUSTULOSTEN HYVÄLLE YHTÄPITÄVYYDELLE. PELKKÄ PYSTYSUORA NOODEIHIN JAKO TUOTTANEE TOSIN KONSERVATIIVISIA TULOKSIA (SUURI BY-PASS JA ALATILAN HÖYRYSTYMINEN), MIKÄ USEIN RIITTÄNEE LISENSIOINTILASKUISSA.
 - E) PUMPPU: PAINE-ERO ON LASKETTU VARSIN HYVIN, MUTTA PUMPUN NOPEUS HUONOMMIN. KOKO SYSTEEMIN KANNALTA MALLIN TARKKUUS ON RIITTÄVÄ.
- o MUISTETTAKOON, ETTÄ L1-SARJAN KOKEET OLIVAT SIIS ISOTERMISIÄ, JOTEN KOVIN PITKÄLLE MENEVIÄ JOHTOPÄÄTÖKSIÄ ON OSITTAIN SYYTÄ VÄLTÄÄ.
 - o KAIKEN KAIKKIAAN VOIDAAN TODETA, ETTÄ MITÄÄN KOVIN YLLÄTTÄVÄÄ EI L1-SARJAN KOKEIDEN PERUSTEELLA OLE HAVAITTU.

ENSIMMÄINEN NUKLEAARINEN KOE L2-2 (9.12.1978)

- o PÄÄTAVOITTEET
 - 1) LÄMMÖNSIIRTOKRIISIN JÄLKEISEN LÄMMÖNSIIRRON TUTKIMINEN
 - 2) INSTRUMENTOINNIN TOIMINNAN TESTAUS NUKLEAARISESSA KOKEESSA
 - 3) KOELAITTEISTON TOIMINNAN TESTAUS
 - 4) ECCS:N SKAALAUSSPERIAATTEIDEN ARVIOINTI LÄMPÖTEHOA KEHITTÄVÄSSÄ SYSTEEMISSÄ
 - 5) POLTTOAINESAUVOJEN (SUOJAKUORTEN) LÄMPÖTILOJEN KÄYTTÄYTYMISEN TUTKIMINEN, KUN MAKSIMI LINEAARINEN TEHO ON 26 kW/M
 - 6) BLOWDOWNIN AIKAISEN TERMOHYDRAULIIKAN TUTKIMINEN, KUN MAKSIMI LÄMPÖTILAERO PRIMÄÄRIPIIRISSA KOKEEN ALUSSA ON 24 °C
 - 7) POLTTOAINESAUVOJEN SUOJAKUORTEN EHEYDEN SÄILYMISEN TUTKIMINEN
 - 8) TIETOKONEOHJELMIEN TESTAUS, KUN TEHOTASO ALUSSA ON 67 % NORMAALISTA
 - 9) TUTKIA REFLOOD-VAIHEEN KULKUA

- o ALKUTILAN TÄRKEIMPIÄ ARVOJA:

MAKSIMI LINEAARITEHO	26 kW/M
JÄÄHDYTTEEN PAINE	155 BAR
" MAX. LÄMPÖTILA	307 °C
" MIN. "	285 °C
" MASSAVIRTA	195 KG/S
PAINE AKKUMULAATTORISSA	41 BAR
LÄMPÖTILA PAINESTIMESSA	346 °C

o TÄRKEIMMÄT TULOKSET

- 1) KAIKKI TAVOITTEET SAAVUTETTIIN (=KOE ONNISTUI ERINOMAISESTI)
- 2) 922:STA INSTRUMENTISTA 872 (95 %) TOIMI HYVÄKSYTTÄVÄSTI
- 3) PAINEET, VIRTAAUKSET JA MUU TERMOHYDRAULINEN KÄYTTÄYTYMINEN ENNUSTETTIIN TIETOKONEOHJELMILLA MELKO HYVIN
- 4) POLTTOAINESAUVOJEN SUOJAKUORET EIVÄT KUITENKAAN KUUMENNEET NIIN PALJON KUIN OLI ENNUSTETTU (EROT NOIN 150-250 °C). KÄYTETYT TIETOKONEOHJELMAT OSOITTAUTUIVAT SIIS TÄLTÄ OSIN KONSERVATIIVISIKSI (TULOKSET LIIAN PESSIMISTISIÄ). ILMIÖ ON SINÄNSÄ MYÖNTEINEN. KUVASSA 4 ON VERTAILTU MITATTUJA LÄMPÖTILOJA LASKETTUIHIN

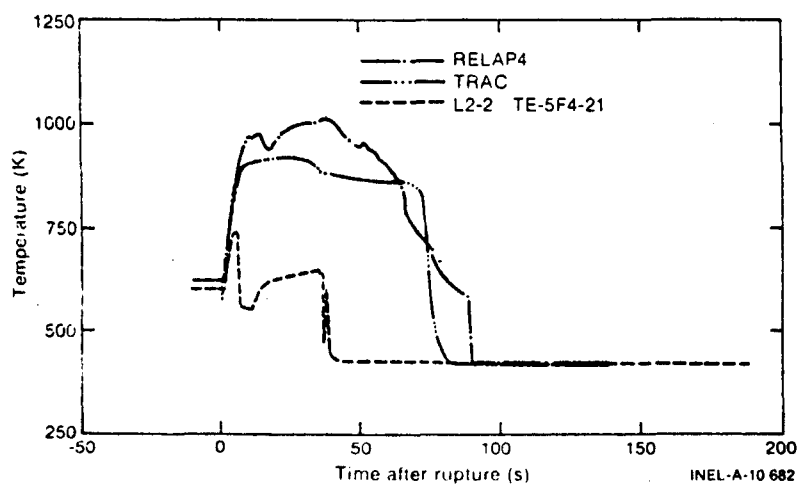


Fig. 28 Temperature of cladding of Fuel Module 5, Rod F4 for LOCE L2-2 data (TE-5F4-21), TRAC, and RELAP4 calculations.

KUVA 4

- 4.1.18 0.53 m
- o MIKSI SUOJAKUORET KASTUIVAT (REWET) NOIN 6...8 SEKUNNIN KOHDALLA, VAIKKEI LASKELMIEN MUKAAN NIIN PITÄNYT TAPAHTUA ?
 - A) ALUKSI OLETETTIIN SUURIMMAKSI SYYKSI UDELLEENKASTUMISMALLIN EPÄTARKKUUS JA KONSERVATIIVISUUS. ON HUOMATTAVA, ETTÄ ILMIÖ ON NK. KYNNYSTYYPPINEN, JOLLOIN PIENIKIN EPÄTARKKUUS SAATTAJ JOHTAA SUURIIN VIRHEISIIN TULOKSISSA.
 - B) TOISEKSI TODENNÄKÖISEKSI SYYKSI OLETETTIIN ALUKSI SYDÄMEN TERMOHYDRAULISEN MALLIN EPÄTARKKUUS.
 - C) KIINNITETTIIN HUOMIOTA MYÖS SIIHEN, ETTÄ KO. OHJELMAT ON KEHITETTY SUUREMPIA TEHOTASOJA SILMÄLLÄ PITÄEN, JOTEN OLETETTIIN LASKUJEN MYÖHEMMISSÄ KOKEISSA PITÄVÄN PAREMMIN YHTÄ KOETULOSTEN KANSSA.
 - D) TÄMÄNHETKISEN TIETÄMYKSEN MUKAAN KOHDAN B OLETUS OLI SUUNNILLEEN OIKEA. AIKAISEN REWET-ILMIÖN AIHEUTTI LÄHINNÄ 2 TEKIJÄÄ:

- 1) VIRTAUSSUUNTA SYDÄMESSÄ PALAUTUI POSITIIVISEKSI NOIN 2,5 SEKUNNIN KOHDALLA KUN FLASHING-ILMIÖ (HÖYRYN MUODOSTUMINEN) ALKOI PAINEASTIAN ALATILASSA JA PUMPUT PYÖRIVÄT VAKIONOPEUDELLA PITÄEN PAINETTA TARPEEKSI SUURENA DOWNCOMERIN YLÄOSASSA.
 - 2) BLOWDOWN-PIIRIN "KYLMÄLLÄ" PUOLELLA ALIJÄÄHTYNYT MURTUMAVIRTAUS LÖPPUI 3,8 SEKUNNIN KOHDALLA AIHEUTTAEN MASSAVIRRRAN SELVÄN VÄHENEMISEN. TÄLLÖIN PUMPPUJEN AIKAANSAAMA VIRTAUS OLII SUUREMPI KUIN MURTUMAVIRTAUS, JOLLOIN VAIN VÄHÄN HÖYRYÄ SISÄLTÄVÄÄ VETTÄ VIRTASI DOWNCOMERIA ALAS JA SYDÄMEEN. TÄMÄ TILANNE JATKUI TARPEEKSI KAUKAAN AIKAA, JOTTA REWET-ILMIÖ SAATTOI ALKAA SYDÄMESSÄ.
- E) ESIMERKIKSI RELAP4/MOD6-OHJELMALLA ON PYSTYTTY LASKEMAAN REWET-ILMIÖN ESIINTYMINEN TARKENTAMALLA MURTUMAVIRTAUSMALLIA.
- F) ON MYÖS PÄÄTELY, ETTÄ VASTAAVAT HYDRAULISET ILMIÖT TAPAHTUVAT MYÖS 100 % JA 133 % TEHOTASOILLA. TÄMÄ EI KUITENKAAN MERKITSE, ETTÄ SUOJAKUORTEN LÄMPÖTILAT KÄYTTÄYTYISIVÄT VASTAAVALLA TAVALLA.

TOINEN NUKLEAARINEN KOE (L2-3) 12.5.1979

- o SAMANLAINEN KOE KUIN L2-2 MUUTEN, MUTTA TEHO NOIN 50 % SUUREMPI (MAKSIMI LINEAARITEHO 39.4 kW/M ELI 100 % VASTATEN TYYPILLISIÄ ARVOJA ISOISSA KAUPALLISISSA REAKTOREISSA).
- o KOE ONNISTUI HYVIN.
- o TULOKSET OVAT SAMANTAPAISIA KUIN L2-2:SSÄ. SUOJAKUOREN MAKSIMILÄMPÖTILAKSI MITATTIIN 914 K (641 °C) NOIN 5-6 SEKUNNIN KOHDALLA.
- o ESIM. RELAPILLA ENNUSTETTIIN NOIN 100 °C SUUREMPI MAKSIMILÄMPÖTILA.

LOFT - TULEVAT KOKEET

HARRISBURGIN ONNETTOMUUDEN SEURAUKSENA LOFT-OHJELMAA OLLAAN MUUTTAMASSA.

SEURAAVANLAISIA KOKEITA ON AIKAISEMMIN SUUNNITeltu:

- o L2-KOESARJASSA VIELÄ KOLME KOETTA:
 - 1) L2-4 AINOA KOE MAX. LINEAARITEHOLLA 52.5 kW/M (133%)
 - 2) L2-5 100% TEHOLLA. SÄHKÖN MENETYS KOKEEN ALKAESSA. PUMPPUSIMULAATTORILLA LUKKIUTUNEEN ROOTTORIN VASTUS. ECC-PUMPPUJEN TOIMINNASSA VIIVEET
 - 3) L2-6 100% TEHOLLA. PAINEISTETTU (24 BAR) KESKIMMÄINEN POLTTOAINE-ELEMENTTI.

- o L3-SARJASSA TUTKITAAN PIENIÄ MURTUMIA. KOKEITA ON (OLLUT) SUUNNITELMISSA KOLME. YHDESSÄ ON TARKOITUS KÄYTTÄÄ SELLAISTA (KRIITTISTÄ) MURTUMAN KOKOA, JONKA SEURAUKSENA VIRTAUS SYDÄMESSÄ ON MITÄTTÖMÄN PIENTÄ (STAGNATION) MAHDOLLISIMMAN PITKÄN AIKAA. KAHDEN MUUSSA KOKEESSA KÄYTETTÄISIIN ERI KOKOISIA MURTUMIA (TOISESSA $A > A_{KRIIT}$, TOISESSA $A < A_{KRIIT}$). KAIKISSA KOKEISSA TEHO OLISI 100 % JA MURTUMA "KYLMÄLLÄ" PUOLELLA.
- o L4-SARJASSA TUTKITAAN VAIHTOISIA HÄTÄJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMIÄ:

 - L4-1: ECC-RUISKUTUS (ECCI) SUORAAN PAINEASTIAN ALATILAAN
 - L4-2: ECCI "KUUMAAN"-HAARAAN
 - L4-3: ECCI SAMANAIKaisesti SEKÄ "KUUMAAN" ETTÄ KYLMÄÄN HAARAAN
 - L4-4: ECCI SUORAAN DOWNCOMERIIN
 - L4-5: ECCI "KYLMÄÄN" HAARAAN. B&W-TYYPPISET VENTTIILIT DOWNCOMERIN JA PAINEASTIAN YLÄTILAN VÄLILLÄ.
- o L5-SARJASSA TUTKITAAN "KUUMAN" HAARAN MURTUMIA. KAKSI KOETTA. TOISESSA OLETETAAN "BEST-ESTIMATE" -OLO-SUHTEET, TOISESSA "KONSERVATIIVISET" (VRT. L2-5)
- o L6-SARJASSA TUTKITAAN MUITA KUIN JÄÄHDYTTEENMENETYS-TRANSIENTTEJA. KOKEIDEN LUKUMÄÄRÄÄ EI OLE MÄÄRÄTTY. NIITÄ ON TARKOITUS SUORITTA A LOC-KOKEIDEN VÄLISSÄ. TRANSIENTTITYYPPIEN VALINTA ON KÄYNNISSÄ. TAULUKOSSA I ON LUETeltu ERÄITÄ "EHDOKKAITA". SOPIVIEN TIETOKONE-OHJELMIEN PUUTE JA LAITTEISTON ERÄÄT EPÄTYYPILLISYYDET AIHEUTTAVAT JONKIN VERRAN ONGELMIA.
- o L7-SARJASSA TUTKITAAN HÖYRYNKEHITTIMEN PUTKIMURTUMIEN VAIKUTUSTA SAMANAIKaisesti TAPAHTUVAAN LOCA:AN (200 % "KYLmän" HAARAN MURTUMA, 100 % TEHO). KAKSI KOETTA. TOISESSA "BEST-ESTIMATE"- JA TOISESSA "KONSERVATIIVISET" OLOSUHTEET.

TAULUKKO 1

POTENTIAL L6 TEST SERIES TRANSIENTS

1. UNCONTROLLED ROD CLUSTER CONTROL ASSEMBLY BANK WITHDRAWAL FROM A SUBCRITICAL CONDITION
2. UNCONTROLLED ROD CLUSTER CONTROL ASSEMBLY BANK WITHDRAWAL AT POWER
3. UNCONTROLLED BORON DILUTION
4. PARTIAL LOSS OF FORCED REACTOR COOLANT FLOW [A]
5. LOSS OF EXTERNAL ELECTRICAL LOAD AND/OR TURBINE TRIP [A]
6. LOSS OF NORMAL FEEDWATER [A]
7. LOSS OF OFFSITE POWER TO STATION AUXILIARIES [A]
8. EXCESSIVE HEAT REMOVAL DUE TO FEEDWATER SYSTEM MALFUNCTION
9. EXCESSIVE LOAD INCREASE [A]
10. ACCIDENTAL DEPRESSURIZATION OF THE PCS [A]
11. COMPLETE LOSS OF FORCED REACTOR COOLANT FLOW
12. SINGLE ROD CLUSTER CONTROL ASSEMBLY WITHDRAWAL AT FULL POWER [A]

[A] POTENTIAL ATWS EVENT [31]

LOFT - TULEVAT KOKEET

VIIMEISTEN TIETOJEN MUKAAN LÄHITULEVAISUUDESSA SUORITETAAN SEURAAVAT KOKEET:

- o L3-0 ON JO SUORITETTU. NOLLA-TEHOLLA TEHTÄVÄ KOE, JOSSA SIMULOITIIN PAINEISTIMEN VAROVENTTIILIN AUKI JÄÄMISTÄ (VRT. HARRISBURG). SÄHKÖN MENETYS KOKEEN ALKAESSA.
- o L3-1 PYRITÄÄN SUORITTAMAAN SYYSKUUN LOPPUUN MENNESSÄ (1979). KYSYMYKSESSÄ ON "KYLÄN" HAARAN PIENEN "SINGLE-ENDED" MURTUMAN SIMULOINTI. 67 % TEHOTASO.
- o SYKSYLLÄ JA TALVELLA SUORITETAAN TODENNÄKÖISESTI VIELÄ PARI MUUTA L3-SARJAAN (PIENET MURTUMAT) KUULUVAA KOETTA.
- o L2-5, L2-4 JA L2-6 SUORITETAAN EHKÄ TÄSSÄ JÄRJESTYKSESSÄ VUODEN 1980 AIKANA.
- o MUISTA KOESARJOISTA VALITTANEEN JOKAISESTA YKSI KOE (EHKÄ KAKSI) JA SUORITETAAN NE PERÄKKÄIN (VÄLEISSÄ L6-TRANSIENTTIKOKEITA).

MARVIKENIN KRIITTISEN VIRTAUKSEN VIRTAUKSEN KOKEET (MX-III-CFT)

T. Siikonen

Marvikenissa suoritetaan suuren mittakaavan koesarja vesi-höyry-seoksen kriittisestä ulosvirtauksesta. Kriittisen virtauksen ennustaminen on olennainen osa reaktorin onnettomuuksien analysointia. Tähän mennessä kriittisen virtauksen malleja on testattu pienimittakaavaisilla laitteistoilla suoritetuilla kokeilla. Marvikenin kokeilla voidaan tutkia malleja reaktoriolosuhteissa, 200-500 mm läpimittaisilla putkilla, saaduilla tuloksilla.

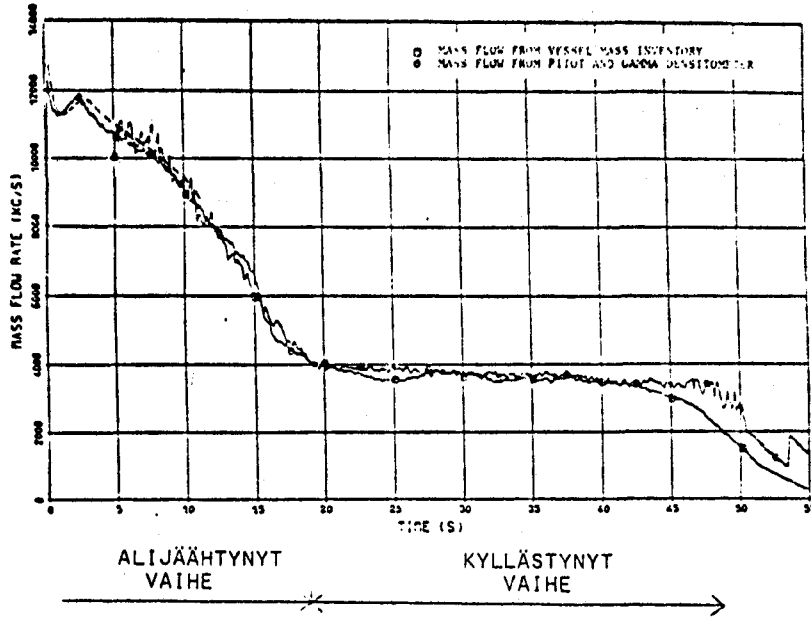
Kokeet suoritetaan kansainvälisenä yhteistyönä Marvikenin koelaitoksella vuosina 1977-1979. Mukana ovat pohjoismaat, Hollanti, Ranska ja USA. Kokonaiskustannukset n. 30:stä kokeesta ovat n. 30 MSkr.

Käytetty koelaitteisto koostuu reaktoritankista, siihen liittyvästä suuresta purkausputkesta ja sen päässä olevasta reaktorin putkea simuloivasta suuttimesta. Kokeissa tutkitaan mm. kokeen alussa vallitsevan paineen ja lämpötilan sekä suuttimen geometrian vaikutusta ulosvirtaukseen. Transientti aloitetaan rikkomalla suuttimen suulla oleva murtolevy. Sen jälkeen noin kahden minuutin aikana mitataan mm. laitteistossa vallitsevat paineet, lämpötilat, tiheydet ja virtauksen nopeus. Tulosten jatkokäsittelyssä saadaan kriittinen massavirtaus useallakin eri tavalla määritetyksi. Näin saadaan käsitys tulosten tarkkuudesta, joka on suuruusluokkaa 5 % massavirran osalta.

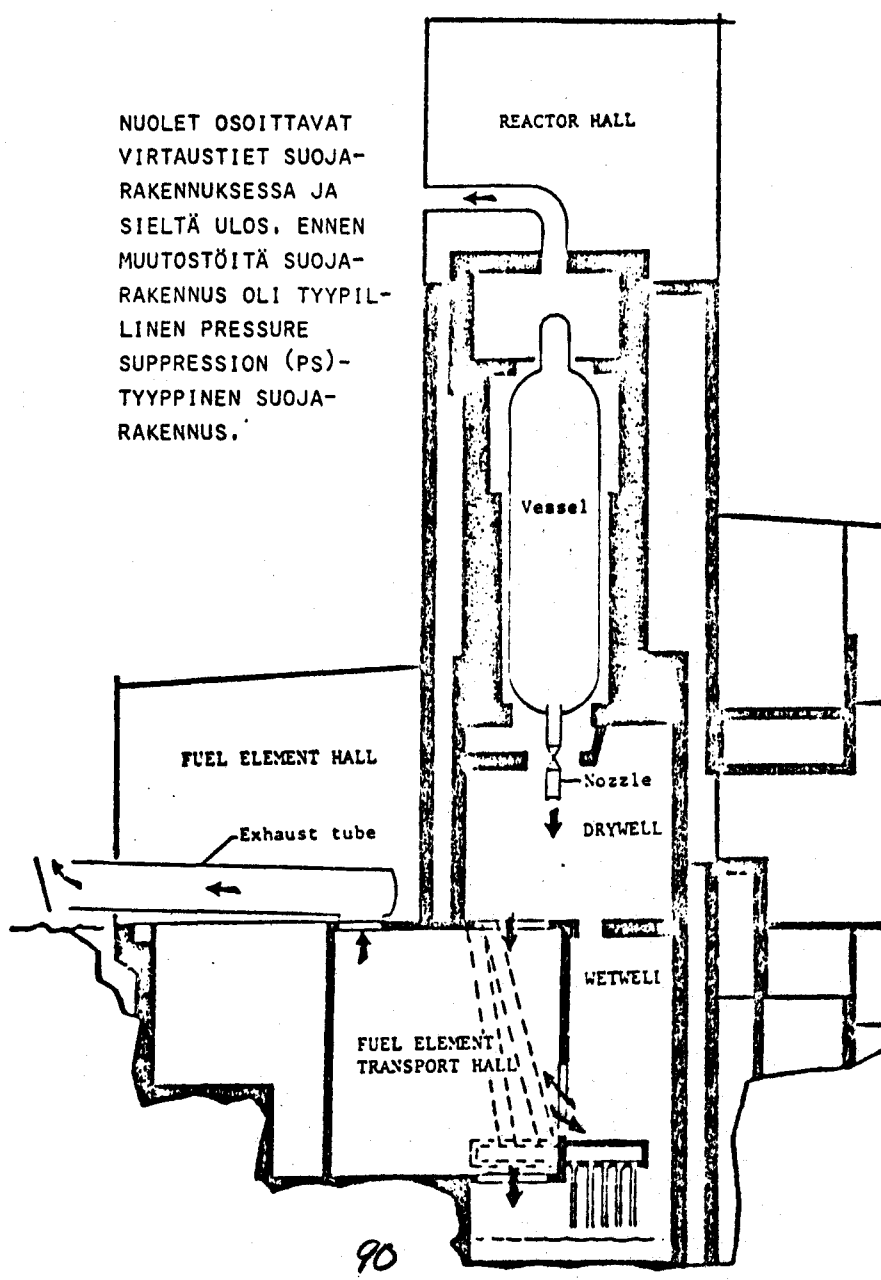
Saatuja tuloksia on käytetty tietokoneohjelmien testaukseen. Purkautuvassa vesi-höyry-seoksessa ovat eri faasit eri lämpötiloissa, minkä vuoksi hyviä tuloksia on odotettavissa vain termodynaamisen epätasapainon huomioon ottavilla ohjelmilla. Virtauksen tarkka ennustaminen edellyttää myös koko laitteiston hydrauliiikan ja geometrian tarkkaa kuvausta, jotka myös tulevat näin testatuiksi.

VTT:llä on kokeita analysoitu RELAP- ja TMOC-ohjelmilla. TMOC-ohjelmassa höyry ja vesi voivat olla eri lämpötiloissa. Yllä olevassa kuvassa on ohjelmalla laskettu massavirta. Ohjelmalla on yleensä saavutetty hyvä yhtäpitävyys koetulosten kanssa. Laskennassa on käytettävä suurta noodimäärää ja alkutila on määritettävä tarkasti.

ESIMERKKI MARVIKENIN KRIITTISEN VIRTAKSEN KOKEIDEN TULOKSISTA (---) Laskettu TMOO-ohjelma



MARVIKENIN KRIITTISEN VIRTAKSEN KOELAITTEISTO



TRANSIENTTITILOJEN LÄMMÖNSIIRTO VVER-440 TYYPPISESSÄ SAUVANIPUSSA (VTI-PROJEKTI)

O. Tiihonen

- KOKEITA, JOILLA TUTKITAAN LÄMMÖNSIIRTOKRIISIN ALKAMISEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ NORMAALIN KÄYTÖN AIKAISISSA TRANSIENTTITILOISSA
- PYRITÄÄN PARANTAMAAN NYKYISIN VVER-REAKTOREILLE KÄYTETTÄVIÄ KORRELAATIOITA, MM. HANKKIMAAN PAREMPI KÄSITYS NIIDEN VARMUUSRAJOISTA
- MUKANA VTT JA YLEISLIITTOLAINEN LÄMPÖTEKNIKKAINSTITUUTTI VTI
- KOELAITTEISTO SIJAITSEE MOSKOVASSA
- ALOITETTIIN 1976, PÄÄTTY 1980

- KOELAITTEISTO
 - 19 KPL TÄYSPITKIÄ SÄHKÖISESTI SUORAAN LÄMMITETTÄVIÄ SAUVASIMULAATTOREITA KOLMIOHILASSA
 - KOKONAISLÄMMITYSTEHO 1,5 MW
 - SAUVANIPUN TEHONJAKAUTUMAT: TASAINEN, VIRTAUSSUUNNASSA KOSINI JA POIKKIPINNASSA VINO
 - MITATTAVIA SUUREITA N. 50, MITTAUSNOPEUS N. 1500/s
- VTT:N OSUUS
 - TIETOJENKERUULAITTEISTO (PDP 11/34, CAMAC-PROSESSILIITÄNTÄLAITTEISTO)
 - SAUVASIMULAATTOREIDEN SEKÄ ERÄIDEN MITTAUSLAITTEIDEN JA MUIDEN LAITTEISTON OSIEN TOIMITUS
 - AVUSTAMINEN KOKEIDEN SUORITUKSESSA
 - OSALLISTUMINEN TULOSTEN ANALYYSIIN

- TASAISELLA TEHONJAKAUTUMALLA TEHTÄVÄT KOKEET VALMIIT

OECD HALDEN REACTOR PROJECT

L. Mattila

- TUTKIMUSKOhteina
 - POLTTOAINEEN LUOTETTAVUUS JA TURVALLISUUS
 - POLTTOAINEEN KÄYTTÄYTYMINEN JÄÄHDYTTENMENETYS- JA LÄMPÖTILATRANSIENTTIOLOSUHTEISSA
 - POLTTOAINEEN KÄYTTÄYTYMISMALLIT SEKÄ REAKTORI-SYDÄMEN SIMULOINTIMALLIT JA SÄÄTÖ
 - PROSESSITIE TOKONESOVELLUTUKSET LAITOSSÄÄDÖSSÄ
 - IN-CORE INSTRUMENTOINNIN KEHITYS
- HALDEN-PROJEKTI ALOITETTIIN JO V. 1958, NYKYINEN SOPIMUS 1979...1981. SUOMI MUKANA VUODESTA 1967.
- OSANOTTAJIA EUROOPASTA, USA:STA, JAPANISTA JNE. EDUSTAVAT TUTKIMUSLAITOKSIA, TURVALLISUUSVIRANOMAISIA, POLTTOAINEEN VALMISTAJIA, VOIMAYHTIÖITÄ JNE.
- VUOTUISET TOIMINTAKUSTANNUKSET N. 35 MNKR, HENKILÖSTÖÄ N. 140 (45 KORKEAKOULUTASOISTA)
- SUOMEN OSALLISTUMISMUODOT
 - SUOMALAISIA PROJEKTIN PALVELUKSESSA PYSYVÄSTI ≈ 2
 - HALDEN PROJEKTIN SEKÄ SUOMALAISTEN TUTKIMUSLAITOSTEN, VOIMAYHTIÖIDEN TMS. YHTEISPROJEKTIT, ≈ 2 HTV V. 1979
 - ASiantuntijajaseminaarit ja projektin tulosten esittelytilaisuuDET

SOFTREL (SOFTWARE RELIABILITY)

- VTT:N JA HALDENIN YHTEISPROJEKTI, 1977...1979
- OHJELMISTOJEN LUOTETTAVUUS TAPAUKSISSA, JOISSA LUOTETTAVUUSVAATIMUKSET OVAT ERITTÄIN KORKEAT, KUTEN
 - YDINVOIMALAITOSTEN SUOJAUS- JA VALVONTAJÄRJESTELMÄT,
 - LIIKENNEJÄRJESTELMIEN (ESIM. RAUTATIIET) VALVONTA.
- TÄYDELLISESTI AUTOMATISOIDUT, TIE TOKONEOHJELMISTOON PERUSTUVAT TURVAJÄRJESTELMÄT VOIVAT PERIAATTEESSA VÄHENTÄÄ INHIMILLISTEN VIRHEIDEN OSUUTTA.
- TÄHÄN MENNESSÄ ON SYVENNYTTY LÄHINNÄ OHJELMIEN TUOTANNON LUOTETTAVUUSNÄKÖKOHTIIN.
- TULOKSET OVAT OSOITTANEET, ETTÄ OHJELMISTON MÄÄRITTELYVAIHE ON HYVIN KESKEINEN. SITÄ TARKASTELLAAN v. 1979.

INTER-RAMP & OVER-RAMP

L. Mattila

- TAVOITTEENA ON LÖYTÄÄ RAJAT POLTTOAINESAUVAN KESTÄVYYDELLE TEHONNOSTOTILANTEESSA TIETYN TEHOHISTORIAN JÄLKEEN.
- POLTTOAINESAUVAN VAURIOITUMISEN SYYNÄ POLTTOAINE - SUOJAKUORI - VUOROVAIKUTUS (PCI), MISSÄ SEKÄ MEKAANISET (JÄNNITYS, VENYMÄ) ETTÄ KEMIAALLISET (FISSIOTUOTTEIDEN VAPAUTUMINEN, JÄNNITYSKORROOSIO) TEKIJÄT OVAT MERKITTÄVIÄ.
- TEHONNOSTOKOKEET SUORITETAAN STUOVSVIKIN R2-TUTKIMUSREAKTORISSA RUOTSISSA.

	IR	OR
◦ OSANOTTAJIA (TUTKIMUSLAITOKSIA, POLTTOAINEEN VALMISTAJIA, VOIMAYHTIÖITÄ EUROOPASTA JA USA:STA)	14	12
◦ KESTO	76...79	77...79
◦ KUSTANNUKSET	12 MSKR	13 MSKR
◦ TUTKITTAVA POLTTOAINETYYPPI	BWR (ASEA-ATOM)	PWR (KWU JA WESTINGHOUSE)
◦ KOESAUVOJA	20	36
◦ ESISÄTEILYTYS	R2	OBRIGHEIM PWR BR3
◦ TUTKITTAVIA PARAMETREJA	TEHONNOUSUN SUURUUS PALAMA SAUVAN SUUNNITTELUARVOT TEHONNOSTON NOPEUS	

TULOKSIA (LÄHINNÄ ALUSTAVIEN IR HAVAINTOJEN PERUSTEELLA):

- TEHONNOSTON AIKANA SYNTYNEET PYSYVÄT MUODONMUUTOKSET OVAT PIENIÄ.
- VIKOJEN LUONNE VASTAA KÄSITYKSIÄ JÄNNITYSKORROOSIOVAURIOISTA.
- TEHONNOUSUN SUURUUDEN JA SAUVAN VAURIOITUMISEN VÄLILLÄ VALLITSEE HYVIN (YLLÄTTÄVÄN) SELVÄ KORRELAATIO. VIKAUTUMISAIKA RIIPPUU JOHDONMUKAISESTI TEHONNOUSUN SUURUUDESTA.
- PALAMAN VAIKUTUS ON TUTKITULLA ALUEELLA VÄHÄINEN.
- SAUVAN SUUNNITTELUARVOJEN VAIHTELUILLA OLI VÄHÄINEN MERKITYS.
- PIENILLÄ RAKENNETAPA-, MATERIAALI- YM. MUUTOKSILLA EI VOITANE KOKONAAN ELIMINOIDA PCI:STÄ JOHTUVIA POLTTOAINEVAURIOITA.



REAKTORIONNETTOMUUKSIEN LÄMPÖ- JA VIRTAASTEKNILLINEN ANALYYSI (ONNETTOMUUSANALYYSI)

Projektiorganisaatio:

Projektipäällikkö: TkT Lasse Mattila, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio

Projektin johtoryhmässä ovat edustettuina VTT:n johto ja Säteilyturvallisuuslaitos, tukiryhmässä lisäksi Imatran Voima Oy, Teollisuuden Voima Oy ja Helsingin kaupungin energialaitos.

Aikataulu ja resurssit:

Projekti aloitettiin v. 1973

Projekti valmis: jatkuu

Laajuus v. 1977: 13.7 tutkijatyövuotta

Laajuus v. 1978: 14.1 tutkijatyövuotta

Suunniteltu laajuus v. 1979: 13.6 tutkijatyövuotta

Tausta ja tavoitteet:

Ydinvoimalaitosten lupakäsittelyä ja valvontaa varten on välttämätöntä, että maasamme on riittävä valmius erilaisten häiriötilanteiden sekä suunnittelun perustaksi määriteltujen onnettomuustilanteiden analyysien suorittamiseen. Tämän projektin tehtävänä on tarvittavan lämpö- ja virtausteknillisen analyysivalmiuden luominen, ylläpito ja edelleen kehittäminen niin, että ennen kaikkea turvallisuusviranomais-ten mutta myös voimayhtiöiden, valmistavan teollisuuden ja VTT:n muiden tutkimus-ohjelmien tarvitsemat analyysit voidaan suorittaa viimeisimmän vaatimustason mukai-sina.

Onnettomuusanalyysissä käytettävien keskeisten tietokoneohjelmien kehittäminen sekä tietokoneohjelmien testaamiseksi tarvittavat kokeet edellyttävät niin suuria työpanos-, laite-, ym. sijoituksia, että Suomen kokoiselle maalle osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön on ainoa tapa varmistaa tutkimusalueen riittävä katta-vuus ja korkea taso sekä uusimman tiedon ja tietokoneohjelmien tarvittavan nopea ja täydellinen saanti. Suomessa käytettävien reaktorien, erityisesti VVER-tyyppisten, monet erikoispiirteet kuitenkin edellyttävät, että muualta saatuihin tietokone-ohjelmiin tehdään täydennyksiä ja että suoritetaan myös jonkin verran omaa kokeel-lista tutkimusta. Suurelta osin Suomessa tehtävä teoreettinen ja kokeellinen työ on myös maksua osallistumisoikeudesta kansainvälisiin projekteihin.

Tulosten hyödyntäminen

Vuosina 1976...1978 on suoritettu projektin osana Säteilyturvallisuuslaitokselle ja tilaustehtävinä voimayhtiöille laajoja Loviisa 1 ja 2 sekä TVO I-laitosten lu-pakäsittelyyn sisältyviä hätäjähdytys-, suojarakennus- ym. analyysijä. Esimerkiki-si v. 1978 Säteilyturvallisuuslaitokselle ja voimayhtiöille tehtyjen konsultointi-luonteisten töiden kustannukset olivat yli puoli miljoonaa markkaa.

Kansainvälisen yhteistyön sekä oman kehitystyön tuloksena projektissa on syntynyt laaja lämpö- ja virtausteknillisen kokeellisen toiminnan tuntemus sekä suurten tietokoneohjelmien valmistamisen ja soveltamisen taito.

OAP

Käynnissä oleva työ ja tulevaisuuden suunnitelmia

Sekä Loviisan että Olkiluodon laitoksiin liittyvät analyysit jatkuvat.

Useita VVER-reaktoreiden erityispiirteitä ei ole vielä voitu ottaa tyydyttävästi analyyseissä huomioon. Usein on jouduttu turvautumaan arvioihin, jotka johtanevat kohtuuttoman pessimistisiin analyysituloksiin. Parannusta pyritään saamaan aikaan mm. hankkimalla käyttöön uusia entistä kehittyneempiä laskentamalleja ja pyrkimällä laajentamaan yhteyksiä ja kokeellista yhteistyötä Neuvostoliiton ja muiden VVER-reaktoreita käyttävien maiden suuntaan.

Olkiluodon laitoksiin liittyviä analyysejä on tehty yhdessä ruotsalaisten kanssa ja tätä toimintatapaa jatketaan tarvittaessa tulevaisuudessakin.

Projektissa ovat parhaillaan käynnissä seuraavat osaprojektit (suluissa on mainittu osaprojektipäälliköt):

- Toimeksiantotehtävät Säteilyturvallisuuslaitokselle (DI H. Holmström).
- Pohjoismaisessa NORHAV-projektissa parannetaan jäähdytteenmenetysonnettomuuden ymmärtämystä ja kehitetään tietokonepohjaisia analyysimenetelmiä. Nykyinen projektisopimus ulottuu vuoteen 1980 ja jatkosopimuksen valmistelu on käynnissä (DI H. Ollikkala).
- Pohjoismais-yhdysvaltalainen LOFT-yhteistyö: Pohjoismaat osallistuvat USNRC:n LOFT-koereaktorilla suoritettaviin jäähdytteenmenetyksokeisiin ja niihin liittyvään laskentamallien kehitystyöhön. LOFT-ohjelma jatkuu pitkälle 1980-luvulle. Nykyinen pohjoismais-yhdysvaltalainen sopimus ulottuu vuoteen 1980 (DI H. Holmström).
- MX-III-CFT -kokeet Marvikenissa: Laajassa kansainvälisessä projektissa tutkitaan vesi-höyry -seoksen purkautumista suurista purkausaukoista. Projekti päättyy v. 1979 lopussa. Jatkoprojektia vesi-höyry -suihkun törmäysvoiman kokeelliseksi tutkimiseksi valmistellaan (TKT L. Mattila).
- Yhteistyössä Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun kanssa on saatu päätökseen hätäjäähdytyskoeohjelma pienellä yhden koesauvan laitteistolla. Konstruktio- vaiheessa on 19 sauvan sauvanippulaitteisto, jolla voidaan tutkia eräitä VVER-tyyppisen reaktorin hätäjäähdytyksen erityispiirteitä. Suunniteltu koeohjelma ulottuu vuoteen 1981 (DI T. Kervinen).
- Yhteistyössä neuvostoliittolaisen VTI-instituutin kanssa tutkitaan transientttilojen lämmönsiirtoa VVER-440 -tyyppisessä sauvanipussa. Nykyinen sopimus ulottuu vuoteen 1980. Yhteistyön jatkosta neuvotellaan (DI O. Tiihonen).
- Suojarakennustekniikka: Marvikenin suojarakennuskokeissa hankittua kokeellista tietoa käytetään tietokoneohjelmien testaamiseen ja parantamiseen (DI L. Eerikäinen).
- Laskentamalleja on kehitetty hydraulisten transienttien laskemiseksi erilaisissa putkistoissa. Projektin valmiuden soveltamista ydintekniikan ulkopuolelle, lähinnä prosessiteollisuuden ja energian tuotannon virtaus- ja lämpöteknillisiin ongelmiin, on ryhdytty selvittämään (DI H. Ollikkala).