

ATS Ydintekniikka 4/1984

YDINTEKNIIKAN ENNUSTUKSIA VUODELLE 1985	1
NYA STADSFULLMÄKTIGEMEDLEMMARNAS INSTÄLLNING TILL "LOVIISA 3" KARTLAGDA	2
CALL FOR PAPERS: ICONTT III	6
PRA-ALUEEN TUTKIMUSTOIMINTA SUOMESSA Tuomas Mankamo	8
YDINTURVALLISUUTEEN LIITTYVÄT KOKEET IVO:n VESI- RAKENNUSLABORATORIOSSA Harri Tuomisto	15
TOKAMAK-FUUSIOTUTKIMUS RATKAISUVAIHEESSA J A Heikkinen, S J Karttunen	28
5th INTERNATIONAL MEETING ON THERMAL NUCLEAR REACTOR SAFETY, Karlsruhe 9-13.9.1984 Jaakko Miettinen	33
YDINJÄTESEMINAARI 1984, Säteilysuojausasiain Neuvottelukunta, SSN 1/1984	38
- Avaussanat J K Miettinen	40
- Alustukset	42
- Paneelikeskustelu	
- Alkupuheenvuorot	81
- Keskustelu	90

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO

4 / 1984

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura—
Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.

TOIMITUS

PAATOIMITTAJA
TKT HEIKKI REIJONEN
PUH. 90-465 712

VTT TECHNOLOGY OY
REVONTULENTIE 7
02100 ESPOO

ERIKOISTOIMITTAJA
TKT MIKKO KARA
PUH. 938-18220

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
27160
OLKILUOTO

ERIKOISTOIMITTAJA
DI KLAUS SJOBLOM
PUH. 915-550431

IMATRAN VOIMA OY, LOVIISAN VOIMALAITOS
07900
LOVIISA

TOIMITTAJA
FM LAUNO TUURA
PUH. 90-6172471

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI

JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA
DI HEIKKI RAUMOLIN
PUH. 90-605022

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
FREDRIKINKATU 51-53
00100 HELSINKI 10

VARAPUHEENJOHTAJA
DI MATTI KOMSI
PUH. 90-6160383

IMATRAN VOIMA OY
EERIKINKATU 27
00180 HELSINKI

SIHTEERI
DI ESKO TUSA
PUH. 90-6944811

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI

RAHASTONHOITAJA
FM LEENA KATAJAPURO
PUH. 90-4512826

TKK/KIRJASTO
OTANIEMENTIE 9
02150 ESPOO 15

JOHTOKUNNAN JASEN
TKL JUUKA LAAKSONEN
PUH. 90-61671

SATEILYTURVAKESKUS
KALEVANKATU 44
00180 HELSINKI

JOHTOKUNNAN JASEN
TKT KARI TORRONEN
PUH. 90-4565391

VTT/METALLILABORATORIO
METALLIMIEHENKUJA 6
02150 ESPOO 15

JOHTOKUNNAN JASEN
DI HARRY VIHERIAVAARA
PUH. 90-648435

SAHKONTUOTTAJAJEN YHTEISTYO-
VALTUUSKUNTA (STYV)
LÖNNROTINKATU 4 B
00120 HELSINKI 12

TOIMIHENKILÖT

LEISSIONSIHTEERI
TK LAURI PANTALAINEN
PUH. 90-6090949

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI 10

KANS.VAL.YHTEYKS.SIHT.
DI KLAUS KILPI
PUH. 90-4564148

VTT/E-OSASTON KANSLIA
VUORIMIEHENTIE 5
02150 ESPOO

EKSURSIO-SIHTTEERI
DI PERTTI SALMINEN
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB.
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

ATS-INFO PUHEENJOHTAJA
TKT SEPPO VUORI
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB.
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI

LEHDESSÄ JULKAISTUT ARTIKKELIT EDUSTAVAT
KIRJOITTAJAJEN OMIA MIELIPITEITÄ, EIKÄ
HEIDEN KAIKISSA SUHTEISSA TARVITSE VASTATA
ATS:IN KANTAA.

HEIKKI REIJONEN
21.12.1984

YDINTEKNIIKAN ENNUSTUKSIA V:LLÄ 1985

ATS Ydintekniikka-lehden toimittamisessa on heijastunut parin viime vuoden kuluessa maamme ydintekniikkaan liittynyt tietynlainen seesteinen tila. Yksittäisiä suuria tapahtumia ei ole voitu kirjata, sensijaan kansainvälisessä lehdistössä on esiintynyt lukuisia ylis-täviä artikkeleita ydinvoimatekniikkamme hyvästä tasosta ja ydinvoimayhtiöitten hyviin tuloksiin lienevät omistajatkin tyytyväisiä. Vuoden loppupuolelle ajoittuneet ydinjäänmurtajien tilauksetkin ovat osaltaan vahvistaneet ydinteknikkojen itsetuntoa.

V:n 1984 aikana on sähköenergian kulutus noussut merkittävästi ja keskimääräinen sähkönkulutus vuoteen 1995 saakka lienee edelleenkin asetettavissa n. 3 prosenttiyksikön paikkeille. Näin ollen nykyinen 11000 MWe:n installoitu teho riittäisi 1990-luvun alkuvuosille ja tunnetut rakennusajat huomioon ottaen olisikin tietynlaisten päätösten aika v.1985 loppupuolella...

Ennen päätöksiä on kuitenkin ennakoitava ydinenergiain hyväksyminen tai ainakin esittäminen eduskunnan hyväksyttäväksi; helmikuu paljastanee lakiesityksen sisällön ydinjätemaksujen rahastointimalleineen.

Vaikka päätöksentekoprosessia maassamme voineekin pitää yleisesti ottaen poikkeuksellisen rationaalisen ja tavallaan henkilöpainotteisenakin on päätöksenteko lisäydinvoimasta kuitenkin ilmeisen mutkikkaampaa kuin alun toistakymmentä vuotta sitten. Yleisen taloudellisen hyvinvoinnin saavuttaminen on eräillä tahoilla asettanut kyseenalaiseksi taloudellisen kasvun roolin yhteiskunnallisen edistyksen tärkeimpänä välineenä. Määrälliset tavoitteet ovat vaihtuneet vihreänsävyisiin laadun tavoitteisiin. Teollinen ja tekninen etevämyys on koettu uhkana kansanvaltaiselle päätöksentekojärjestelmälle.

Toisaalta yritysten odotetaan säilyttävän hyvinvointimme huolimatta tiukoista rajoituksista ja yhteiskunnallisesta vastuusta. Riskianalyysille voi hyvin ennakoida yhä lisääntyvää käyttöä myös perinteisten ydintekniikan sovellutusten ulkopuoleltakin.

Teollisuuden joutuessa varautumaan yhä lisääntyviin epävarmuustekijöihin toimintaympäristössään korostunee luotettavan ja hinnaltaan kilpailukykyisen perusvoimansaanti entisestään. Erityisesti puunjalostusteollisuuden dominoiva asema nettovientitulojen hankkijana on edelleenkin helppo ennustaa ja muodostanee erään peruslähtökohdan keskusteluille v:n 1985 aikana.

NYA STADSFULLMÄKTIGEMEDLEMMARNAS INSTÄLLNING
TILL "LOVIISA 3" KARTLAGDA.

Östra Nyland, lokaltidningen i Lovisa trakten, frågade kandidaterna i Lovisa just före kommunalvalet om de skulle rösta för eller emot "Lovisa 3". Efter valet kartlades sedan de invaldas inställning (se nedan). Resultatet blev ett knappt ja för Lovisa 3, fastän en stor del av de nya stadsfullmäktigemedlemmarna inte ville precisera sin ståndpunkt. Både de som svarade nej och de som svarade ja använde rätt ofta lokala synpunkter. Av personalen vid Imatran Voima Oy blev Seppo och Sinikka Heikkinen (sdp), Jaakko Mure (saml.) samt Heimo Rytkölä (dfff) invalda. Enligt förslaget till den nya kärnenergilagen förutsätter utbyggandet av kärnkraft ett tillstyrkande utlåtande av lokala stadsfullmäktige. Därför kan de 35 nyvalda stadsfullmäktigemedlemmarna komma att stå i en nyckelposition, särskilt de tio som ännu inte gett något entydigt svar. Det potentiella kärnkraftsavgörandet kommer säkerligen att föregås av en livlig lokal debatt. Ett sammandrag av förfrågningen samt svaren av de invalda citeras på följande sidor.

ÖSTRA NYLAND

KOTKA NYHETER

Torsdagen den 25 oktober 1984

Det blev Ja till "trean"

LOVISA. Allting tyder på att landets femte kärnkraftsenhet byggs i Lovisa — om det byggs och om fullmäktige i Lovisa får bestämma. Av de som valdes in i fullmäktige i Lovisa meddelade 13 i vår gallup före valet att de i detta skede skulle säga ja till en tredje enhet på Hästholmen. Tolv av de invalda skulle just nu säga nej. Tre (sfp-are) är i detta skede inte beredda att säga varken ja eller nej, en samlingspartist skulle önska säga både och medan fem (4 socialdemokrater och en folkdemokrat) inte svarade på ÖN:s förfrågan.

Av de invalda från Sfp säger 6

nej, 4 ja och 3 ingenting. Av Sdp:s nya fullmäktigemedlemmar säger likaså 6 nej och 4 ja men 4 deltog alltså inte i vår enkät.

Av samlingspartiets 6 fullmäktigeledamöter svarade 4 ja, en (Jaakko Mure) ironiserade och sade både ja och nej, medan en inte svarade på förfrågan.

Dfff:s Raakel Kultunen sade ja medan Heimo Rytkölä inte returnerade frågeformuläret.

Bland dem som antingen ingenting sade eller inte alls deltog i enkäten torde dock majoriteten vara för en tredje kärnkraftsenhet på Hästholmen.

De invalda och kärnkraften

	Ja	Nej	?)
Sfp	4	6	3
Sdp	4	6	4
Saml	4	—	2
Dfff	1	—	1
Totalt	13	12	10

?) I denna kolum ingår de som inte i vår förfrågan kryssade för i en enda ruta, den ena som satte kryss i bägge och de som inte deltog i vår gallup.

LOVISA. Majoriteten av fullmäktigekandidaterna i Lovisa vill ha en tredje kärnkraftsenhet på Hästholmen. Av de 88 kandidater som fyllde i och returnerade ÖN/KNs frågeformulär meddelar 47 eller ca 54 procent att man i detta skede skall säga ja till den tredje enheten. Trettiofire eller drygt 37 procent skulle just nu rösta nej. Sju har varken sagt Ja eller Nej medan en — Jaakko Mure, samlingspartist och informationschef på Hästholmen — har satt kryss i bägge rutorna!

Av de fullmäktigekandidater som har tagit ställning i frågan och sitter med i nuvarande fullmäktige är 12 för trean och 8 emot.

Av dem som har sagt Ja till en tredje kärnkraftsenhet på Hästholmen representerar 12 Svenska folkpartiet, 1 Kristliga förbundet, 2 Landsbygdspartiet, 10 Samlingspartiet, 18 Socialdemokraterna och 5 Folkdemokraterna (DFFF).

Nej säger 20 från Sfp, 2 från Kristl.förb., 1 från Landsb.partiet och 10 från Sdp, men ingen från Saml.partiet och DFFF.

SFP — NEJ

Sfp säger alltså nej till trean med 20—12, Kristl. nej med 2—1, Landsb. ja med 2—1, Saml. ja med 10—0. Sdp ja med 17—10 och Dfff ja med 5—0.

Fyra av de kandidater just nu skulle rösta »blankt» hör till Sfp, 2 till Sdp och 2 till Saml. (om Mure räknas med).

Kvinnorna säger JA till utbyggnaden med rösterna 15—11. I årets fullmäktigeval i Lovisa

kandiderar 113 personer. ÖN/KN sände ut formulär till 112 av dem. Vi avstod från att sända det till Birgitta Stenberg, sfp, som har meddelat att hon flyttar från orten.

Av de 112 kandidaterna svarade 88. Förhållandet inlämnade svar/antalet kandidater är partivis följande:

Sfp 36/39, Kristl. 3/5, Landsb. 3/4, Saml. 2/16, Sdp 29/40 och Dfff 5/9.

Bästa fullmäktigekandidat!

Inför kommunalvalet 1980 utförde ÖN/KN en gallup bland kandidaterna i Lovisa angående inställningen till en utbyggnad av kärnkraften på Hästholmen. Något beslut i frågan har dock inte fattats, varför det är mycket möjligt att du måste ta ställning i saken om du blir invald i fullmäktige. Därför frågar vi också nu DIN åsikt.

OM du NU skulle vara tvungen att ta ställning till byggandet av en tredje kärnkraftsenhet på Hästholmen skulle du rösta:

Ja (sätt kryss i rutan)
Nej

Varför? _____

Vi frågar också vilken av nedanstående investeringar som du anser att är mest brådskande i Lovisa just nu?

slmhall
nytt/utvidgat bibliotek
moderniserad sportplan (kryss i en ruta)
utrymmen för kulturen
konstlsbana

Vi hoppas att du fyller i frågeformuläret och returnerar det till redaktionen i bifogade kuvert. Svaret bör vara redaktionen i tillhanda senast måndag 15.10. Tack på förhand!

ÖSTRA NYLAND KOTKA NYHETER

Ditt namn: _____

Majoriteten sade nej 1980

LOVISA. Också för fyra år sedan frågade ÖN/KN kandidaternas åsikt i kärnkraftsfrågan. Då ställde inte mindre än 131 kandidater upp i Lovisa. Tidningen fick tag på 123 av dem (den gången var det fråga om personlig intervju) och av dem svarade 58 nej och 36 ja — resten uttryckte sin åsikt på annat sätt.

Av dem som svarade då och har gjort det även i år har åtminstone Nils Ekström och Pertti Sajalinna (saml.) samt Per-Erik Tuominen (sdp) och Agneta Alm (sfp) ändrat åsikt. De sade nej för fyra år sedan men svarar nu ja.

Så här såg det frågeformulär ut som sändes till kandidaterna. 88 kandidater returnerade formulärer, 25 lät bli.

De säger NEJ

De säger?

Svenska folkpartiet

Stig-Olof Aho

— Min åsikt är den att Lovisa inte mera borde satsa på kärnkraftverk alltför mycket. Kraftverken går ju inte i evighet. Därför frågar man sig vad Lovisa gör då kraftverken har gjort sitt. Det borde satsas på nya industrier som klarar sig längre in i framtiden. Lovisa har ju inte gjort alltför mycket för småindustrin under de senaste åren. Hamnen är det enda som räknats till någon ting.

Hans Hellner

— Säkerhetsproblemen är inte enligt min mening tillräckligt klargjorda ännu. Dessutom tror jag att Finland i detta skede inte behöver ett kärnkraftverk till.

Ruben Hindsberg

— Jag vill inte ha de ordningsstörningar bygget skulle medföra. Lovisa skall inte bli beroende av en enda industri. Jag vill inte ha de följder — ökade sociala utgifter, ändrad befolkningsstruktur m.m. — den tredje enheten skulle medföra.

Gunnel Laukas

— Tacksam för det som IVO gett staden i intäkter, men anser att behovet av IVOs skattemedel inte nu är lika stort som då det beslöts om Hästholmen första gången. Nu bör vi kunna inrikta oss på andra företag. Jag vill inte utsätta stadens invånare för en förlängning av faromentet som ändå finns i samband med ett atomkraftverk.

Rolf Lindholm

— Redan iakttagna negativa effekter på miljö och fiskevatten skulle flerfaldigas. Staden skall utvecklas på stadsbornas villkor och inte på IVOs. Kärnkraften och den planerade avfallshanteringen upplevs som ett hot för en stor del av den östnyländska befolkningen.

Anita Weckman

— Förutom säkerhetsriskerna och den olösta avfallsfrågan anser jag att staden inte skall vara beroende av ett enda stort företag.

Socialdemokraterna

Maili Riikonen

— Slutdeponeringen av kärnavfallet kan förorsaka överraskningar. Jag har inte fått svar på frågan varför kärnkraften blir billigare hos oss än i USA. En liten stad blir för beroende av en stor skattebetalare. Andra orsaker finns också.

Boris Wilenius

— Så länge följderna av slutbevaringen av bränslevafallet och rivningen av uttjänta kraftverk är oklara, kan jag inte godkänna byggandet av nya kärnkraftverk. Får vi lämna dessa problem åt kommande generationer?

Jan Rosqvist

— Avfallsfrågan olöst. Ju högre teknologi, desto svårare är det att få insyn. Beslutsprocessen bör decentraliseras. En liten ort får inte bli beroende av en stor industri. Små forskjutningar gör hela samhället sårbart, t.ex. ur inkomst- och arbetskraftssynpunkt.

Teuvo Mankonen

— Så länge det finns planer på att uppevara det högaktiva kärnavfallet på Hästholmen är jag emot en tredje kärnkraftsenhet.

Christer Åberg

— Jag är personligen mot kärnkraft. Avfallsproblematiken har inte avgjorts på acceptabelt sätt. Vi behöver småindustri i Lovisa och bör arbeta för det.

Jorma Törnroos

— Man kan inte överföra det olösta avfallsproblemet på kommande generationer. Kraftverket producerar plutonium som används i kärnvapen. Motsvarande anslag bör reserveras för luftskyddet och för åtgärder som bidrar till energibesparing.

Georg Holmberg sfp

— Jag är ej kraftverksmotståndare men förbehåller mig rätt att ingående studera frågan förrän jag tar definitiv ställning. Viktig realitet: vi har 2 kraftverk. Den lokala alarm- och räddningstjänsten måste fungera effektivt. Samarbete med befolkningsskyddet behövs. Staten bör påverkas att stå för sin del.

Olle Sirén sfp

— Ifall regeringen föreslår för riksdagen att Finland skall bygga en reaktorenhet till, ifall riksdagen godkänner det, ifall man vill placera den i Lovisa, då är jag beredd att svara på frågan, efter grundlig prövning, om jag är med och beslutar om svaret. Se för övrigt Lovisa SFPs valprogram.

Jaakko Mure saml.

— Ja, för att Lovisas natur skall förbli ren, för att staden skall få skatteinkomster och för att vi skall kunna utveckla denna trevliga hemstad — och bygga bl.a. simhall.

— Nej, om det allmänt anses att Lovisa bör förbli sådan som den nu är; d.v.s. ingen ny industri, ingen utveckling, inga nya människor eller skattebetalare — framför allt inga finskspråkiga, d.v.s. ingenting, ingenting — ingenting. (Det sista »ingenting» skrev Mure t.o.m. på svenska. Red. anm.)

De säger JA

Svenska folkpartiet

Agneta Alm

— Omfattar ej till fullo kärnkraften, men är beredd att godkänna den den dagen det kan påvisas att landet behöver ett kraftverk till samt att frågorna kring långtidsuppevaringen samt alarm- och säkerhetssystemet är lösta.

Leif Lindeman

— Erfarenheterna från de två fungerande enheterna har hittills varit i huvudsak positiva.

Harry Lindroos

— Vill här påpeka att först skall enligt beslut av regeringen, Finlands riksdag, ta ställning till hur vårt lands energibehov i framtiden skall täckas. De verkliga alternativen torde i dagens läge, enl. expertisen vara två, kol-el. kärnkraft.

Stadsfmgje i Lovisa har 1974 som sin ståndpunkt slagit fast att man då ville ha ytterligare erfarenheter av driften vid kraftverken på Hästholmen förrän en vidare utbyggnad kan ske. Nu drygt 10 år senare kan utan överdrift sägas att erfarenheterna varit goda. Säkerhetskontrollen har visat sig vara betryggande, åverkan på den omgivande miljön ringa. (Stadens ekonomi har kommit på fötter, i början på 70-talet en av de mest skuldsatta städer, nu rakt tvärtom.)

Ställer man detta mot bakgrunden av de alltmer alarmerande uppgifter om skogsdöd o. döda sjöar från mellaneuropa förorsakat av svaveldioxid-nedfall från kraftverk o.a. industri eldade med kol el. olja utfaller jämförelsen till kärnkr. fördel.

C-E Vaenerberg

— Om landet behöver ett kärnkraftverk fattas beslutet av riksmyndigheter. Har lärt mig att acceptera värre mänskodödade, t.ex. tobak, alkohol och trafiken.

Samlingspartiet

Pertti Sajalinna

— Skulle ge staden efterlängta- de skatteinkomster. Beredskapen är på allt vis klar.

Martti »Simo» Piiparinen

— Miljövänligt. Om kontrollen är lika god som hittills, finns det ingen orsak att säga nej. Det »hårda» avfallet förs till Sovjetunionen.

Eero Laakso

— Eftersom kärnkraften är mest miljövänlig och prismässigt den billigaste energin för både industrin och hemhushållen.

Maria Elovaara

— Otrevligt känns det, det erkänner jag. Men om man i detta land blir tvungen att beställa ett kraftverk till, kan man sköta övervaknings- och säkerhetsfrågorna effektivare om man centraliserar kraftverk av samma typ på samma plats. Riskzonen är betydligt vidlyftigare än stadens område, men kraftverkets när- område är alltid bättre övervakat och förberett. För det andra är jag rädd för att stadens ekonomi i fortsättningen inte klarar sig utan betydande tilläggsinkomster. Skattörespriset vill man inte höja, varifrån skall man då ta pengarna?

Socialdemokraterna

Ray Fredriksson

— Det är den bästa och billigaste lösningen för tillfället. Så länge man inte har uppfunnit något nytt system är jag för kärnkraft.

Patrick Häggman

— Erfarenheterna av I och II är enbart positiva. Ger nya arbetsplatser (ca 1000 permanenta = storkraftverk). Ger pengar åt staden på nästan varje område. Jag är för en ren miljö, d.v.s. kärnkraft. Avfallsproblemet kan man lösa.

Pekka Kujala

— Lovisa har haft stor nytta av de två väl fungerande enheterna. Kärnkraft behövs ännu idag. P.g.a. erfarenheterna och avfallsservicen är storkraftverkets plats Lovisa.

Ingvald Nordström

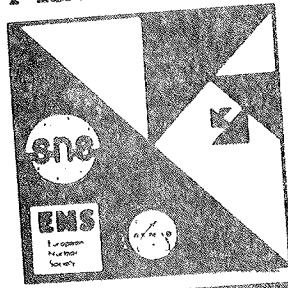
— Driftsäkerheten vid Lovisa I och II talar för en utvidgning. Miljövänligaste av de realistiska alternativen. Sysselsättningen, skatteintäkter för staden, uppsving för affärsverksamheten o.s.v. Förutsätter att det förbrukade högaktiva bränslet forslas bort från landet.

DFFF

Raakel Kuitunen

— Sysselsättningen skulle förbättras i Lovisa. Om kraftverket beställs från Sovjetunionen skulle det indirekt inverka positivt på sysselsättningen i hela landet. För en ren luft och miljö. Avfall borde inte begravas i Lovisas berggrund.

Madrid, Spain - October. 14-19 1985



III INTERNATIONAL CONFERENCE
ON NUCLEAR TECHNOLOGY TRANSFER

ICONTT III

SUMMARY DEAD LINE FEBRUARY 28, 1985

Call for Papers

GENERAL INFORMATION: ICONTT III is an International Conference dedicated to promoting and enhancing the transfer of nuclear technology among countries. The Conference will place major emphasis on those scientific, engineering, technical, and economic issues of importance to the transfer of nuclear power technology.

ICONTT III is under the auspices of the SPANISH NUCLEAR SOCIETY (SNE) and co-sponsored by the AMERICAN NUCLEAR SOCIETY (ANS) and the EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY (ENS).

The Technical Program Content is outlined in page 3 of this Call for Papers. Contributions to this Technical Program are solicited.

SUMMARY: Summaries of all papers must be submitted to the Program Committee Chairman for review. Accepted summaries are to be presented orally and will be published in the Transactions of the Conference. Summaries must be written in English.

CONTENT: Each summary must present facts that are relevant to transfer of Nuclear Technology. It must contain work that has been performed and results achieved. An introductory statement indicating the purpose of the work and a closing statement summarizing the results should be included. It is the responsibility of the author(s) to protect classified or proprietary information.

WORD COUNT: Summaries must be between 900 and 1500 words with figures or tables counting as 150 words each. There must be no more than 3 figures and/or tables. References are not included in the word count, but must be limited to the absolute minimum (a bibliographical listing is not acceptable). Each line of an equation counts as 10 words. The title should be limited to 10 words and the number of listed authors to the minimum possible. Summaries must be typed double-spaced on one side of the paper only (DIN-A4). The minimum height of the characters in figures should be 2 mm.

TABLES, FIGURES: Figures and tables are normally printed one column wide (7.50 cm). The height of Lettering on figures must be at least 1 mm after reduction, and the design of tables should suit the width limitation. Each figure or table must be on a separate page. On at least one copy of the summary, the figures must be of high-quality **gloss photographs** or reproducible black and white drawings.

REFERENCES: References should be listed at the end of the summary and indicated in the text in numerical order by superscript numbers.

SUMMARY DEADLINE: Four sets (original plus three copies of each summary, including cover sheets (pages 2 and 4 of this Call for Papers) must be post marked no later than **Thursday, February 28, 1985.**

REVIEW PROCEDURE: Each summary will be reviewed by the Program Committee. The principal authors will be notified of the status of the summaries by the end of April, 1985.

FULL PAPER: The authors are requested to deliver a master copy of their papers to the Registration Desk during the Conference. Arrangements shall be made to make available copies of such papers to participants upon request.

ATTENDANCE: The presence of the authors will stimulate and facilitate discussions. Their participation in the Conference will therefore be a requirement.

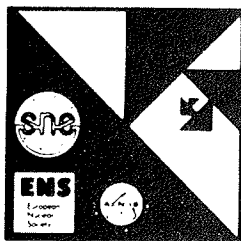
MAILING ADDRESS: All summaries should be mailed to the Program Committee Chairman:

Mr. ANTONIO CARETTI
SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA
c/Estébanez Calderón, 5, 3.º E
Phone: 445 60 00
28020 MADRID
SPAIN

For additional information authors may also contact:

Mr. MYRON KRATZER
INTERNATIONAL ENERGY ASSOCIATES
2600 Virginia Avenue NW
Suite 1000
Phone: 342 6752
WASHINGTON, D.C. 20037. USA

Mr. PIERRE GRAU
FRAMATOME
Tour Fiat, CEDEX 16
Phone: 796 04 06
92084 PARIS, LA DEFENSE
FRANCE



THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUCLEAR TECHNOLOGY TRANSFER

MADRID, SPAIN OCTOBER 1985

ICONTT III

SUBJECT CATEGORIES FOR CONTRIBUTED AND INVITED SESSIONS

Conference papers should emphasize the transfer of technology and will be grouped according to the following main subjects:

- a) Transfer of Nuclear Technology (General).
- b) Transfer of Construction Technology.
- c) Transfer of Fabrication Technology.
- d) Transfer of Engineering and Services Technology.
- e) Transfer of Operation and Maintenance Technology.

Within these main subjects more detailed technical topics may be addressed, with the following cited as examples:

1. Fuel supply, manufacturing and management.
2. Spent fuel and waste handling.
3. Codes, Standards and Licencing.
4. Emergency planning and back-up installations.
5. Research and development installations.
6. Advanced reactor concepts.
7. Planning and development of nuclear programs.
8. Support services for operating plants.
9. Contractual, economic and financing aspects of the transfer of technology.
10. Industrial development.
11. Education and Training.
12. Reactor availability and safety.
13. Others.

Contributions are not limited to the above subtopics, which are suggested as examples, and may cover any aspect of nuclear technology transfer within the main topics.

The Program Committee will schedule accepted papers for presentation within the appropriate conference sessions. The emphasis on transfer of technology means that the papers should stress the means, results, benefits, problems or other aspects of the **process** of technology to be transferred.

PAPERS ON TECHNOLOGY TRANSFER FROM THE VIEWPOINT OF TECHNOLOGY USERS ARE ESPECIALLY ENCOURAGED.

Lisätietoja ja esitelmän yhteenvedon kansilehtiä saa
DI Pekka Skytältä, Imatran Voima Oy, puh. 90-61601. Hän
toimii ENS:n edustajana ohjelmakomiteassa.

Tuomas Mankamo/mm

ESITELMÄ ATS:N KOKOUKSESSA 27.9.1984

PRA -ALUEEN TUTKIMUSTOIMINTA SUOMESSA

TAUSTAKSI

Ydinvoimalaitosten todennäköisyysperustaisella turvallisuusanalyysillä (probabilistic Risk/Safety Analysis, PRA/PSA) on vankka perinne Suomessa. Alkoihan luotettavuustekniikan sovellutukset maassamme juuri täältä alueelta 70 -luvun alussa. Tällöin tehtiin Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten turvallisuusjärjestelmistä perusteelliset luotettavuusanalyysit, joita käytettiin laitosten lisensoinnissa varmentavana lisäaineistona.

Ydinvoimalaitosalueella hankittu kokemus on sittemmin auttanut luotettavuustekniikan sovellutuskentän laajentamisessa. Kehitystä kuvaa hyvin se, että VTT:n luotettavuustekniikan jaostossa työskentelee nyt 20 henkilöä ja heistä kolme neljäsosaa uusilla sovellutusalueilla: automaatiojärjestelmien, elektroniikan, turvevoimalaitosten, kemian prosessijärjestelmien, vaarallisten aineiden kuljetusten ja paperikoneiden parissa.

Viime vuosina monet yritykset ovat ruvenneet luomaan omaa valmiutta luotettavuus- ja turvallisuusanalyysien tekemiseksi, ennen muuta suunniteltujen tarpeita varten. Paras esimerkki tässä suhteessa on IVO:n voimalaitososaston kasvava luotettavuusryhmä.

NYKYISET PRA -TUTKIMUKSET

Apukohtaisia PRA -alueen tutkimusprojekteja ja aihekokonaisuuksia, joissa VTT on mukana, ovat

- 1) NKA/SÄK-1, Probabilistic Risk Assessment and Licensing: tämä pohjoismainen projekti on osa NKA:n (Nordisk Kontaktorgan för Atomenergiforskning) tutkimusohjelmaa vv. 1981-84.

- 2) TTKE -selvitykset: turvallisuusteknisten käyttöehtojen (TTKE) määrittämistä luotettavuusteknisin perustein on tutkittu pääasiassa STUK:n toimeksiantoselvitysten puitteissa.
- 3) Uuden, kaavaillun reaktorilaitoksen konseptisuunnittelua tukevat luotettavuustarkastelut.

Tutkimusten ulkopuolisia rahoittajia ovat kauppa- ja teollisuusministeriö, NKA ja voimayhtiöt.

NKA/SÄK-1

NKA:n projektissa "PRA and Licensing" on riskianalyysin menetelmiä vertailtu ja kehitetty edelleen. Pohjoismaisten ydinvoimalaitosten turvallisuusjärjestelmissä sovellettu korkea varmennusaste ja pitkälle viety toimintojen erillistäminen merkitsevät, että systeemivuorovaikutusten ja yhteisvikojen tunnistamiseen ja arviointiin tarvitaan kehittyneempiä menetelmiä kuin rakenteellisesti yksinkertaisempien laitosten PRA -tutkimuksissa.

Keskeinen merkitys on projektissa ollut kahdella Benchmark -analyysillä, joissa kolme ryhmää on analysoinut samaa kohdetta toisistaan riippumatta. Näin on saatu kokemusperäistä tietoa eri menetelmien hyvistä ominaisuuksista ja rajoituksista. Projektin kuluessa on parannettu vikapuuohjelmien nopeutta ja käyttäjäystävällisyyttä sekä kehitetty ydinvoimalaitoskomponenttien pohjoismaista luotettavuustietopohjaa.

Loppuraportissa, joka on valmisteilla ja tulee painosta alkuvuodesta 1985, käsitellään myös riskianalyysimenetelmien käyttöä viranomaistoinnissa - pohjoismaisesta näkökulmasta katsoen. Loppukevääksi 1985 on suunniteltu pohjoismaista PRA -seminaaria, missä esiteltäisiin sekä NKA/SÄK-1:n tuloksia että kokemuksia käytännön analyyseistä, mm. ruotsalaisista PRA -tutkimuksista.

TTKE -SELVITYKSET

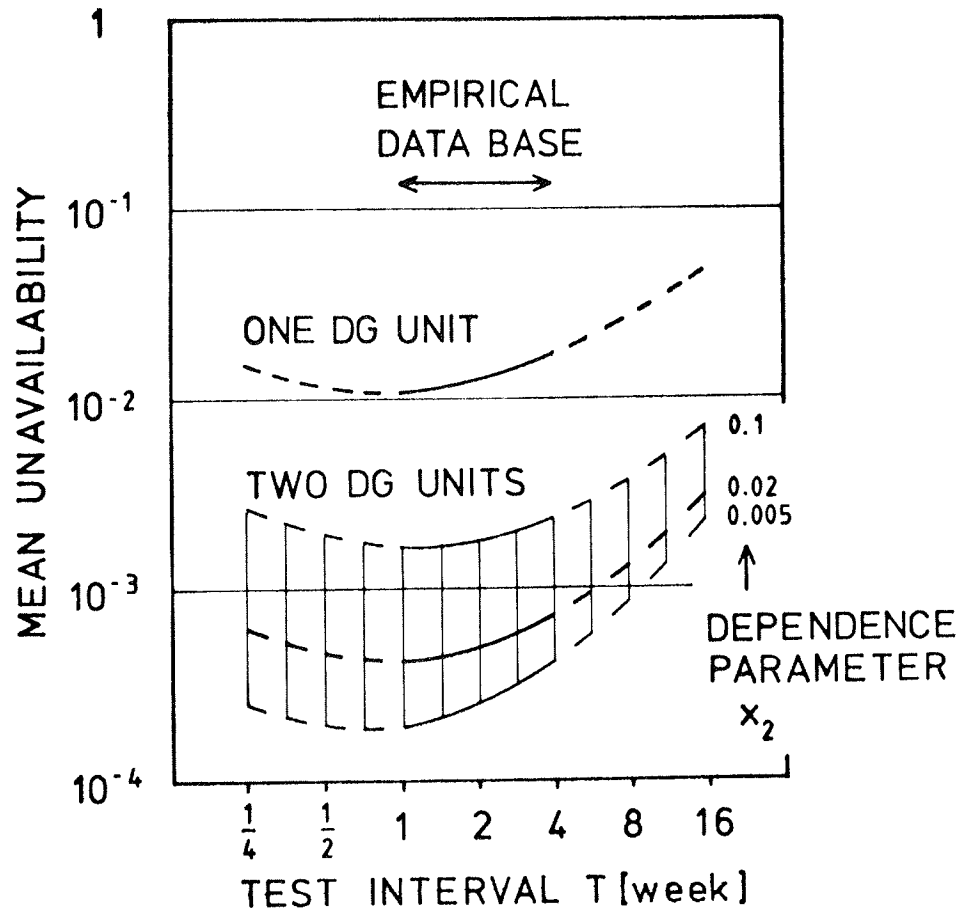
Turvallisuusjärjestelmien testaus- ja korjausjärjestelyjen tarkastelut luotettavuusteknisin menetelmin aloitettiin v. 1978 paikkeilla STUKin

ja VTT:n yhteisestä aloitteesta. Jo alussa jouduttiin toteamaan, että PRA -tutkimusten vakiintuneet perusmenetelmät ja mallit ovat liian rajoittuneita hienosyisiin optimointitarkasteluihin. Pääalueet, joilla kehitystyötä on tarvittu, ovat seuraavat:

- 1) Varakomponenttien vioittumistapojen erittely vian paljastuvuuden ja vaikutuksen suhteen. Käyttöön otettuja erittelyperiaatteita ovat mm. piilevät viat/havaittavat viat, toiminnan estävät viat/vian korjausaikana epäkäytettävyyttä aiheuttavat viat.
- 2) Piilevien toiminnan estävien vikojen malli. Tähän tarkoitukseen on kehitetty ns. " $q + \lambda t$ " -malli (q = epäkäytettävyyden vakio-osa, λ = varallaoloajan vikataajuus, t = edellisestä testauksesta/käytöstä kulunut aika).
- 3) Rinnakkaisten komponenttien vikojen tilastollinen riippuvuus, ts. yhteisvikamalli.
- 4) Systeemiepäkäytettävyyden määritelmän tarkentaminen ehdolliseksi vikatodennäköisyydeksi, missä otetaan huomioon tieto systeemin ja komponenttien tilasta tarkasteluhetkellä ja aikaisemmasta käyttöhistoriasta.
- 5) Korjaus- ja hätäpalautusaikojen mallintaminen siten, että otetaan huomioon mm. korjausten priorisointi ja yhteisvikojen mahdollinen puutteellinen havaitseminen rinnakkaisissa osajärjestelmissä.

Puhtaan menetelmäkehityksen rinnalla on tehty yhtä paljon työtä vika-tilastojen parissa, jotta mallit voitaisiin varmentaa kokemusperäisellä tiedolla. Esimerkiksi edellämainittu " $q + \lambda t$ " -malli on voitu varmentaa dieselgeneraattorien, sulkuventtiilien ja pumppujen tapauksessa sekä määrittää mallin parametrit kohtuullisella tarkkuudella.

Kehitettyjä menetelmiä ja kerättyä kokemustietoa on käytetty systeemien testausjärjestelyjen optimointiin sekä koskien testiväliä että testaus-tapaa. Laskennalliset optimit ovat tyypillisesti hyvin laakeita, kuva 1. Tavanomainen johtopäätös on ollut, että käytössä oleva testaustiheys on yleensä lähellä optimia. Mutta tutkimuksia on voitu hyödyntää siten,



Kuva 1. Yhdelle ja kahdelle hajautetusti testatulle dieselgeneraattorille laskettu epäkäytettävyys testivälin funktiona. Luotettavuusdata perustuu ruotsalaissuomalaiseen dieselgeneraattoritutkimukseen.

että tulosten avulla on voitu perustella testausten harventamista sellaisissa tapauksissa, missä systeemiepäkäytettävyys ei muutu paljokaan, mutta testausten kuluttavaa vaikutusta on tarpeen vähentää.

Toinen sovellutusalue on käytön aikana sallittavissa olevat korjausajat turvallisuusjärjestelmien vioille. Tässä tulee eteen seuraava kysymyksenasettelu: olettaen, että on havaittu turvallisuusjärjestelmän luotettavuutta alentava vika/vikayhdistelmä ja että tarvittava korjausaika pystytään arvioimaan, niin kumpi seuraavista vaihtoehdoista muodostaa pienemmän riskin:

- 1) Jatketaan käyttöä ja otetaan se riski, mikä kertyy korjausajan kuluessa.

- 2) Ajetaan laitos alas ja otetaan ensinnäkin tilanvaihtoon sisältyvät häiriöriskit ja toiseksi saadaan hyötyä pitkän päälle riskitason mahdollisesta alenemisesta alasajetulla laitoksella.

Vaihtoehtoisia päätöspolkuja on havainnollistettu kuvassa 2. Alasajon lisäriski näkyy piikkinä haarassa 3. Esimerkkitapauksessa riskitaso alenee alasajovaihtoehdossa alle jatkettun käytön vaihtoehdon. Alasajo on siis perusteltu, mikäli odotettavissa oleva korjausaika on niin pitkä, että riskiä kertyy yhteensä siinä vähemmän kuin käyttöä jatkettaessa. (Huomattakoon, että eräissä jälkilämmönpoistojärjestelmien vikatapauksissa ei alasajetun laitoksen riskitaso välttämättä laskekaan jatkettun käytön riskitason alapuolelle, sillä käyvillä jälkilämmönpoistojärjestelmillä on usein suhteellisen korkea pysähtymisvikataajuus. Jatkettun käytön riskitaso muodostuu näissä tapauksissa alasajotarpeen esiintymistiheyden ja varatilassa olevien jälkilämmönpoistojärjestelmien käynnistymättömyystodennäköisyyden tulona.)

Tulokset tähänastisista sovellutuksista, joita on tehty ensi sijassa Olkiluodon voimalaitoksen varasähkö- ja jälkilämmönpoistojärjestelmille, osoittavat että sallitut korjausajat jakautuvat hyvin tasapainottomasti eri komponenttien ja eri vikayhdistelmien kesken. Luotettavuusteknisin tarkasteluin niitä on mahdollista jakaa huomattavasti optimaalisemmin ja tasapainottaa myös turvallisuusnäkökohtia ja taloudellisia tekijöitä keskenään merkittävästi paremmin.

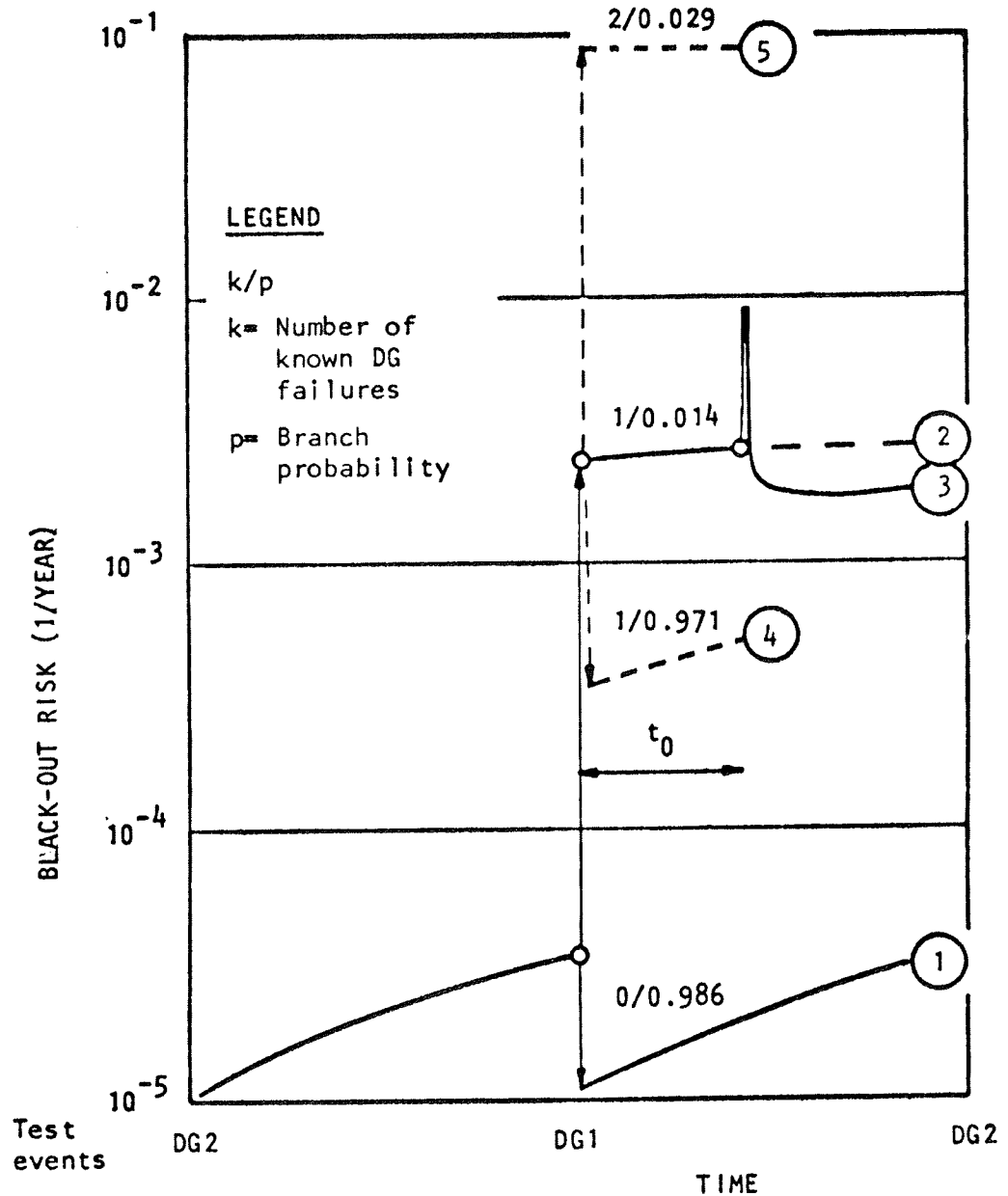
UUDEN REAKTORILAITOKSEN ANALYYSIT

Sekä neuvostoliittolaiselle 1000 MW:n että ranskalaiselle 900 MW:n laitoskonseptille on tehty varmennusratkaisuja ja turvallisuusteknisten käyttöehtojen määrittelyä koskevia luotettavuustarkasteluja.

MITÄ TULEVAISUUDESSA

Tätä kirjoitettaessa on jo päätetty seuraavasta NKA:n tutkimusohjelmasta vv. 1985-88, mihin sisältyy kaksi PRA -aiheista projektia:

- 1) Riskianalyysin jatkokehitys, pääpaino on aikaisempia vaativammassa Benchmark -analyysissa. Tavoitteena on mm. PRA -työn täydellisyyskysymyksen tutkiminen.



Kuva 2. Sähkönmenetyksen (black-out) riski yksinkertaisessa esimerkkitapauksessa, missä ulkoista sähkönsyöttöä varmentaa kaksi hajautetusti testattua dieselgeneraattoria (DG).

- Haarat:
1. Perusriskitaso, kumpikin DG on edellisessä testissä havaittu toimivaksi.
 2. DG1 havaitaan testissä vialliseksi, DG2 on varatilassa (ei ylimääräistä testiä), DG1 korjataan käytön jatkuessa.
 3. Kuten haara 2, mutta laitos ajetaan alas TTKE -rajan t_0 kuluttua.
 4. DG1 havaitaan testissä vialliseksi ja DG2 testataan ylimääräisesti ja se havaitaan toimivaksi.
 5. DG1 havaitaan testissä vialliseksi ja myös DG2 sille suoritettussa ylimääräisessä testissä.

2) TTKE -optimoinnin menetelmät laitostasolla.

Menetelmien peruskehityksessä suurin mielenkiinto on modernin tietojenkäsittelytekniikan soveltamisessa entistä monipuolisempien ja helppokäyttöisempien mallintamis- ja laskentaohjelmistojen luomiseksi.

LISÄÄ AIHEESTA

1. Mankamo, T., Petersen, K.E., Pörn, K. & Ericsson, G., Experiences from the Nordic Benchmark analyses. To be presented in the International ANS/ENS Topical Meeting on Probabilistic Safety Methods and Applications, 24-28 February, 1985, San Francisco.
2. Mankamo, T., Perhonen, H., Pulkkinen, U., Kosonen, M. & Vanhala, J., Experiences from the use of PRA Methods in the re-evaluation of technical specifications. Ks. viite /1/.

IMATRAN VOIMA OY
Voimalaitososasto

Harri Tuomisto

YDINTURVALLISUUTEEN LIITTYVÄT KOKEET
IVON VESIRAKENNUSLABORATORIOSSA

ATS:n marraskuun kuukausikokous pidettiin 29.11.1984 Imatran Voima Oy:n Vesirakennuslaboratoriossa Helsingin Vanhassa-kaupungissa. Kokouksen yhteydessä laboratorion päällikkö Olavi Savonen esitteli Vesirakennuslaboratorion historiaa ja nykyistä toimintaa. Esitelmänsä yhteydessä hän näytti myös tehdyistä mallikokeista kertovan filmin.

Laboratoriossa tehtyjä ydintekniseen turvallisuuteen liittyviä virtauskokeita esitteli Harri Tuomisto Voimalaitososastolta. Esitelmien jälkeen tutustuttiin laboratoriossa tällä hetkellä oleviin koelaitteisiin ja seurattiin näillä tehtyjä demonstraatioita. Mukana oli kolmisenkymmentä henkeä.

Seuraavaan on laadittu lyhyt kuvaus ydintekniseen turvallisuuteen liittyneistä kokeista ja kerrotaan niiden taustasta ja saaduista tuloksista.

Polttoainesuojakontin pudotuskokeet

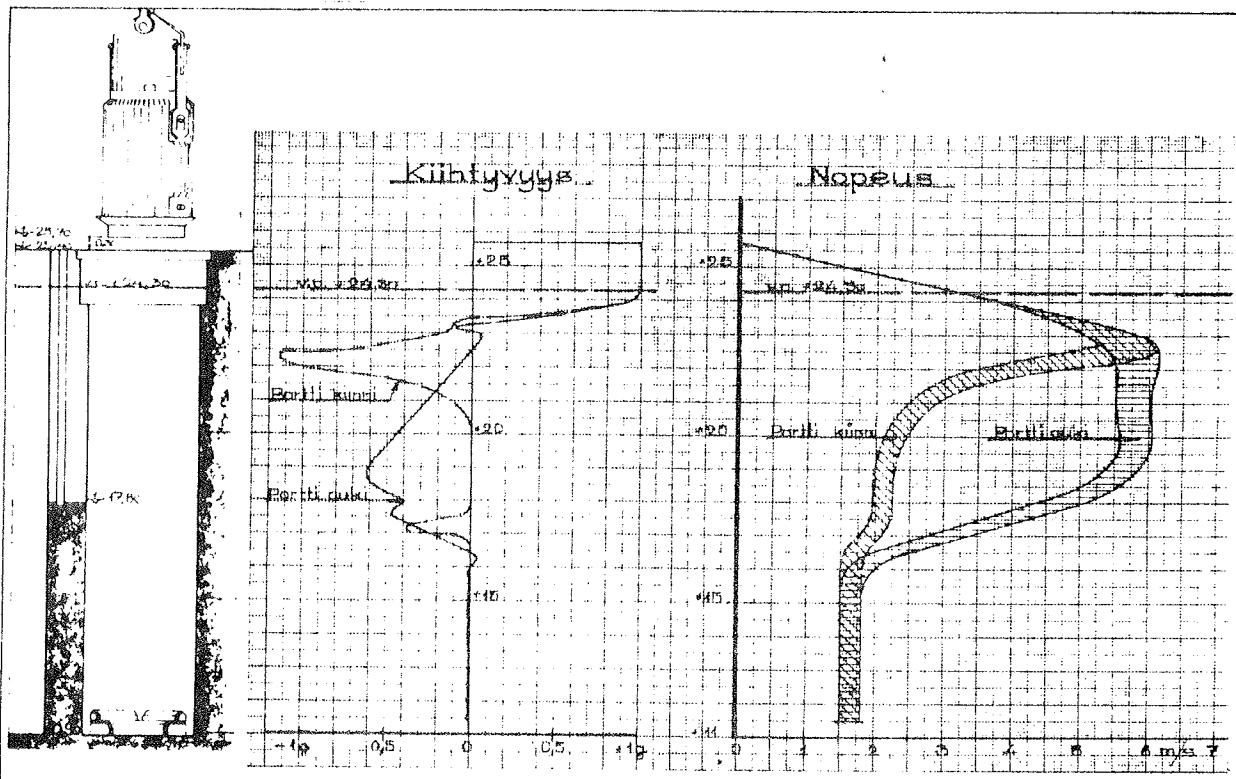
Käytetyn polttoaineen suojakontin putoaminen takaisin varastointikaivoon ei saa aiheuttaa vahinkoa rakenteille. Tämän tutkimiseksi tehtiin vuonna 1976 sarja mallikokeita, joiden tarkoituksena oli selvittää Loviisan suojakontin putoamisnopeus kaivossa ja tutkia, mitä vaikutusta eri rakenneratkaisuilla on. Lisäksi selvitettiin paineen nousua ja vesi-iskujen esiintymistä kaivossa kontin pudotessa.

Koelaitteisto käsitti suojakontin nosto-orsineen sekä kaivon ja jäähdytysaltaan. Nämä rakennettiin mittakaavassa 1:10 ja mit-taustuloksia käsiteltiin pääosin Frouden mallilain mukaan (paitsi vesi-iskujen osalta Couchyn mallilain mukaan). Mallilakien mer-kitystä on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1

Muuntokertoimet mittakaavassa a rakennetussa mallissa eri mallilakien mukaan

	Froude	Cauchy
Pituus	a	a
Pinta-ala	a ²	a ²
Tilavuus	a ³	a ³
Aika	a ^{1/2}	a
Nopeus	a ^{1/2}	1
Kiihtyvyyys	1	a ⁻¹
Massa	a ³	a ³
Voima	a ³	a ²
Kimmoisuus		1
Paine	a	1



Kuva 1. Esimerkki suojakontin pudotuskokeiden tuloksista: mitattu kiihtyvyyys ja nopeus kaivossa

Sumpitukkeumakokeet I

Edelleen vuonna 1976 tehtiin Loviisan hätäjähdytysjärjestelmien toimintaan liittyviä mallikokeita, joilla tutkittiin primääripiirin putkien eristeenä käytetyn mineraalivillan käyttäytymistä höyrystystilan lattiakaivoissa ("sumpit") ja näiden sumppien toimintaa yleensä. Samassa yhteydessä selvitettiin myös suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmän suuttimien ominaisuudet virtauksen kannalta.

Aluksi selvitettiin käytetyn mineraalivillan käyttäytymistä vedessä eri lämpötiloissa. Villaa hajoitettiin korkeapaineisilla vesisuihkuilla kuten myös jäähdytteenmenetyssonnettomuoksien yhteydessä tapahtuisi. Murskatun villan kulkeutumista eri virtauksien mukana tutkittiin.

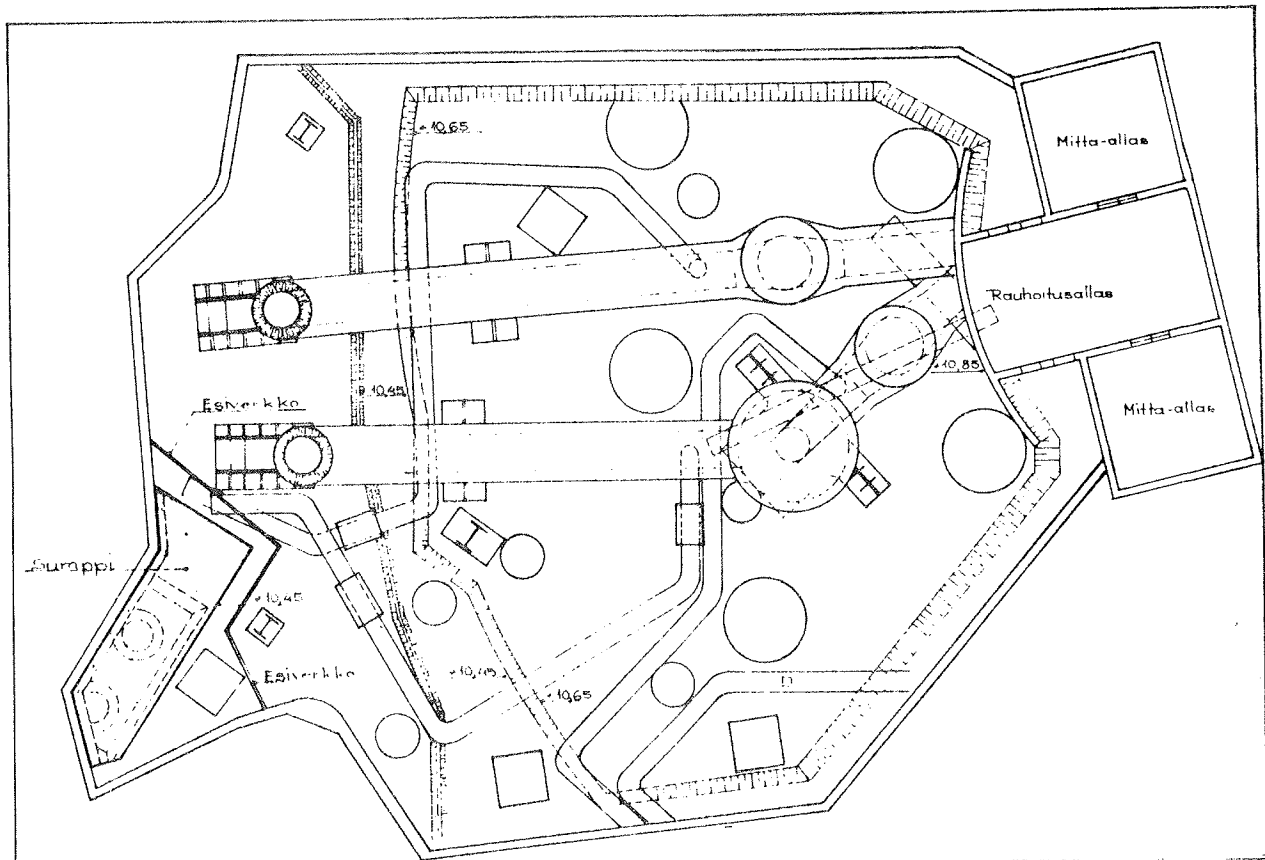
Lattiakaivojen suojana käytetään siiviläverkkoa. Mallikokeilla selvitettyjen siiviläverkon tukkeutumisonaisuuksien perusteella tehtiin esitys Loviisaan sopivasta sumppirakenteesta.

Hyörystintilan virtauksia ja sumpista imettäessä syntyviä pyörteitä tutkittiin mallilla, joka kuvasi mittakaavassa 1:5 puolet reaktorirakennuksen höyrystystilasta. Kokeiden perusteella tehtiin ehdotus, jolla imupyörteitä pystytään vähentämään oleellisesti.

Suojarakennuksen ruiskutussuuttimien kokeilla määritettiin sadetuskuviot eri paineilla sekä ruiskutusveden pisarakoot.

Suppitukkeumakokeet II

Säteilyturvallisuuslaitoksen pyynnöstä sumpitukkeumakokeita laajennettiin vuosina 1979-1980. Nyt rakennettiin höyrystintilasta malli mittakaavassa 1:1 niin, että se käsitti yhden kuudesosan lattia-alasta ja puolet yhdestä supista. Sumpin lähelle rakennettiin kaikki putket ja rakenteet kuten luonnossa (kuva 2).



Kuva 2 Yleiskuva luonnollisessa koossa tehdystä sumpimallista

Mineraalivillaa murskattiin tätä varten erityisesti kehityksillä laitteilla käyttäen hyvin korkeita vedenpaineita (> 10 MPa). Koetta kohden murskattua villaa oli 2-3 m³.

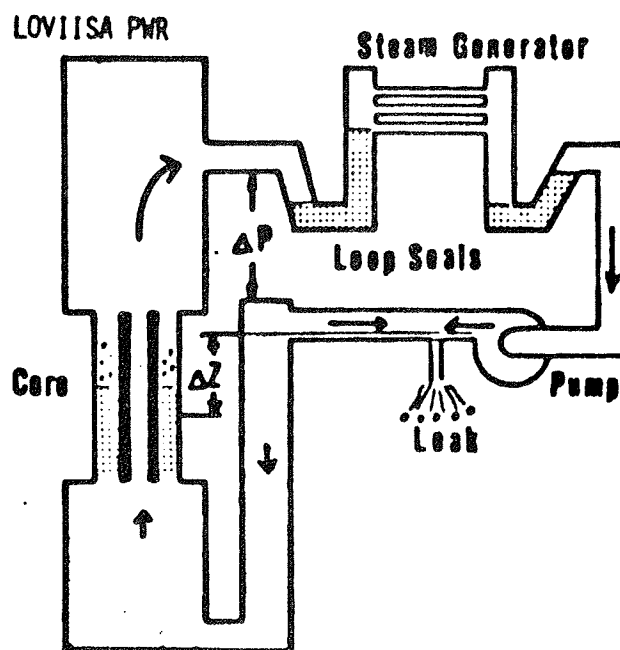
Villan murskauksen jälkeen sumpin kautta kierrätettiin vettä, kuten jäädytteenmenetyssonnettomuuden jälkeen tapahtuisi hätäjäädytys- ja suojarakennuksen ruiskutusveden uudelleenkierrätysvaiheessa. Yhden kokeen kesto oli tyypillisesti pari viikkoa ja kokeen aikana seurattiin painehäviön kasvamista sumpiverkon yli.

Sumpitukkeumakokeiden tuloksia on käytetty tiedonvaihdossa eri maiden kanssa. Erityisesti USA:ssa niitä on referoitu tarkasti NRC:n teettämien suojarakennustutkimusten ja hätäjäädytyspumppujen toimintakokeiden yhteydessä.

Tavallansa näiden kokeiden jatkona on IVO teettänyt myös Loviisan korkeapaineisille hätälisävesipumpuille toimintakokeet, joilla osoitetaan pumppujen toimivuus niissä olosuhteissa, että vedessä on sumpin siiviläverkon läpäisemät villajäänteet.

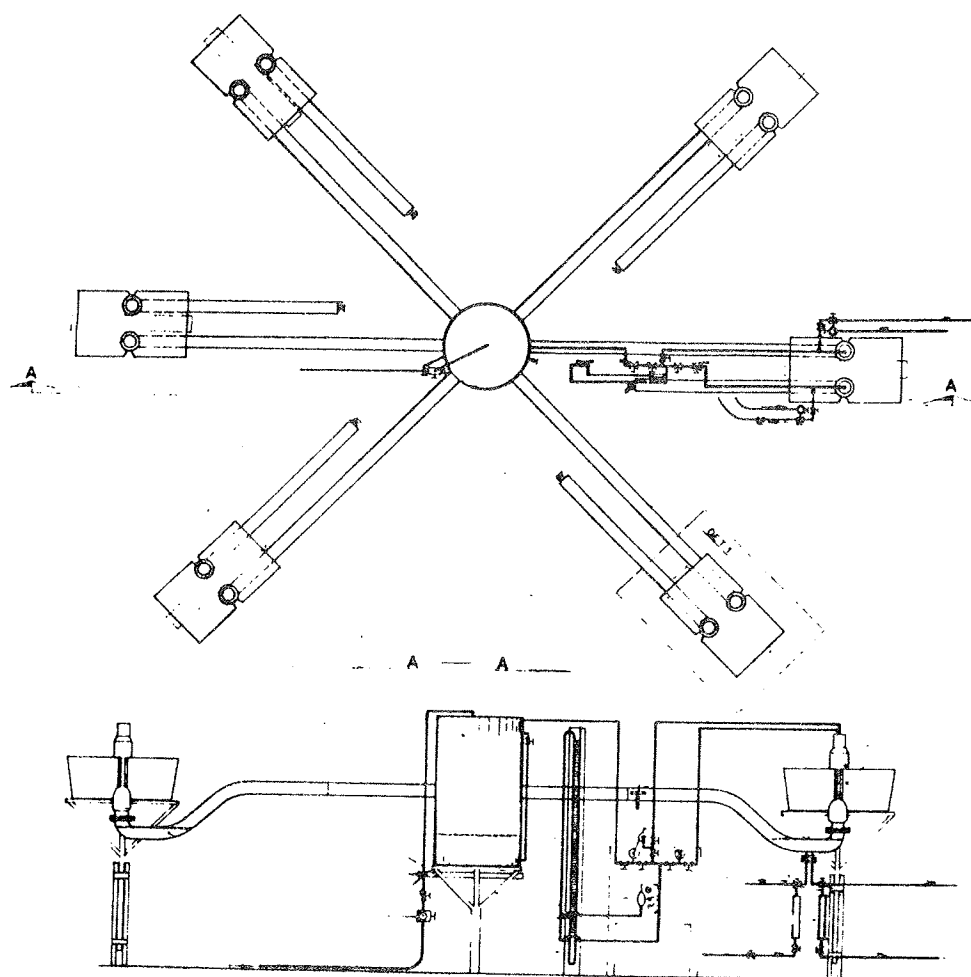
Loviisan vesilukkokokeet

Kun vuonna 1979 Yhdysvalloissa Three Mile Islandin laitoksella sattuneen onnettoman tapauksen vauhdittamina tutkittiin Loviisan laitoksen käyttäytymistä pienten jäädytteenmenetysonnettomuuksien yhteydessä, törmättiin ongelmaan, josta on siitä lähtien käytetty nimeä vesilukkoilmiö. Tällä tarkoitetaan kylmän haaran jäädytteenmenetysonnettomuuksissa primäärikiertopiirien mutkiin jäävien vesitulppien aiheuttamaan lisäpainehäviötä reaktorin yläosaan ja paineastian alavirtaustilan välillä, mikä pyrkii painamaan vedenpintaa sydämessä alaspäin (kuva 3).



Kuva 3 Vesilukkojen esiintyminen Loviisan painevesi-reaktorin kiertopiireissä /2/

Yleensä maailmalla vesilukkoihin on suhtauduttu toteamalla, että ne puhaltuvat höyryvirtauksen johdosta auki ja pysyvät auki. Loviisan laitoksen erityispiirteiden ja vähäisten kokeellisten tutkimusten vuoksi vesilukkojen käyttäytymistä päätettiin selvittää itse omin kokein. Tätä varten rakennettiin ensin kuusi kiertopiiriä sisältänyt laitteisto mittakaavassa 1:6,25, jolla tutkittiin ilma/vesikokein vierekkäisten vesilukkojen käyttäytymistä. Näköhavaintojen saamiseksi malli valmistettiin läpinäkyvästä akryylista (kuva 4).



Kuva 4 Rakennettu malli, joka käsittää reaktorin ja sen kuusi kiertopiiriä (mittakaava 1:6,25)

Jäähdytteenmenetysonnettomuuksien analysoinnissa käytettäviä termohydraulisia koodeja varten mitattiin erillisillä yhden vesilukon malleilla (mittakaavat 1:6,25 ja 1:2,89) aukko-osuudelle korrelaatio, jota käyttäen saatiin analyysiin realistisempi painehäviön kuvaus.

Lisäsyöttöjen vaikutusta vesilukkojen aiheuttamiin vastuksiin tutkittiin peräkkäisillä vesilukoilla käyttäen lisävesivirtauksina laitoksella esiintyviä syöttömääriä mahdollisissa onnettomuustilanteissa.

Kokeita tehtiin rinnan pienten vuotojen laskennallisen analysoinnin kanssa. Tuloksien soveltaminen tapahtui suorana ja niitä on esitetty myös kansainvälisten kokousten yhteydessä /1-3/.

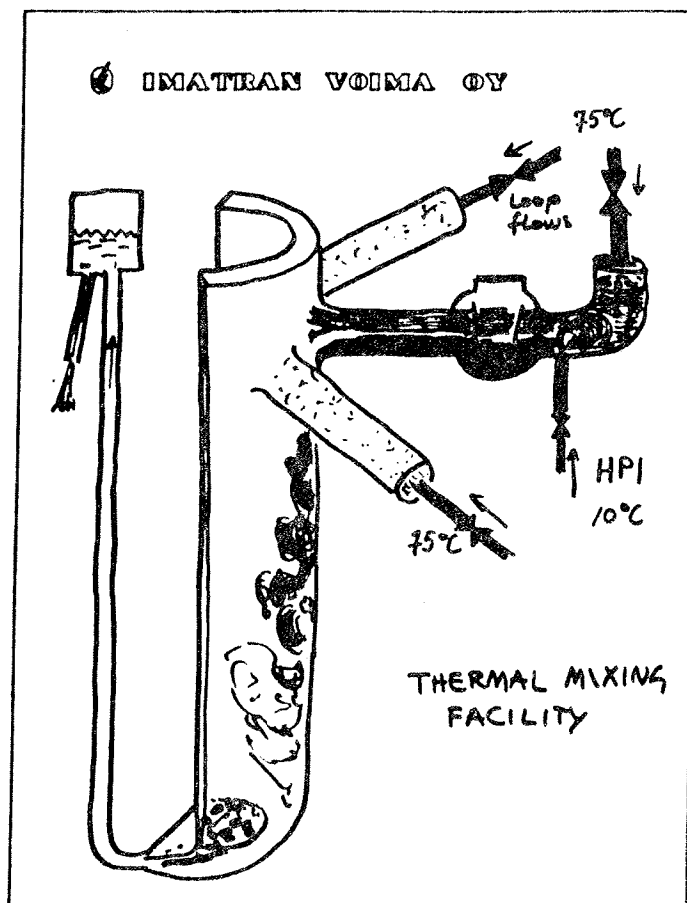
Sekoituskokeet

Reaktorin paineastian haurasmurtuma-analysointia varten pitää pystyä määrittämään mahdollisten käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien aikana paineastian seinämän kokemat lämpöshokit. Näitä arvioitaessa on osoittautunut hankalaksi määrätä kiertopiirien kylmiin haaroihin syötettävän kylmän hätäjäähdytysveden vaikutus.

Kun Loviisan paineastian haurasmurtuma-analyysyjä alettiin tarkistaa vuoden 1982 lopulla, todettiin, että käytettävissä ei ollut yhtään luotettavana pidettävää menetelmää kylmän hätäjäähdytysveden sekoittumisen laskemista varten. Erityisesti pelättiin tilanteita, joissa virtaus kiertopiireissä on melkein tyystin pysähtynyt transientin aiheuttamien häiriöiden vuoksi. Tällöin voisi reaktoriin syötetystä kylmästä vedestä muodostua "kieleksi" kutsuttu kylmä pystyalue putkiyhteen alapuolelle paineastian seinälle.

Sekoittumisen tutkimiseksi rakennettiin koelaitteisto mittakaavassa 2:5 (Frouden mallilaki) kuvaamaan Loviisan reaktoripaineastian alasvirtaustilan puolikasta ja kolmen kiertopiirin kylmää

haaraa (kuva 5). Kylmän hätäjäähdytysveden syöttö toteutettiin keskimmäiseen haaraan. Kuuman veden virtaus voitiin simuloida kaikkiin haaroihin vastaamaan yhden prosentin jälkilämpötehon nostattamaa luonnonkiertoa. Rakennusmateriaalina käytettiin läpinäkyvää akryyliä, jotta kokeiden aikana voidaan tehdä näköhavaintoja sekoittumisesta. Koska akryyli sietää vain lämpötiloja $+80^{\circ}\text{C}$ asti, joduttiin reaktorissa muodostuvien lämpötilaerojen aiheuttamia suuria tiheyseroja simuloimaan käyttämällä suolaa. Kylmän veden tiheyttä lisättiin aina pitoisuuksiin 20 % asti.



Kuva 5 Sekoituskokeissa käytetyn laitteiston yleiskuva


Sekoittumisen määrittämiseen käytettiin laajoja lämpötilamittauksia (yli 60 termoparia). Näköhavaintojen avulla pystytään selittämään kvalitatiivisesti sekoittumisilmiöitä ja mittaus tuloksia.

Kokeiden tulokset osoittavat, että kylmät kielet ovat paljon odotettua pienempi ongelma, toisaalta saatiin uutta tietoa alavirtaustilan paikallisista virtausnopeuksista, jotka vaikuttavat lämmönsiirtoon ja siten myös lämpöšokin voimakkuuteen.

Koska rakennettu koelaitteisto poikkeaa geometrialtaan huomattavasti vastaavista kokeista, joita on tehty Yhdysvalloissa (EPRIn teettämät kokeet Crearella ja NRC:n teettämät kokeet Purduen Yliopistossa, vrt. taulukko 2), herättivät IVOn kokeet NRC:n huomiota niin, että koetulokset luovutettiin NRC:lle kahdenkeskisellä sopimuksella haurasmurtuma-analysointiin liittyviä tietokoneohjelmia, materiaalia ja koulutusta vastaan.

Taulukko 2

Vertailu vastaaviin koelaitteisiin Yhdysvalloissa

 IMATRAN VOIMA OY			
COMPARISON TO CORRESPONDING FACILITIES			
	CREARE 1/5	PURDUE 1/2	IVO 2/5
SCALING	FROUDE 1:5	FROUDE 1:2	FROUDE 1:2,55
COLD LEG DIAMETER	143 MM	343 MM	193 MM
DOWNCOMER GEOMETRY	PLANAR	PLANAR	ANNULAR
DOWNCOMER GAP	46 MM	127 MM	61 MM
DOWNCOMER WIDTH	670 MM	1180 MM	1840 MM
HPI-DIAMETER	51 MM (NEAR 60°) 7 MM (SMALL 90°)	108 MM (NEAR 60°)	27 MM (FROM BENEATH)
NUMBER OF COLD LEGS	1	1	3

Koelaitteelle suoritetaan tänä talvena laaja revisio, minkä jälkeen sillä tehdään NRC:n tilauksesta 20 lisäkokeen sarja. Tämän koesarjan tarkoituksena on osoittaa hyvin sekoittunut tila myös epäsymmetrisessä geometriassa ja tutkia kahden lähekkäisen kielen yhteisvaikutusta.

CCFL-kokeet

Polttoainesauvanipun yläpään rakenteen virtausrajoitusten tutkimiseksi jäädytteenmenetyssonnettomuuksien aikana on laboratoriossa tänä vuonna rakennettu koelaitteisto, jolla tehdään nk. CCFL-kokeita (Counter-Current Flow Limitation). Koelaitteisto käsittää yhden polttoainesauvanipun yläpään rakenteet (läpinäkyvästä muovista) luonnollisessa koossa. Sydämessä kehittyvää höyryä kuvataan ilmalla ja sauvanipun yläpuolelle syötetään hätäjäädytysvettä.

Kokeissa mitataan alaspääsevä vesivirtaus ylöspäin virtaavan ilmamäärän funktiona. Lisäksi on tutkittu epästabiilisuuksien kehittymistä sauvanipun yläpuolelle syntyvissä virtausmuodoissa sekä eri rakenneratkaisujen ja dimensiotekijöiden vaikutusta epästabiilisuusilmiöiden esiintymiseen. Sydämen kannalta syntyvät epästabiilisuudet ovat eduksi, koska ne lisäävät alaspäin valuvan veden määrää.

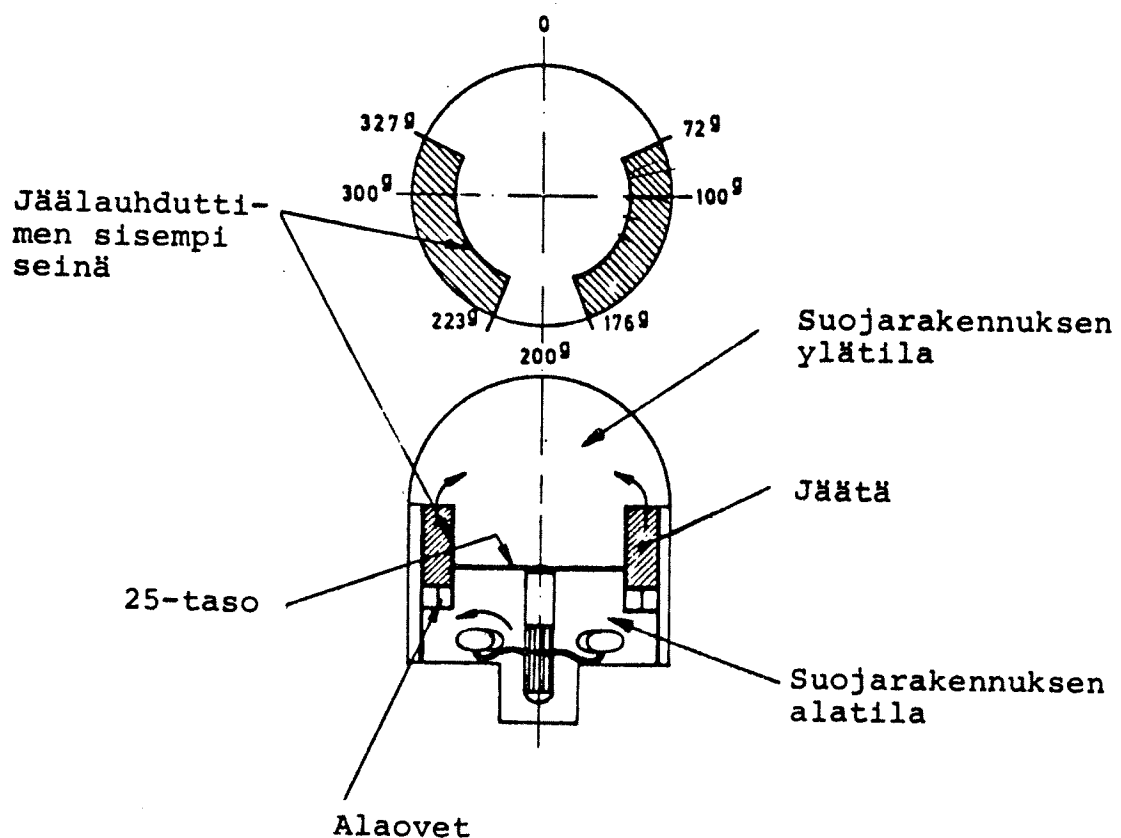
Saatua CCFL-korrelaatiota käytetään termohydraulisissa kokeissa ja sillä on havaittu olevan hyvin ratkaiseva merkitys suurissa jäädytteenmenetyssonnettomuuksissa sydämen tulvaamisvaiheen etenemisessä.

Syy oman koelaitteiston rakentamiseen on poikkeavan geometrian aiheuttamat epävarmuudet sekä käytettävissä olleiden tulosten selvä yksidimensioisuus (koelaitteet ovat olleet hyvin kapeita virtauskanavia).

Vaikka käytetyt dimensiot (= yksi sauvanippu) ovat meillä melko suuret, ei CCFL-käyttäytymistä pystytä vielä näillä kokeilla täysin selvittämään. Tulevat kansainväliset 2D- ja 3D-kokeet antavat kuitenkin paljon lisävalaistusta, mikäli niiden tulokset saadaan käytettäväksi.

Jäälauhdutinkokeet

Loviisan suojarakennuksen paineen kohoamista jäähdytteenmenetysonnettomuuden jälkeen pitää kurissa jäälauhdutin (kuva 6), joka sisältää lähes 1000 t booripitoista jäätä. Jää on pakattu 14 m korkeisiin ja halkaisijaltaan 30 cm koreihin. Koreja on jäälauhduttimessa puolisentoista tuhatta kappaletta.



Kuva 6 Jäälauhduttimen sijainti suojarakennuksessa

Käytön aikana on yleismaailmallisesti havaittu ongelmaksi, että jäälauhduttimen minimaalisetkin lämpövuodot saavat osan jäästä siirtymään sublimaation ja härmistymisen avulla ajan mukana paikasta toiseen. Tämän ilmiön seurauksena jäälataus ei pysy täysin tasaisena. Epätasaisuuksien korjailu on osoittautunut käytännössä hankalaksi työksi.

Epätasaisuuksien salliminen voidaan perustella laskelmin, jos laskelmien pohjaksi saadaan kokeellisia tuloksia. Koska tällaisia tuloksia ei ole ollut käytettävissä, laboratorioon on tänä vuonna rakennettu jäälauhduttimen yhtä lohkoa jäljittelevä malli mittakaavassa 1:10.

Yhteistyössä IVOn Lämmityslaboratorion kanssa on kehitetty koejärjestelyt, joilla jäälauhdutinmalliin toteutetaan jäähdytteenmenetysonnettomuuksia kuvaava höyrynsyöttö. Tehtävillä kokeilla selvitetään ensin jään sulamisprosessi mallissa. Tämän jälkeen tutkitaan jään epätasaisuuksien vaikutusta sulamisprosessiin ja ennen kaikkea suojarakennuksessa tapahtuvaan paineen nousuun.

Suuret vesilukkokokeet

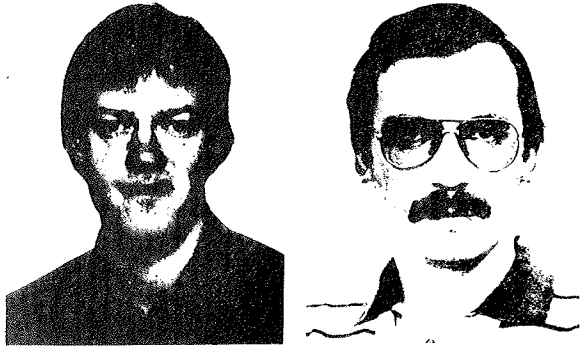
Koska vesilukkoilmiö on muodostumassa kansalliseksi tutkimusalueeksi uusien laitoskonseptien sekä sen tosiseikan myötä, että maailmalla ei julkaistuja vakavasti otettavia kokeita ole ollut, laboratorioon on tänä vuonna rakennettu luonnollista kokoa oleva painevesireaktorin primäärikiertopiirin kylmän haaran malli. Laitteistolla on tarkoitus tutkia kylmän haaran painehäviöitä ja esiintyvien kaksifaasivirtausten muotoja todellisessa koossa. Koko on valittu näin suureksi, koska ei olla oltu varmoja, miten paljon mittakaavatekijät tekevät väkivaltaa nimenomaan esiintyvän kaksifaasivirtauksen muodolle.

Kokeet tullaan tekemään pääosin ensi vuoden alkupuoliskolla.

Yhteenveto

IVOn Vesirakennuslaboratoriossa on tehty huomattava määrä painevesireaktorilaitosten turvallisuuteen liittyviä virtausteknisiä kokeita. Nämä on toteutettu usein yhteistyönä IVOn eri yksiköiden (Vesirakennuslaboratorio, Voimalaitososasto, Lämmityslaboratorio jne.) kesken. Säteilyturvallisuuslaitos (nykyisin Säteilyturvakeskus) on osallistunut tiiviisti moniin koesarjoihin. Samoin tieteellistä tukea on saatu Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen Ydinvoimatekniikan laboratoriosta.

- | | | |
|-----------------|-----|---|
| <u>Viitteet</u> | /1/ | J.Miettinen et al., Scoping Studies on PWR Core Behaviour under Small Break LOCA Conditions. CSNI Specialist Meeting on Safety Aspects of Fuel Behaviour in Off-Normal and Accident Conditions, 1...4 Sept 1980, Espoo, Finland |
| | /2/ | Ollikkala, H.Kantee, Effect of Loop Seals on the Mixture Level in a PWR Reactor Vessel under Cold Leg Break Situations. ANS Topical Meeting on Small Breaks, Aug 1981, Montrey, California |
| | /3/ | H.Tuomisto, Experimental and Analytical Studies of Loop Seal Effects in the Primary Circuit. IAEA Specialists Meeting on "Experimental and Modelling Aspects of Small-Break LOCA" Budapest, 3-7 Oct 1983. |



Valtion teknillinen tutkimuskeskus
Ydinvoimatekniikan laboratorio
J.A. Heikkinen ja S.J. Karttunen

TOKAMAK-FUUSIOTUTKIMUS RATKAISUVAIHEESSA

Fuusioenergian tuottaminen edellyttää polttoaineelta erittäin korkeaa n. 100 milj. asteen (~ 10 keV) lämpötilaa, jolloin reagoivat atomit ovat täysin ionisoituneessa muodossa eli plasmatilassa. Lisäksi kuuma polttoaineplasma on pidettävä koossa kyllin tiheänä riittävän pitkän ajan, jotta fuusioenergiaa ehtii vapautua enemmän kuin kuumennukseen ja koossapitoon on kulunut. Koossapitoehdon lausuu nk. Lawsonin kriteeri: $n\tau > 10^{20} \text{m}^{-3}\text{s}$, missä n on plasman tiheys ja τ energian koossapitoaika. Plasman syttymisellä tarkoitetaan tilannetta, jolloin fuusioreaktioista vapautuvat α -partikkelit pystyvät ylläpitämään plasman korkean lämpötilan ts. ulkoinen kuumennus voidaan lopettaa

Kuuman plasman koossapito on mahdollista magneettikenttien avulla. Perusongelmana on plasman alttius erilaisille epästabiilisuuksille, jotka ilmaantuessaan tuhoavat koossapidon nopeasti. Magneettisessa koossapidossa tapahtui 60-luvun lopulla ratkaiseva käänne, kun Neuvostoliitossa kehitetty tokamak-laite osoittautui ylivoimaiseksi muihin sen aikaisiin koossapitomenetelmiin verrattuna. Tokamakissa plasma on toruksen muotoinen. Koossapitävä nk. poloidaalinen magneettikenttä B_p syntyy plasmatorusta kiertävästä virrasta. Lisäksi tarvitaan toruksen suuntainen toroidaalikenttä B_T ($\gg B_p$), jonka tehtävänä on plasman stabilointi. Tokamakeilla on edelleen johtava asema fuusiotutkimuksessa ja tällä hetkellä tokamak-tutkimus edustaa yli 50 % koko fuusiotutkimuksen laajuudesta.

Tokamakeilla on hallussa sekä lämpötila- että koossapitoennätykset: $T=7\text{keV}$ Princetonin PLT:llä, $n\tau=0.8\times 10^{20}\text{m}^{-3}\text{s}$ MIT:n Alcatorilla ja yhteistulos $T=5\text{keV}$ ja $n\tau=0.5\times 10^{20}\text{m}^{-3}\text{s}$ General Atomic'n D-III tokamakilla.

Vuonna 1983 otettiin käyttöön kaksi suurta tokamakia TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor) Princetonissa ja Euratomin JET (Joint European Torus) Culhamissa. Lisäksi valmistumisvaiheessa on kaksi saman kokoluokan laitetta Japanin JT-60 ja Neuvostoliiton T-15. Kyseisillä laitteilla osoitettaneen lopullisesti fuusioenergian toteutettavuus ts. $n\tau > 10^{20}\text{m}^{-3}$ ja $T \sim 10\text{keV}$. Näistä TFTR ja JET on suunniteltu deuterium-tritium polttoaineen käyttöön, jolloin arvioitu fuusioteho on n. 20 MW ollen plasman kuumennustehon luokkaa. Deuterium-tritium kokeet suoritetaan 80-luvun jälkipuoliskolla. JET:n ja TFTR:n rakennuskustannukset olivat \$ 250-300 milj.

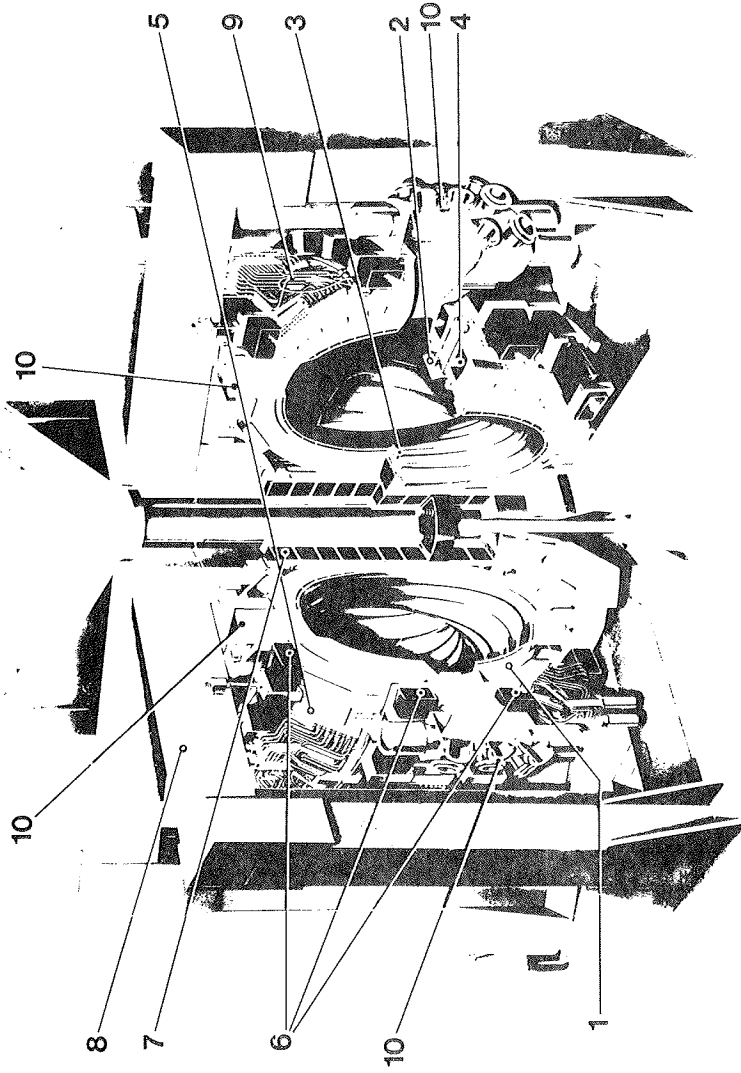
TFTR:n ja JET:n alustavat koetulokset ovat olleet lupaavia. JET:n koossapitoaika 0.6 s saavutettiin plasman tiheydellä $3.4 \cdot 10^{19}\text{m}^{-3}$ vastaten Lawsonin tulon arvoa $n\tau \approx 0.2 \times 10^{20}\text{m}^{-3}\text{s}$. Koossapitoaika on tekijällä 5 parempi kuin edellisen polven tokamakeilla. Koossapitoaika skaalautuu suoraan verrannollisena plasman tiheyteen ($\tau \sim n$), joten Lawsonin kriteeri saavutetaan, mikäli tiheys voidaan kaksinkertaistaa. JET:n plasmatiheys on tällä hetkellä nk. disruptioepästabiilisuuden rajoittama, mikä johtuu plasman normaalia suuremmasta epäpuhtauspitoisuudesta. JET:n tärkeimpänä lähiajan tavoitteena onkin plasman puhautuden lisääminen, mikä luo edellytykset tiheyden ja sen myötä $n\tau$ -tulon kasvattamiseen.

Plasman lämpötila JET:ssä ja TFTR:ssä on toistaiseksi verraten matala $T \sim 2-3,5\text{keV}$ johtuen alhaisesta kuumennustehosta (plasmavirran aiheuttama ohminen kuumennus). Lisäkuumennuskapasiteetin (rf-kuumennus ja neutraalisuihkut) asentaminen on jo käynnistetty ja kuluvan vuoden aikana päästään kuumennuskokeisiin lähes 10 MW:n tasolla. Kokonaisteho 25-30 MW saadaan käyttöön vuoden 1986-87 aikana, jolloin plasman lämpötila voidaan nostaa lähes 10 keV:n tasolle.

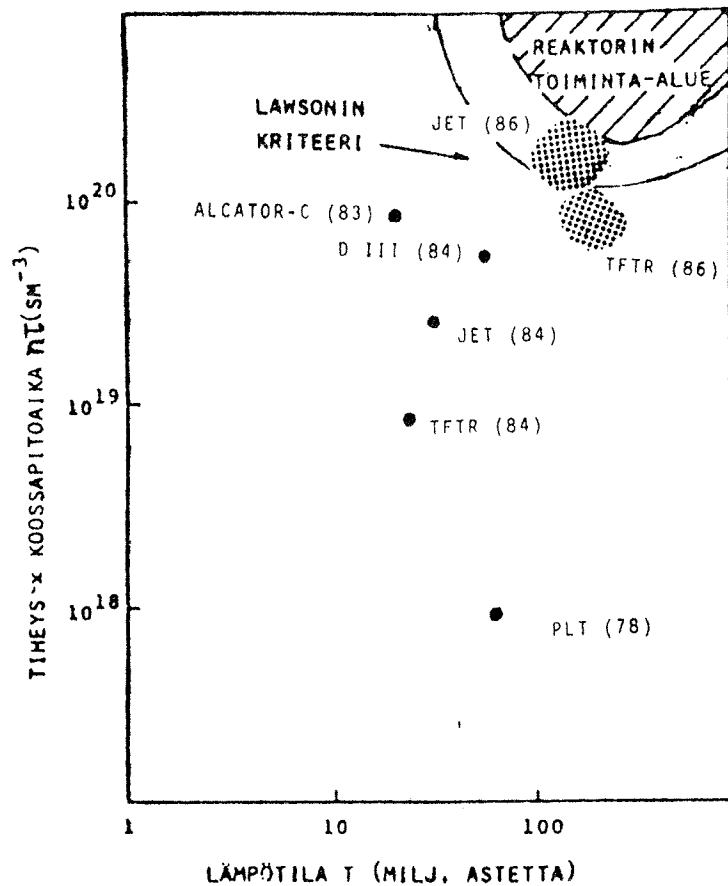
Lähivuosien kokeiden onnistumisen kannalta ratkaiseva kysymys on koossapidon käyttäytyminen suurilla kuumennustehoilla. Aiempi kokemus pienemmillä tokamakeilla on osoittanut koossapidon lievää heikkenemistä lisäkuumennustehon kasvaessa. Jo tällä hetkellä on tiedossa useita kokeellisesti testattuja menetelmiä, joilla hyvä koossapito voidaan ylläpitää myös kuumennuksen aikana. Mikäli ohmisesti kuumennettujen purkausten koossapitoskaalaukset pätevät myös lisäkuumennusta käytettäessä, JET:sä on mahdollista ylittää jopa plasman syttymiseen. Tämä ylittäisi JET:lle asetetut tavoitteet ja olisi merkittävä edistysaskel kohti demonstraatiovoimalan rakentamista. Lähivuodet ovat siten erittäin ratkaisevia fuusiotutkimuksen tulevaisuutta ajatellen.

JET:n ja TFTR:n ohmisen vaiheen tuloksista on VTT:ssa laadittu yksityiskohtainen selvitys. Lähempiä tietoja raportista voi tiedustella artikkelin kirjoittajilta.

THE JET APPARATUS



The JET apparatus. Key: (1) vacuum vessel (double walled), (2) refractory metal limiter defining the outer plasma edge, (3) poloidal protective shields to prevent the plasma touching the vessel, (4) toroidal field magnet of 32 D-shaped coils, (5) mechanical structure, (6) outer poloidal field coils, (7) inner poloidal field coils (primary or magnetising windings), (8) iron magnetic circuit (core and eight return sections), (9) water and electrical connections for the toroidal field coils, (10) vertical and radial ports in the vacuum vessel.



Kuva 2. JET:llä, TFTR:llä ja muilla tokamakeilla saavutetut parhaimmat tulokset Lawson-tulo, lämpötila-diagrammissa. JET:llä ja TFTR:llä ennakoidut toiminta-alueet 1986 myös osoitettu.

KONGRESSI "FIFTH INTERNATIONAL MEETING ON THERMAL NUCLEAR
REACTOR SAFETY" KARLSRUHESSA 9.-13.9.1984

1. Yleistä

Kirjoittaja on ATS:n ryhmämatkan matkanjohtajuuden "velvoittamana" laatinut ATS-lehdelle yhdistetyn matkakertomuksen. Aineisto sisältää I. Aron, STUK, H. Lamrothin, IVO, J. Miettisen, VTT, H. Ollikkalan, STUK, ja B. Wahlströmin, VTT, matkakertomukset. Kirjoittaja on käyttänyt toimittajamaista vapautta aineistoa muokatessaan.

Kongressin varsinaisina järjestäjinä toimivat: ENS, ANS, CNS (Canadian...) sekä JAES (Japan ...). Yhteistyö-järjestäjinä olivat NEA/OECD, IAEA sekä CEC (Commission of the European Communities). ATS:a edusti järjestelyissä A. Rastas, TVO.

Teknillisiä istuntoja pidettiin kaikkiaan 18, esitelmiä oli 160 ja postereita 50. Aiheet löytyvät seuraavien sivujen otsikoista. Jaetussa osanottajalistassa oli 431 nimeä. Kongressin suomalaiset osanottajat olivat I. Aro, STUK, H. Kalli, LTKK, M. Komsu, IVO, H. Lamroth, IVO, J. Marttila, STUK, J. Miettinen, VTT, H. Ollikkala, STUK, A. Rastas, TVO, I. Savolainen, VTT, A. Toivola, TVO, ja B. Wahlström, VTT. Esityksistä kootaan julkaisu lähikuukausien aikana (ennätyslyhyt toimitusaika amerikkalaiseen käytäntöön verrattuna).

Suomalaisten esitelmät olivat:

- T. Kervinen, H. Purhonen, H. Kalli: REWET-II Experiments to Determine the Effects of Spacer Grids on Reflooding Process.
- H. Kalli, T. Kervinen, J. Rossi, Reflooding in Tight Pitch Rod Lattice
- J. Miettinen, Small Break Analyses with Computer Codes SMABRE and RELAP5/MOD1.
- G. Mancini, B. Wahlström, Recent Development in Design and Validating Emergency Operating Procedures and Training Operators in their Use.
- B. Wahlström, Nordic Cooperation in the Field of Human Reliability.

2. Yleisistunnot (Plenary sessions)

Gauvenet (EdF, F) pohdiskeli esitelmässään reaktorityyppien käytettävyyksilukuja ja syitä tuotannonmenetyksiin. Pickman (UKAEA, GB) esitteli DBA-LOCA:n analyysituloksia polttoaineen eheyteen liittyen. Hän totesi mm. alueen tutkimukset läheä loppuunsaoritetuiksi, vaikkakin suojakuoren puhkeamisen laskentamenetelmiin liittyä vielä suurehko epävarmuus.

Naschi (CSNI, NEA) esitteli OECD -maiden viranomaismääräysten kehittämistoimia. Odotettavasti todennäköisyyspohjaiset menettelmät yhtenäistävät eri maiden viranomaiskäytäntöä. Vakaviin onnettomuuksiin ei voida ottaa kantaa ennen nykyisten tutkimusten valmistumista ja analysointia.

Stratton (USA) esitelmöi radioaktiivisuuspäästön uusimmista tuloksista kohta julkaistavaan ANS:n raporttiin perustuen. Tutkimustuloksista tuotiin esille mm:

- CsI ja CsOH ovat vallitsevia jodi- ja kesiummuotoja,
- Höyryräjähdykset ovat mahdollisia, mutta suojarakennuksen rikkoutumistodennäköisyys on pieni,
- Vetypalot ovat mahdollisia, mutta kuivat suojarakennukset kestävät ne ja muut on suojattu niitä vastaan.

Morris (USA) tarkasteli suojarakennusjärjestelmiä sekä niiden toiminnallisia kriteerejä, mm. uutta reaktorisydämen vaurioitumiskriteeriä. Suojarakennuksen ylipaine johtaisi todennäköisimmin vuotoon, ei täydelliseen rikkoutumiseen.

Lewis (UCSB, USA) tarkasteli riskianalyysien hyviä ja huonoja puolia. Suuri joukko osaa tehdä analyyskejä mutta vain pieni joukko osaa käyttää niitä, oli yksi pääajatus.

Gittus (UKAEA-SRD, GB) tarkasteli turvallisuustavoitteita (safety goals) ja toivoi yleiseen hyväksyntään liitettäväksi periaatteen: "Jos jotakin tapahtuu, se ei saa vahingoittaa minua. Jos se vahingoittaa minua, se ei saa tapahtua".

3. Tietokoneohjelmien kehitys ja varmistus (Code development and verification)

Termohydrauliikan tietokoneohjelmien kehityksessä on tunnustusti tehty suuri työpanos ja analyysivalmius on hyvä. Toisaalta tilanne voisi olla selkeämpikin. Suuria ohjelmia, kuten CATHARE (F), DRUFAN (D), RELAP5 ja TRAC (USA) on kehitetty rinnakkain samanlaisiin analyysihin satoja henkilötyövuosia panostaen. Silti mikään ei indikoi, että kustanuksien säästämiseksi joku näistä valittaisiin päätyökaluksi. Kukin ohjelmalla säilyttäne oman käyttäjäkuntansa.

RELAP5 ja TRAC -esityksissä kuvattiin tehtyjä laitosanalyyskejä. Käytetyt noodimäärät olivat suuria, RELAP5:llä 240 noodia HB Robinson Unit 2 laitokselle ja TRAC:illa 300...350 noodia Calvert Cliff laitokselle. Näin laskenta-ajatkin jättitietokoneilla olivat pitkiä (tunteja). Sinänsä ei voitu osoittaa, että tehdyissä PTS-laskuissa suurella noodimäärällä olisi ollut tarkkuutta edistävää vaikutusta. LOBI-projektin edustaja raportoi ansiokkaista RELAP5/Mod1 -modifikaatioista. Valitettavasti USA:han raportoituja muutosehdotuksia ei ole huomioitu uusissa ohjelmaversioissa.

CATHARE-ohjelman kehityksessä on tavoitteet asetettu korkealle, ainakin esitetystä testimatriisista päätellen. Kuitenkin askarruttamaan jäi kysymys, valmistuuko kansallisylypeyden aihe CATHARE koskaan. Ohjelmasta on ison ohjelman rinnalle kehitetty myös simulaattoriversiota, ilmeisesti NPA-käyttöön.

Monidimensioisia ohjelmia on aina toivottu, mutta tälläkin kertaa näytöt olivat vähäisiä. Suojarakennuksen laskentaan USNRC rahoittaa kolmidimensioista mallia, mutta epätarkan ratkaisun vuoksi ohjelma ei kuvaa hyvin monidimensioisia ilmiöitä. Polttoainenipun pullistuma-alueen virtausta oli laskettu VTT:ssäkin käytössä olevalla PHOENICS -ohjelmalla. Tulos oli pikemmin demonstraatio kuin fysiikkaa selittävä.

Kokeellisella puolella ei esitelty kiinnostavimpia laitteistoja, kuten LOFT, LOBI, PKL, ROSA. Ilmeisesti kokeellinen tietous on nykyään kauppatavaraa, ei vapaasti levitettävää.

Muutama pikku-uutinen koepuolelta on syytä mainita. KFK:n hätäjähdytyskokeissa on todettu, että polttoainenipun hätäjähdytys toimii vielä pullistuman sulkiessa jopa 90 % virtausalasta. PHEBUS kokeissa on polttoaineen lämpötilakäyrä pakotettu seuraamaan laskettua käyrää (max 1200 °C) ja kokeissa maksimitukkeumaksi on saatu 65%. Lämpötilan karkaamista ei ole havaittu. HDR-projektissa aletaan tutkia PWR:n alasmienotilan sekoitusilmiöitä PWR-laitoksen olosuhteissa ja kokeeseen yhdistetään myös särön kasvun tutkimukset. Suomi saa HDR-projektin tuloksia VTT:n HDR-sopimuksen kautta.

USNRC:n yhtenä tavoitteena on mainittu luvitusmenettelyn muuttaminen realistisiin analyysiin perustuvaksi ylikonservatiivisten analyysien sijaan. Tähän liittyen esitettiin kolme ison LOCA:n analyysiä Westinghousen PWR:lle: Ylikonservatiivisella menetelmällä (EM-malli, Appendix K:n oletukset) oli suojakuoren maksimilämpötila 1190 °C, realistisella laskentamenetelmällä (TRAC-PD2, todennäköiset prosessitoiminnot) 530 °C ja realistisella menetelmällä konservatiivisin oletuksin (TRAC-PD2, Appendix K:n oletukset, mahdollinen uusi menettely) 800 °C.

4. Polttoaineen käyttäytyminen vakavissa onnettomuuksissa (Fuel behaviour during severe accidents)

PBF -laitteistolla suoritetuista kokeista oli useita papereita. Kokeessa ilman hätäjähdytystä oli polttoaineen lämpötilan annettu nousta 1300 °C:een, jossa oksidoitumisen vaikutuksesta seurasi lämpötilan karkaaminen 2100 °C:een. Kokeessa 30 % Zr-:sta hapettui ja 6 % polttoaineesta sulii. Alle 20 % jalokaasuista vapautui, jodi ja kesium jäivät vesifaasiin ja kokonaisuudessaan päästöosuus todettiin pienemmäksi kuin aiemmin (NUREG-0772) on esitetty.

Monissa papereissa käsiteltiin vesi-metalli-reaktion kokeellista tutkimusta. Kokeita verifioidaan useilla tietokoneohjelmilla. Mainittakoon yksi detalji tuloksista: Höyry hidastaa tätä ylikuumentuneen polttoaineen ei toivottua reaktiota vasta hyvin pienillä höyryvirtauksilla.

ORNL:ssa tehdyissä kuumennuskokeissa kaupallisella polttoaineella on saatu vapautumisosuuksiksi Kr:lle, I:lle ja Cs:lle on saatu 0.02 1400 °C:ssa ja 0.50 2000 °C:ssa. Länsi-Saksassa suoritetuissa, LOCA-tilanteita vastaavissa kuumennuskokeissa, 800 °C ... 1100 °C:n lämpötiloissa oli saatu jodin päästöosuudeksi 0.00001 normaalisauvalla ja 0.001 kuormitetulla sauvalla.

5. Fission product behaviour

Aerosolien käyttäytymisestä oli jo edellisellä viikolla symposium ja kongressin istunnot olivat tälle jatkona.

USA:ssa viidelle laitokselle suoritetuista päästön määritys-analyysistä mainittakoon johtopäätökset: a) päästötermit ovat hyvin laitosriippuvaisia, b) primääripiiri ja suojarakennus ovat tehokkaita liikkeelle lähteneen aktiivisuuden poistajia, c) ulompi suojarakennus aiheuttaa ennustamiseen epävarmuutta ja d) BWR:ssä vesilauhduttimen ohivirtaus voi muodostua päästöä oleellisesti lisääväksi tekijäksi.

Amerikkalaiselle täyspainesuojarakennukselle esitettiin tuloksia, joissa $0.01 \dots 0.1 \text{ m}^2$:n suojarakennusvuodolla saatiin höyrystyville fission tuotteille noin 1 %:n päästöosuus. Vuodon pitää olla isompi, kun pidättyminen primääripiiriin huomioidaan. 0.01 m^2 :n vuodon todettiin estävän suojarakennuksen ylipaineistumisen. KWU:n täyspainesuojarakennukselle esiteltiin tehtyjä päästötermin määrityslaskuja.

Jodi- ja hiukkassuodattimien suodatuskyvystä esitettiin KfK:n suorittamia kokeellisia tuloksia. Eräissä kaupallisissa hiukkassuodattimissa oli havaittu rikkoontuminen jo kohtalaisen pienillä paine-eroilla ja onnettomuustilanteita varten vaa-dittiinkin parempien suodatinelementtien kehittämistä.

6. Sydänmassan käyttäytyminen, systeemin vaste ja operointi-kokemukset (Core debris behaviour and core concrete interactions, Containment response, Safety related operational experiences, System and component behaviour)

Useita papereita esitettiin koskien sulaneen sydämen jäähdytysmallien kehittämistä, sydänmassa/jäähdyte-vuorovaikutusta sekä sydänmassa/betoni-vuorovaikutusta. Useissa papereissa esitettiin arvioita suojarakennuksen rikkoutumishetkestä ylipaineen vuoksi. Yleensä aika rikkoontumiseen on pitkä ja sen tapahtuessa päästö ympäristöön on pieni. Uusia seurausvaikutusten vähentämisjärjestelmiä ei tarvita.

Ruotsalaisen RAMA -projektin yhtenä tuloksena esitettiin vuorokausien luokkaa oleva rikkoutumishetki, olettaen täydellinen sähkönmenetys ja suuri LOCA. Ranskalaisissa tutkimuksissa todettiin ennenaikaisen repeytymisen mahdollisuus särön vaikutuksesta hyvin vähäiseksi.

7. Ihmis-kone -vuorovaikutus ja hätätilanneohjeet (Man-machine interface and emergency response, Safety systems and function optimization)

Amerikkalaiset ja ranskalaiset ovat tehneet paljon työtä hätätilanneohjeiden kehittämiseksi. Ohjeiden kehittämisessä on koulutussimulaattorilla keskeinen osuus. Kahdella USA:n BWR laitoksella oli koottu suuri päätöksenteon lohkokaavio, lakanaksi valvomon seinälle. Lohkokaaviossa tarvittavat toimenpiteet on löydettävissä lähtötilanteesta riippumatta.

8. Todennäköisyyspohjainen riskien arviointi (Probabilistic risk assessment, PRA)

Yleinen linja oli, että laitosten lisensoinnissa tullaan edelleen käyttämään determinististä menettelyä. PRA -tekniikkaa käytetään vain apuvälineenä ja nykyinen käytäntö eri maissa on vaihteleva PRA:han suhtautumisessa. Perustaksi tarvitaan myös parempaa, todellisiin havaintoihin liittyvää data -aineistoa. Käynnissä olevien laitosten PRA -analyysit katsottiin hyödyllisemmäksi kuin uusien laitospohjien analyysit.

9. Loppupaneeli

Loppupaneelin alustuksena oli A. Birkhoferin (GRS, D) esitelmä "Advances and Trends in Reactor Safety Technology". Esitelmässä pyrittiin osa-alueilla vastaamaan kysymyksiin A) Mitä on tähän mennessä tehty, B) Mitä jää tehtäväksi tulevaisuudessa. Keskustelussa alustuksen pohjalta todettiin mm. seuraavia asioita.

Termohydrauliikan alueella todettiin ohjelmien kehitykseen ja varmentamiseen käytetty suuri työpanos. Uutena tarpeena ovat nyt suurten ohjelmien rinnalle kehitetyt nopeasti laskevat, myös kaksifaasilaskentaan pystyvät ohjelmat, joita voidaan käyttää esimerkiksi koulutussimulaattoreissa. Kokeellisella puolella toivottiin tutkittavaksi myös äärimmäisiä tilanteita, joissa monetkaan nykyisin tunnetut korrelaatiot eivät ole päteviä.

Lämpö- ja virtaustekniikan, aerosolien ja fissiotuotteiden käyttäytymisen yhteisilmiöitä tulisi selvittää nykyistä laajemmin.

Laitoskohtaisesti tulisi tutkia suojarakennuksen käyttäytymistä pitkällä aikavälillä sekä selvittää rikkoutumismuotoja ja niihin liittyviä päästömahdollisuuksia.

Päästötermien suuruusluokka oletetaan selvitettyksi parin seuraavan vuoden aikana. Tuloksena arvioidaan, että laskuissa käytettäviä päästöosuuksia voidaan pienentää n. tekijällä 10. Toisaalta päästötermien laitosriippuvuus estää täysin yhtenäisen näkemyksen saavuttamisen.

Hätätilannevalmiuden suunnittelun perusta ja tavoitteet tulee selvittää myös vakaviin onnettomuuksiin liittyen.

Suhtautuminen höyryräjähdyksiin tulisi ratkaista kansainvälisesti, koska ilmiön kokeellinen tutkimus on vaikeaa.

Ulkoisia onnettomuuksia, esimerkiksi maanjäristyksiä tulisi selvittää enemmän.

YDINJÄTESEMINAARI 1984

Säteilysuojasasiain neuvottelukunta
 pl 268
 00101 Helsinki 10

17.4.1984 klo 8.30 - 12.00

Ohjelma

Alustuksia

- klo 8.30 Heikki Raumolin/TVO
 Voimayhtiöiden ydinjätehuolto-ongelmat sekä toimenpide- ja tutkimusohjelmat. Taloudelliset ratkaisut ja lainsäädäntö meillä ja muualla.
- klo 9.10 Sakari Immonen/KTM ja Tapio Eurola/STUK
 Ydinjätehuollon viranomaistoiminta Suomessa.
- klo 9.50-10.20 Kahvitauko
- klo 10.20 Esko Peltonen/VTT
 Osallistuminen kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön.
- klo 10.40 Esko Ruokola/STUK
 Ydinjätehuoltoratkaisujen, erityisesti geologisen loppusijoituksen turvallisuuden arvioiminen.
- klo 11.00-11.20 Paneeli: Onko ydinjäteongelma ratkaiseamaton?
- klo 11.20-12.00 Keskustelu
- Paneelin osanottajat:
- | | | |
|---------------|--------------------|------|
| puheenjohtaja | Jorma K. Miettinen | SSN |
| | Ilkka Mäkipentti | KTM |
| | Anders Palmgren | IVO |
| | Jorma Routti | TKK |
| | Antti Vuorinen | STUK |
- klo 12.15 Lounas Porthaniassa

Ydinjätteseminaari 17.4.1984

NIMI	TYÖPAIKKA
Johan Edgren	HYKS/IV sisät. klin. SSN
✓ Erkki Eskola	Kauppa- ja teollisuusministeriö
✓ Tapio Eurola	Säteilyturvakeskus SSN
Bengt Hansson	Loviisan kaupunki
Risto Harjula	HY/Radiokemian laitos
Raija Hietanen	HY/Radiokemian laitos
✓ Pekka Hiismäki	Valtion teknillinen tutkimuskeskus
Anne Hyttinen	Säteilyturvakeskus
Eero Illukka	Säteilyturvakeskus
✓ Sakari Immonen	Kauppa- ja teollisuusministeriö
✓ Timo Jaakkola	HY:n Radiokemian laitos
Kai Jakobsson	Säteilyturvakeskus
✓ Daniel Jåfs	Oy Finnatom Ab
Anneli Karjalainen	Uudenmaan lääninhallitus
Matti Kajantie	Sosiaali- ja terveysministeriö
Mikko Kara	Teollisuuden Voima Oy
✓ Hannu Koponen	Säteilyturvakeskus
✓ Heikki Kotila	Kauppa- ja teollisuusministeriö
✓ Jussi Manninen	Kauppa- ja teollisuusministeriö SSN
✓ Tapani Melkas	Sosiaali- ja terveysministeriö
✓ Jorma K. Miettinen	HY/Radiokemian laitos SSN
✓ Arto Muurinen	Valtion teknillinen tutkimuskeskus
✓ Ilkka Mäkipentti	Kauppa- ja teollisuusministeriö SSN
✓ Heikki Niininen	Imatran Voima Oy
✓ Seppo Oikarinen	Kauppa- ja teollisuusministeriö
✓ Olli Paakkola	Säteilyturvakeskus
✓ Anders Palmgren	Imatran Voima Oy
✓ Pentti Partanen	Sisäas.min./Pelastusosasto SSN
✓ Esko Peltonen	Valtion teknillinen tutkimuskeskus/YDI
Tua Rahola	Säteilyturvakeskus SSN
✓ Heikki Raumolin	Teollisuuden Voima Oy
Jorma Ravio	Lavian kunta
✓ Jorma Routti	Teknillinen korkeakoulu
✓ Esko Ruokola	Säteilyturvakeskus
✓ Antti Ruuskanen	Imatran Voima Oy
Kaino Salo	Lavian kunta
Kari-Veikko Salonen	Ulkoministeriö
Klaus Sjöblom	Imatran Voima Oy
Heimo Takala	Säteilyturvakeskus
✓ Olavi Vapaavuori	Energialaudellinen Yhdistys
Sirkka Viikamo	Säteilyturvakeskus
Paavo Vuorela	Geologinen Tutkimuskeskus
✓ Antti Vuorinen	Säteilyturvakeskus SSN

Neuvottelukunnan puheenjohtajan, professori Jorma K. Miet-
tisen avaussanat

Ydinvoiman tuotannossa syntyvien ydinjätteiden huoltoon liittyvät tekniset ja taloudelliset kysymykset ovat niin laaja-alaisia, että näiden kysymysten kanssa työnsä puolesta tekemisiin joutuvien hallintoviranomaisten ja teknisten asiantuntijoiden (tutkijoiden) on usein vaikea muodostaa kokonaisnäkemystä. Ydinjätehuollon pitkälle tulevaisuuteen ajoittuvien teknisten toimepiteiden osalta on vastikään valtioneuvoston periaatepäätöksellä asetettu viralliset päätavoitteet aikatauluineen. Korkea-aktiiviset ydinjätteet on valmistauduttava loppusijoittamaan kotimaassa siltä varalta, että ulkomaisia ratkaisuja ei löydetä. Kun itse sijoittaminen alkaisi suunnitelmien mukaan vasta vuoden 2020 jälkeen, on vielä runsaasti aikaa ennen lopullisia valintoja. Keski- ja matala-aktiivisten jätteiden osalta jatketaan suunnitelmia niiden loppusijoittamiseksi Suomen kallioperään. Päätökset näiden loppusijoitustilojen rakentamisesta tulevat ajankohtaisiksi jo lähivuosina. Parhaillaan vireillä olevan ydinenergialainsäädännön uudistamisen yhteydessä tullaan antamaan säädökset taloudellisesta varautumisesta ydinjätehuoltoon.

Sosiaali- ja terveysministeriön yhteydessä toimiva säteilysuojausasiain neuvottelukunta on todennut, että yleiskuva tämän hetken tilanteesta olisi hyödyllinen ja se on tässä tarkoituksessa järjestänyt tämän aamupäiväseminaarin. Seminaariin on kutsuttu neuvottelukunnan omien jäsenten lisäksi myös ongelman kanssa tekemisiin tulevia virkamiehiä ja asiantuntijoita henkilökohtaisin kutsuin. Loppusijoitusongelmaa pyritään valaisemaan säteilyturvallisuuden, tekniikan, talouden ja ympäristön kannalta. Alustuksia seuraa

paneelikeskustelu, minkä jälkeen seuraa yleiskeskustelu jotta läsnäolijat voivat esittää näkemyksensä asiasta.

Lausun teidät kaikki sydämellisesti tervetulleiksi tähän seminaariin ja luovutan ensimmäisen puheenvuoron toimistopäällikkö Heikki Raumolinille.

Heikki Raumolin

Aihe Voimayhtiöiden ydinjätehuolto-ongelmat sekä toimenpide- ja tutkimusohjelmat. Taloudelliset ratkaisut ja lainsäädäntö meillä ja muualla.

Käsittely Asia rajattiin toimenpide- ja tutkimusohjelmiin sekä niiden teknisiin sisältöihin. Tiedotus-, yleisöreaktio- jne. ongelmia ei käsitelty. Alustus toteutettiin lukuisten kalvojen avulla, jotka nopeasti käytiin läpi.

Alustus Velvoitetausta

Valtioneuvoston periaatepäätös 10.11.1983 ja uudet käyttöluvut 24.11.1983 antavat selkeän pohjan voimayhtiöiden ydinjätetoiminnalle.

Syntyvät jätteet

Perustan koko toiminnalle antavat laitosten toiminnassa syntyvät jätteet. Liitteessä 1 on esitetty jätekertymät 31.12.1983 mennessä sekä suunnitteluperusteet voimalaitosjätteen osalta 30 käyttövuoden osalta.

Toimintaperiaatteet

Voimayhtiöiden ydinjätehuollon toimintaperiaatteet ovat

- kokonaisvaltaisuus
- tunnettu teknologia
- turvallisuus
- oikea-aikaisuus
- joustavuus.

Kokonaisvaltaisuus merkitsee, että suunnitelmissa ja toimenpiteissä otetaan huomioon kaikki syntyvät jätteet ja kaikki tarvittavat toimenpiteet.

Tunnettu teknologia merkitsee, että suunnitelmissa ei jättäydytä nyt tuntemattomien ja tulevaisuudessa ehkä olemassa olevien menetelmien varaan.

Turvallisuus tarkoittaa, että kaikkien toimenpiteiden turvallisuusvaikutukset arvioidaan. Ainoastaan turvalliseksi osoitetut ratkaisut toteutetaan.

Oikea-aikaisuus merkitsee, että toteutustoimenpiteet tehdään viimeisimmän tiedon perusteella siten, että ei ajallisesti jouduta pulaan.

Joustavuus merkitsee, että suunnitelmissa varaudutaan suuriinkin jätemäärien muutoksiin.

Loviisan käytetyn polttoaineen huolto

Viiden vuoden jäähtymisen jälkeen polttoaine vietään Neuvostoliittoon. Loviisaan rakennettu käytetyn polttoaineen lisävarasto, joka on käyttöönottovali-
heessa, antaa hyvän marginaalin välivarastointiin.

Olkiluodon käytetyn polttoaineen huollon periaate

TVO selvittää mahdollisuuksia käytetyn polttoaineen viemiseksi ulkomaille, mutta varautuu samalla kaikkien toimenpiteiden tekemiseen Suomessa.

Välivarastointi Olkiluodossa

Käyttölupaehtojen mukaan Olkiluodossa on oltava riittävästi varastotilaa. Koska laitosaltaat täyttyvät 1990-luvun alkuun mennessä, TVO on käynnistänyt erillisen välivaraston, KPA-VARASTON rakentamisen. Se on suunniteltu kaikkea TVO I:lta ja TVO II:lta syntyvää käytettyä polttoainetta (1200 tU) varten. Toteutus tehdään useassa vaiheessa, ensimmäisen vaiheen (600 tU) on määrä olla valmiina vuoden 1987 lopussa.

KPA-VARASTON raivaus, kaivuu ja louhinta aloitettiin maaliskuussa vuonna 1984 tarvittavien lupien (STUK, Eurajoen rakennuslautakunta) saamisen jälkeen.

TVO:n käytetyn polttoaineen loppusijoitus

TVO:n käytetyn polttoaineen loppusijoituksen aikataulu (liite 2) seuraa valtioneuvoston periaatepäätöstä 10.11.1983. Vuosina 1983-85 tehdään mm.

- alueiden valinta (5-10 aluetta) alustaviin sijoitustutkimuksiin, jotka alkavat vuonna 1986
- syvä koereikä Laviaan ja siinä kokeita ja mittauksia. Tarkoituksena on kehittää ohjelma ja menetelmiä alustaviin sijoituspaikkatutkimuksiin
- saatetaan ajan tasalle sijoitussuunnitelma ja turvallisuusanalyysit.

Loviisan voimalaitosjätehuolto

Laitoksella on vakiintuneet menetelmät voimalaitosjätteiden käsittelyyn ja varastointiin. Koska neste-mäisiä jätteitä on syntynyt vähän ja varastointitilaa on olemassa paljon, ei suunnitellun kiinteytyslaitoksen rakentamista ole ollut tarpeen aloittaa. Vaihtoehtoisia kiinteytysmenetelmiä tutkitaan edelleen.

Vuonna 1982 esitetyn sijoituspaikkaraportin pohjalta jatketaan loppusijoitustutkimuksia tavoitteena alustavan turvallisuusselosteen aikaansaaminen vuoden 1986 loppuun mennessä. Tutkimuksiin kuuluu geologisia kenttätutkimuksia Hästholmenilla, laboratoriotutkimuksia ja tilavaihtoehtojen vertailua.

Olkiluodon voimalaitosjätehuolto

Olkiluodon voimalaitoksella on vakiintuneet menetelmät jätteiden pakkaukseen ja kiinteytykseen. Matala-aktiivisten jätteiden erillinen välivarasto (MAJ-varasto) on käytössä ja keskiaktiivisen bitumoidun jätteen välivarasto (KAJ-varasto) suunnitteilla. Sen on määrä valmistua vuonna 1985.

Tutkimukset voimalaitosjätteiden loppusijoittamiseksi Olkiluodon kallioperään etenevät vastaavalla aikataululla kuin Loviisassa.

Yhteenveto

Ydinjätteiden käsittely ja varastointi ovat jo varsin pitkällä. Tarvittavat välivarastot ovat suunniteltu valmiiksi, rakenteilla tai käytössä. Sekä voimalaitosjätteiden että käytetyn polttoaineen loppusijoitusta varten on olemassa selkeät tavoitteet ja toimintaohjelmat, joita toteutetaan parhailaan. Ydinjätehuollon ongelmat ovatkin muualla kuin teknisessä toteuttamisessa.

Tutkimusohjelmat

Liitteessä 3 on esitetty suorite- ja kustannustietoja voimayhtiöiden ydinjätetoimikunnan (YJT) toiminnasta.

Taloudellinen varautuminen

Voimayhtiöt varautuvat vuosittain ydinjätehuollon tuleviin kustannuksiin käyttöluo- paehtojen mukaisesti KTM:n hyväksymällä tavalla.

VOIMALAITOSJÄTTEET

JÄTETYYPPI	KERTYMÄ 31.12.83		SUUNNITTELUPERUSTE	
	M ³	GBQ	M ³	GBQ
<u>LOVIISA</u>				
KUIVA JÄTE	300		3500	230
MÄRÄT JÄTTEET				
- HARTSIT	43	3700	6700 *)	230 000
- HAIHDUTUSJÄTE	388	350		
<u>OLKILUOTO</u>				
KUIVA JÄTE	340		4300	1 500
BITUMOITU JÄTE	320	7700	3200	600 000

*) BETONOITUNA

KÄYTETTY POLTTOAINE, KERTYMÄ

	LOVIISA			OLKILUOTO	
	Lo1 ,	Lo2	VÄLIVARASTO	TV0 I	TV0 II
NIPPUA	224	255	360	494	256
TU	26	29	42	88	46

KÄYTETYN POLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUS - AIKATAULU

- 1980 - 82 - SOVELTUVUUSTUTKIMUS
- 1983 - 85 - ALUEIDEN VALINTA SIJOITUSPAIKKATUTKIMUKSIIN
- KOEREIKÄTUTKIMUKSET
- TEKNISTEN SELVITYSTEN SAATTAMINEN AJAN TASALLE
- 1986 - 92 - ALUSTAVAT SIJOITUSPAIKKATUTKIMUKSET
 (5-10 ALUETTA)
- TEKNISEN SUUNNITELMAN TÄYDENTÄMINEN
- 1993 - 2000 - YKSITYISKOHTAISET SIJOITUSPAIKKATUTKIMUKSET
 (2-3 ALUETTA) JA PAIKAN VALINTA
- TEKNISEN SUUNNITELMAN TÄYDENTÄMINEN
- 2001 - 10 - LOPPUSIJOITUSTILAN JA KAPSELOINTILAITOKSEN
 SUUNNITTELU RAKENTAMISLUPAA VARTEN
- 2010 - 20 - KAPSELOINTILAITOKSEN JA LOPPUSIJOITUSTILAN
 RAKENTAMINEN
- 2020 - 50 - KAPSELOINTI JA LOPPUSIJOITUS
- 2050 - 60 - TILOJEN SULKEMINEN

YJT:N TOIMINTA

TUTKIMUS- JA KEHITTÄMISTOIMINTAANSA KOORDINOIMAAN IVO JA TVO PERUSTIVAT VUONNA 1978 VOIMAYHTIÖIDEN YDINJÄTETOIMIKUNNAN (YJT). SIIHEN KUULUU KUMMASTAKIN VOIMAYHTIÖSTÄ KAKSI JÄSENTÄ JA SIHTEERI.

YJT:

- KOORDINOI YDINJÄTEALAN TUTKIMUSTOIMINTAA VOIMAYHTIÖISSÄ
- TEKEE TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA
- LAATII VUOSITTAISET TUTKIMUSOHJELMAT
- LAATII VUOSITTAISET TOIMINTAKERTOMUKSET
- JULKAISEE OMASSA RAPORTTISARJASSA TUTKIMUS- JA SELVITYSTYÖN TULOKSET
- HARJOITTA TIEDOTUSTOIMINTAA

VUODEN 1983 LOPPUUN MENNESSÄ YJT:N RAPORTTISARJASSA ON JULKAISTU 140 RAPORTTIA. VUOSITTAINEN JAKAUTUMINEN ON SEURAAVA:

v. 1979	11
v. 1980	21
v. 1981	27
v. 1982	60
v. 1983	21

RESURSSEJA YJT OLI KÄYTTÄNYT VUODEN 1983 LOPPUUN MENNESSÄ NOIN 30 MILJONAA MARKKAA. MUKANA ON OMA TYÖ, TUTKIMUSLAITOKSET JA KONSULTIT SEKÄ KENTTÄTUTKIMUKSET. VAROJEN JAKAUTUMA VUOSITTAIN ON SEURAAVA (MILJONIA MARKKOJA):

	<u>IVO</u>	<u>TVO</u>	<u>YHT.</u>
1979 (RAPORTTI)	1,8	1,0	2,8
1980 (RAPORTTI)	2,3	2,5	4,8
1981 (RAPORTTI)	3,2	4,5	7,7
1982 (RAPORTTI)	3,2	4,0	7,2
1983 (RAPORTTI)	3,6	4,4	8,0
1984 (OHJELMA)	4,7	9,0	13,7

ENSIMMÄISINÄ VUOSINA PÄÄPAINO ON OLLUT VOIMALAITOSJÄTTEIDEN HUOLLOSSA. JATKOSSA PAINOPISTE SIIRTYY KÄYTETYN POLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUKSEEN.

YDINJÄTEHUOLTO VIRANOMAISVALVONNAN KOHTEENA

1

YDINJÄTEHUOLLON VASTUUPERIAATTEET

Viranomaisten ydinenergian käyttöön kohdistamassa valvon-
nassa ydinjätehuolto muodostaa poikkeuksellisen ja ongel-
mallisen alueen paljolti siitä syystä, että ydinjätteitä ei
loppusijoiteta välittömästi niiden syntymisen jälkeen, vaan
niitä sitä ennen säilytetään valvotusti erinäisten teknis-
taloudellisten ja turvallisuustekijöiden takia pitkiäkin
aikoja. Matala- ja keskiaktiivisten jätteiden osalta aika-
viive on esimerkiksi Suomessa 10 - 15 vuotta. Käytetyn
polttoaineen tai korkea-aktiivisen jätteen loppusijoituksen
aloittaminen ajoittuu nykyisten suunnitelmien mukaan useim-
missa maissa vuosikymmenien päähän tulevaisuuteen, jolloin
nyt toiminnassa olevat ydinvoimalaitokset on jo poistettu
käytöstä.

Suomessa on ydinenergian käyttöä säätelevän lainsäädännön
kehittämisessä omaksuttu perusperiaate, ettei ydinjätteitä
teknisenä ja taloudellisena ongelmana ole oikeudenmukaista
jättää tulevien sukupolvien hoidettavaksi. Niinpä voiman-
tuottajilta edellytetään yhtenä keskeisenä ydinvoimalaitos-
ten käytön ehtona, että sekä tekninen valmius että varat
tulevien huoltotoimenpiteiden suorittamiseen on hankittava
jo ydinvoimalaitosten toiminta-aikana eli ns. hyötykäytön
aikana. Ydinvoimayhtiöt on siten velvoitettu suorittamaan
tarvittava tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyö sekä ke-
räämään varat tulevia jätehuoltokustannuksia varten sähkön
hinnassa voimalaitosten hyötykäytön aikana. Taloudellisella

ennakkovarautumisella tahdotaan varmistaa, että ydinjätehuollon kustannukset tulevat ydinsähkön kuluttajien maksettavaksi.

Ympäristönsuojelun näkökulmasta katsottuna ydinjätehuollon perimmäinen ongelma on se, että ydinjätteet säilyttävät potentiaalisen vaarallisuutensa erittäin pitkiä aikoja ja ne on kyettävä eristämään luonnonympäristöstä niin tehokkaasti, ettei niistä koskaan aiheudu merkittävää haittaa ihmisen terveydelle eikä ympäristölle.

2

LAINSÄÄDÄNTÖ JA KÄYTTÖLUIPIEN MÄÄRÄYKSET

Nykyiseen vuodelta 1957 olevaan atomienergialakiin vuonna 1978 tehdyn muutoksen mukaan velvollisuus huolehtia ydinjätteiden käsittelystä ja vaarattomaksi tekemisestä sekä siitä aiheutuvista kustannuksista on sen laitoksen tai reaktorin omistajalla tai haltijalla, jonka käytössä jätteenneet ovat syntyneet. Laki asettaa ydinvoimayhtiöille siten vastuun kaikista ydinjätehuollon teknisistä toimenpiteistä ja niiden kustannuksista, mutta antaa mahdollisuuden vastuun siirtoon valtiolle jätehuollon loppupäässä tietyin edellytyksin. Sen sijaan laki ei kuitenkaan tarkemmin määrää, miten ydinjätehuolto tulisi teknisesti ja taloudellisesti järjestää.

Voimassaolevassa atomienergialaissa ei myöskään ole riittäviä säädöksiä siitä, milloin ydinjätteiden tai käytetyn polttoaineen käsittelyyn, varastointiin tai loppusijoitukseen liittyvien laitosten rakentaminen ja käyttö edellyttää ao. lain mukaista lupaa. Valmisteilla olevassa uudessa ydinenergialaissa onkin tarkoitus täydentää ja selkeyttää erityisesti ydinjätehuoltoa koskevia määräyksiä.

Lainsäädännön puutteellisuus ei ole käytännössä kuitenkaan estänyt ydinjätehuollon vaatiman viranomaisvalvonnan ja ohjauksen järjestämistä.

Toistaiseksi on väliaikaisena menettelynä sisällytetty ydinvoimalaitosten käyttö lupiin ydinjätehuoltoa koskevia määräyksiä ja ehtoja. Lupaehdoista merkittävin on, että käyttöluvut on toistaiseksi myönnetty Loviisa 1 laitossyk- sikköä lukuunottamatta ydinjätehuollon suunnitelmien ja lainsäädännön keskeneräisyydestä johtuen määräaikaisina. Määräykset perustuvat kahteen valtioneuvoston ydinjätehuol- lon järjestämisestä tekemään periaatepäätökseen. 28.4.1978 tehdyssä periaatepäätöksessä on määritelty periaatteet ydinjätteiden tuottajien ja valtion välisestä vastuujaosta sekä taloudellisesta varautumisesta tuleviin kustannuksiin. 10.11.1983 tehdyssä periaatepäätöksessä asetetaan pääta- voitteet ja aikataulu ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyölle. Tavoitteet on soveltuvien osin sisäl- lytetty valtioneuvoston viime vuoden lopulla Loviisa 2 ja TVO I ja II laitossyksiköille vuoden 1988 loppuun myöntämien käyttö lupien määräyksiin.

3

VALVONTAVIRANOMAISET

3.1

Kauppa- ja teollisuusministeriön tehtävät valvontaviranomaisena

Atomiennergialain mukaan kauppa- ja teollisuusministeriölle kuuluu ydinenergian käytön valvonnan johto ja lupien myön- täminen ydinenergian käyttöön. Erityisenä valvontaviran- omaisena, jolle kuuluu mm. tekninen turvallisuusvalvonta, toimii säteilyturvakeskus (STUK). Uudessa ydinenergiolaissa on tarkoitus täsmentää KTM:n ja STUK:n tehtäviä ja niiden keskinäistä tehtäväjakoa ydinjätehuollon valvonnassa.

Lupien myöntämisen ja yleisen valvonnan lisäksi KTM:lle kuuluvat seuraavat käyttö lupaehtojissa mainitut policy- luonteiset viranomaistehtävät:

- Ydinvoimayhtiöiden tutkimus- ja suunnittelutyön ohjaus käsittelemällä ja hyväksymällä vuosittain

Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunnan (YJT) tutkimusohjelman. Valvonta kohdistuu siihen, että tutkimus- ja suunnittelutyö edistyy asetettujen tavoitteiden ja aikataulujen mukaisesti.

- Vahvistaa vuosittain varausmäärät, jotka voimayhtiöillä on oltava kerättynä tulevia jätehuoltokustannuksia varten.

Varsinaisten viranomaistehtävien ohella kauppa- ja teollisuusministeriö on viime vuosina tukenut ydinjätealan tutkimustyötä määrällä, joka edustaa vajaata kolmannesta kaikesta Suomessa tehtävästä alan tutkimuksesta. Rahoitus on kohdistunut pääasiassa tutkimusmenetelmiin ja -valmiuksien kehittämiseen, kansainvälisen tutkimusyhteistyön edistämiseen, perustutkimukseen sekä kustannus selvitysten teettämiseen. Tavoitteena on riittävän riippumattoman asiantunte muksen luominen ja ylläpitäminen maassa viranomaistoiminnan ja energiapoliittisen päätöksenteon tueksi. Tärkeimmät va kiintuneet tutkimuksen suorittajat ovat valtion teknillinen tutkimuskeskus, geologian tutkimuskeskus ja Helsingin Yliopiston radiokemian laitos. Koska julkisin varoin ylläpidetty ydinjätealan tutkimus on etupässä teknistä turvallisuustutkimusta, tuloksia hyödyntää etupäässä säteilyturva keskus. Julkisrahoitteisella tutkimuksella luodaan myös valmiuksia suorittaa voimayhtiöiden tilaustöitä.

3.2

Muut viranomaiset

Kun käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikkojen etsintäohjelmassa edetään vaiheeseen, jossa on nimettävä sopivimpia kohdealueita jatkotutkimuksia ja lopullista valintaa varten, tulee esille kysymys KTM:n ja STUK:n lisäksi muiden viranomaisten esittämien näkökohtien ja kannanottojen huomioonottamisesta. Lähinnä on tällöin kysymys ympäristöministeriöstä, joka toimii ylimpänä ympäristönsuojelusta ja maankäytön suunnittelusta vastaavana viranomaisena, sekä

asianomaisista kuntatason viranomaisista. Ensimmäisen kerran tämä kysymys on ajankohtainen jo parin vuoden kuluttua, kun Teollisuuden Voima Oy esittää vuoden 1985 lopussa 5 - 10 loppusijoituspaikkaehdokasta, joihin viranomaisten on otettava kantaa. Toistaiseksi on vielä tarkemmin selvittämättä, mikä on sijoituspaikkojen valinnan eri vaiheisiin liittyvä viranomaiskäsittely ja millä tavalla paikallisten asukkaiden mielipiteitä tullaan kuulemaan.

4

TEKNISEN VALMIUDEN HANKKIMINEN

Hyvin merkittävän päätöksen ydinjätehuollon suunnittelun kannalta muodostaa valtioneuvoston viime vuoden marraskuussa tekemä periaatepäätös käytössä olevien ydinvoimalaitosten jätehuollon vaatiman tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteista. Kyseessä on eräänlainen strategiapäätös.

Päätöksen mukaan käytetyn polttoaineen huollossa on edelleen pidettävä ensisijaisena tavoitteena sellaisten sopimusjärjestelyjen aikaansaamista, joilla käytetty polttoaine sellaisenaan tai sen jälleenkäsittelystä tulevat korkeaaktiiviset jätteet voidaan sijoittaa peruuttamattomasti ulkomaille. Tämä tavoite on toteutunut, kuten tunnettua, toistaiseksi vain Loviisan ydinvoimalaitoksen kohdalla.

Merkittävää ja uutta periaatepäätöksessä on se, että siinä ensimmäisen kerran asetetaan selvät tavoitteet aikatauluineen valmistautumisesta kaikkien ydinjätehuoltotoimenpiteiden suorittamiseen myös tarvittaessa Suomessa. Käytännössä nämä velvoitteet koskevat kokonaisuudessaan tällä hetkellä vain Teollisuuden Voima Oy:tä. Käytetyn polttoaineen huollon osalta päätavoitteet ovat:

- yksi turvallisuus- ja ympäristönsuojeluvaatimukset täyttävä loppusijoituspaikka Suomen kallio-perästä on osoitettava vuoden 2000 loppuun mennessä

- pitkäaikainen (noin 40 vuotta) välivarastointi ennen loppusijoitusta
- loppusijoitus alkaisi vuoden 2020 ja päättyisi vuoden 2050 tienoilla

Päätös ei periaatteessa muuta aiemmin noudatettua linjaa. Painotuksen voidaan katsoa kuitenkin muuttuneen siinä mielessä, että nyt korostetaan aiempaa voimakkaammin mahdollisuutta, että korkea-aktiiviset jätteet voidaan joutua loppusijoittamaan Suomessa ja tätä varten on asetettu selvä valmistautumishjelma. Taustalla on tosiasia, että näkymät jälleenkäsittelyn yleistymisen ja saatavuuden samoinkuin loppusijoitusta koskevan kansainvälisen käytännön yhteistyön kehittymisen suhteen ovat tätä nykyä synkemmät kuin muutamia vuosia aiemmin, jolloin nykyiset ydinvoimalaitoksemme otettiin käyttöön.

Tavoitetta korkea-aktiivisen jätteen ulkomaille viennistä voidaan Suomen kohdalla perustella sillä, että ydinvoimaohjelmiltaan pienille maille, joissa käytetyn polttoaineen kertymät jäävät kaiken kaikkiaan vähäisiksi, kansainvälinen teollinen yhteistyö polttoainekierron jälkipään eri vaiheissa olisi taloudellisesti järkevää ja tarjoaisi myös muita, esimerkiksi non-proliferaatio-näkökohtiin liittyviä etuja. Toisaalta tiedetään, että yhteistyön tiellä on monia poliittisia ja ydinenergia-alan kansainvälisestä sopimusjärjestelmästä johtuvia ongelmia, joiden vuoksi näkymät yhteistyön kehittymiselle eivät ole rohkaisevia.

Voimalaitosjätteiden loppusijoituksen osalta periaatepäätöksen mukaan jatketaan suunnittelutyötä jo tehdyn esisuunnittelun pohjalta, mikä on kohdistunut voimalaitosalueiden kallioperän loppusijoituspaikaksi soveltuvuuden selvittämiseen. Suunnitelmat turvallisuusarviointeineen on esitettävä viranomaisille 1980 loppuun mennessä ja tavoitteena on, että tilat olisivat valmiina käyttöön otettavaksi 1990-luvun alussa.

Ydinvoimalaitosten käytöstäpoiston osalta on ylläpidettävä ja kehitettävä suunnitelmaa, jonka mukaan kaikki radioaktiivinen materiaali voidaan purkaa, käsitellä ja viedä välivarastoitavaksi tai loppusijoitettavaksi. Suunnitelma on ajanmukaistettava viiden vuoden välein.

Periaatepäätöksen tavoitteellisuutta on tahdottu korostaa toteamalla sen lopussa erinäisistä syistä aiheutuvia muutoksia, joiden perusteella tavoitteita voidaan tarkistaa.

Päätöksessä asetettujen tavoitteiden sovittamisesta myöhemmin mahdollisesti toteutettaviin ydinvoimalaitoshankkeisiin määrää kauppa- ja teollisuusministeriö.

5

TALOUDELLINEN VARAUTUMINEN

Varautuminen on tällä hetkellä järjestetty siten, että voimayhtiöt keräävät tuleviin ydinjätehuoltokustannuksiin tarvittavat menot sähkön hinnassa. Kerätyt varat rahastoidaan tekemällä vuosittain yhtiöiden tilinpäätöksessä ns. ydinjätehuoltovaraus, jonka suuruuden kauppa- ja teollisuusministeriö voimayhtiöiden esityksen pohjalta käsittelee ja määrää. Voimayhtiöt antavat myös valtiolle vakuudet näiden varojen olemassaolosta mahdollisen maksukyvyttömyyden varalta.

Vasta uuden ydinenergialain säätämisen yhteydessä tullaan lopullisesti päättämään, minkälaista varautumisjärjestelmää tulevaisuudessa käytetään, ja antamaan tarkemmat määräykset varausten suuruuden laskentaperusteista.

Käytössä olevan varautumistavan pääpiirteet ovat:

- 1 Varautumisen piiriin kuuluvat periaatteessa kaikki ydinvoimalaitoksen koko käyttöiän aikana syntyvien ydinjätteiden huoltokustannukset olettaen, että kaikki toimenpiteet tehdään Suomessa. (Vastuuvollisuus päättyy vasta, kun loppusijoitustila on suljettu.) Huoltotoimenpiteet ovat:

- matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitus
- laitosten käytöstäpoisto
- käytetyn polttoaineen hyötykäytön jälkeinen varastointi, kuljetus, kapselointi ja loppusijoitus

Pääosa toimenpiteistä ajoittuu hyötykäytön jälkeiseen aikaan. Koska Loviisan käytetty polttoaine palautetaan Neuvostoliittoon, Imatran Voima Oy varautuu vain voimalaitoksella käytön päättyessä olevan polttoaineen varastointiin ja kuljetukseen, mikä pienentää TVO:hon verrattuna olennaisesti varautumistarvetta.

- 2 Varauksen määrää lisätään vuosittain vähitellen siten, että se kasvaa samassa suhteessa kuin kumulatiivinen sähköntuotanto, jonka kestoksi arvioidaan 30 vuotta.
- 3 Kustannukset arvioidaan seuraavien periaatteiden mukaan:
 - käytetään tarkasteluajankohdan kustannustasoa, jolloin inflaatiokorvaukset tulevat automaattisesti tehdyiksi
 - toimenpiteet oletetaan suoritettaviksi tunnetulla tekniikalla voimassaolevien turvallisuusvaatimusten mukaisesti
 - kustannusepävarmuudet pyritään ottamaan huomioon kustannuseräkohtaisilla epävarmuuslisillä

Vuoden 1983 lopussa Teollisuuden Voima Oy:n ja Imatran Voima Oy:n ydinjätehuollon (varautumisen piiriin kuuluvat) kokonaiskustannukset ja vahvistetut varaukset olivat:

	Kokonaiskustannukset	Varaus (milj.mk)
TVO	3 350	480 (1,40 p/kWh)
IVO	502	90 (0,31 p/kWh)

SÄTEILYTURVAKESKUS YDINJÄTEHUOLLON VALVONTAVIRANOMAISENA

1. STUK:N YDINJÄTEHUOLTOA KOSKEVAT TEHTÄVÄT

Voimassaolevan atomienergia-asetuksen mukaan atomienergiain lain ja sen nojalla annettujen määräysten erityisenä valvontaviranomaisena toimii säteilyturvakeskus. Lainsäädännössä määritellyistä säteilyturvakeskuksen tehtävistä voidaan eritellä mm. seuraavat ydinjätehuoltoa koskevat tehtävät

1. Ydinjätehuollon toteutuksen turvallisuuden valvonta käsittäen lupaehtojen noudattamisen valvonnan sekä ydinjätehuoltosuunnitelmiin ja -toimiin kohdistuvat tarkastukset.
2. Atomienergiain lain ja säteilysuojauslain nojalla annettujen säännösten ja määräysten soveltamista koskevien ohjeiden antaminen.
3. Lausuntojen antaminen sellaisista ydinjätehuoltoa koskevista hakemuksista, jotka edellyttävät atomienergiain lain mukaista lupaa.
4. Ydinjätehuoltoon liittyvän tutkimus- ja kehitystyön suorittaminen ja kansainväliseen yhteistyöhön osallistuminen.

Valmisteilla olevassa, nykyisen atomienergiain lain korvaavassa ydinenergiain laissa ja sen nojalla annettavassa ydinenergiain asetuksessa mm. ydinlaitosten ja ydinjätehuoltotoimien lupamenettelyjä on tarkoitus täsmentää; samalla myös säteilyturvakeskuksen osallistuminen lupakäsittelyihin

täsmentyy. Ydinjätehuollon valvonnassa erityisen keskeinen kohde on tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutöiden viranomaisvalvonta. Lainsäädännön uudistuksen yhteydessä tulisi erityisesti tältä osin täsmentää ja tehostaa säteilyturvakeskukseen valvontaedellytyksiä.

2. YDINJÄTEHUOLTOA KOSKEVA TOIMINTA-AIKATAULU

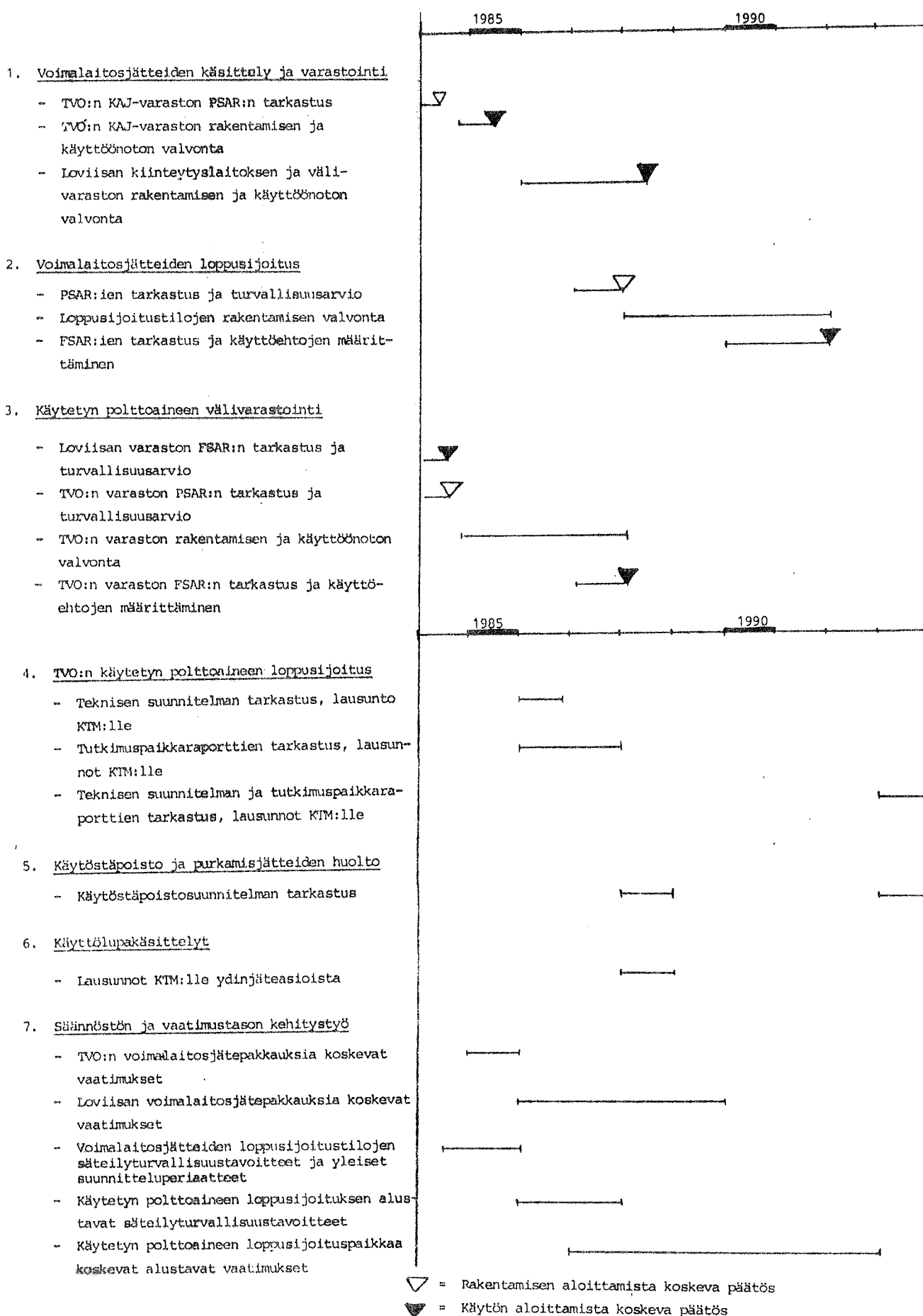
Kuvassa 1 on esitetty STUK:n alustava toiminta-aikataulu ydinjätehuollon osalta vajaan kymmenen vuoden aikavälille. Aikataulu on pyritty niveltämään yhteensopivaksi voimayhtiöiden ydinjätehuoltoa koskevien suunnitelmien kanssa, jotka taasen pohjautuvat suurelta osin valtioneuvoston periaatepäätökseen ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteista. Korostettakoon, että toiminta-aikataulu on alustava, sillä STUK:n on mukautettava toimintansa yhtäältä voimayhtiöiden valitsemien suunta- viivojen ja aikataulujen, toisaalta sopiviksi katsottujen viranomaisstrategioiden mukaiseksi.

3. STUK:N ORGANISAATIO

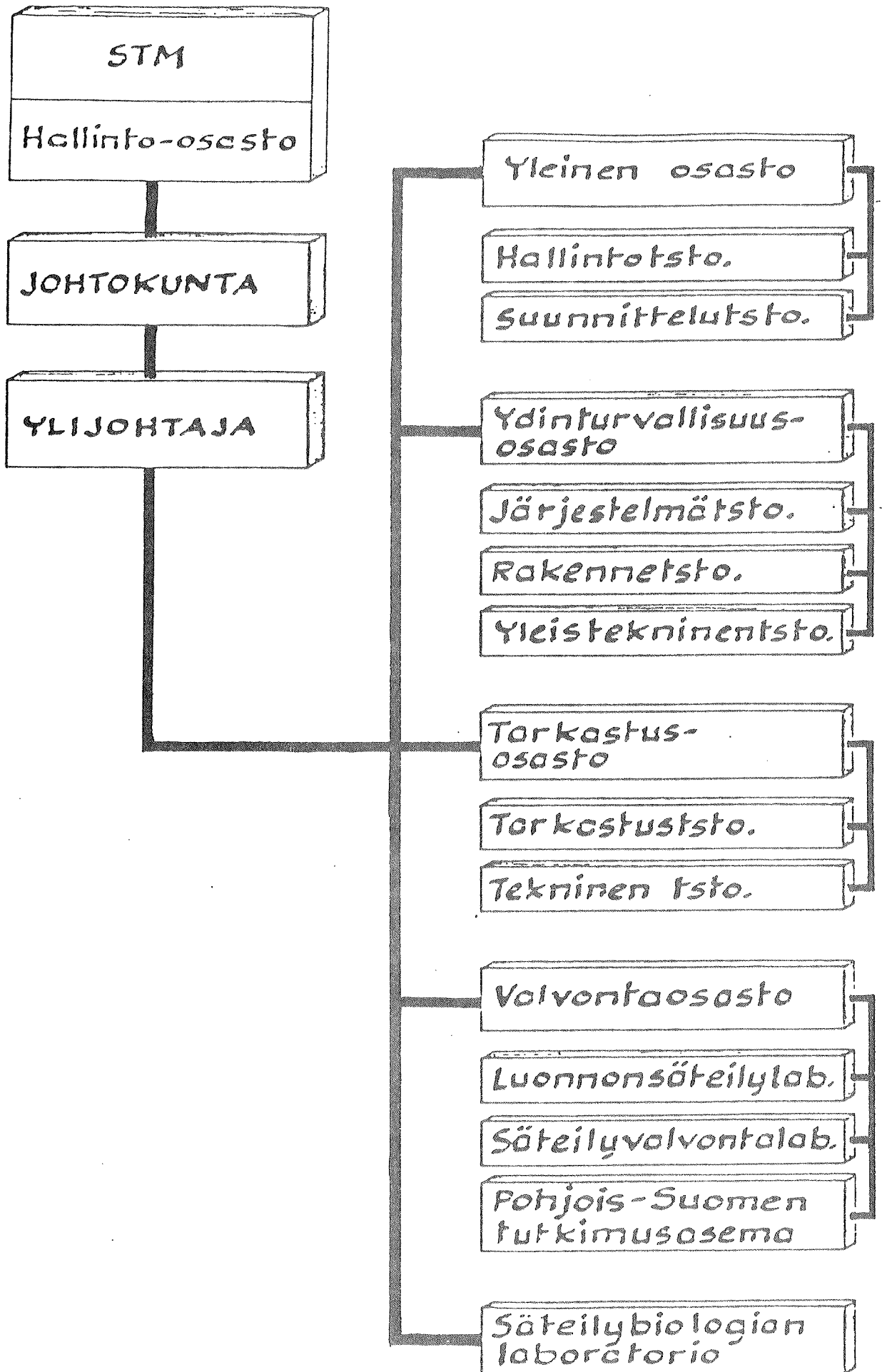
STUK:n 1.3.1984 käyttöön otettu organisaatio on esitetty kuvassa 2. Ydinjätehuoltoa koskevien asioiden valmistelu suoritetaan pääasiassa ydinturvallisuusosaston yleisteknisen toimiston ydinjätejaostossa. Ydinjätehuoltoa koskevat päätökset esittelee yleensä yleisteknisen toimiston päällikkö ja ne ratkaisee joko ydinturvallisuusosaston osastopäällikkö tai ylijohdaja asian laajakantoisuudesta riippuen.

Ydinjätehuollon valvontaan osallistuvat myös ydinturvallisuusosaston muut toimistot, yleensä sitä suuremmassa määrin mitä pitemmällä hanke on (suunnitelmien tarkastus, rakentamisen valvonta, käyttöönoton valvonta, käytönvalvonta). Valvontaosasto osallistuu ydinjätehuollon säteilyturvallisuutta koskevien yleisten määräysten kehitystyöhön ja valvontaosasto antaa lausuntoja ydinturvallisuusosastolle tärkeimmistä ydinjätehuoltoa koskevista suunnitelmista.

Kuva 1. STUK:n alustava toiminta-aikataulu ydinjätehuollon osalta



STUK:n organisaatio



OSALLISTUMINEN KANSAINVÄLISEEN TUTKIMUSYHTEISTYÖHÖN

1. YLEISTÄ

Ydinjätehuollolle on ominaista poikkitieteellisyys. Kun otetaan huomioon huollon eri vaiheet (radionuklidien ja jätteiden muodostuminen, käsittely, siirrot ja kuljetukset, varastointi sekä varsinkin loppusijoitus) ja niissä konkreettisten ratkaisujen tekemiseen tarvittavat tiedot, joudutaan hyödyntämään lukuisia tieteen ja tekniikan aloja, mm. fysiikkaa, kemiaa, geologiaa ja matematiikkaa; prosessi-, kone-, geo- ja turvallisuustekniikkaa.

On selvää, että Suomen ei kannata yrittää selvittää kaikkea pelkästään omin resurssein. Eräitä seikkoja ei edes voisi tutkia investoimatta ensin rahamääriä, jotka olisivat kymmenkertaisia verrattuna Suomessa nykyisin vuodessa ydinjätetutkimuksiin käytettävään summaan. Osallistumalla kansainväliseen yhteistyöhön Suomi samalla sekä saa erittäin arvokasta tietoa että antaa panoksensa globaalin tehtävän asteittaiseen suorittamiseen. Osallistumisen perusteet voidaan kiteyttää seuraavasti:

- kaiken tekeminen omin voimin mahdotonta
- paljon hyvää ja suurella panoksella luotua tietoa siirrettävissä kohtuullisin kustannuksin Suomeen
- voidaan nopeasti verrata omia tuloksia muiden tuloksiin
- luodaan tärkeitä laitosten ja henkilöiden välisiä suhteita
- tehdään Suomen tutkimusta tunnetuksi ja näin edesautetaan uusien tietojen saamista jatkossa
- annetaan oma panos kansainväliseen tiedeyhteisön työpanokseen ja kertyvään tietokantaan.

Ydinjätehuollon ratkaisujen konkretisoituminen huoltovaiheittain lähitulevaisuudessa myös loppusijoituksen osalta aiheuttaa lisääntyvää tiedon tarvetta ja osittain uusilla aloilla. Näin ollen kasvava tiedon siirto kansainvälisistä tai yleensä ulkomaisista hankkeista tulee yhä perustellummaksi. Samalla ei kuitenkaan saa aliarvioida kotimaisen tutkimuspanoksen tarvetta ja merkitystä; eräillä alueilla sitä ei voi korvata ulkomaisilla tutkimustuloksilla ja niihin nojaavilla johtopäätöksillä.

2. YHTEENVETO YHTEISTYÖN LAAJUUDESTA

Tässä esityksessä on otettu mukaan sellainen nimenomaan ydinjätehuoltoon suoranaisesti liittyvä toiminta, joka on luonteeltaan tutkimustyötä. Tämän lisäksi tehdään runsaasti perustutkimusluonteista työtä - mitä ilman ydinjätetutkimustakaan ei sinänsä voisi olla - ja kaupalliseksi toiminnaksi luonnehdittavaa selvitys- ja kehitystyötä.

Kansainvälisen tutkimusyhteistyön muodot kattavat koko kentän organisatorisesta sihteeristötyöstä kokeelliseen tutkimukseen. Myös yhteistyön toteutusorganisaatiot vaihtelevat suorista kansainvälisistä järjestöistä tutkimuslaitosten kahdenkeskisiin sopimuksiin. Yhteenveto nykyisestä tilanteesta on esitetty kuvissa 1...3. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty yhteistyöhön liittyvät ulkomaiset organisaatiot ja toimintamuodot sekä Suomesta osallistuvat organisaatiot yhteistyökohteittain yksityiskohtaisesti erittelemättä. Kuvassa 2 on yhteistyökohteet sijoitettu jätehuoltoaluearviointisuure -matriisiin, joka havainnollistaa yhteistyön jakaantumista alueittain sekä samalla sen kattavuutta.

3. ERÄITÄ YHTEISTYÖKOHTEITA

Seuraavassa on eräitä yhteistyökohteita esitelty hieman yksityiskohtaisemmin.

IAEA:n tutkimussopimukset

Suomalaisista tutkimuslaitoksista vain Valtion teknillisellä tutkimuskeskuksella (VTT) on käynnissä Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) kanssa yhteisiä ydinjätehuollon tutkimusprojekteja. Kaksi tutkimusta koskee jätteen kiinteytystekniikoita: tuotteiden valmistamista ja niiden ominaisuuksia. Projektit ovat olleet käynnissä kaksi vuotta ja niihin osallistuu VTT:n lisäksi 10 laitosta eri puolilta maailmaa. Kolmas tutkimus koskee ydinjätehuollon riski- ja kustannustehokkuutta. Projektissa selvitetään laskennallisten menetelmien käyttökelpoisuutta jätehuoltovaihtoehtojen keskinäiseen vertailuun. Työ liittyy IAEA:n laajempaan eri energijärjestelmiä selvittävään tutkimukseen, joka on ollut käynnissä yhden vuoden ja johon osallistuu useita ulkomaisia laitoksia.

OECD/NEA STRIPA projekti

Keski-Ruotsissa Stripassa on käynnissä v. 1984 aloitettu laaja kokeellinen tutkimusprojekti, johon Suomen lisäksi osallistuu 8 maata. Suomen rahoituksesta vastaavat yhdessä voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta (YJT) ja KTM. Projektia ohjaavassa elimessä on edustaja YJT:sta sekä kahdessa teknisessä ryhmässä kaksi edustajaa YJT:sta ja kaksi VTT:sta. Projektissa tutkitaan ydinjätteen kallioperään suunniteltuun loppusijoitukseen liittyviä tekijöitä niin teknisten kuin luonnollisten vapautumisesteidenkin osalta. Projekti on sekä laajuudeltaan (n. 100 milj. mk) että tieteelliseltä sisällöltään niin merkittävä, että Suomen osallistuminen n. 1 milj. mk:n vuosirahoituksella on erittäin perusteltua. Projekti on jo nyt tuottanut ja tulee valmistumiseen mennessä (n. 1986) tuottamaan sellaista uutta tietoa, mitä mistään muusta maailmalla käynnissä olevasta tutkimuksesta ei ole saatavilla.

OECD/NEA ISIRS projekti

ISIRS (International Sorption Information Retrieval System Project) -projekti on ollut käynnissä v. 1981 alkaen ja siihen osallistuu 22 tutkimusryhmää 11 maasta. Suomen

edustaja projektin koordinaatiryhmässä on VTT:sta. Lisäksi työhön osallistuu kiinteästi Helsingin yliopiston radio-kemian laitos (HYRL). Työssä selvitetään radionuklidien pohjaveden avulla tapahtuvaan kulkeutumiseen kallioperässä (tai maaperässä) liittyviä mekanismeja. Käyttäytymisen fysikaalis-kemialliseen mallintamiseen tarvittavista lähtötiedoista kerätään tietokonepohjaista tietokantaa NEA:n Databank'iin, joka on osallistuvien organisaatioiden käytettävissä ilmaiseksi.

SKI:n INTRACOIN ja HYDROCOIN projektit

Ruotsin Statens Kärnkraftinspektion (SKI) organisoii kahta laskentamallien vertailuprojektia, joista toinen, INTRACOIN (International Nuclide Transport Code Intercomparison Study), alkoi v. 1981 ja on päättymässä v. 1984. Projektiin osallistuu 22 työryhmää 8 maasta. Suomea projektin koordinaatiryhmässä edustaa VTT, jossa tehdään myös Suomen panos projektiin. Projektissa tutkitaan vertailulaskuina kuvaavien mallien toimintaa. Osallistumisella on saatu korvaamatonta tietoa Suomessa käytössä olevien laskentamallien käyttökelpoisuudesta ja sijoittumisesta kansainvälisessä vertailussa, sillä projektissa ovat mukana kaikki alan johtavat tutkimusryhmät ja parhaat laskentamallit.

Toinen projekti, HYDROCOIN (International Groundwater Hydrology Code Intercomparison Study), on käynnistynyt v. 1984 alussa ja siihen osallistuu 11 maasta 11 ryhmää, jotka edustavat alan kansainvälistä huipputasoa. Suomen edustus on VTT:sta Imatran Voima Oy:n seurattessa läheisesti työn tuloksia. Projektissa tutkitaan vertailulaskuina pohjaveden liikkumista kuvaavien mallien toimintaa. Osallistumalla saadaan ensiarvoisen tärkeää tietoa omien laskentamallien käyttökelpoisuudesta.

NKA:n projektit

NKA:n (Nordiska Kontaktorganet för Atomenergifrågor) on organisoinut v. 1977 alkaen pohjoismaista yhteistyötä ydinjätehuollon turvallisuuskysymysten alalta. Koordinoi-

vissa elimissä on edustajia säteilyturvakeskuksesta (STUK), VTT:sta ja YJT:stä. Työ on sisältänyt hyvin monenlaisia kohteita lähinnä alhais- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen huollon alueelta. Uusi nelivuotishjelma 1985..88 tulee laajentumaan myös korkea-aktiivisen käytetyn polttoaineen huollon alueelle. Ohjelman on suunniteltu koostuvan ydinjätehuollon alueella seuraavista projekteista (suluissa varattu yhteispohjoismainen rahoitus):

- turvallisuusanalyysin mallit (1,65 milj. NOK)
- geologiset erityiskysymykset (1,3 milj. NOK)
- ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto (1,0 milj. NOK)
- ydinjätteiden kuljetus (0,8 milj. NOK)
- varaus uudelle kohteelle (0,45 milj. NOK)

Suomen kannalta kiinnostavimpia ja ajankohtaisimpia ovat kaksi ensimmäistä projektia. Pohjoismaisen rahoituksen saamisen edellytyksenä on ollut vähintään vastaavan suuruisen työpanoksen kuuluminen kansalliseen tutkimusohjelmaan.

KFK-VTT -yhteistyö

KFK:n (Kernforschungszentrum Karlsruhe, SLT) ja VTT:n välillä on ollut käynnissä v. 1981 alkaen yhteistyö, joka on johtanut jälleenkäsittelyjätteen lasitustuotetta koskevaan v. 1983-85 kestävään yhteisprojektiin. Tutkimuksessa on lasituotteiden eluutio-ominaisuuksien kokeelliseen määrittämiseen suomalaisella graniittipohjavedellä.

4. YHTEISTYÖKOHTEIDEN OSUVUUS JA RIITTÄVYYS

Yhteistyökohteita ja -muotoja valittaessa on päätökset tähän asti tehty lähinnä osallistuvan organisaation toimesta; varsinaista valtakunnallista suunnitelmallisuutta ei ole voitu käyttää. Toimintatapa on kuitenkin johtanut tulokseen, joka on lähes tyydyttävä, jos otetaan huomioon käytettävissä ollut rahoitus ja tarkastellaan yhteistyökohteiden sijoittumista ja kattavuutta huoltovaihe-arviointisuure -kartalla, kuva 2. Pääosa yhteistyöstä on ollut muuta kuin kokeellista tutkimusta (kuvat 1 ja 2), kun mitattana käytetään kohdistettuja henkilöresursseja. Jos mitattana on kohdistettu rahamäärä, on pääpaino ollut kokeellisessa tutkimuksessa Stripan osallistumismaksujen vuoksi.

Koska ydinjätetutkimus on nuori ala Suomessa (käynnissä n. 10 vuotta), on resurssien jakaminen mahdollisimman monelle alueelle ollut perusteltua. Näin on saatu varsin hyvä käsitys siitä, mitä maailmalla tapahtuu ja tulee tulevaisuudessa tapahtumaan, on luotu usealla ydinjätetutkimuksen alueella suhteet johtaviin henkilöihin ja laitoksiin, on nopeasti edetty tärkeimmillä alueilla tasolle, joka kestää kansainvälisen vertailun ja on samalla saatu siinä määrin omaa tutkimusta täydentävää tietoa, että pystytään näkemään lähiajan tärkeät selvityskohteet.

Osittainen suunnittelemattomuus on luonnollisesti aiheuttanut jonkin verran myös negatiivisia pulmia. Kunkin yhteisprojektin merkitys jätehuollon kokonaisuuden kannalta ei aina ole ollut riittävän keskeinen. Samanlaista kokonaiskuvan hämärtymistä, jätehuollon rakaisujen järjestelmäluonteen ja kustannuskytkentöjen unohtamista on myös esiintynyt Suomen edustajien raportoinneissa erilaisissa kansainvälisissä työryhmissä ja kokouksissa. Vaara, että yksittäisen organisaation lähettämä edustaja unohtaa edustavansa koko Suomen ydinjätetutkimusta, on ilmeinen. Heikkous voidaan poistaa useallakin tavalla.

Kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön on käytetty n. 10-15% Suomessa vuosittain ydinjätetutkimukseen panostettavasta rahasta, kun otetaan huomioon kaikki toiminnan muodot: varsinaiset yhteistyöprojektit, työryhmät, kokoukset, seminaarit ja tutustumisvierailut. Ydinjätetutkimukseen taas käytetään Suomessa n. 4...7% vuosittain kerättävästä ydinjätehuoltovarausmaksusta.

Jätehuoltoratkaisut niin Suomessa kuin ulkomaillakin konkretisoituvat lähitulevaisuudessa. Lisäksi jätehuoltoratkaisuille asetettavat hyväksyttävyysskriteerit aiheuttavat todennäköisesti entistä suurempia paineita tutkimusten tasolle ja luotettavuudelle. Suurissa ydinenergiamaisissa sijoitetaan ydinjätetutkimukseen kymmen- jopa satakertaisia summia Suomessa käytettäviin verrattuna. Nämä tekijät huomioon ottaen näyttää perustellulta, että osallistuminen kansainvälisen tiedeyhteisön toimintaan tulevaisuudessakin ainakin lievästi kasvaisi.

YDINJÄTEHUOLTORATKAISUJEN, ERITYISESTI GEOLOGISEN
LOPPUSIJOITUKSEN TURVALLISUUDEN ARVIOIMINEN

1. Johdanto

Mielipidetiedustelujen mukaan "ydinjäteongelma" on merkittävimpiä ydinenergian yleisen hyväksyttävyyden esteitä. Ydinjäteongelmalla tarkoitetaan yleensä nimenomaan ydinjätteiden hävittämisen tai vaarattomaksi tekemisen vaikeutta. Muut ydinjätehuollon toimenpiteet eivät näytä siinä määrin herättävän vastustusta. Myös tehtyjen turvallisuusanalyysien perusteella näyttää ilmeiseltä, että ainakin Suomessa tehtäväksi aiotut käytetyn polttoaineen ja ydinjätteiden käsittely-, kuljetus- ja välivarastointitoimenpiteet eivät aiheuta merkittävää laadullista tai määrällistä lisäystä ydinvoimalaitoksista sinänsä aiheutuvaan potentiaaliseen ympäristöriskiin.

Useimpien ydinenergiamaiden suunnitelmat korkea-aktiivisten jätteiden vaarattomaksi tekemisestä perustuvat geologiseen loppusijoitukseen riippumatta siitä, onko ensisijaiseksi käytetyn polttoaineen huoltovaihtoehdoksi valittu jälleenkäsittely vai kertakäyttö, eli suora loppusijoitus. Pelkästään jälleenkäsittely ei ratkaisevasti helpota loppusijoitusongelmaa; turvallisuusanalyysien mukaan riskit jälleenkäsittelyjätteiden loppusijoituksesta ovat parhaimmillaan vain noin kertaluokan pienemmät suoraan loppusijoitukseen verrattuna. Vasta pitkäikäisten nuklidien täydellinen erottaminen jätteistä ja niiden hävittäminen esim. transmutaatiolla tai avaruuteen lähettämällä yksinkertaistaisi olennaisesti loppusijoitusta. Koska tämä vaatisi huomattavaa teknistä läpimurtoa, ydinjätehuoltosuunnitelmia ei nykytilanteessa liene realistista perustaa ensisijaisesti tällaisten tai joidenkin muiden tulevaisuuden tekniikoiden varaan. Luonnollisesti uusien tekniikoiden kehitystyö

jatkuu, ja pitkien välivarastointiaikojen vuoksi niiden käyttöönotto nykyisillekin jätteille on täysin mahdollista.

Kuvan 1 kaaviossa on tarkasteltu käytetyn polttoaineen eri huoltovaihtoehtoja ja niiden välisiä kytkentöjä.

Myös voimalaitosjätteiden huoltosuunnitelmat useimmissa maissa perustuvat geologiseen sijoitukseen, joko maahanhautaukseen tai kallioperäsijoitukseen. Merkittävin ero näiden välillä on, että maahanhautaus vaatii yleensä jopa vuosisatoja kestävästä aktiivista valvontaa, kun taas kallioperäsijoitus ei yleensä edellytä aktiivista valvontaa tilojen sulkemisen jälkeen. Suomessa ilmasto- ja pohjavesiolosuhteet eivät ole suotuisat maahanhautaukselle, sen tähden kallioperäsijoitusta voidaan pitää ensisijaisena vaihtoehtona.

Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto ydinjätteiden loppusijoitussuunnitelmista merkittävimmissä ydinenergiamaissa.

2. Geologisen sijoituksen säteilyturvallisuusperiaatteet ja -ta- voitteet

Ydinjätteiden geologista loppusijoitusta on usein mainittu eettisesti vaikeaksi ongelmaksi. Näin epäilemättä olisikin mikäli kallioperä olisi entuudestaan "neitseellinen" radioaktiivisista aineista. Kuitenkin kallioperä sisältää keskimäärin muutamia miljoonasosia painostaan uraania ja sen radioaktiivisia tytäraineita, ja paikoitellen pitosuudet saattavat olla pari kertaluokkaa suurempia. Tämä tosiasia ilmeisesti helpottaa geologisen loppusijoituksen eettistä hyväksyttävyyttä, sillä pitkällä aikavälillä sen turvallisuus perustuu samojen luonnonlakien hyväksikäyttöön, jotka estävät kallioperässä olevia valtavia radioaktiivisia ainemääriä vapautumasta ja rikastumasta elinympäristöön suurina pitoisuuksina, nimittäin

- nuklidien vähäinen liukoisuus kalliopohjaveteen,
- nuklidien erittäin hidas kulkeutuminen kalliopohjaveden mukana ja
- nuklidien tehokas laimentuminen pintavesistöissä.

Koska kuitenkin aina ei ole hyvää varmuutta kallioperän suojauskyvyn riittävydestä alkuaikoina, jolloin jätteiden aktiivisuus on suurimmillaan, jätteet joudutaan yleensä ympäröimään teknisillä esteillä luonnollisen esteen, kallioperän lisäksi. Tekniset esteet tarjoavat myös varmentavan suojan esim. geologisten häiriöiden varalle.

Geologisen loppusijoituksen periaatetta on havainnollistettu kuvassa 1. Aluksi jätteiden sisältämät radioaktiiviset aineet on täydellisesti eristetty kallioperästä teknisten esteiden ansiosta. Tämän eristysajan pituus vaihtelee suuresti eri suunnitelmissa; esim. ruotsalaisissa ja suomalaisissa käytetyn polttoaineen loppusijoitussuunnitelmissa tavoitellaan jopa miljoonien vuosien eristysaikaa, kun taas korkea-aktiivisten jätteiden loppusijoitussuunnitelmissa USA:ssa katsotaan korkeintaan tuhannen vuoden eristysaika riittäväksi suunnitteluperusteeksi. Eristysajan jälkeen tekniset esteet alkavat vähitellen heikentyä, mutta ne hidastavat vielä merkittävästi radionuklidien vapautumista kallioperään. Lopulta luonnollisista esteistä tulee merkittävin radionuklidien vapautumisen rajoitin. Tässä vaiheessa jätteiden kokonaisaktiivisuus on usein vähentynyt niin, että se on korkeintaan samaa suuruusluokkaa kuin luonnollisten radioaktiivisten aineiden kokonaisaktiivisuus sijoituspaikkana olevassa kalliolohkossa.

Ydinenergian käytössä sovellettavat säteilyturvallisuustavoitteet ovat jo vakiintuneet, ja ne pohjautuvat Kansainvälisen säteilysuojelukomission, ICRP:n suosituksiin. Samoja säteilyturvallisuustavoitteita on tarkoituksenmukaista soveltaa myös ydinjätteiden käsittelyssä ja varastoinnissa. Ydinjätteiden loppusijoitukseen nämä tavoitteet sen sijaan eivät ole ainakaan suoraan sovellettavissa. Tämä

johtuu geologisen loppusijoituksen erityispiirteistä, nimitäin

- loppusijoitus perustuu passiivisiin esteisiin, joiden toimintakykyä ei ole tilojen sulkemisen jälkeen mahdollisuus parantaa, vaan ne on alunperin suunniteltava riittävän tehokkaiksi,
- ajan myötä potentiaalisen säteilyaltistumisen taso yleensä vähenee mutta sen todennäköisyys kasvaa, ja
- radioaktiivisten aineiden alettua vapautua elinympäristöön vapautuminen yleensä jatkuu hyvin pitkään.

Eräät kansainväliset organisaatiot (ICRP, IAEA, NEA) ovat pitkään valmistelleet suosituksiaan ydinjätteen loppusijoituksen säteilyturvallisuustavoitteista. Vaikeutena ei ole niinkään ollut hyväksyttävästä säteilyturvallisuustasosta sopiminen, vaan sopivan formalismin löytäminen suosituksille. Näyttää siltä, että mainittujen organisaatioiden suositukset ovat lähiaikoina muotoutumassa. Julkaistujen luonnosten mukaan suositukset rakentuvat ICRP:n kahden pääperiaatteen, yksilönsuojavaatimuksen ja optimointivaatimuksen pohjalle seuraavasti:

1. Yksilönsuojavaatimus. Kriittisen ryhmän yksilöille, yleensä loppusijoitustilan lähipiirissä asuville henkilöille aiheutuvan vuotuisen säteilyriskin odotusarvo (määriteltynä kuolemantapauksina/vuosi) tulee alittaa asetettava riskin yläraja. Ehdottomaksi ylärajaksi suositellaan $2 \times 10^{-5}/a$ (vastaten säteilyannoksen odotusarvoa 1 mSv/a), mutta todetaan, että kansallisten viranomaisten tulisi asettaa mainittua ylärajaa alempi säteilyriskiraja loppusijoitustilojen suunnittelua varten. Kuvassa 2 on havainnollistettu NEA:n luonnokseen sisältyvää säteilyriskin ylärajakriteeriä ja sen soveltamista.

2. Opitmointivaatimus. Differentiaalista kustannus-hyötyoptimointia tulee soveltaa vain eri loppusijoitusvaihtoehtojen keskinäistä paremmuutta verrattaessa, osana monitahoisia päätöksentekoprosessia. Kollektiivisia säteilyhaittoja ei tule suoranaisesti soveltaa sijoitusratkaisun hyväksyttävyyden kriteerinä. Optimoinnissa käytettävät kollektiiviset säteilyannokset tulee laskea vain sen ajanjakson yli, jolloin vaihtoehtoista ratkaisusta aiheutuvat säteilyaltistukset olennaisesti poikkeavat toisistaan. Optimoinnin tulee perustua realististen, ei ylikonservatiivisten lähtöarvojen ja -olettamusten käyttöön.

3. Geologisen loppusijoituksen turvallisuusarviot

Geologisen sijoituksen turvallisuuden suora osoittaminen ei ole mahdollista, koska aikamittakaavassa skaalaus on mahdotonta. Osoitus voidaan siten tehdä vain epäsuorasti. Käytännössä tämä tarkoittaa matemaattisiin malleihin perustuvaa osoitusta. Matemaattisten mallien paikkaansapitävyyden toteamiseksi ja niiden lähtötietojen hankkimiseksi tarvitaan mittaustuloksia ja havaintoja kallioperän ja teknisten esteiden ominaisuuksista, ja myös todellisia olosuhteita jäljittelleviä demonstraatiokokeita.

Kuvassa 4. on esitetty turvallisuusanalyysin tyypillinen kulkukaavio. Lähtökohtana on jätepakkaus ja sen nuklidisisältö, sekä sijoitustilan ja -paikan mallinnus. Ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan jäteastian puhki syöpymiseen tai rikkoontumiseen kuluva aika, jonka jälkeen nuklidit pääsevät pohjaveden kanssa kosketuksiin, sekä lasketaan nuklidien vapautumisnopeus jätetuotteessa ja kulkeutumisnopeus ns. lähialueen läpi kallioperään; monissa tapauksissa lähialue muodostaa "pullonkaulan" nuklidien kulkeutumiselle. Toisessa vaiheessa lasketaan nuklidien kulkeutuminen kallioperän läpi biosfääriin, ottaen huomioon pohjaveden virtausnopeus ja nuklidien pidäytyminen kallioperään.

Kolmannessa vaiheessa lasketaan nuklidien leviäminen ja rikastuminen biosfäärissä sekä viimeisessä vaiheessa ihmisille aiheutuvat säteilyannokset radionuklideille altistumisesta.

3.1 Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen turvallisuusanalyysit

Teollisuuden Voima Oy esitti käytetyn polttoaineensa loppusijoitusta koskevan turvallisuusanalyysinsä vuonna 1982. Esitetty ratkaisumalli perustuu suurelta osin Ruotsin nk. KBS-2 suunnitelmaan. Koska Ruotsissa on vuonna 1983 julkaistu edellisestä kehittyneempi turvallisuusanalyysi nk. KBS-3 suunnitelmaan liittyen, tarkastellaan seuraavassa rinnan TVO:n esittämää ja KBS-3:n turvallisuusarvioita.

Kuvassa 5. on esitetty rinnan TVO:n ja KBS-3:n turvallisuusanalyysien keskeiset tulokset kriittisen ryhmän yksilölle aiheutuvista enimmäisannoksesta. Jotta saataisiin mielikuva yksilön enimmäisannoksen vaihtelualueesta, esitetään sekä perustapauksesta että epäsuotuisissa olosuhteissa aiheutuvat enimmäisannokset. Perustapauksen analyysi perustuu odotettavissa oleviin olosuhteisiin, soveltaen konservatiivisiksi katsottuja lähtöarvoja ja -olettamuksia.

Kuva 5 osoittaa, että KBS-3 turvallisuusanalyysissä yksilön enimmäisannoksen vaihtelualue on selvästi pienempi kuin TVO:n esittämässä analyysissä. Merkittävin syy tähän tarkempi mallinnus ja kokemusperäisen tiedon suurempi määrä KBS-3 analyysissä.

Tehtyjen analyysien mukaan sijoituspaikan lähipiirissä sijaitsevan yhteisön vuotuinen kollektiivinen enimmäisannos pahimmiksi arvioiduissa olosuhteissa on korkeintaan sadassa taustasäteilystä aiheutuvasta vastaavasta vuotuisesta kollektiivisesta säteilyannoksesta. Alueellisessa tai valtakunnallisessa mittakaavassa kollektiivisen säteilyannoksen lisäys on häviävän pieni.

Vaikka nykyisten turvallisuusanalyysien tulokset yleensä täyttävät kaavailnut säteilyturvallisuusvaatimukset ja vaikka niiden lähtöarvot ja -olettamukset todetaan valtaosin konservatiivisiksi, turvallisuusanalyysiin sisältyy vielä puutteita ja epävarmuuksia, jotka vaativat menetelmien kehittelyä ja kokemusperäisen tiedon hankkimista. Näistä voidaan mainita seuraavat:

- Aktiivisuuden varhaiseen ja nopeutuneeseen vapautumiseen johtavien häiriötilanteiden (esim. geologisten häiriöiden) todennäköisyyksiä ja seurauksia ei ole analysoitu kvantitatiivisesti.
- Biosfäärimalleihin sisältyy huomattavia epävarmuuksia ja pitkällä aikavälillä mahdollisiksi katsottavia suuria biosfäärimuutoksia ei ole riittävästi otettu huomioon.
- Uraanimatriisin ja siihen sisältyvien pitkäaikaisien radioaktiivisten aineiden liukoisuuksia ja vuorovaikutuksia pohjavedessä liuenneina olevien aineiden kanssa ei tunneta vielä riittävän hyvin.
- Radionuklidien pidätyksestä erityisesti tiiviissä kalliassa ei ole riittävästi kokemusperäistä tietoa.

3.2 Voimalaitosjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysit

Vuonna 1982 Imatran Voima Oy ja Teollisuuden Voima Oy esittivät alustavat suunnitelmansa voimalaitosjätteiden loppusijoituksesta Hästholmenin ja Olkiluodon kallioperään, ja näitä koskevat turvallisuusanalyysit. Vastaavankaltaisia loppusijoitussuunnitelmia on muissakin maissa; mm. Ruotsissa julkaistiin vuonna 1982 alustava turvallisuusseloste nk. SFR-suunnitelmasta (Slutförvar för reaktoravfall).

Kuvassa 6 on vertailtu IVO:n, TVO:n ja SFR:n turvallisuusanalyysien perusteella arvioituja yksilön enimmäisannoksen vaihtelualueita. Nämä vaihtelualueet aiheutuvat etupäässä lähtöarvojen ja -olettamusten epävarmuuksista, ja ne poh-

jautuvat kuvassa 6 subjektiiviseen arviointiin, sillä eri turvallisuusanalyysien laskentatapaukset eivät ole keskenään suoraan verrannollisia. Erikseen on esitetty enimmäisyksilöannoksien vaihtelualueet merireitin ja kaivoreitin kautta. IVO:n ja TVO:n tapauksessa kaivon tekeminen sijoituspaikalle on oletettu mahdolliseksi aikaisintaan 100 vuoden kuluttua sijoitustilojen sulkemisesta, kun taas SFR:n tapauksessa se on mahdollista vasta noin 600 vuoden kuluttua, sillä siihen asti sijoitustila pysyy meren alla maannoususta huolimatta.

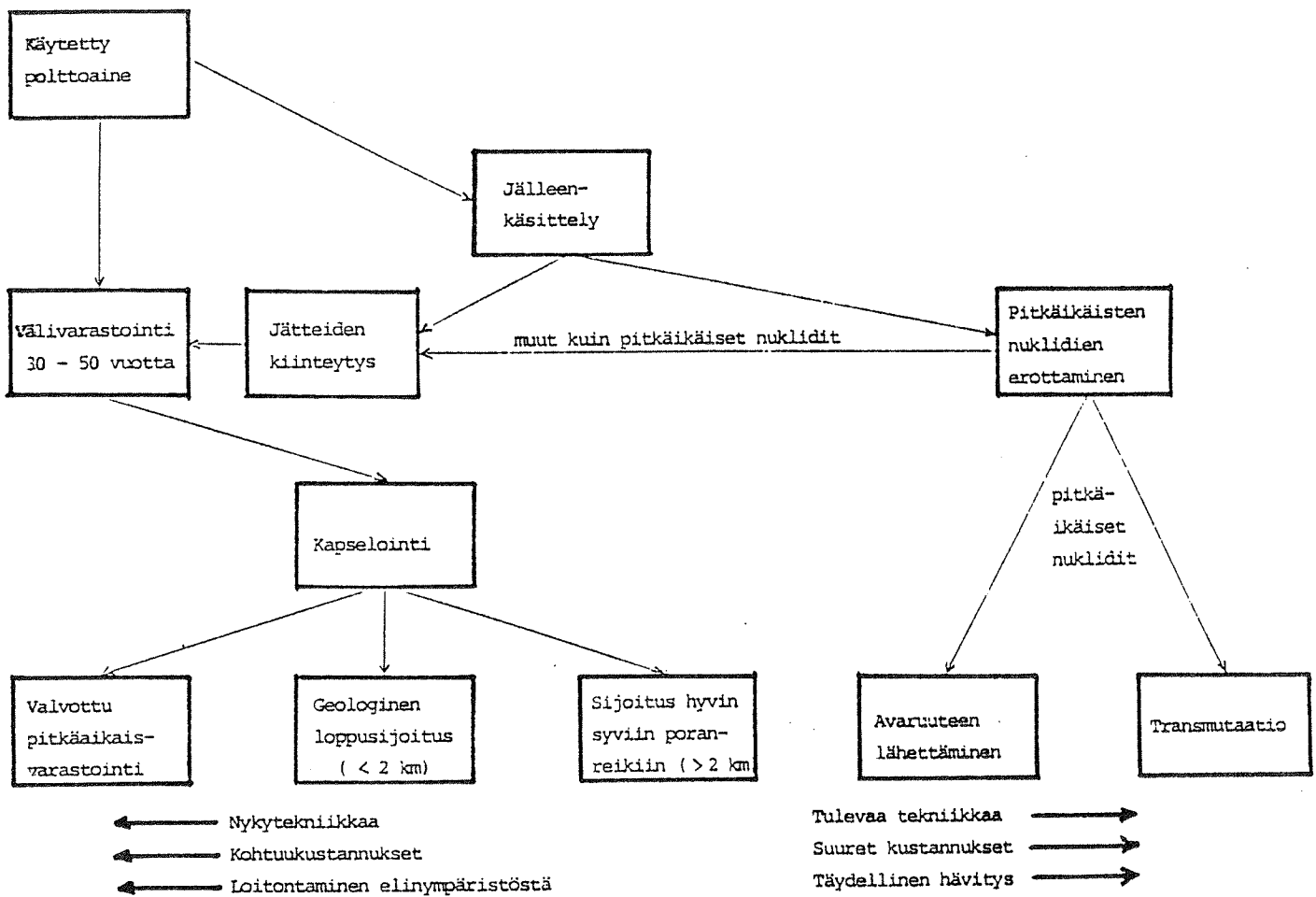
Voidaan todeta, että Hästholmenin tapauksessa yksilön enimmäisannokset pysyvät varsin hyvällä varmuudella hyväksyttävän tason alapuolelle; tämä sillä varauksella, että Hästholmenin pohjavesihydrologia osoittautuu sijoituspaikan varmistustutkimuksissa senkaltaiseksi kuin alustavassa sijoituspaikkaraportissa on oletettu. Olkiluodon tapauksessa yksilön enimmäisannokset lähestyvät hyväksyttävää tasoa epäsuotuisissa olosuhteissa, esimerkiksi sijoitustilan betonitäytteen murtuessa pahoin.

Turvallisuusanalyysien mukaan voimalaitosjätteiden loppusijoituksesta aiheutuvat vuotuiset kollektiiviset säteilyannokset paikallisen merialueen väestölle ovat alle tuhanesosa taustasäteilystä aiheutuvaan vuotuisen säteilyannokseen verrattuna. Voimalaitosjätteiden loppusijoituksen ensisijainen säteilyturvallisuusongelma näyttää siten olevan riittävän yksilösuojan varmistaminen.

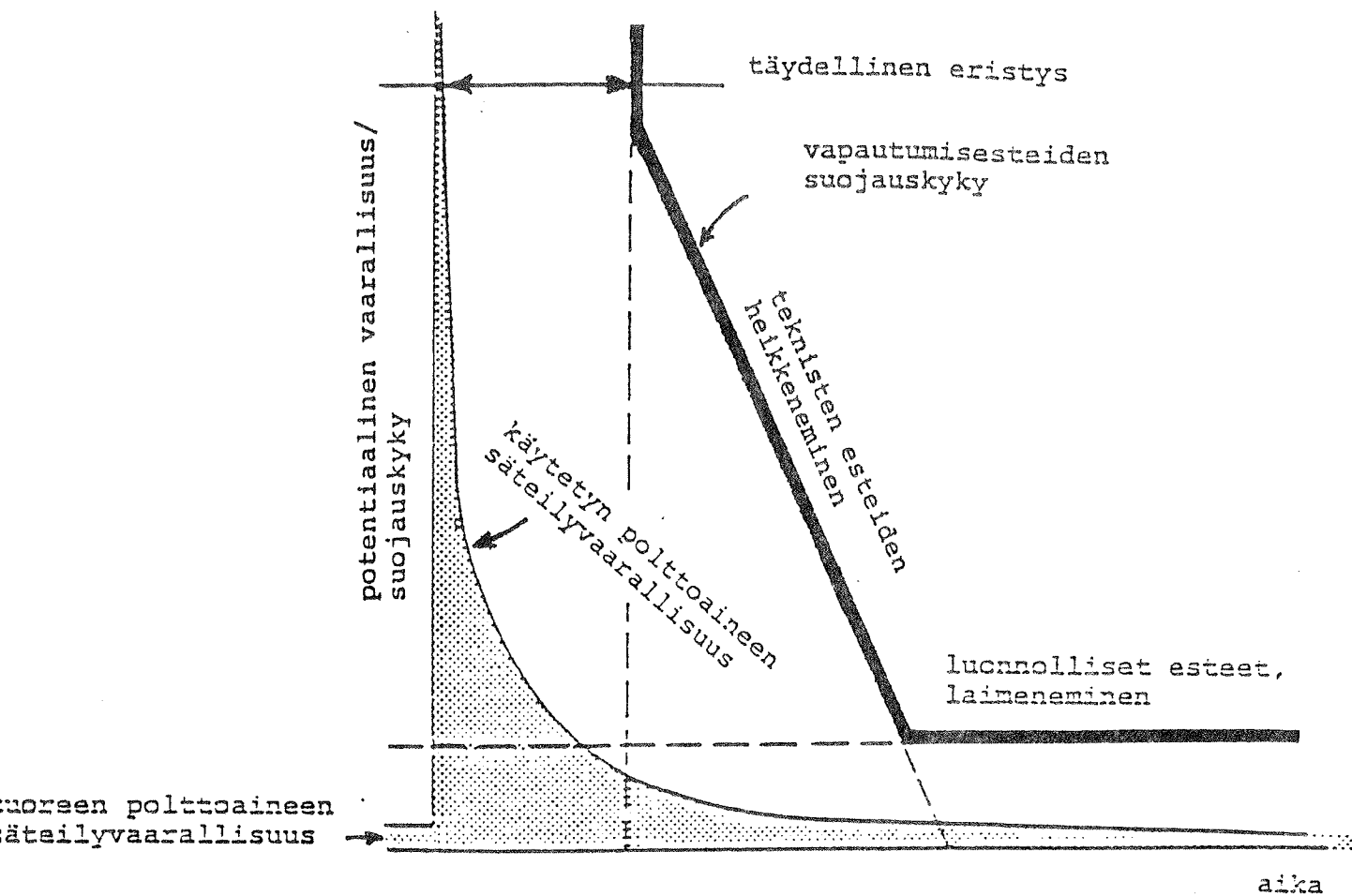
IVO:n ja TVO:n turvallisuusanalyyyseihin sisältyy joitakin ylikonservatiivisia olettamuksia, mm. merkittävimpien nuklidien aktiivisuus jätteissä on yliarvioitu selvästi tähänastisten kokemusten perusteella tarkasteltuna. Vastapainoksi on todettava, että turvallisuusanalyyyseihin sisältyy vielä huomattavia puutteita ja epävarmuuksia, joita tulee vähentää hankkimalla lisää kokeellista tietoa. Myös sijoitustilojen teknistä ratkaisumallia ja täyteaineiden valintaa on syytä harkita edelleen optimiratkaisun löytämiseksi.

Taulukko 1 Ydinjätteiden ensisijaiset loppusijoitussuunnitelmat
merkittävimmässä ydinenergiamaissa

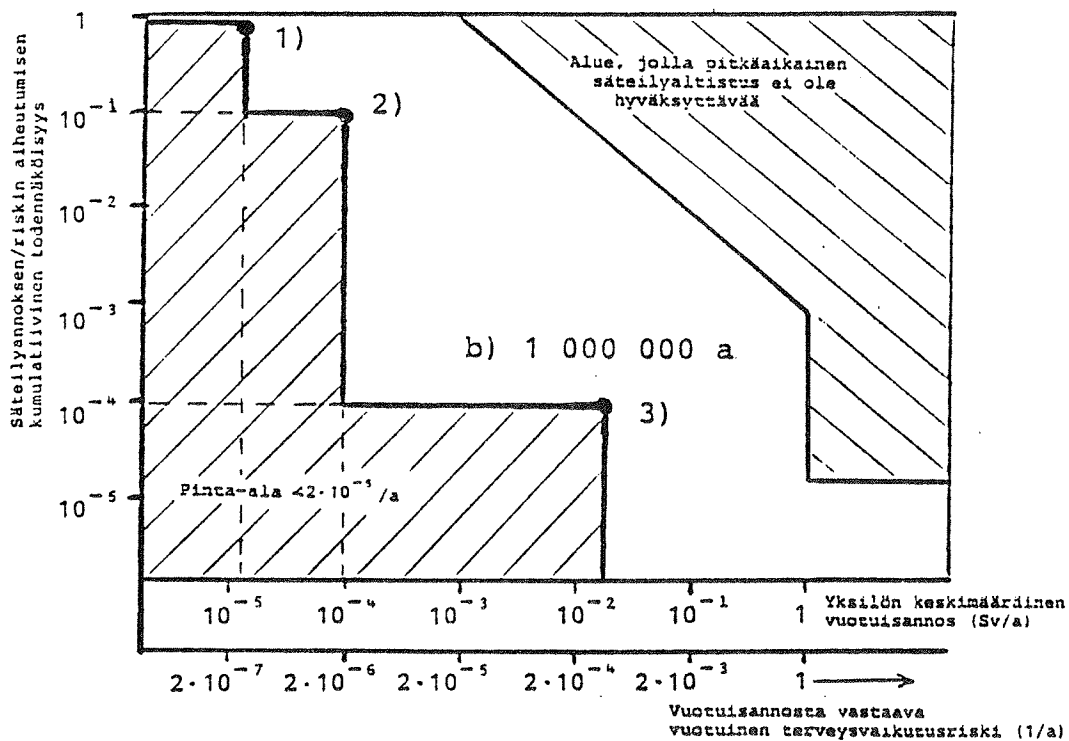
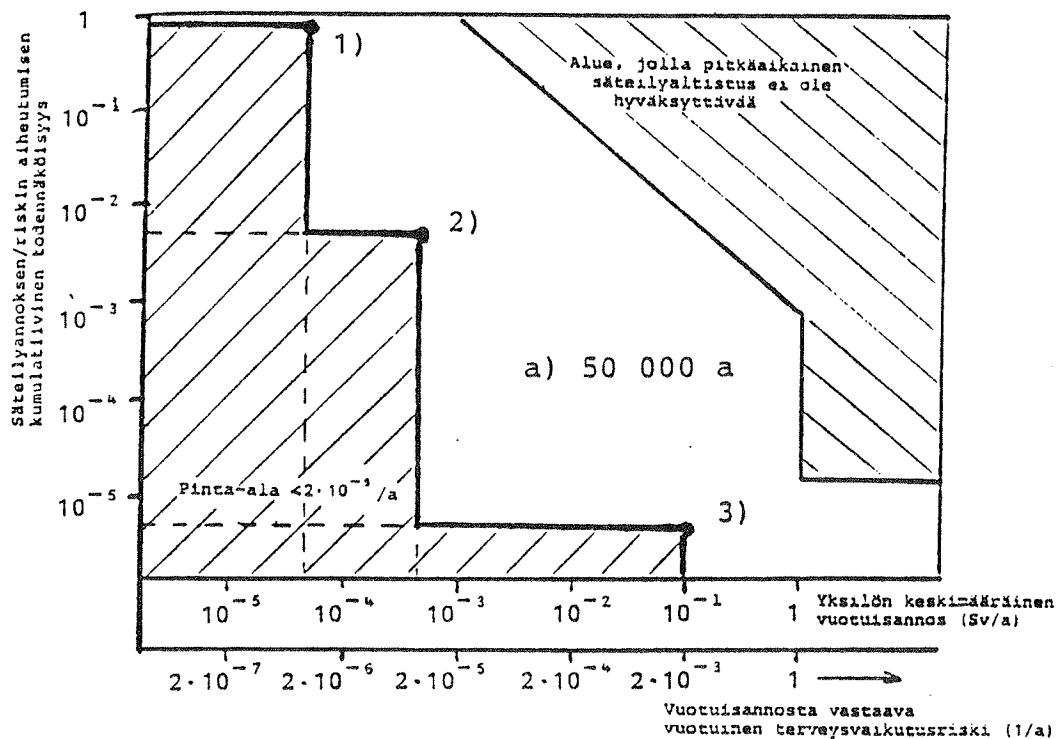
Maa	Korkea-aktiiviset jätteet	Voimalaitosjätteet
USA	Jälleenkäsittely, loppusijoitus basaltti-(Hanford), tuffi-(Nevada) tai suolamuodostumaan noin 2002 alkaen	Loppusijoitus maan pintakerrokseen olemassaolevilla ja perustettavilla paikoilla
Ranska	Jälleenkäsittely, jätteiden sijoitus kiteiseen kallioperään 30 a kuluttua tai välivarastointi 150 a ajan	Keskitetty maan pintakerroksissa oleva sijoitustila Saint Priest de la Prunge'ssa 1986 mennessä
Iso-Britannia	Jälleenkäsittely, välivarastointi 100 a ajan, jonka jälkeen sijoitus kiteiseen kallioperään tai merenpohjaan	Kaivantojen (20-30 m) rakentaminen ja olemassaolevien onkaloiden (100-300 m) modifiointi 1987-1990 mennessä
Saksan Liittotasavalta	Jälleenkäsittely, jätteiden loppusijoitus Gorlebenin suolakaivokseen 2000 alkaen	Loppusijoitus Konradin rautakaivokseen ja Assen suolakaivokseen 1988 - 1989 alkaen
Ruotsi	Käytetyn polttoaineen loppusijoitus kiteiseen kallioperään (500 m) 2020 alkaen	Loppusijoitus meren pohjan alaiseen kallioperään (SFR, Forsmark) 1988 alkaen
Sveitsi	Jälleenkäsittelyjätteiden tai käytetyn polttoaineen sijoitus kiteiseen kallioperään (500-1500 m) 2020 alkaen	Loppusijoitus vuoren rinteeseen sisään (100 - 600 m) louhittuihin tiloihin noin 1995 alkaen
Kanada	Käytetyn polttoaineen loppusijoitus kiteiseen kallioperään (500-1000 m) 2000 jälk..	Loppusijoitus maaperään tai kallioperään (100 - 200 m) louhittuihin tiloihin noin 2000 alkaen
Japani	Jälleenkäsittely, jätteiden loppusijoitus kiteiseen kallioperään tai tuffiin	Keskitetty alue maan pintakerrokseen sijoitusta varten tai mereen upotus
Belgia	Jälleenkäsittelyjätteiden loppusijoitus savimuodostumaan aik. 50 a kuluttua	Loppusijoitusta maaperään selvitetään
Neuvostoliitto	Jälleenkäsittely, jätteiden loppusijoitus suola-, savi-, graniitti-, diabaasi- tai tuffimuodostumiin	Alueelliset loppusijoitustilat maan pintakerroksissa
DDR, Tšekkoslovakia	Käytetyn polttoaineen palautus Neuvostoliittoon	Loppusijoitus olemassaoleviin kaivoksiin tai maaperään



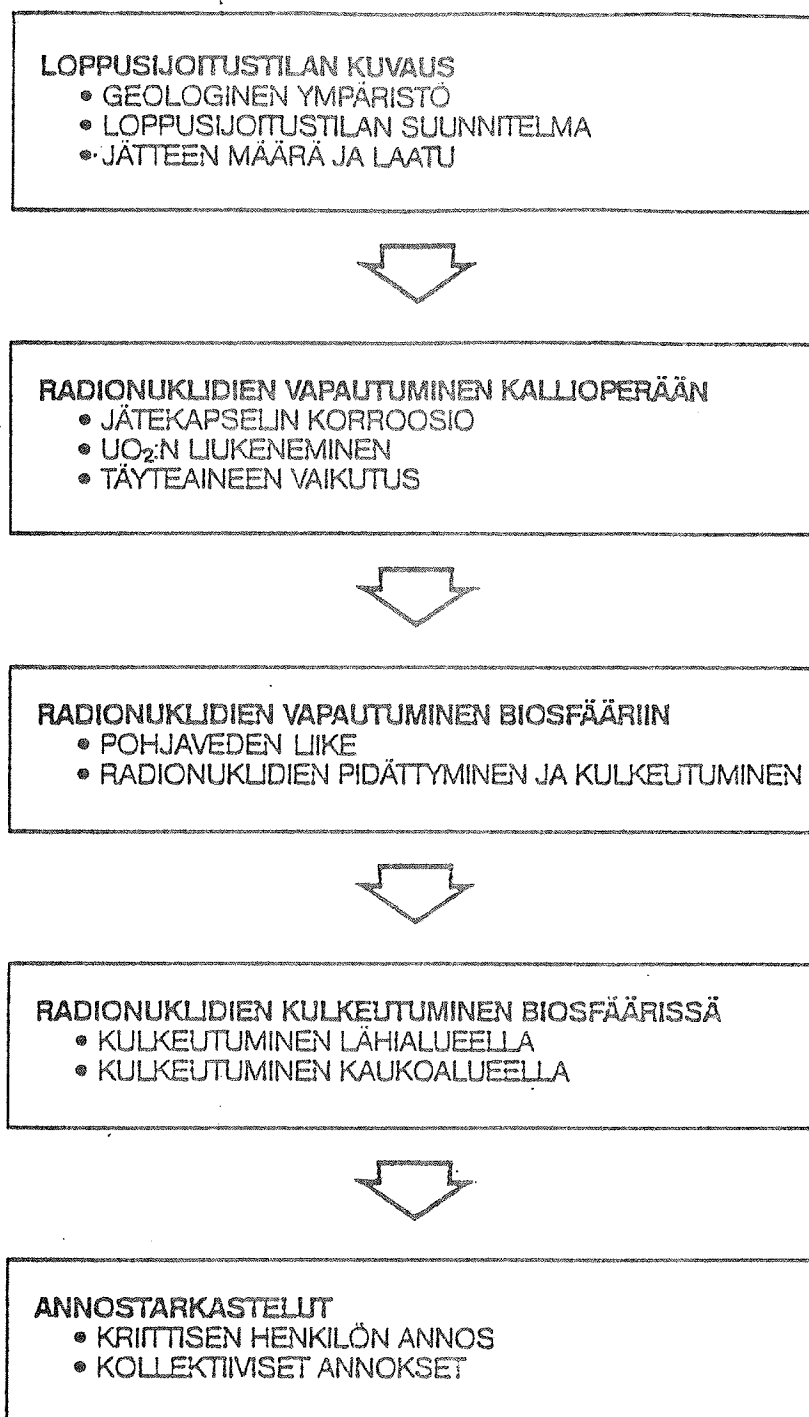
Kuva 1 Käytetyn polttoaineen eri huoltovaihtoehtojen luonnehdinta ja niiden väliset kytkennät.



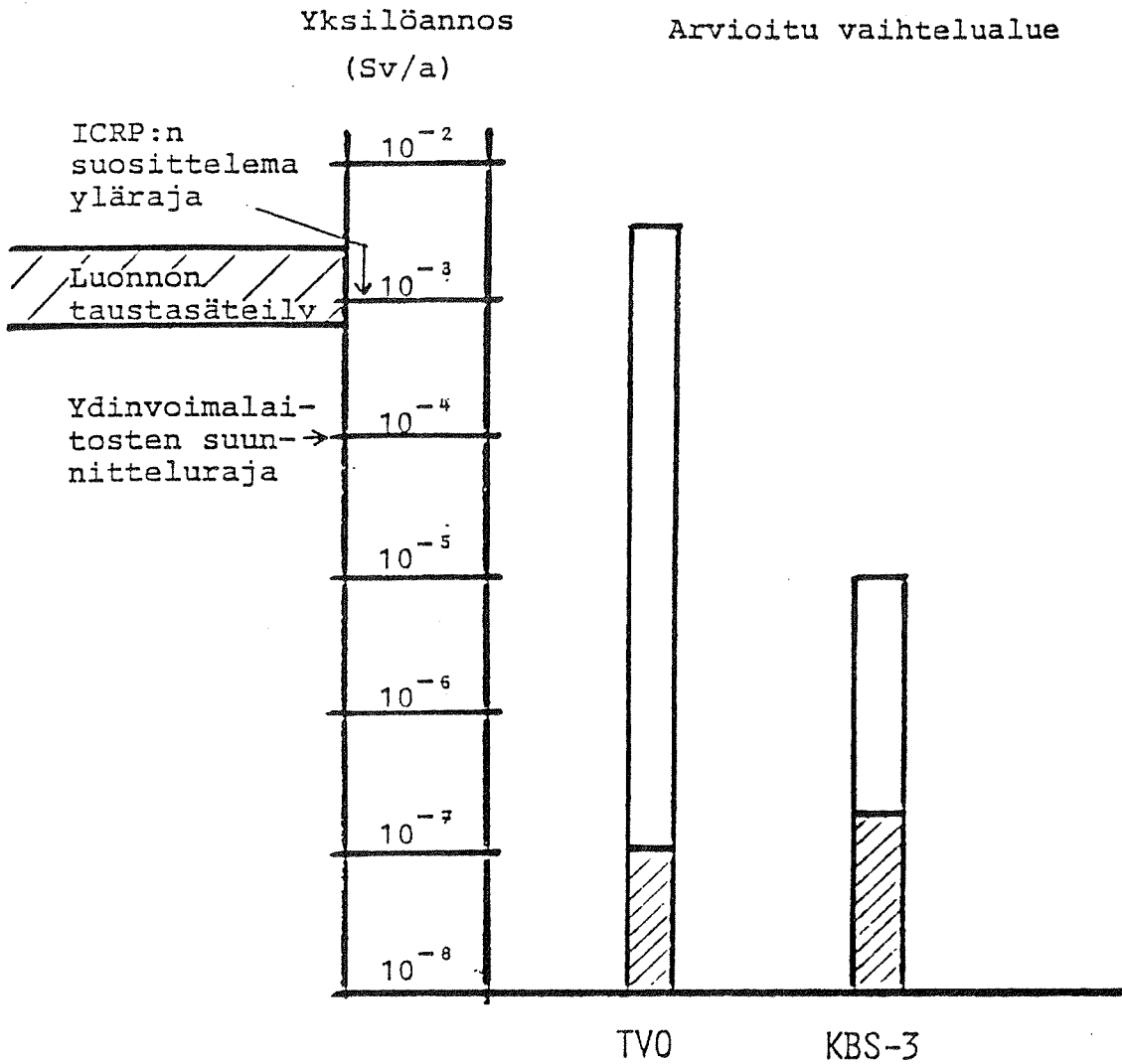
Kuva 2 Geologisen loppusijoituksen esteet radionuklidien vapautumiselle



Kuva 3 NEA:n luonnostelema säteilyturvallisuustavoite yksilön enimmäisannokselle/riskille ydinjätteiden loppusijoituksesta. Esitetty myös kuviteltu säteilyaltistus ajanhetkillä a) 50 000 vuotta ja b) 1 000 000 vuotta odotettavissa olevista olosuhteissa 1) ja kahdesta häiriötilanteesta (todennäköisyydet suuruusluokkaa 2) 10^{-7} /a ja 3) 10^{-10} /a)



Kuva 4 Ydinjätteiden (erityisesti käytetyn polttoaineen) loppusijoituksen turvallisuusanalyysin laskentavaiheet.



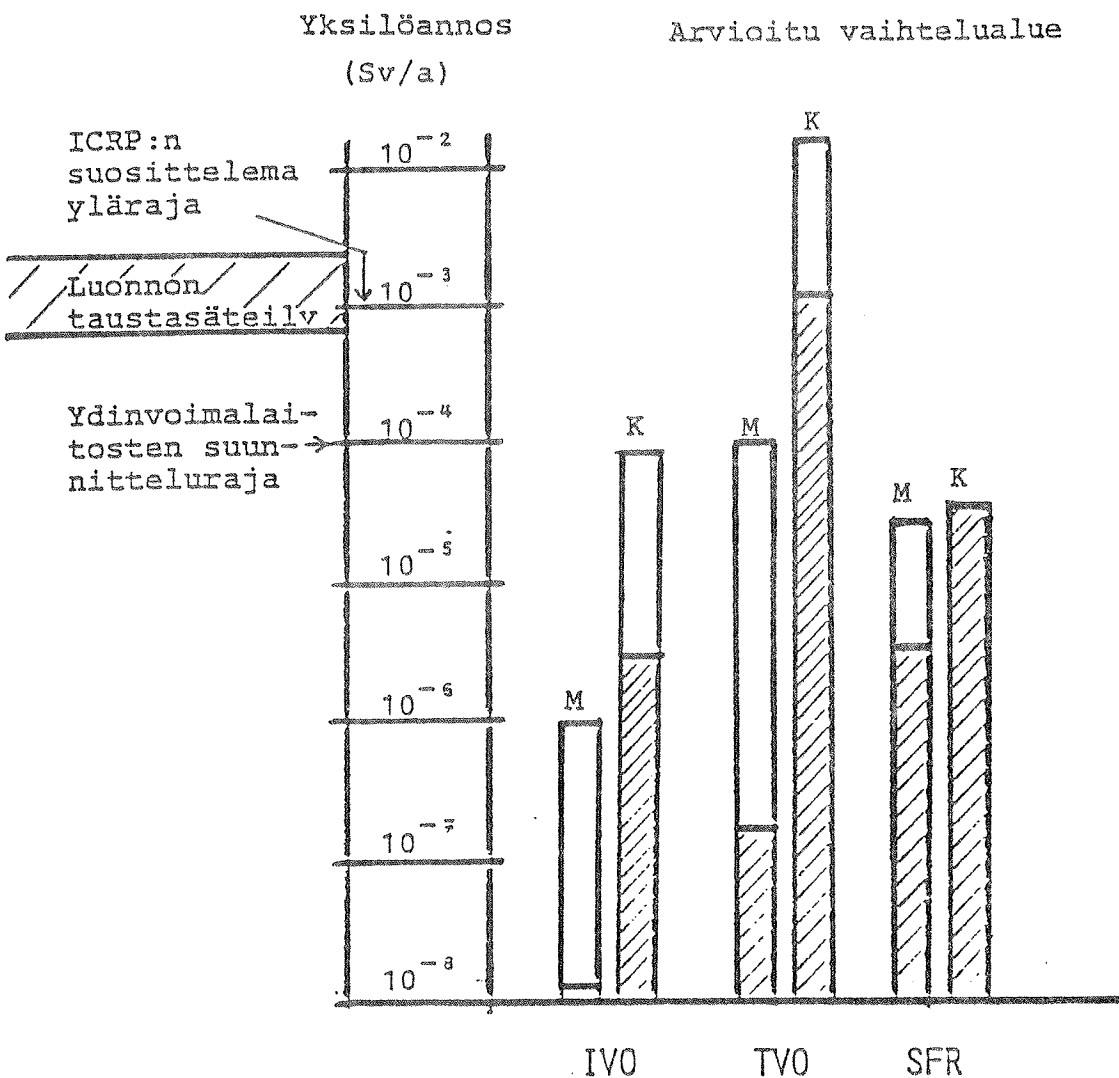
Kuva 5. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksesta aiheutuvan yksilön enimmäisannoksen vaihteluväli TVO-82 ja KBS-3 turvallisuusanalyysien perusteella.



Odotettavissa olevat olosuhteet



Epäsuotuisat olosuhteet



Kuva 6 Voimalaitosjätteiden loppusijoituksesta aiheutuvan yksilön enimmäisannoksen vaihtelualue IVO-82, TVO-82 ja SFR-82 turvallisuusanalyysien perusteella arvioituna.



Odotettavissa olevat olosuhteet



Epäsuotuisat olosuhteet tai sijoitustilaratkaisut

M Merireitti

K Kaivoreitti

Paneelikeskustelun alkupuheenvuorot.

Anders Palmgren, IVO:

Aihe ja kysymys on aika kompleksinen. Luulen, että täällä salissa on keskimääräistä intelligentimpää ja viisaampaa väkeä, mutta meille tuottaa ehkä määrättyjä vaikeuksia suhteutua asiaan riittävällä viileydellä. Monen mielestä voisi olla houkuttelevaa sanoa, että kyllä ongelma on ratkaistu. Näkisin, että on hyvin tärkeää, ettemme sano, että asai on selvä. Ensinnäkin sen takia, että meillä on aikaa vielä hakea parempia ratkaisuja, mutta ennen kaikkea sen takia että jos me tai joku jätteentuottaja menee sanomaan päättäjille ja ehkä vähemmän näistä asioista tietävälle, että asia on selvä, niin meitä ei uskota vaikka se olisikin selvä. Meidän täytyy nähdäkseni senkin takia itsekin esittää epäilyjä ja todella objektiivisesti paneutua kaikkiin mahdollisiin riskeihin. Suomessa on nyt ajankoh- taista selvittää ydinjätekysemykset perinpohjaisesti. On hienoa, että professori Miettinen ja neuvottelukunta ovat tämän tilaisuuden järjestäneet. Lähiaikoina pyritään otta- maan poliittista kantaa siihen, onko ydinvoima hyväksyttä- vissä ja kyllähän ydinjätekysemys on keskeinen ongelma poliittisen hyväksyttävyyden kannalta tällä hetkellä. Kun me koetamme vastata kysymykseen onko ydinjäteongelma ratkaistu, niin on selvää, että vielä täytyy tehdä tutki- mustyötä ja sijoittaa rahoja suhteellisen mukkeasti, ehkä jonkin verran vielä nykyistä enemmän. Kun minä itse yritin katsoa missä nyt ollaan ja mitä tähän kysymykseen

voi vastata, niin jonkin verran yritin kaivautua pieneen osaan KBS-aineistoa ja lähinnä niihin lausuntoihin, jotka on annettu Ruotsin viranomaisten ja Ruotsin erilaisten asiantuntijaorganisaatioiden toimesta KBS 3 -paperista. Olisi hyvä, jos näihin varsin mallikelpoisiin lausuntoihin voitaisiin Suomessa paneutua laajemminkin. Ainakin minulle nämä lausunnot antoivat hyvin rohkaisevan kuvan siitä, missä me olemme KBS:n pohjalta. Olen kyllä itse asiassa jo viimeisen vuoden aikana julkisen sanan tilaisuuksissa ehkä liiankin rohkeasti sanonut, että alkaa tuntua selvältä, että ydinjäteongelma ei ole ratkaisematon. Siteeraisin mielelläni kahden Ruotsin pääviranomaisen lausuntoja täällä. Svensk Kärnkraftinspektion nähdäkseni toteaa yhteenvetonsa yhteenvedossa, että Ruotsissa kehitetty systeimiratkaisu on teknisesti toteutettavissa ja että eri barriäärit antavat tyydyttävän suojan aina miljoonaan vuoteen. Yli miljoonaa vuotta ei tämä viranomainen ole lähtenyt asiaa tarkastelemaan. Toisaalta sitten Statens strålskyddsinstitut sanoo aivan lyhyesti lausuntonsa avainlauseessa, että: "Institutet har funnit att lagens krav att visa en metod för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle, som är godtagbar, med hänsyn till strålskydd, är uppfyllt". Siinä mielessä näyttää siltä, että kysymys on ratkaistavissa poliittisesti. Voidaanko ratkaisua myydä on sitten vaikeampi probleema. Nähdäkseni meidän strategiamme ja yleiset järjestelyt ovat aika hyvässä mallissa.

Lausuisin käsityksenäni keskustelun alkajaisiksi, että paneelikeskustelun otsikko, onko ydinjäteongelma ratkaisematon, on ehkä hieman provosoiva. Senvuoksi toteaisinkin, että suuren asiantuntijajoukon mielestä tämä ongelma on jo ratkaistu siinä mielessä, että meillä on jo käytettävissä se teknologia, joka tähän tarvitaan.

Kaiken varalta me pyrimme tänään myös niin turvallisiin ratkaisuihin, että pitäisin todennäköisenä, että eräistä nykyisten ratkaisujen konservatiivisuuspiirteistä ehkä voidaan luopua tulevaisuudessa, kun teknologia edelleen kehittyy. Ei ole kuitenkaan ehkä enempää syytä spekuloida tulevaisuudennäkymillä. Aika näyttää mihin kehitys vie. Korkeaktiivisen jätteen kohdalla meidän on kuitenkin jäähdytyksen vuoksi odotettava niin pitkä aika ennenkuin sitä voidaan loppusijoittaa, että sen osalta ainakin on varmaa, että se teknologia, jota tullaan aikanaan käyttämään ei ainakaan ole sitä, mikä meillä tänään on käytettävissämme.

Esitetyissä alustuksissa jää ehkä hieman vähemmälle eräs seikka, jota haluaisin hieman laventaa.

Tällä hetkellä uraanin ja jälleenkäsittelyn hintasuhteet ovat sellaiset, että jälleenkäsittely ei ole taloudellisesti motivoitavissa. Yleensä näyttää Euroopassa kuitenkin uskottavan, että tilanne muuttuu päinvastaiseksi. Ilmeisesti kuitenkin vasta hyötöreaktoreiden käyttöönotto laukaisee jälleenkäsittelytoiminnan. Tällä hetkellä kansainvälisessä polttoainekaupassa on niin paljon ydinaseiden leviämisen estämiseen tähtäviä ehtoja, että nämä ovat käytännössä myös suurena osasyynä siihen, että jälleenkäsittelykapasiteettia ei ole vielä riittävästi syntynyt. Uraanin toimittaja-, rikastaja- tai muut polttoainevalmistajavaltiot vaativat, että heidän suostumuksensa on saatava useimpiin ns. polttoainehuollon jälkipään operaatioihin esim. jälleenkäsittelyyn. Näitä ei ole kuitenkaan yleisesti ottaen saatavissa ennenkuin voidaan osoittaa, että käytetyssä polttoaineessa oleva plutonium voidaan hävittää esim. reaktoripolttoaineena.

Toinen tämän hetken jäteratkaisuihin vaikuttava seikka on, että mikään valtio ei myöskään sosiopsykologisista syistä ole halukas ottamaan toisen valtion jätteitä loppusijoittaakseen. Suomen osalta tämä merkitsee luonnollisesti, että joudumme maksamaan jätehuollotamme "hieman enemmän", koska olisi taloudellisempaa sijoittaa usemman reaktorin jätteet samaan reikään. Kokonaisturvallisuus myöskin lisääntyisi tätä kautta.

Professori Jorma Routti

Keskustelun aiheeksi valittu teema "Onko ydinjäteongelma ratkaisematon?" on ehkä paremmin vastattavissa muodossa "Onko ydinjäteongelma ratkaistavissa?". Tällöin voidaan edelleen tarkastella onko ongelma ratkaistavissa 1) teknillisesti, 2) taloudellisesti, 3) juridisesti ja 4) yhteiskunnallisesti.

1) Ydinjätekesymysten teknillisiä ratkaisuja on käsitelty laajasti myös tässä ydinjätteseminaarissa. Niiden käyttö edellyttää vielä ainakin turvallisuusnormien vahvistamista, joiden kehittäminen on vaativa tehtävä. Tähän asti esitetyt ratkaisumallit ovat tähännet teknillisesti riittävään ratkaisujen löytymiseen, kun taas jatkotutkimuksien voidaan olettaa edelleen parantavan niitä. Vaatimuksesta loppusijoittaa ydinjätteet erikseen kuhunkin niitä tuottavaan valtioon tai suuremmissa maissa osavaltioihin seuraa ydinjätteiden "proliferaatio-ongelma", joka ei vastaa teknillistä optimia pitkällä tähtäimellä. Lähivuosikymmenien kehitys tuo toivottavasti parannuksia tähän ongelmaan.

2) Ydinjätehuollon taloudellisia ratkaisumalleja etsittäessä on päädytty ydinjätehuoltokustannuksiin varautumiseen laitosten käytön aikana. Varautuminen voi periaatteessa olla rahastointi, joka takaa voimayhtiön taloudelliset mahdollisuudet kustannuksista huolehtimiseen, tai veroluonteinen maksu, joka siirtäisi vastuun loppusijoituksesta valtiovallalle. Näistä ensimmäistä tulee pitää sekä tek-

nillisesti että taloudellisesti suositeltavampana, koska todellisia kustannuksia on vielä vaikea tarkasti arvioida ja koska riittävän valtiollisen organisaation perustaminen on vaikeaa. Vallitsevan käytännön mukaisesti tulee kunkin valtion varautua loppusijoitukseen omassa maassaan. Suhteellisen pienessä mittakaavassa toimittaessa kohoavat loppusijoituksen ja sitä edeltävän välivarastoinnin ja kapseloinnin yksikkökustannukset korkeiksi. Siksi käytetyn polttoaineen välivarastointi ja kapselointi suuremmissa yksiköissä ulkomailla, lähinnä TVO:n osalta Ruotsissa, olisi vaikuttanut teknillis-taloudellisesti järkevältä. Tällöin olisi myös oltu lähempänä mahdollista myöhempää loppusijoitusta ulkomaille, mikäli poliittiset edellytykset sille ajan mittaan paranevat. Nykyinen ydinjätepoliittinen tilanne lienee kuitenkin määritellyt tälle ratkaisulle suoranaisia esteitä tai ainakin taloudellisesti hyvin korkean kustannustason.

3) Ydinjätehuollon juridiset ratkaisut kytkeytyvät vireillä olevaan ydinenergialain uudistukseen. Sen ohella kunnallishallinnollisten ratkaisujen löytyminen loppusijoituspaikkojen valinnalle on vaikea kysymys. Ydinenergialain uudistus on teknillisesti ja juridisesti hyvin perusteltu, määrittelee uusi laki aikaisempaa tarkemmin mm. turvallisuusvalvonnan ja ydinjätehuollon vastuukysymyksien säännökset. Onkin valitettavaa, että keskustelu lakiuudistuksesta on kovin tiukasti liitetty kysymykseen viidennestä ydinvoimalasta ja siksi sitä koskeva keskustelu ja lain käsittely eduskunnassa hankaloituu.

4) Ydinjätehuollon yhteiskunnalliset ratkaisut liittyvät ydinenergian yleiseen ja poliittiseen hyväksyntään. Maassamme on pystytty noudattamaan järkevää ja kauaskatseista energiapolitiikkaa, jossa teknillis-taloudellinen asiantuntemus on ollut poliittisten päätösten pohjana. Ydinenergiakysymykset ovat erityisen vaikeita siksi, että suuren yeisön käsitykset turvallisuus- ja ympäristökysymyksistä poikkeavat huomattavasti asiantuntijoiden arvioista.

Tähän on erityisesti vaikuttanut julkisen tiedotustoiminnan luonne. Poliittisen hyväksynnän pohjana tulee kuitenkin olla yleisön luottamus ja hyväksyntä valituille ratkaisuille. Tämä vaatimus edellyttää asiantuntevaa ja tasapuolista tiedottamista, jonka suorittamiseen myös alan asiantuntijoilla on täysi syy ja velvollisuuskin.

Antti Vuorinen, STUK:

Ydinjätekyseymystä on lähestytty eri maissa hyvin eri tavoin. aika monessa suuressa maassa, jossa on hyvin aikaisin lähdetty yhdinenergian rauhanomaiseen hyväksikäyttöön ydinjätekyseymyksen loppupään hoitaminen on jäänyt tai jätetty valtion vastuulle. Näin on erityisesti sellaisissa maissa, joissa on ollut käytettävissä suurten atomienergiatutkimuslaitosten arsenaalia. Toisaalta on sitten osoitettavissa joitakin sellaisia maita, jotka ovat asettaneet ydinjätekyseymyksen hoitamisen tai tiedon hoitamismahdollisuuksista kynnykskyseymykseksi. Tällaisena esimerkkinähän meillä on mm. Tanska. Suomessa ja eräissä muissakin maissa on lähdetty liikkeelle siltä linjalta että voimayhtiöt ajallaan hoitavat jätteet. Tässäkin seminaarissa on kuultu valotettavan erilaisia lähestymistapoja paneelin otsikkokysymykseen: onko ydinjäteongelma ratkaistavissa tai ratkaisematon. Minusta tämä on varsin hyvä otsikko tällaisen paneelin otsikoksi eikä liian provosoiva. Mehän olemme asiantuntijoiden esitelmissä kuulleet ettei missään maassa, saatikka sitten kansainvälisesti ole kyetty lyömään lukkoon yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia. Toisin sanoen missään maassa ei ole vielä päätetty turvallisuuden yksityiskohdista. Kuinka siis voisimme tehdä johtopäätöksen voidaanko tämä ongelma ratkaista. Ei sitä ainakaan täysin ratkaistuna voida pitää. Lisäksi olemme vielä kuulleet että käytännössä sitä ei suoraan pystytä demonstroimaan. Toisin sanoen tätä kyseymystä ollaan pakotetut lähestymään toisella tavalla mm. hyväksikäyttäen epäsuoraa demonstroitintia tai laskentamalleja jne. On toisin sanoen tällä hetkellä ainakin osittain auki se mikä olisi hyväksyttävää. Meillä on tiettyä epävarmuutta siitä

kuinka aiomme kontrolloida sen teknillisen toteutusehdotuksen toisin sanoen siinä laskentamekanismissa, jota aiomme käyttää esitettävän mallin verifioitavuudessa. Meillä on myöskin tiettyä epävarmuutta siitä kuinka tämän toteutuksen eri teknilliset vaiheet pystytään hallitsemaan. Meillä on aika paljon tietoa siitä kuinka ne on suunniteltu toimivaksi, mutta kuinka varmistaudutaan tämän toteutuksen yhteydessä siitä että nämä eri osatekijät; toisin sanoen perusmatriisi, teknillinen eristys ja luonnon eristys todella toimivat sen jälkeen kun ne ovat rakennetut. Ts. minusta on erittäin relevantti kysymys onko tämä ratkaistavissa. Toisaalta se tieto mikä on kerääntynyt eri maissa tehdyissä selvityksissä, miksei myöskin Suomessa, viittaa siihen että on olemassa potentiaalia ratkaista tämä ongelma, kunhan riittävästi tietoa saadaan konsepteista todellisista ratkaisuksista ja sitten niistä paikoista, jossa loppusijoitus, nimenomaan korkea-aktiivisen jätteen loppusijoitus, aiotaan toteuttaa.

Paneelikeskustelu

Heikki Niininen, IVO:

Esitän erään kuvan. Energiasektorilla on monenlaisia ja osittain hälyttäviäkin ilmiöitä meneillään ja tällaiseen perspektiiviin olen kuvaan asettanut ydinjäteasian. Jos aluksi katsotaan muutama edellytys: ympäristöongelmien ratkaisu voidaan aina palauttaa neljään avainsanaan ja ne ovat: tieto kyseisestä ongelmasta; minkälaisia vaikutuksia on olemassa; minkälaisia haitallisia vaikutuksia ihmisille tai ympäristölle aiheutuu teknologiasta; jos on ongelma pitää olla teknologiaa, jolla se saadaan kuriin, taloutta, so. täytyy olla varaa suorittaa riittäviä torjuntatoimenpiteitä, ja lopuksi tahtoa tehdä riittävät toimenpiteet.

ERÄIDEN ONGELMIEN RATKAISUASTE

	HAPPAMOITU- MINEN	KASVIHUONE- VAIKUTUS	YDIN- JÄTTEET
TIETO	?	?	OK
TEKNOLOGIA	≈ OK	?	≈ OK
TALOUS	≈ OK	?	OK
TAHTO	?	?	OK

Kuvassa on taulukon muodossa joukko ilmiöitä: happamuus aiheuttaa metsien ja järvien pilaantumista. Tieto tästä asiasta on tällä hetkellä epäselvempi kuin koskaan. Teknologiaa on jostain syystä esim. rikkipestöjen tai typen oksidien päästöjen hallitsemiseksi kehittynyt, koska jotenkin on ollut tiedossa että tämänkaltaista problematiikkaa on edessäpäin. Myöskin talous on jotakuinkin OK, esim. kivihiieltä käytettäessä teknologian soveltaminen maksaisi muutamia kymmeniä prosentteja energian hinnasta.

Sen sijaan tahtoa asioissa puuttuu, koska myöskin tietoa puuttuu. Tahto ei ole irrallinen, vaan liittyy noihin edellisiin aspekteihin.

Tällä skaalalla liikuttaessa olen tehnyt jätteille kovan rivin, joka sanoisi, että ehkä meillä on teknologian suhteen kehittämisen varaa kuten on aikaisemmin kuultu, mutta esim. tieto säteilyn biologisista vaikutuksista ja niistä vaikutusmekanismeista joilla ydinjätteet voivat aiheuttaa ihmisille ja ympäristölle haittaa on aivan ylivoimaista, myöskin talouspuoli näyttää olevan kunnossa enkä ole kuulut kenenkään esittävän että tätä probleemaa ei haluttaisi pistää aisoihin, eli tahtokin on OK. Vastaavia perspektiivitarkasteluja voitaisiin tehdä muittenkin asioiden suhteen, mutta väittäisin että edellytykset ongelman ratkaisemiseksi ovat olemassa.

Paavo Vuorela, GTK

Haluan puuttua geologiseen ympäristöön ja se liittyy lähinnä tietoon. Olen käytännön tasolla joutunut tekemisiin sijoituspaikan ja tutkimusaluevalinnan kanssa, joka on määritelty vuoden 1985 loppuun mennessä ratkaistavaksi. Jos ajatellaan edellä esiteltyjä esitelmiä niissä tuli esiin mm. sellainen asia kuin geologinen ympäristö. Kun valitaan loppusijoitusalueita niin on olemassa välitön saatavissa oleva tieto ja tieto ympäristöstä, joka perustuu tämänhetkiseen tutkimukseen, jonka avulla luodaan tietty kuva asiasta. Toisaalta on olemassa pitkäaikaistieto. Maankuori liikkuu ja jos otetaan miljoona vuotta niin tulee jääkausi ja maankuoren lohkojen väliset liikkeet saattavat heilua jossain 50 m:n rajoissa ja on olemassa ilmeisiä

liikuntavyöhykkeitä. Yhteistyö ja suunnitelmat ja kaikki aseet ovat olemassa sille että tullaan seuraamaan mikä on se prosessi joka on maankuoressa tekeillään ja on aikaa seurata asioita noin 20 vuotta. Silloin tuntuu nykyinen kiire hiukan ahdistavalta. On olemassa hyvin lokeroitu systeemi, missä tahdissa ja minkälaisin tavoittein tällaisen tutkimuksen pitää edetä, so. että meillä on silloin ja silloin 5 - 10 paikkaa ja silloin ja silloin 2 - 3 paikkaa, ja toisaalta on aika paljon sellaista tutkimustulosta, joka kertyy tulevaisuudessa pitkän ajan kuluessa ja joka pitäisi ottaa huomioon.

Antti Vuorinen, STUK:

Niininen sanoi oikein että hän siirtyy suhteelliseen tietoon. Taulukko oli hyvin subjektiivinen näkemys esimerkiksi siinä suhteessa että happamoitumiskysymyksen talous olisi OK. Ajatuksia varmaan on, mutta kai koko happamoitumiskysymyksen ratkaisu riippuu nimenomaan siitä, että taloudelliset seikat ovat vaikeita. On kysymys tulonsiirrosta ja se jos mikään on vaikeata tässä yhteiskunnassa, mutta ne ovat poliittisia vaikeuksia.

Heikki Raumolin, TVO:

Palaisin alustuksiin. On ollut vaikeuksia tiedotusvälineissä aikaisemminkin kun on esitetty ruotsalaisia tietoja ja kukaan ei ole niistä oikein vastannut. Kun alustuksessa oli merkitty esim. YJT:n kohdalla x että ollaan oltu KBS:n ja SKB:n kanssa yhteistyössä, voinen kommentoida. Professori Routti toi esille ulkomaille viemisen käytetyn polttoaineen välivarastoimisen osalta ja totesi että se esim.

Ruotsiin vietyinä esim. TVO:n osalta olisi palvellet myös sitä, että olisi ollut helpompaa sitten jättää käytetty polttoaine lopullisesti Ruotsiin. Mehän kävimme neuvotteluja 1980 - 81 asiasta ja kyllä ruotsalaiset olivat oivaltaneet tämän saman asian. Sekä poliittisesti että SKB:ssa oli oivallettu että olisi suomalaisille helpompaa jättää käytetty polttoaine sinne. Asetettiin niin kovat ehdot ettei niitä ollut mitenkään käytännössä mahdollista toteuttaa, joten se vaihtoehto jäi pois. Sitten Antti Vuorinen kertoi KBS selvityksestä pari varoituksen sanaa. Minulle jäi se kuva että jälkimmäisessä ei oikein tullut se oleellinen esille. Hän sanoi että tämä on hätäratkaisu ja että ruotsalaiset ovat epäilleet onko se todellinen vaihtoehto. Jos hätäratkaisusta puhutaan niin se on v. 1977 KBS-selvitys, joka pohjautuu jälleenkäsitellyn jätteen loppusijoittamisen Ruotsiin, ja se oli sen takia että ehtolaki juuri sitä ennen säädettiin. Ehtohan oli ettei saanut ladata reaktoria ennenkuin oli osoitettu että asia oli hoidettu "på ett helt säkert sätt". Kun KBS 2 tehtiin sitä ei käytetty lisensointiin ja nyt KBS 3, joka tuli viime vuonna, on sitten taas lisensointiin käytetty ja sitä on tehty jo 6 vuotta eikä sitä voi missään nimessä sanoa hätäratkaisuksi. Se mitä on kritisoitu, on juuri tämä "helt" joka nyt on poistunut Ruotsin lainsäädännöstä, ja se että sitä ei ole käsitelty niinkään teknisenä kysymyksenä vaan juridisena ja yhteiskunnallisena, onko mitään täysin turvallista olemassa ja voidaanko se osoittaa. Kritiikki joka on KBS-ratkaisuihin osoitettu Ruotsissa, on lähtenyt

lähinnä siitä, että ne ovat ihan liian turvallisia sen takia että siinä on sana "helt".

Heikki Niininen, IVO:

Kyllähän taloudelliset kysymykset esim. rikkiongelmassa ovat eräs ongelma mutta tiedon puute on se vallitseva tahtoa estävä asia.

Ilkka Mäkipentti, KTM:

Geologisen tutkimuslaitoksen puheenvuorossa tuli ilmi geologinen näkemys jossa puhutaan esim. miljoonasta vuodesta, joka vastaa ehkä meidän keskusteluissamme vaikkapa kuu-kautta. Ydinjäteongelmassa lienee tällä hetkellä hyvin pitkälle sellainen tilanne että teknologisen aikataulun tarve ratkaisun kehittämiseksi on sellainen että se voisi olla hyvinkin pitkä ja sen oikeastaan tulisikin olla hyvin pitkä, jotta pystyisimme kehittämään näitä parhaita mahdollisia ratkaisuja. Sen sijaan meillä on poliittisesti ja psykologisesti toinen tilanne. Siinä mennään taas aivan toiseen laitaan, vaaditaan että ratkaisun on oltava olemassa mahdollisimman aikaisin ja jopa ennenkuin mitään toimintaa saataisiin aloittaa kuten, prof. Vuorinen viittasi nimenomaan Tanskan kohdalla. Tässä haarukassa meidän täytyy elää ja katsoa mikä on se oikea ratkaisu suomalaisessa yhteiskunnassa. Mitä tulee prof. Routin esitykseen välivarastoinnista ulkomaille sanoisin, että tämä hyvin pitkälti on sama ongelma kuin mikä tulisi vastaan, jos joku toinen maa tulisi meiltä kysymään ottaisimmeko heidän jätteensä

Suomeen. Kyllä täälläkin pyrittäisiin sanomaan että jos ei nyt tällä kertaa.

Pekka Hiismäki, VTT:

Joku aika siten oli lehdessä isoja otsikoita Kiinasta. Kiina on tullut mukaan myös kansainvälisiin energiakysymyskeskusteluihin ja kysymyksen lähinnä TVO:lle: Onko teidän polttoainesopimuksenne sellaisia että ne jo estäisivät tällaisen vaihtoehtoisen ratkaisun vai käydäänkö keskusteluja Kiinan kanssa?

Heikki Raumolin, TVO:

Kerron Kiinasta mitä TVO tietää: lehdissä julkaistu asia on, että kiinalaiset ovat tehneet tietyn saksalaisen yritysyryhmän kanssa sopimuksen. Tämä saksalainen yritysyryhmä on saanut oikeuden toimia kiinalaisten edustajana Länsi-Euroopassa käytettyä polttoainetta ajatellen ja se mitä tämä agentuuri hoitaisi olisi että se suorittaisi alustavaa sondeerausta sopimuksesta, jossa Kiina ottaisi pysyvästi käytettyä polttoainetta haltuunsa siten että se kuljetettaisiin Kiinaan. Ilmeisesti nämä saksalaiset yritykset toimivat kuljettajina. Sen sijaan varsinainen sopimus pitäisi tehdä Kiinan ja voimayhtiön välillä ja vielä asianomaisten hallitusten pitäisi sopia, jos agentuuriliikkeet eivät tekisi sopimuksia. Mitä tulee TVO:hon niin sen verran tiedetään mitä tässä sanotaan ja kun meillä on lupaukset meidän täytyy selvittää tätä eteenpäin mutta emme me ainakaan toisaiseksi ole päässeet pitemmälle.

Ilkka Mäkipentti, KTM.

TVO:n kohdalla on joukko kysymyksiä, jotka tällaisessa tapauksessa tulevat esille. Sanotaan, että TVO:lla on ainakin seuraavat ongelmat: TVO:n täytyy saada käytetylle polttoaineelle, jos se viedään maasta pois lopullisesti taikka toimenpiteitä varten, ainakin Kanadan, Australian, Neuvostoliiton ja Ruotsin suostumus. Saataisiinko näitä sitten johonkin operaatioon vai ei on mahdoton sanoa, koska tällä hetkellä niitä ei ole millään tavalla tiedusteltu. On se tunne, että asian pitää olla pitkälle valmisteltu ja selvä ennenkuin tällainen lupa saadaan ja tässä on kyseessä myös nimenomaan plutoniumongelma. En tiedä mikä on Kiinan halukkuus ylipäänsä ottaa minkäänkokoisia jätteitä vastaan. Me puhumme pelkistä jätteistä ja jälleenkäsittelyoperaatioiden jälkeistä jätteistä, joihin siis ei sisälly uraania tai plutoniumia. En usko, että Australia, Kanada jne. panisivat vastaan, jos Kiina taikka jokin muu maa ottaisi ne vastaan. Sen sijaan, jos tähän Kiinaan tai muualle vientiin sisältyy käytetty polttoaine sellaisenaan eli että mukana on myös plutoniumia tai uraania, niin luulisin, että tällaisia suostumuksia tänään ei saataisi. Tietysti tilanne Kiinan kohdalla on epävarma. Kiina on vastikään tullut IAEA:n jäseneksi ja on järjestämässä suhdettaan siihen. Minusta tuntuu, että tämä kysymys kaikkineen ei ole millään lailla ajankohtainen ja tänään kypsä keskusteltavaksi.

Erkki Eskola, KTM:

Minua kiinnostavat pitkät aikavälit - miljoona vuotta - tuhat vuotta ja toisaalta 50 vuottakin on jo pitkä aika. Täällä todettiin aikaisemmin että ydinjätehuoltoa ei tule jättää toisien sukupolvien hoidettavaksi. Jos ajatellaan että Olkiluodon loppusijoitus suunnitellaan tapahtuvaksi joskus vv. 2020 - 2050 siis jo v. 2020 ilmeisesti useimmat täällä olevat ovat eläkkeellä. Onko paneelissa joku, joka vastaa ja hoitaa eläkkeellä ollessaan Olkiluodon loppusijoituksesta. Tällöin pitäisi myös vastata ja hoitaa siten, että nykyisen tiedon, teknologian, talouden ja tahdon taso säilytettäisiin siihen asti.

Antti Vuorinen, STUK:

Kärjistetyksi sanoisin että sanoudun jyrkästi irti sellaisesta ajattelutavasta, jota tässä Ilkka Mäkipentti puheenvuorossaan edusti eli hän toisti sitä, ettei ole ollut varsinaista kiirettä kehittää jätehuoltoa. Minusta olisi korkea aika myöntää että ydinenergiateollisuuden suurimpia virheitä ja myös koko energiaviranomaisten suurimpia virheitä on, että he eivät ole ryhtyneet jo ajat sitten täydellä teholla kehittämään tarvittavia ydinjätehuoltoratkaisuja. En tarkoita sitä että jätteen olisi voitu jo loppusijoittaa, mutta on minia seikkoja jotka puhuvat sen puolesta, että enemmän tietoa kaivattaisiin, jotta turhat asenteet eivät enää häiritsisi, mm. että ratkaisut siitä mikä on hyväksyttävä turvallisuustaso, mitkä ovat hyväksyttäviä ratkaisuja mahdollisesti siirtyvät meidän jälkeläisillemme. Jos me tiedämme että Suomessa yksinkertaista asiaa kuten ydinenergiain valmistelua ensin joku komitea kolme vuotta tutkii ja sitten lakiehdotus on kolme vuotta ministeriössä se on äärimmäisen yksinkertainen asia verrattuna ydinjätehuollon ratkaisuun.

Sanoisin konkreettisenä esimerkkinä palaten vähän Heikki Raumolinin kyllä vähän yksinkertaistamaan ruotsalaisten ns. hätäratkaisuun. Jos katsotaan turvallisuusperiaatteiden kannalta niin näyttää virheelliseltä ratkaisulta. Kaikki huomio on keskitetty kahteen aspektiin kolmesta eli tekniseen eristämiseen ja geologiseen puoleen, mutta ei ole ollut aikaa tutkia ollenkaan sitä ensimmäistä olennaista aspektia eli matriisia. Olen aivan varma että ruotsalaiset turvallisuusviranomaiset ja ne jotka todella vastaavat siitä miten asia siellä hoidetaan tulevat vielä paljon tekemään työtä sen ensimmäisen tärkeän aspektin ratkaisemiseksi eli tutkimaan olisiko mahdollista kehittää primäärimatriisia paremmaksi vaiko ei. Siihen on toistaiseksi Ruotsissa satsattu hyvin vähän. Tämä voi olla taloudellinen kysymys, mutta siihen ei ole myöskään ehditty kiinnittämään huomiota. Väitän edelleen Heikki Raumolinia vastaan että on tosiasia että siellä on kiirehditty ja ettei ole pystytty järkevästi toteuttamaan ns. ALARA-periaatetta tätä ratkaisumallia luodessa. Kaikkiin sarjassa oleviin elementteihin pitäisi satsata järkevällä tavalla rahaa, energiaa, vaivaa jne.

Anders Palmgren, IVO:

Tässä tarvitaan yhä enemmän suhteellisuuden tajua. Kannanottomme pitää olla suhteellisia. Minulla on äärimmäisen hyvä omatunto, jos on näköpiirissä sellainen varmuus mikä nyt näyttää syntyvän. Tämä ala on esimerkillinen suhteessa vaikkapa kemian teollisuuden silloinkin, vaikka Antti Vuorinen on oikeassa, että olemme myöhässä. Me olemme luottaneet siihen, että muut maat, ne joilla on ollut ydinasetuotantoa, ja joiden olisi pitänyt jo aikaisemmin paremmin hoitaa jätteensä, olisivat alkaneet 1950-luvulla käsitellä ongelmaansa perusteellisesti. Kun ne eivät ole tätä tehneet, maat kuten Ruotsi ja Suomi ja monet muut joutuvat hakemaan ratkaisuja itse irrationaalisella tavalla pienessä mittakaavassa ja todella liian myöhään ajatellen julkista hyväksymistä ja asian periaatteellista puolta. Mutta suhteellisesti katsoen sanoisin että meidän alamme edelleen pystyy hoitamaan jätteensä hyvin, kun me käytämme runsaasti aivovoimaa, olemme yhteistyössä, olemme kriittisiä ja jäteratkaisun optimoimiseksi satsaamme riittävästi varoja. Tahtoa on, ja tietoa ongelmasta. Toivoisin, että me emme ulospäin olisi niin pessimistisiä kuin ehkä jonkun mielestä pitäisi olla, ja että riittävä uteliaisuus ja innostus vielä säilyisi. Olen todella aika tyytyväinen siihen tapaan, millä pitkällä tähtäyksellä nämä asiat ilmeisesti voidaan järjestää jälkipolvia ajatellen. Se tapamalla me poltamme hiiltä tai metsiä on globaalisesti katsoen lähinnä rikos. Nyt on kysymys vaihtoehdoista ja suhteellisuudesta, jolloin ydinjäte ei ole häpeätahra.

Ilkka Mäkipentti, KTM:

Tähän professori Vuorisen huomautukseen aikataulukysymyksestä liittyen yhdyn häneen täysin siinä, että valmistautumistyötä ja tutkimustyötä jne, jota jätehuolto vaatii, täytyy tehdä. Sitä lyötiin laimin alkuvaiheessa, jolloin ydinenergia otettiin käyttöön. Nähtiin, että se on sellainen kysymys, joka hoidetaan myöhemmin, eikä siihen tartuttu kiinni. Toisaalta silloin oli paljon muita turvallisuusongelmia, jotka painoivat päälle. Tarkoitin tässä lähinnä sitä, että koska meillä ei ole kiirettä sinänsä loppusijoittaa jätettä mahdollisimman nopeasti, niin meillä on mahdollisuus ja meidän tulisi käyttää hyväksi se, mitä me voimme tekniikan avulla ratkaista toisaalta mahdollisimman turvallisesti ja toisaalta mahdollisimman taloudellisesti.

Jorma K Miettinen, SSN:

Olemme päässeet keskustelun loppuun. Haluan kiittää kaikkia alustajia hyvin valmistetuista, valaisevista alustuksista, paneelikeskustelun osanottajia aggressiivisuudesta ja kaikkia läsnäolevia aktiivisesta osanotosta.