

# ATS

## YDINTEKNIikka

Juhlanumero: ATS 30 vuotta

SUOMEN  
ATOMITEKNILLINEN  
SEURA -

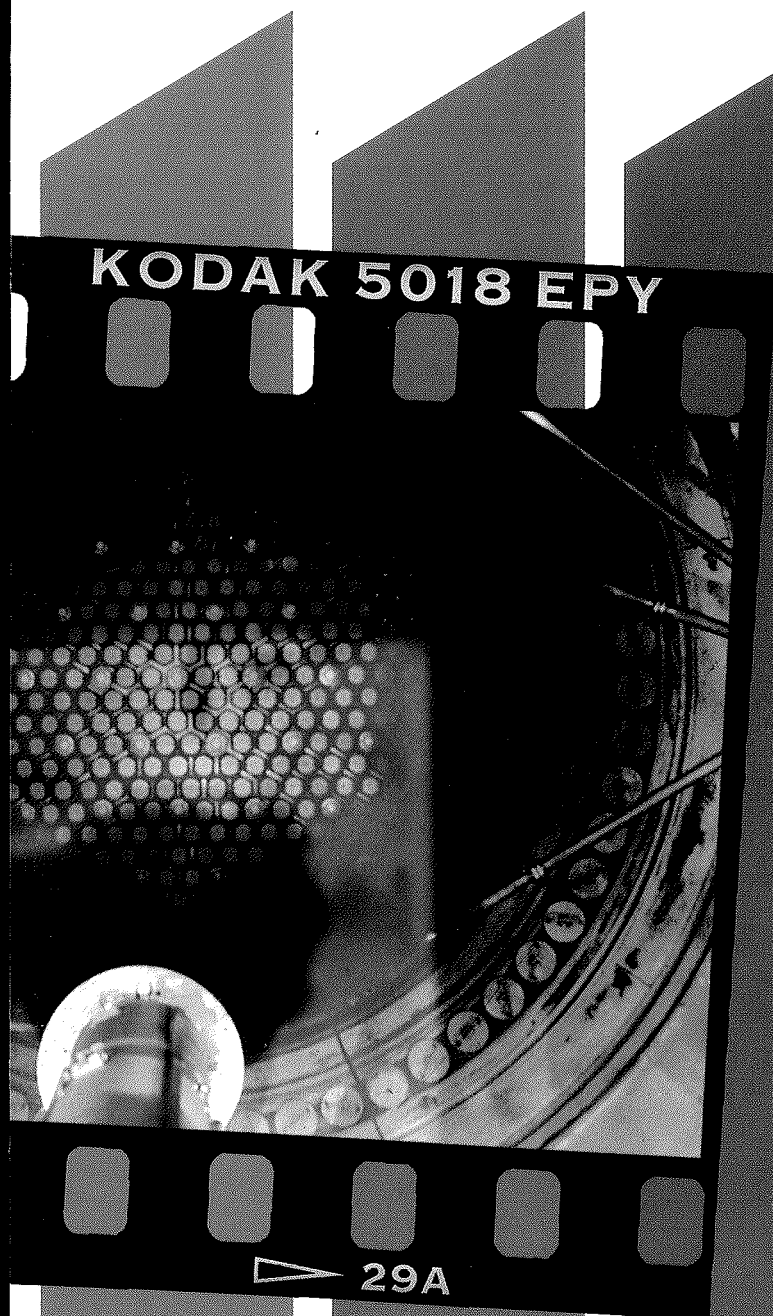
ATOMTEKNISKA  
SÄLLSKAPET  
I FINLAND ry



3/96, vol. 25

### Tässä numerossa

Suomalaisen turvallisuuskulttuurin juuret	1
English résumé	2
ATS Ydintekniikka Suomen ydinvoimatekniikan kehityksen kuvastimena	3
Suomen ydintekniikan ja säteilyn käytön merkkipaalut	8
Suomen ydinosuamista arvostetaan maailmalla	10
Onnistuuko tiedon siirto uusille ydinsukupolville	14
ATS Energiakanava jakaa säteilytietoa naisilta naisille	16
Miten nuoret insinöörit ja teknikat valmentautuivat ydinvoimalaitoksen ohjaajiksi	18
TVO:n laitokset entistä vetreämpinä keski-ikään	24
Ydinotteita suomalaisen säteilysuojelun historiasta	28
Säteilysuojelu muuttuu mutta säteily ei	30
Koulutus ja tutkimus: Turvallisen ydinenergian kivijalka	34
Tutkimuksella monipuolista tukea ydinturvallisuudelle	39
Mistä on tämän päivän STUK tehty	44
Polttoainekierron ympäristövaikutukset hallitaan	47
Ydinjätehuolto Suomessa: Aineksia menestystarinaa	52
Ydinvoima ja yhteiskuntasuhteet	57
Hallitsemattomat ydinreaktiot valtasivat julkisuuden	60
ATS:n kannatusjäsenet	63
Onnittelut	65



# ATS

## YDINTEKNIikka

3/96, vol. 25 Juhlanumero: ATS 30 vuotta

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —  
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

### TOIMITUS

Päätoimittaja  
DI Jorma Aurela  
Imatran Voima Oy  
Loviisan voimalaitos  
PL 23  
07901 Loviisa  
p. (019) 550 3070  
Jorma.Aurela@ivo.fi

Erikoistoimittaja  
TkT Seppo Vuori  
VTT Energia  
PL 1604  
02044 VTT  
p. (09) 456 5067  
Seppo.Vuori@vtt.fi

Erikoistoimittaja  
FL Risto Paltemaa  
Säteilyturvakeskus  
PL 14  
00881 Helsinki  
p. (09) 7598 8313  
Risto.Paltemaa@stuk.fi

Erikoistoimittaja  
DI Antti Hanelius  
Koivuviidantie 7  
02130 Espoo  
p. (09) 428 753

Erikoistoimittaja  
DI Olli Nevander  
IVO International Oy  
01019 IVO  
p. (09) 8561 2613  
Olli.Nevander@ivo.fi

Erikoistoimittaja  
DI Tapio Saarenpää  
Teollisuuden Voima Oy  
27160 Olkiluoto  
p. (02) 381 4312  
Tapio.Saarenpää@tvo.tvo.elisa.fi

### JOHTOKUNTA

Puheenjohtaja  
TkL Eero Patrakka  
Teollisuuden Voima Oy  
27160 Olkiluoto  
p. (02) 381 3300

Varapuheenjohtaja  
DI Pertti Salminen  
Teollisuuden ja Työnantajain  
Keskusliitto (TT)  
PL 30  
00131 Helsinki  
p. (09) 6868 2562

TkT Ilari Aro  
Säteilyturvakeskus  
PL 14  
00881 Helsinki  
p. (09) 7598 8296

Rahastonhoitaja  
TkL Eija Karita Puska  
VTT Energia  
PL 1604  
02044 VTT  
p. (09) 456 5036

DI Eero Mattila  
IVO International Oy  
01019 IVO  
p. (09) 8561 2418

Sihteeri  
DI Timo Ritonummi  
KTM Energiaosasto  
PL 230  
00171 Helsinki  
p. (09) 160 4798

TkT Seppo Vuori  
VTT Energia  
PL 1604  
02044 VTT  
p. (09) 456 5067

### TOIMIHENKILÖT

Kansainväl. asioiden sihteeri  
DI Jussi Palmu  
Posiva Oy  
Annankatu 42 D  
00100 Helsinki  
p. (09) 2280 3750

Ekskursios sihteeri  
DI Ari Anttila  
Teollisuuden Voima Oy  
27160 Olkiluoto  
p. (02) 381 5240

### UUODEN 1996 TEEMAT

1/96  
Ajankohtaista  
ydintekniikassa

2/96  
Ydintutkimuksen linjat

3/96  
ATS 30 vuotta - juhlaulkaisu

4/96  
Ekskursio Etelä-Koreaan

### ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 2000 mk  
1/2 sivua 1400 mk  
1/4 sivua 1000 mk

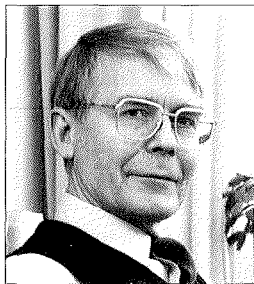
### TOIMITUKSEN OSOITE

ATS Ydintekniikka  
c/o Jorma Aurela  
Imatran Voima Oy  
Loviisan voimalaitos  
PL 23  
07901 Loviisa  
p. (019) 550 3070 (suora)  
telefax (019) 550 4435

Osoitteenmuutokset  
pyydetään ilmoittamaan  
Liisa Hinkulalle / VTT Energia  
Internet: Liisa.Hinkula@vtt.fi

Lehdessä julkaistut artikkelit  
edustavat kirjoittajien omia  
mielipiteitä, eikä niiden kai-  
kissa suhteissa tarvitse vasta-  
ta Suomen Atomiteknillisen  
Seuran kantaa.

ISSN-0356-0473



Antti Vuorinen

## SUOMALAISEN TURVALLISUUSKULTTUURIN JUURET

*Loviisan ja Olkiluodon laitoksia rakennettaessa pohdimme projektien päälliköiden kanssa useita kertoja, onko pienellä maalla varaa rakentaa turvallisuudeltaan huipputason laitoksia. Omana viestinäni koitin tähdentää, että pienellä maalla ei ole varaa rakentaa muunlaisia kuin huipputason ydinlaitoksia. Käyttötulokset lähes 20 vuoden ajalta oikeuttavatkin nyt sanomaan, että ydinenergia on edelleenkin vastuullisesti toteutettuna taloudellisesti mahdollinen ja ekologisesti turvallinen tapa tuottaa sähköä ja lämpöä.*

Professori, TKT Antti Vuorinen on Säteilyturvakeskuksen pääjohtaja, p. (09) 759 881.

*Ydintekniikan opetus käynnistyi Suomessa runsaat 40 vuotta sitten. Keväällä 1962 valmistui Otaniemen tutkimusreaktori FiR 1. Ennen 1960-luvun loppua oli päätetty, että Suomeen rakennetaan neuvostoliittolaistyyppinen ydinvoimalaitos Loviisaan. Päätös syntyi monivaiheisen prosessin tuloksena. Voitaneen myös sanoa, että päätös korkealla poliittisella tasolla syntyi jokseenkin irrallaan laajahkosta teknillisestä valmistelusta.*

*Pohdinta siitä, millainen osa hankintapäätöksen teossa oli ostajalla (IVO), myyjällä (NL) ja poliittisella välimiehellä, on oma mielenkiintoinen lukunsa. Lopputuloksen kannalta oli kuitenkin verrattomasti tärkeämpää, että hanke päätettiin toteuttaa suomalaiseen tapaan ja suomalaisten asettamat turvallisuusvaatimukset täyttävänä.*

*Turvallisuusvaatimukset oli tosin ensin kehitettävä. Oli luotava perusta suomalaiselle ydinturvallisuuskulttuurille. Siihen aikaan mallia oli saatavissa lähinnä USA:ssa. Niinpä VVER-440:n kehittäminen Loviisaversioon tapahtuikin suomalaisittain pioneerihengessä olematta vähäkään rähmällään mihinkään suuntaan.*

*Suomalainen turvallisuuskäytäntö joutui koetukselle myös TVO:n toimituksen alkaessa. Ruotsalainen laitostoimittaja ei ollut tottunut viranomaisten esittämiin vaatimuksiin, päätöksiin eikä systemaattiseen tarkastustoimintaan. Ruotsissa asiantuntijaviranomaisen tehtävänä oli lähinnä pysytellä tapahtumien tasalla, esittämättä yksityiskohtaisia kannanottoja. Suomessa ei tyydytty tähän. Linjat löytyivät kuitenkin nopeasti, kun pysyttiin olennaisissa turvallisuusasioissa toisarvoisiin muodollisuuksiin takertumatta.*

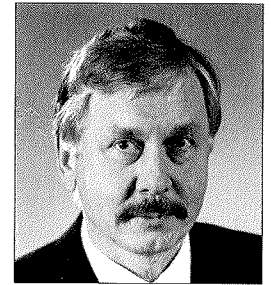
*Suomen voimalaitosten käytön aikana on läpiviety lukuisia parannus- ja modernisointihankkeita, jotka ovat työllistäneet koko ajan sekä voimayhtiöitä että viranomaisia. Suunnittelussa alettiin tarkastella vakavien onnettomuuksien ongelmia hetimiten TMI-onnettomuuden tapahduttua vuonna 1979.*

*Myös suomalainen ydinjätehuolto nojautuu kestävän kehityksen periaatteille. Pitkän aikavälin ohjelma, syvälinen tutkimustieto, käytännön ratkaisut ja rahastointivelvoitteet kertovat omaa kieltään. Jätehuollon teknillinen ja taloudellinen perusta kehitetään laitosten aktiivikäytön aikana, eikä ydinjätetaakkaa sysätä tulevien sukupolvien huolehdittavaksi.*

*Suomalaisen ydinturvallisuuskulttuurin juuret ovat jo lujat. Niiden kasvattamisessa on Suomen Atomiteknillisellä Seuralla ollut oma tärkeä roolinsa. Eikä laakereilla lepoon ole varaa. Motivaatio, koulutus ja intensiivinen työ ovat avainsanat huomispäivän turvallisuuskulttuuria rakennettaessa. Avoin yhteiskuntamme edellyttää laajalta päättäjäkunnalta perustietojen ymmärtämistä ja johtohahmoilta määrätietoista vastuunkantokykyä.*

## RÉSUMÉ:

### ATS YDINTEKNIikka REFLECTING THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER TECHNOLOGY IN FINLAND



*Finland has a mature nuclear power industry, a mature nuclear society — ATS, and a mature nuclear society magazine — ATS Ydintekniikka. This statement can easily be justified: ATS, the Finnish Nuclear Society was founded in 1966, the first issue of its magazine was published in 1972, and the four nuclear power plant units were constructed in the 70s. Consequently, this year we are celebrating the 30th anniversary of ATS and the almost 25th anniversary of ATS Ydintekniikka. And next year, the Loviisa NPP has a good reason to celebrate its 20th anniversary, followed by the Olkiluoto NPP the year after.*

**A**TS has a focal position as a professional society devoted to nuclear technology. Its 600+ members represent all the various branches of nuclear technology existing in Finland. During the past 30 years, the working methods of the Society have been adapted to the developments in the surrounding world. However, one of the most important activities of ATS has been and will be the publication of its professional magazine, ATS Ydintekniikka. ATS Ydintekniikka constitutes the most straightforward link between the Society and its members, who are distributed in several locations in Finland.

To celebrate the 30th anniversary of ATS, ATS Ydintekniikka devotes this issue (3/96) to a series of articles, which, while covering a wide spectrum of issues relating to nuclear technology, simultaneously address the questions that are most interesting today. The subjects discussed include: Finnish nuclear know-how obtaining international appreciation; ATS Energiakanava (Energy Channel) distributing information from women to women; inspection and maintenance guaranteeing safety; radiation protection changing, however not radiation; education and research constituting the cornerstone of safe nuclear power;

STUK working in today's world, nuclear waste management towards success; and nuclear power facing public relations.

Published quarterly since its founding, ATS Ydintekniikka has been able to follow constantly the development of nuclear power in Finland. While leafing through old volumes, one can get a pretty good idea of what has happened in this field in our country during the past 25 years. It is also interesting to study what kind of predictions have been made by the authors in the past — and the way they have come true.

The first version of ATS Ydintekniikka was a duplicated print-out, which consisted mainly of lectures delivered in the Society meetings. ATS Ydintekniikka followed closely the founding of ENS and published ENS Newsletter from 1977 until Nuclear Europe was founded. The present layout was given to the magazine in 1986; it is no more a A4 copy but a "real" magazine. Some of the issues of ATS Ydintekniikka have had a special theme. Issue 2/89 celebrated the 200 years of uranium and 50 years of fission, and issue 3/91 the 25th anniversary of ATS. The latter one was an overall survey of nuclear technology in Finland.

In the 70s, the contents of the magazine were very much influenced by the construction and commissioning of the Loviisa and Olkiluoto plants as well as the ramifications of the two oil crises. The turn of the decade was marked by the TMI-2 accident. During the following decade, the local issues included the Finnish nuclear legislation, Finnish energy policy, nuclear waste problematics, and the Chernobyl accident and its consequences. The first years of the present decade saw the application for the decision in principle concerning the fifth nuclear power plant and its knockout in the Finnish parliament. However, the magazine does not look backwards to the good old days, but it keeps aiming at the future where several challenges are to be faced.

Appraisal? ATS Ydintekniikka has been developing as a journal in pace with the development of the nuclear power technology in Finland. The first groping steps have changed into a goal-directed march, the finish of which is still far ahead.

**Eero Patrakka**, President of Finnish Nuclear Society, and Manager, Development, TVO.  
Tel. +358 2 8381 3300.

# ATS YDINTEKNIikka SUOMEN YDINVOIMATEKNIIKAN KEHITYKSEN KUVASTIMENA

*Suomen Atomiteknillinen Seura ja ATS Ydintekniikka -lehti ovat ehtineet miehen ikään. Jo kolmenkymmenen vuoden ajan Seura on aktiivisesti vaikuttanut ydinalan kehitykseen, ja oman lehtensä avulla Seuran jäsenet ovat voineet neljännesvuosisadan seurata alan tapahtumia niin meillä Suomessa kuin ulkomailakin.*

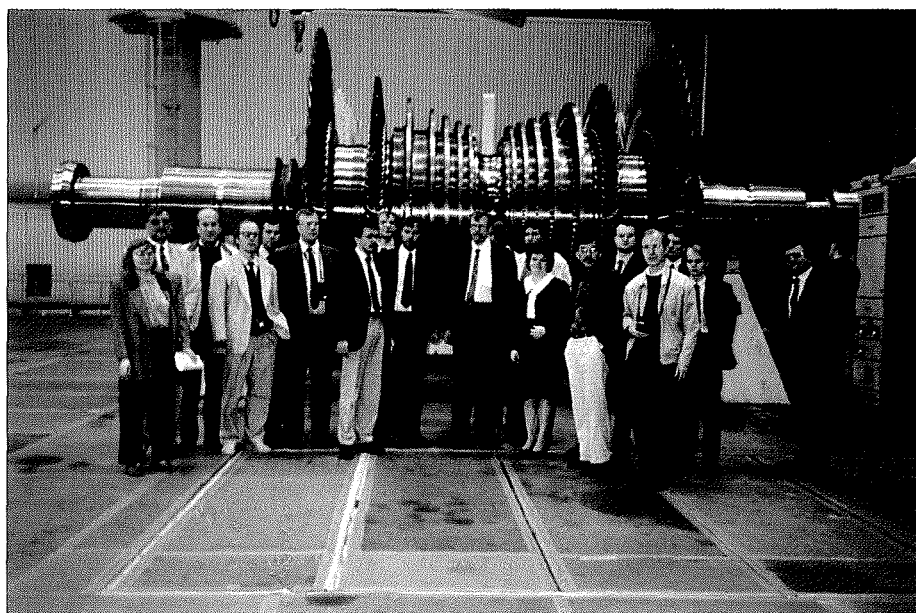
**A**TS Ydintekniikka on perustamisestaan lähtien seurannut tiiviisti ydinvoiman kehitystä Suomessa. Selaillemalla vanhoja vuosikertoja saa hyvän käsityksen siitä, mitä maassamme on alalla kuluneina 25 vuotena tapahtunut. On myös mielenkiintoista tutkia, millaisia ennustuksia lehden kirjoittajat ovat tehneet — ennustaminenhan on tunnetusti vaikeaa, erityisesti tulevaisuuden ennustaminen.

## **Alku: ATS Tiedotuslehti 1972**

ATS Ydintekniikka aloitti nimellä *ATS Tiedotuslehti*, jonka ensimmäinen numero ilmestyi vuoden 1972 lopussa. Toimitus määritteli lehden linjan seuraavasti:

”Seuran johtokunta on harkinnut tarkoituksenmukaiseksi ryhtyä julkaisemaan Seuran omaa tiedotuslehteä. Tiedotuslehti tulee sisältämään pääasiassa Seuran kokouksissa pidettyjä esitelmiä, mutta mahdollisesti myös muuta aineistoa.”

Tämän mukaisesti numerossa 1/72 oli kaksi Seuran kokouksessa 26.10.1972 pidettyä esitelmiä. Kunnian toimia ensimmäisinä kirjoittajina saivat Perttu Simola ja Heikki Raumolin.



ATS Tiedotuslehti ilmestyi varsin tajaan vuosina 1973–1974: kumpanakin vuotena kuusi numeroa. Vuoden 1973 aiheet käsitelivät ajankohtaisia hankkeita: Rauma-Repola Oy:n Mäntyluodon tehtaat, materiaalikysymykset, turvallisuustutkimus, TVO:n, Finnatomon ja KTM:n esittely. ”Ydinvoimalaitos asutuskeskuksen läheisyydessä” oli aihe, johon seuraavina vuosina palattiin monta kertaa. Ekskursiolla käytiin mm. Uddcombin Karlskronan konepajalla, josta kerrottiin varsin vakuuttavia tuotantolukuja: toimitettuina tai valmis-teilla oli mm. kuusi reaktoripaineastiaa, kolme paineenpitävää suojarakennusta ja kolme höyrygeneraattoria.

Vuonna 1974 ei unohdettu ajankohtaista öljykriisiä: vuosikokouksen alustus oli ”Öljy ja Suomen energiatilanne”. Katse oli tulevaisuudessa: fuusiotutkimus, pääkaupunkiseudun ydinvoimalaitos-suunnitelmat, lämmitysreaktoriprojekti ja alan yritysten tulevaisuuden suunnitelmat. Julkista keskustelua käsiteltiin ensimmäistä kertaa. Kirjoittaja totesi, että keskustelulle on ollut ominaista

*Ulkomaanekskursiot ovat olleet Seuran koko historian ajan tärkeä osa toimintaa. Tässä ATS Espanjassa Trillon voimalaitoksella 1991.*

ruotsinkielisten lehtien suuri osuus ja että keskustelun puheenvuorot ovat tulleet ydinvoimapaikkakuntien ulkopuolelta ja voittopuolisesti jopa ulkomailta.

## **ATS Ydintekniikka ja lehden sisältö avartuu 1975**

ATS Tiedotuslehden nimen vaihto *ATS Ydintekniikaksi* sattui lähes samanaikaisesti ENS:n perustamisen kanssa. ATS Ydintekniikan ensimmäisessä numerossa 3/75 julkaistiin ENS:n perustamisasia-kirjat. Lehden (ja tietysti ATS:n) avointa ja tulevaisuuteen tähtäävää luonnetta kuvaa se, että samassa numerossa käsiteltiin energiantuotannon vaihtoehtoja. Ja jatkoa seurasi seuraavassa numerossa, jossa Erkki Laurila pohti ydinenergian tulevaisuutta Pugwash-seminaarissa:



ATS järjesti vuonna 1989 Tiedekeskus Heurekaassa laajan Uraani halkeaa -yleisötapahtuman.

”Jos ... aikaväli ulottuu vain tuohon maagiselta vaikuttavaan lukuun 2000, voisin tyytyä vastaamaan ... hyvin yksinkertaisesti vain toteamalla, että hallitseva muoto tulee ilmeisesti olemaan yksinkertaistunut ja selväpiirteistynyt uraanin ja toriumin käyttöön perustuva terminen reaktori. Teollistuneen maailman energiantuotannosta tulee sen varaan rakentumaan tietty osa, ehkä mieluummin 25 kuin 50 %.”  
 ”Olen joskus jo parikymmentä vuotta sitten sanonut, että ongelmattomin osa ydinenergian käytössä on reaktorien toiminnan fysikaalinen teoria. Kun siirrytään käytännön tekniikkaan, nousee esille ongelmia, jotka ilmeisesti ovat voitettavissa vain kokemuksen kautta. Yllättävimmät ongelmat ovat siten odotettavissa taloudellisten, poliittisten ja yhteiskunnallisten tekijöitten piiristä.”  
 Ei hullummin sanottu.

ATS Ydintekniikkaa uusittiin merkittävästi vuoden 1976 alussa. Päätoimittaja kirjoitti:

”ATS Ydintekniikka -lehdelle voidaan selvästi nähdä nykyistä laajempi tehtäväalue. Tärkeimmäksi uudeksi tehtäväksi lienee asetettava kotimaisten uutisten esittäminen, siitäkin huolimatta, että lehden harva ja epäsäännöllinen ilmestyminen rajoittavat tehokkuutta.”  
 ”Muita ATS Ydintekniikka -lehdelle sopivia sisällön laajennuksia olisivat ainakin ulkomaan uutiset, uutisia laajemmalla ajankohtaisista tapahtumista ja katsaukset ydintekniikan eri osa-alueisiin.”

Katsauksia laadittiin jo numerosta 1/76 alkaen, jossa esiteltiin ydintekniikan tutkimusta ja ydinvoimaprojekteja. Ajankohtaisiin tapahtumiin kuuluivat artikkelit Neuvostoliiton ydinvoimaohjelmasta vuonna 1976 ja suomalais-ruotsalaisesta SECURE-lämmitysreaktoriprojektista vuonna 1977. Kuvavaa ajankohdan optimismille oli edellisessä artikkelissa esitetty arvovaltainen ennustus siitä, että ”alkaen vuodesta 1985–1990 sähköenergian kehitys Neuvostoliiton Euroopanpuolisissa osissa tulee tapahtumaan pääasiassa rakenta-

malla ydinvoimalaitoksia, joissa on nopeat reaktorit”.

### Huippuhetket: Loviisa ja Olkiluoto tuotantoon 1977–1978

Jälkikäteen ajatellen 1970-luvun viimeiset vuodet olivat maamme ydinvoimatekniikan kehityksen huipentuma — eivät pelkästään omien ydinvoimalaitosten käyttöönoton takia vaan myös alalla vallinneen optimismin vuoksi. Ongelmia oli jo kuitenkin tulossa, mikä heijastui välittömästi ATS Ydintekniikan sisällössä.

Vuotta 1977 juhlisti Loviisa 1:n vihkiminen 23.3.1977. Samalla muistettiin kuitenkin energian säästö ja käytettyyn polttoaineeseen liittyvät ongelmat, erityisesti Ruotsin villkorslag. Lehden sisältöä rikastutti ENS Newsletterin julkaisu numerosta 2/77 alkaen.

Vuosi 1978 alkoi ydinjäteasioilla: APO-työryhmä luovutti mietintönsä KTM:lle. Suomen ydinvoima eteni harppauksin: Loviisa 1:n käytöstä voitiin esitellä ensimmäisen vuoden kokemukset, ja TVO I kytkettiin verkkoon 2.9.1978. Ydintekniselle tutkimukselle laadittiin runko-ohjelma vuosiksi 1979–1983.

Toisen öljykriisin mainingeissa luovutti KTM:n yhteydessä toiminut energiapolitiikan neuvosto ehdotuksensa Suomen energiapoliittiseksi ohjelmaksi maaliskuussa 1979. Aktiivisen energiapolitiikan tavoitteiksi asetettiin energian säästäminen ja kotimaisen energian lisääminen. Uudet suurvoimalaratkaisut katsottiin mahdolliseksi lykätä ainakin vuoteen 1982. ”Tarvittavasta erillisestä lauhdutusvoimakapasiteetista tehdään ratkaisut ydinvoiman ja vaihtoehtoisesti fossiilisten polttoaineiden, kuten kivihiilen ja turpeen kesken.” Samalla päätettiin kohottaa energiatutkimuksen

laajuutta ja rahoitusta tuntuvasti. Ydin-  
teknologian tutkimuksen rahoitustaso  
säilytetään ennallaan ja keskeisiksi  
kohteiksi otetaan polttoainekierto,  
ydinjätehuolto ja ydinvoimalaitosten  
käyttö.

### Kansainväliset tapahtumat heijastuvat Suomeen 1979

Ensimmäinen ydinvoimatekniikan  
leviämiseen kohdistunut isku oli maaliskuussa 1979 tapahtunut Three Mile  
Islandin (TMI-2) onnettomuus, joka oli  
esillä useassa vuoden 1979 lehdessä.  
TMI-2:n suoranainen ja välitön vaikutus  
Suomessa ei kuitenkaan noussut niin  
merkittäväksi kuin Ruotsissa, jossa  
ydinvoimasta päätettiin pitää kansan-  
äänestys. Ydinvoiman negatiivisesti  
väritynyt julkisuuskuva — esimerkiksi  
elokuva ”Kiina-ilmiö”— innosti ATS:ää  
julkaisemaan informaatiokirjasen, joka  
aloitti yhä virkeänä jatkuvan tiedotus-  
aineiston tuottamisen.

1970-luvun lopulla tehtiin kansainväli-  
senä yhteistyönä INFCE-arviointi, jossa  
selvitettiin erityisesti eri polttoaine-  
kiertoratkaisuihin liittyvä ydinaseiden  
leviämiskriisi lähinnä plutoniumin laaja-  
mittaisen kansainvälisen hyväksikäytön  
kannalta. Ydinvoiman käytön ennakoitua  
suppeampi leviäminen aiheutti tosin  
sen, että useimmissa maissa rajoitettiin  
suoraviivaiseen uraanipolttoaine-  
kiertoon.

### Tapahtumia ja kehitystä kotimaassa 1980–1983

Lähes koko 1980-luvun oli Suomessa  
esillä ydinenergiain uudistaminen.  
ATS Ydintekniikassa siitä raportoitii  
ensimmäisen kerran vuonna 1980.  
ATS:n antamassa lausunnossa toimikun-  
nan mietinnön ensimmäisestä osasta  
todetaan, ettei lakiehdotus ole riittävän  
kypsä ja harkittu. Seuraa hiersivät muun  
muassa käsitteet ”ydinenergian käyttö”  
ja ”yhteiskunnan kokonaisuus”, julkiset  
kuulemistilaisuudet sekä vapaa harkinta  
kaikissa lupien myöntämisvaiheissa.  
Tiedämme kaikki, etteivät Seuran näke-  
mykset saaneet lainsäätäjän kannatusta.

Moni on unohtanut tai ei edes tiedä, että  
pääkaupunkiseudulla tutkittiin vielä

1980-luvulla eri energiahuoltovaihto-  
ehtojen joukossa ydinvoimaa, erityisesti  
SECURE-tyyppistä ydinlämpölaitosta.  
Asia oli esillä ATS Ydintekniikassa mm.  
vuosina 1981 ja 1982.

Vuonna 1981 esiteltiin KTM:n arviota  
Suomen energiankulutuksen ja tuotan-  
non kehitysnäkymistä vuoteen 1995.  
Tuontienergian reaalihinnan oletettiin  
nousevan merkittävästi. Päätös seuraava-  
vasta suurvoimalasta katsottiin tarvitta-  
van viimeistään vuonna 1984, jolloin  
laitos olisi käytössä 1992. Tämä ajoitus  
sallisi myös ydinvoimalan rakentamisen.  
Voimalaratkaisut olivat esillä monissa  
muissakin 1980-luvun alun numeroissa,  
esimerkiksi vuonna 1983, jolloin Kalevi  
Numminen mainitsi vaihtoehtoiksi  
AEE:n, Asea-Atomin ja ranskalaisten  
1000 MW:n laitokset.

Otaniemen Triga-tutkimusreaktori FiR-1  
täytti 20 vuotta vuonna 1982, ja  
syntymäpäivää juhliittiin asianmukaisin  
menoin. Muita ajankohtaisia aiheita  
olivat Suomen uraanivarat, voimayhtiöi-  
den ydinjätetoimikunta ja STUK:n uusi  
organisaatio.

### Joukkotiedotusta ja ydinjäteasioita 1984

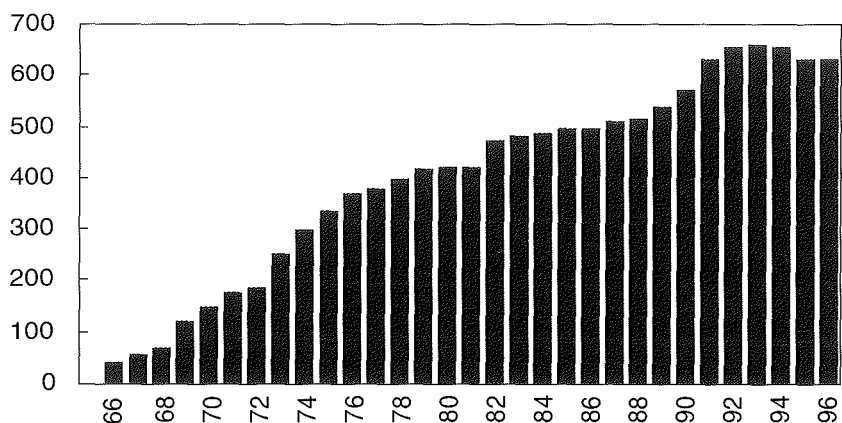
Ydinvoimaa ja joukkotiedotusvälineitä  
pohdittiin vuonna 1984 ENS:n work-  
shopin pohjalta. Silloinen johtopäätös

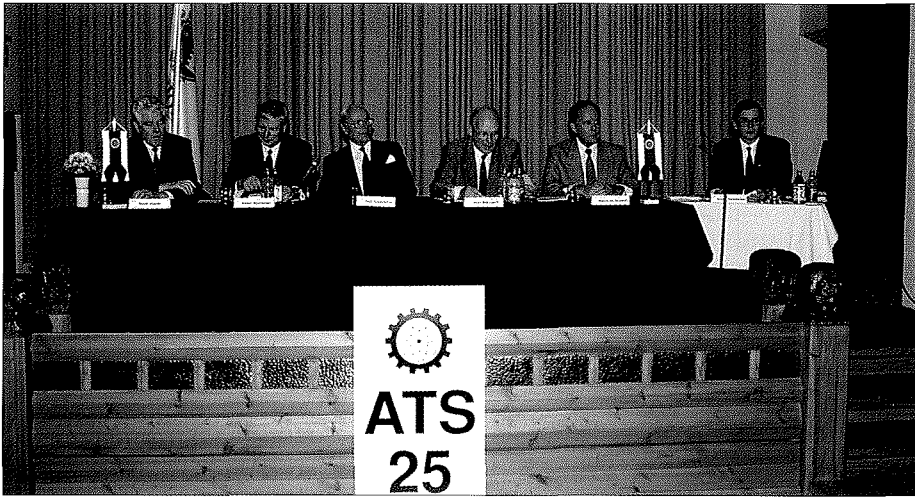
”Ydinvoimakysymykset ovat täysin  
selvillä asiantuntijapiireissä, mutta  
ydinvoima ei ole yleisön keskuudessa  
suosittu” pätee nykyäänkin, mutta  
vaikuttaa jopa turhan optimistiselta.  
Seuraus edellisestä on jo huolestutta-  
vampi, mutta ilmeisesti tosi: ”Toimitta-  
jan täytyy tuottaa jotakin, jonka yleisö  
hyväksyy ja joka ei ole täysin asia-  
tonta”.

Samana vuonna olivat esillä ydin-  
energia-alan koulutus Suomessa, TVO:n  
KPA-varaston rakennustöiden käynnistyminen ja PSA. Mielenkiintoista kes-  
kustelua käytiin ydinjätteseminaarissa,  
joka loppupaneelin keskustelijoita  
Jorma K. Miettinen kiitti aggressiivis-  
suudesta. Keskustelijat muistuttivat, että  
ydinenergiateollisuuden suurimpia  
virheitä on se, ettei tarvittavia ydinjäte-  
huoltoratkaisuja ole kehitetty ajoissa,  
mutta katsoivat toisaalta, että tapamme  
polttaa hiiltä tai metsiä on globaalisesti  
katsoen lähinnä rikos.

Uusi ydinenergialakiesitys annettiin  
eduskunnalle 22.2.1985. Samoihin  
aikoihin palattiin perusvoimarakkaisui-  
hin, joiden eteneminen oli tavanomaisen  
vaivalloista. Eroava puheenjohtaja  
Heikki Raumolin totesikin, että ”tosi  
sitkasta on ollut tämä jäidenlähtö”.

ATS:n jäsenmäärän kehitys 1966–1996





## Uusi ulkoasu 1986 ja uudet teemat

Vuoden 1986 alussa ATS Ydintekniikka sai nykyisen ulkoasunsa, ja lehdestä tuli ”oikean” aikakauslehden näköinen. Heti ensimmäisessä numerossa käsiteltiin kolmea asiaa, jotka leimasivat tulevien vuosien keskustelunaiheita: Perusvoima Oy:n perustamista, TVO:n käytetyn polttoaineen sijoituspaikatutkimuksia ja ”Chernobylskin” ydinvoimalaa. Viime mainitusta oli puolen sivun englanninkielinen teksti kuvineen — miksi, ei lehdestä kyllä käy ilmi.

Tshernobylin onnettomuus oli esillä kaikissa vuoden 1986 numeroissa. ja siihen palattiin useassa vuoden 1987 numerossa. Jatkoa seurasi vakavien reaktorionnettomuuksien käsittelynä seuraavana vuonna.

Lehti aloitti 60-vuotishaastattelujen julkaisemisen vuonna 1988. Olavi Vapaavuori totesi, että energian kokonaistarve tulee maailmassa vielä pitkään nousemaan, etenkin jos hyväksytään, että kehitysmaiden tulisi joskus saavuttaa länsimaiden nykyinen elämisen taso. Bjarne Regnell piti suurena ongelmana sitä, että alan pysähtyneisyyden johdosta häviää ensiksi laitostoimittajien valmius ja sitten voimayhtiöiden ja viranomaisten asiantuntemus. Tuttua tekstiä.

KTM:n julkaisemaa raporttia ”Energia-talous vuonna 2030” referoitiin vuonna 1988. Sekä energian kokonaiskulutuksen että sähköenergian kulutuksen kasvun arvioitiin pysähtyvän vuoden 2000 jälkeen. Öljyn käytön vähetessä hiilestä

tulisi tärkein primäärienergian lähde. Suhde ydinvoimaan oli neutraali: peruskaskeissa sen käyttö säilyy vuoden 1988 tasolla. Suomalaisten energia-asenteista tehdyt tutkimukset osoittivat myös pitkin 1980-lukua, että ydinvoiman osuuden haluttiin olevan ennallaan.

## Juhlanumeroita ja lausuntoja 1989–1990

Värein koristeltu juhlanumero 2/89 julkaistiin uraanin 200 vuoden ja fission 50 vuoden kunniaksi. Pekka Jauho tarkasteli Suomen tietä ydinennergian hyväksikäyttäjäksi. Tutkimus saatiin käyntiin 1950-luvun lopulla ja alalle tuli aivan erinomaista oppilasainesta, joka hakeutui monille aloille, eräät jopa ydintekniikan palvelukseen menestyen useimmiten erinomaisesti. ”Ydinennergian käyttöönotto maassamme oli eräs niitä impulsseja, joiden avulla teknillistieteellistä jälkeenjääneisyttämme voitiin kaventaa. Se on osaltaan taannut energiahuoltomme ongelmattomuuden vaihtelevissa ulkoisissa olosuhteissa.”

Numerossa 1/90 pohjustettiin uuden ydinvoimahankkeen käynnistämistä. Siinä esitettiin aikataulu, joka tähtäsi hakemuksen jättämiseen maaliskuun 1991 eduskuntavaalien jälkeen. Valmisteltavina olevat vaihtoehdot käytiin läpi, samoin rakentamiseen, koulutukseen ym. liittyvät näkökohdat.

ATS oli aktiivinen valtiovallankin suuntaan vuonna 1990. Kolmelle ministeriölle jätettiin avoin kirje, jossa puol-

*ATS:n 25-vuotisjuhlan kohokohtia oli arvovaltainen paneelikeskustelu, joka avoimesti valotti myös aiemmin vähemmän tunnettuja yksityiskohtia ydintekniikan tulosta Suomeen.*

lettiin sulkemishan alaisena olevan Otaniemen tutkimusreaktorin käytön jatkamista. Pääministeri Holkerille luovutettiin kasvihuoneilmiötä ja ydinvoimaa koskeva ympäristökannanotto.

ATS:n 25-vuotista taivalta juhlisti ATS ydintekniikan järjestyksessä toinen juhlanumero 3/91. Sen voi katsoa olevan lähes kaiken kattava alan yleiskatsaus Suomen kannalta.

## 1990-luku: Tähän on tultu

1990-luvun tunnussanoja ovat olleet energiapolitiikka, viides ydinvoimala, Euroopan unioni ja vaikkapa lähialueyhteistyö. Kaikkia näitä on uskollisesti käsitelty ATS Ydintekniikassa, aina teemanumeroita myöten.

Erityisesti kannattaa mainita viidennen YVL-yksikön periaatepäätöskäsittely, joka näkyi lehdessä monin tavoin. PAP-hakemus jätettiin toukokuussa 1991, ja numerossa 2/91 esiteltiin tarkemmin eri vaihtoehdot: ABB:n BWR 90, NPI-BWR ja NPI-PWR sekä AEE:n VVER-1000. Ydinvoimaa ja asenteita pohdittiin numerossa 1/92. Siinä julkaistiin myös professoriryhmän kansanedustajille jättämä Suomen energiapolitiikkaa koskeva kirjelmä, joka keskittyi ydinjätöksymyksiin. Eduskunnan kielteistä päätöstä kommentoitiin tuoreeltaan numerossa 3/93.

Loppulausunto? ATS Ydintekniikka on kehittynyt lehtenä yhtä jalkaa Suomen ydinvoimatekniikan kehityksen kanssa. Haparoivista ensiaskeleista on tultu määrätietoiseen matkamarssiin, jonka maali on kaukana edessä päin.

**TkL Eero Patrakka** on Suomen Atomiteknillisen Seuran puheenjohtaja ja Teollisuuden Voima Oy:n kehitystoimiston päällikkö, p. (02) 8381 3300.



**How to  
achieve  
the winning  
solution.**



At the IVO Group, we rely on our complete range of expertise for even the most demanding energy challenges.

Together with our wide range of experience in customer projects, our extensive input to research and development and our concern for the protection of the environment, we offer reliable solutions for every need in the energy field.

Whatever your requirements for energy may be, get in touch with us. We have the solutions.

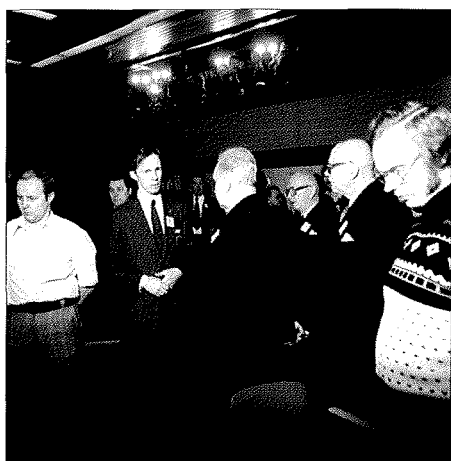


IVO GROUP  
Helsinki, Finland  
Tel. +358 9 85 611  
Fax +358 9 8561 6961  
<http://www.ivogroup.com>

POWER AND HEAT GENERATION AND SALES • PROJECT DEVELOPMENT AND INVESTMENT  
  
OPERATION AND MAINTENANCE SERVICES • ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

# SUOMEN YDINTEKNIIKAN JA SÄTEILYN KÄYTÖN MERKKIPAAALUT

*Suomalaisen ydintekniikan pioneerit hakivat oppinsa lännestä ensimmäisten joukossa 1950-luvulla. Ilman sotilasteknologias-ta tulevaa painolastia voitiin Suomessa onneksi sijoittaa turvallisuuteen heti alussa. Omat arominsa kotoiseen ydinteknologiasalaattiin ovat vuosien varrella antaneet naapurien politi-kointi sekä idän ja lännen tekno-logioiden jatkuva vastakkainaset-telu. Nyt hiipuvan lisäreaktori-hankkeen hiiellosta hämmentävät enää vain ydinjätteiden hautaus tai tiedotus- ja julkisuuskysymyk-set — mutta ehkä tuhkasta nou-see jatkoa tämän sivun katsauk-selle.*

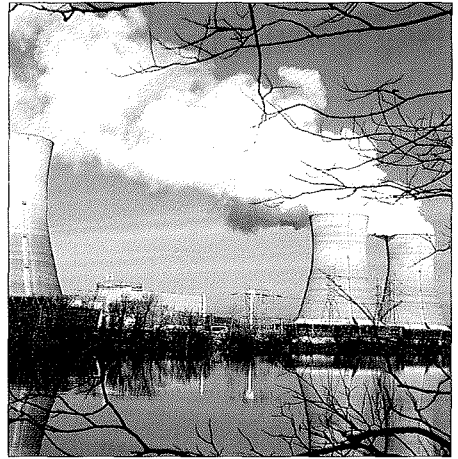


*Tuttujen hahmojen ohella Loviisan ykköyksikköä käynnistämässä Seppo Heikkinen ja Johan Riihimäki.*

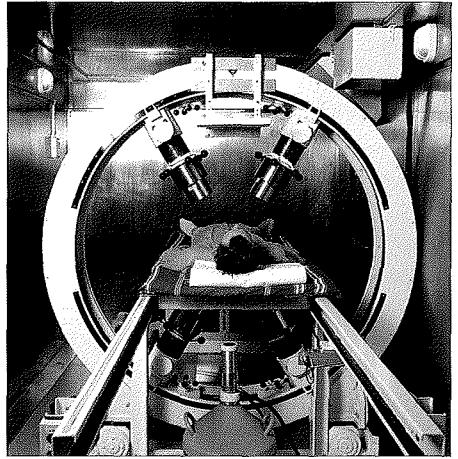
## Vuosi Tapahtuma

- 1953** Ydinenergian rauhanomainen maailmanlaajuinen käyttö alkaa: USA:n presidentti Eisenhower pitää YK:ssa puheen: “Atoms for Peace”
- 1955** Valtioneuvosto asettaa “Energiakomitean” kehittämään atomienergiaa ja muita energiakysymyksiä  
TKK saa ensimmäisen ydintekniikan professuurinsa, professoriksi tulee Pekka Jauho
- 1956** Johtavat teollisuuspiirit perustavat Voimayhdistys Ydin nimisen seuran
- 1957** Suomeen saadaan säteilysuojauslaki ja atomienergalaki
- 1958** Suomesta tulee virallisesti kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n ensimmäinen valittu jäsen  
Säteilyfysiikan laitos perustetaan  
Voimayhdistys Ydin lahjoittaa TKK:lle ensimmäisen alikriittisen miilun  
Valtioneuvosto asettaa ensimmäisen atomienergianeuvottelukunnan (AEN)
- 1959** Ensimmäinen TKK:n teknillisen fysiikan ydintekniikan tohtori Lassi Hyvärinen väittelee
- 1962** USA:sta hankittu Otaniemen Triga-tutkimusreaktori käynnistyy  
Helsingin yliopiston radiokemian laitos perustetaan
- 1965** Imatran Voima Oy ja Kotkan Höyryvoima Oy lähettävät kumpikin tarjouspyynnöt alustavista ydinvoimalatarjouksista noin kymmenelle toimittajalle ympäri maailmaa
- 1966** Voimayhdistys Ytimen taustaryhmittämä 15 merkittävää suomalaista teollisuusyritystä perustaa Teollisuuden Sähköyhtymän  
Suomen Atomiteknillinen Seura (ATS) perustetaan
- 1967** IVO:n yhtiökokous peruuttaa ydinvoimahankkeen ja mitätöi tarjouskilpailun  
Teollisuus luopuu Kotkan Höyryvoima Oy:n nimissä tehdystä tarjousvertailusta poliittisen paineen lisääntyessä  
KTM käynnistää uuden tarjouskilpailun pääosaltaan suomalaisen teollisuuden toimituksina rakennettavasta ydinvoimalasta; kotimaisuusaste nousee tärkeäksi valintaperusteeksi: vain välttämätön hankitaan ulkomailta
- 1968** Neuvostoliiton varaulkoministeri Alkimov saapuu Helsinkiin neuvottelemaan; valtioneuvosto ilmoittaa yllättäen, että ydinvoimalan rakentamisesta tarjosten perusteella luovutaan; monivaiheiset, politiikan ohjaamat kansainväliset tarjouskilpailut päättyvät  
Säteilyfysiikan laitokseen perustetaan reaktoriturvallisuusosasto johtajanaan Antti Vuorinen  
Ensimmäisenä AEN:n alaisista tutkijaryhmistä reaktorikoodiryhmä aloittaa toimintansa

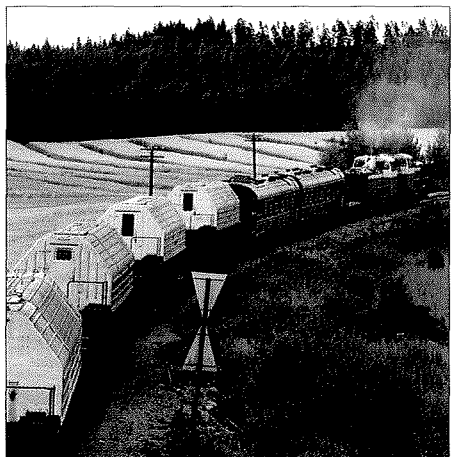
- 1969** Loviisan ydinvoimalaitoksen alustava hankintasopimus allekirjoitetaan Moskovassa IVO:n ja Neuvostoliittolaisen V/O Technopromexportin kesken  
Teollisuuden Sähköyhtymän 16 osakasta perustaa Teollisuuden Voima Oy:n
- 1970** Loviisan ydinvoimalaitoksen rakennuslupa myönnetään ja varsinainen tilaussopimus allekirjoitetaan
- 1971** Suomi sopii ensimmäisenä maana antavansa ydinenergian rauhanomaisen käytön valvontatehtävän IAEA:lle (Safeguards-valvonta)
- 1972** ATS Ydintekniikan (ATS Tiedotuslehti) ensimmäinen numero ilmestyy
- 1973** Esisopimus Olkiluodon laitoksista TVO:n ja ASEA-ATOM:in välille solmitaan
- 1974** Hankintasopimus TVO 1:stä allekirjoitetaan ja TVO 2 yksikkö päätetään tilata  
VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorio aloittaa toimintansa
- 1975** Säteilyfysiikan laitoksesta tulee Säteilyturvallisuuksilaitos
- 1976** Lappeenrannassa LTKK:n ja VTT:n yhteistyönä tehtävä reaktorisydämen kokeellinen tutkimus alkaa (REWET I -III ja PACTEL-laitteistot)  
Suomesta tulee OECD:n ydinenergiajärjestön NEA:n ja sen Data Bankin jäsen
- 1977** Loviisa 1. voimalaitosyksikkö käynnistyy
- 1978** TVO 1 käynnistyy
- 1979** Harrisburgin (TMI) ydinvoimalaitosonnettomuus USA:ssa järkyttää maailmaa
- 1980** Loviisa 2 ja TVO 2 -voimalaitosyksiköt käynnistyvät
- 1984** Säteilyturvallisuuksilaitoksesta tulee Säteilyturvakeskus
- 1986** Perusvoima Oy perustetaan ja se jättää hakemuksen 1000 MW:n ydinvoimalaitoksen rakentamisesta Suomeen  
Tshernobylin ydinturma Neuvostoliitossa surmaa kymmeniä ihmisiä sekä levittää radioaktiivisuutta ja pelkoa Eurooppaan  
Viidennen ydinreaktorihankkeen valmistelu ja hakemus pysäytetään
- 1988** Suomen ydinenergialainsäädäntö uudistetaan kokonaisuudessaan: saadaan uudet monivaiheisen lupakäsittelyn sisältävät ydinenergialaki ja -asetus  
Loviisan ja Olkiluodon voimalaitokset saavat uudet 10 vuoden käyttöluvut
- 1991** Valtioneuvoston ydinvoimaloiden turvallisuutta ja ydinjätteiden loppusijoitusta koskevat päätökset  
IVO, TVO ja yhteistyöyhtiö Perusvoima jättävät periaatepäätöshakemuksen viidennestä ydinvoimalaitosyksiköstä Loviisaan tai Olkiluotoon
- 1992** Olkiluodon voimalaitosjätteiden loppusijoitustila (VLJ-luola) otetaan käyttöön
- 1993** Eduskunta hylkää periaatepäätösaanestyksessä äänin 107-90 Valtioneuvoston esityksen viidennen ydinvoimalaitoksen rakentamislupien myöntämisestä
- 1994** Käytetyn polttoaineen vienti ulkomaille kielletään ydinenergialain muutoksella: IVO saa jatkaa vientiä Venäjälle vain vuoteen 1996
- 1995** IVO:n ja TVO:n yhteistyöyhtiö POSIVA perustetaan huolehtimaan ydinjätteen loppusijoituksesta Suomen kallioperään  
Ydinenergian käytön valvonta siirtyy Euratomille Suomen liittyttyä Euroopan Unioniin
- 1996** Molemmat yhtiöt tullevat jättämään hakemuksen nykyisten yksiköiden käyttämisestä korotetulla laitosteholla seuraavalla lupajaksolla  
Loviisa 1 -yksikön reaktoripaineastia elvytyshehkutetaan



*Harrisburg käynnisti ns. vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimuksen.*



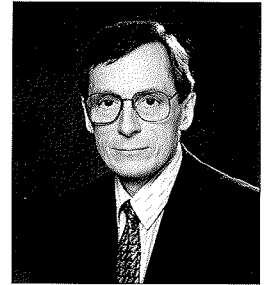
*Tshernobylin ydinturma nosti säteilyn julkisen keskustelun pysyväksi teemaksi.*



*Loviisan voimalan käytetyn polttoaineen kuljetus Venäjälle päättyy ydinenergialain muutoksella.*

*Toimittanut:  
OLLI NEVANDER  
IVO International Oy*

# SUOMEN YDINOSAAMISTA ARVOSTETAAN MAAILMALLA



*Ydintekniikassa on kansainvälisellä yhteistyöllä aina ollut suuri merkitys. Ydinvoimalaitoshankkeet ovat niin mittavia, että pieni maa ei yksin selviäisi niistä. Turvallisuusvaatimukset ovat tiukkoja ja kansainvälisiä. Tutkimustoiminta vaatii suuria resursseja.*

**Y**dinvoimalaitostekniikan osaaminen Suomessa on 25 vuoden aikana kehittynyt merkittävästi, ja tänä päivänä suomalaiset pystyvät myös myymään omaa osaamistaan ja tietotaitoaan ulkomaille. Viime vuosina on lähialueiden ydinvoimalaitosten turvallisuuden analysointi ja parantaminen tarjonnut uusia tehtäviä suomalaisille asapuolille.

## Turvallisuutta parannettava jatkuvasti

Ydintekniikan ominaispiirre on turvallisuuden jatkuva parantaminen. Laitostoimittajat ja voimayhtiöt hyödyntävät käyttökokemuksia ja tutkimustuloksia suunniteltaessa ja toteutettaessa parannuksia ydinvoimalaitosten turvallisuus-

tasoon. Hyvä turvallisuus ilmenee myös laitosten hyvänä käytettävyytenä.

Ydinenergian alkuvaiheessa yritettiin noudattaa Suomessa amerikkalaisia turvallisuusperiaatteita, kuitenkin niin, että Loviisan ydinvoimalaitoksen takia jouduttiin tekemään omia ratkaisuja. Näistä kehittyi sittemmin Säteilyturvakeskukseen (STUK) YVL-ohjeita, jotka tänä päivänä kattavat oleellimmän osan ydinvoimalaitokseen liittyvistä toimenpiteistä.

Kansainvälisestikin tarkasteltuna YVL-ohjeet muodostavat varsin hyvän kokonaisuuden. Ohjeiden luonne on tarkoituksenmukainen. Ne antavat voimayhtiölle mahdollisuuden esittää muitakin ratkaisuja edellyttäen, että on osoitettu, että riittävä turvallisuustaso saavutetaan.

Turvallisuusviranomaisten kansainvälinen yhteistyö on perinteisesti ollut laajaa. Siihen on kuulunut sekä turvallisuusvaatimusten (normiston) kehittämistä että keskinäistä tiedonvaihtoa. Pohjoismainen yhteistyö on pitkään ollut aktiivista ja tuloksellista. Sekä IAEA että OECD ovat myös käsitelleet turvallisuuteen liittyviä kysymyksiä.

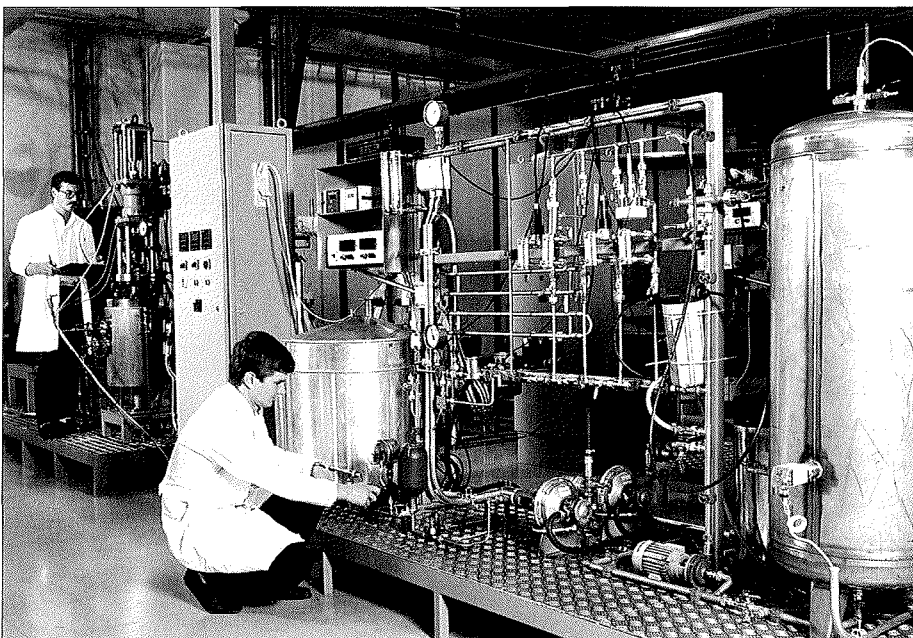
Tutkimusprojektien ja asiantuntijatyöskentelyn tuloksena on syntynyt suosittuja ja ohjeita, joita on hyödynnetty kansallisessa turvallisuustyössä. Vaikka EU on monella alalla esittänyt turvallisuuteen liittyviä määräyksiä ja direktiivejä, sen rooli ydintekniikan turvallisuuden alalla on tähän saakka ollut vähäinen.

Suomalaista ydinteknistä turvallisuus-asiantuntemusta arvostetaan paljon kansainvälisesti.

## Tutkimusyhteistyöhön hakeuduttu määrätietoisesti

Ydintekniikkaan liittyvät turvallisuusanalyysit ja tutkimushankkeet ovat yleensä suuria ja laaja-alaisia. Pienellä maalla ei ole taloudellisia eikä teknisiä resursseja suorittaa yksin tarvittavia analyyseja ja tutkimuksia. Tämän takia Suomi on määrätietoisesti hakeutunut kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön.

*Materiaalien käyttäytymistä simuloituissa ydinvoimalaitosolosuhteissa tutkitaan autoklaaveissa, joissa lämpötilaa, painetta, ympäristökemiala ja kuormitustapoja voidaan muuttaa.*



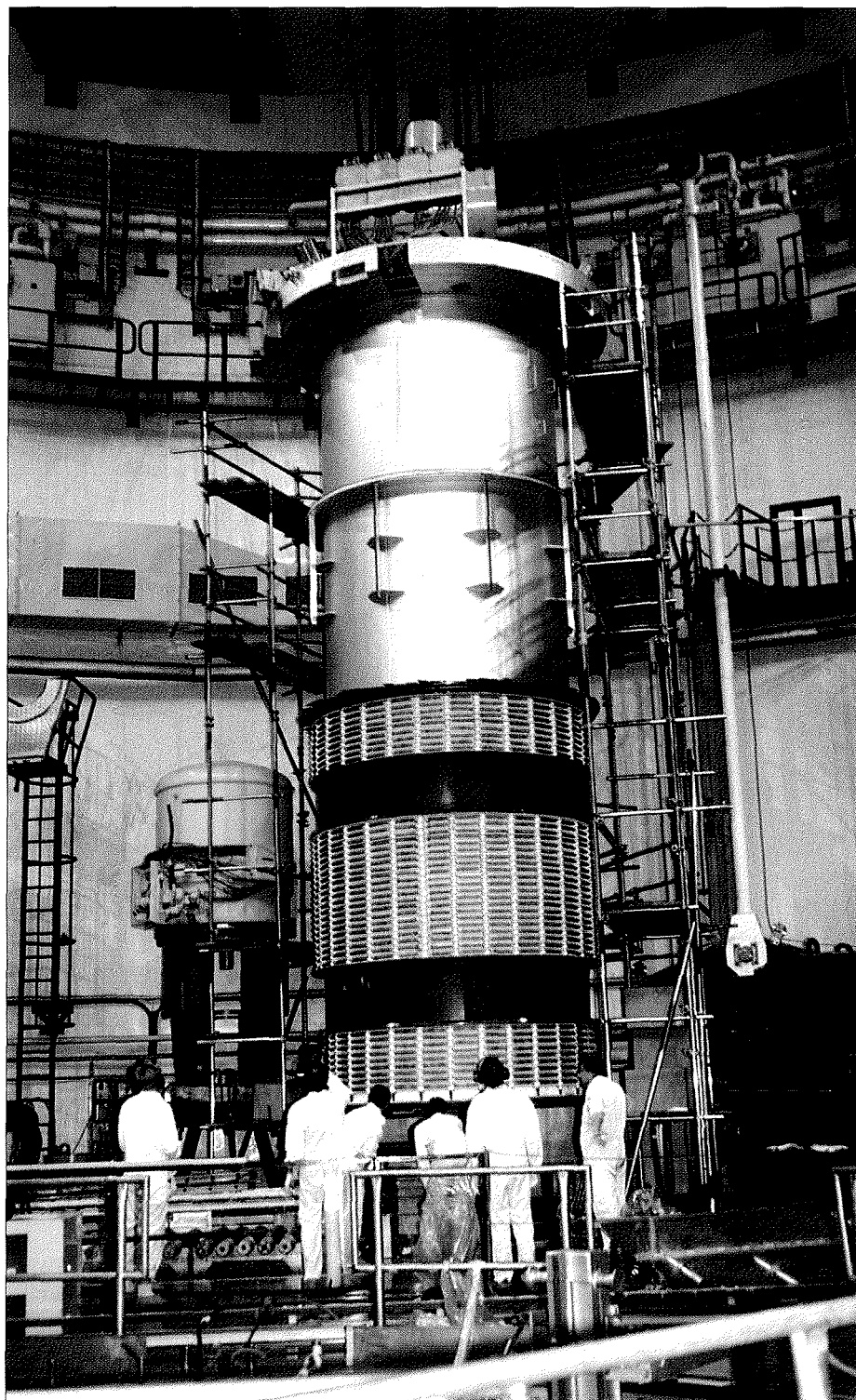
Merkittävimmät yhteistyöhankkeet suoritetaan yleensä niin, että keskeisimmät maat osallistuvat niihin esimerkiksi IAEA:n tai OECD/NEA:n koordinoimina. EU:n tutkimusohjelma "Nuclear Fission Safety" käynnistyi vuonna 1995. Kaikki keskeisimmät suomalaiset tahot (STUK, IVO, TVO, Posiva ja VTT) osallistuvat merkittävällä tavalla useaan projektiin. Esimerkiksi VTT on mukana seitsemässä hankkeessa. Pienempi-muotoiset hankkeet toteutetaan lähinnä kahdenkeskisenä yhteistyönä. Yhteistyöhankkeiden rahoitusjärjestelyt ratkaistaan tapauskohtaisesti.

Kansainvälinen tutkimusyhteistyö ydintekniikan alueella on laajaa. Esimerkiksi VTT osallistuu noin 40 kansainväliseen tutkimusprojektiin ydintekniikan alalla ja sen projektisalkun arvo on noin 30 Mmk. IAEA:n ja OECD:n koordinoimia hankkeita on noin 10 ja yhteisprojekteja Pohjoismaiden ja Venäjän kanssa noin 15. Monenkeskeiset tutkimushankkeet ovat yleensä kestoajaltaan pitkiä.

Vielä muutama vuosi sitten länsimaat tutkivat länsimaisiin reaktoreihin liittyviä kysymyksiä ja neuvostoliittolaiset omien reaktorityyppiensä käyttäytymistä ja turvallisuutta. Tilanne on nyt muuttunut, ja esimerkiksi OECD Halden Reactor -projektissa tutkitaan nyt mm. VVER-reaktoreiden säätöä ja polttoaineen käyttäytymistä. Vakavat onnettomuudet ovat kansainvälisen tutkimuksen kohteena. LOFT-hanke USA:ssa oli merkittävä ja nyt venäläiset ovat käynnistäneet ns. RASPLAV-hankkeen, johon osallistuu organisaatioita sekä idästä että lännestä.

Keväällä 1996 valmistui Ruotsissa selvitys ydinturvallisuuden valvonnasta. Selvityksessä todettiin muun muassa, että viranomaisten ja voimayhtiöiden tarvitsema tekninen tukioorganisaatio puuttuu Ruotsista ja siellä kaivataan VTT:n tapaista organisaatiota. Suomessa on aikoinaan tehty viisaasti, kun ei perustettu Studsvikin tapaista laitosta, vaan asiantuntemus kerättiin VTT:lle, josta teknologian siirtoa on tapahtunut myös ydinenergia-alan ulkopuolelle.

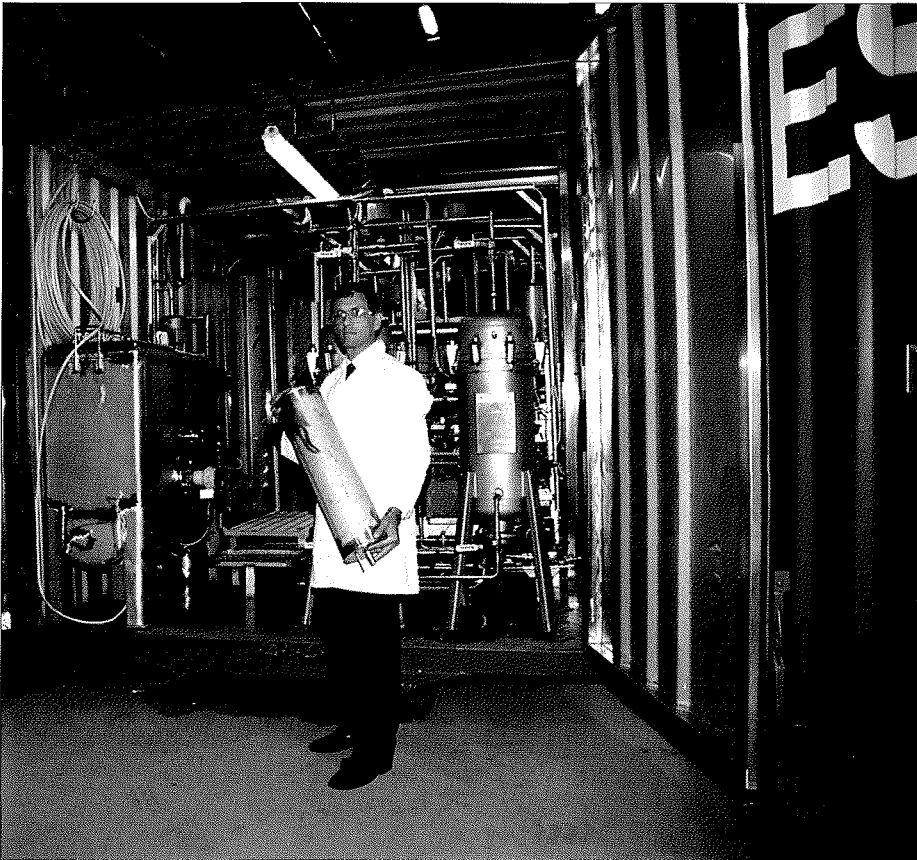
Ydintekniikan tutkimus ja tietotaito ovat vuosien varrella kehittyneet hyvin Suomessa. Tänä päivänä voimayhtiöt,



VTT ja viranomaiset tarjoavat palvelujaan menestyksellisesti ympäri maailmaa.

Omiin tutkimuksiin kehitettyjä laitteita (esimerkiksi autoklaaveja, monitorointilaitteita, korroosiotutkimuslaitteita) on myös kaupallistettu ja myyty ympäri maailmaa. Esimerkiksi VTT:n kehittämiä ja CORMET Oy:n valmistamia autoklaaveja on tähän mennessä myyty

*Lämpökäsittelylaite kokoonpantuna Loviisa 1:n reaktorirakennukseen. Laite koostuu kannesta, rungosta ja kolmesta eri kuumennusvyöhykkeestä. Keskimmäinen vyöhyke kuumentaa varsinaisen hehkutettavan alueen. Reunimmaisilla vyöhykkeillä ohjataan lämpötilaeroja paineastian seinämässä. Hehkutuslaitteen korkeus on noin 10,5 metriä ja halkaisija kuumennusalueella noin 3,3 metriä.*



*IVO:n kehittämää cesiumin erotuslaitteistoa on käytetty menestyksellä mm. Viron Paldiskin sotilastukikohdan jätevesien puhdistukseen.*

Suomen antama kansainvälinen apu ydinvoimalaitoksille on tapahtunut pääosin PHAREN ja TACIS:n sekä Euroopan jälleenrakennus- ja kehityspankin EBRD:n hallinnoiman kansainvälisen ydinturvarahaston avustusohjelmien puitteissa. Avustusohjelmissa projektit pitkän päälle jaettaneen suunnilleen maiden budjettiosuuksien suhteessa, jolloin suomalaisten yritysten osuus jää pariin prosenttiin. Tämän ei tarvitse koskea yksittäisiä osa-alueita.

Avustusprojektit ovat budjeteiltaan melko pieniä ja kilpailtuja, ja niinpä ne eivät voi muodostaa tuottoisaa liiketoimintaa, mutta auttavat uusille markkinoille pääsyssä. Kotimaisen ja jopa kansainvälisen lehdistön uutiset Suomen menestyksestä avustusprojekteista kilpailtaessa ovat olleet liioittelevia. "EU fuels Finnish aid industry - nuclear technology becomes main export area" on sanatarkka sitaatti. Lähde jääköön mainitsematta. Siinä on haastetta täyttää vähäisillä resursseilla kovassa kilpailussa isot saappaat. Länsimaiset kilpailijat saavat avustusprojekteissa ja omilla satsauksillaan (esimerkiksi EdF) koko ajan lisäkokenemusta ja saavuttavat Suomen Loviisa-kokemuksiin perustuvaa erikoisasemaa. Myös avustettavissa maissa on paljon osaamista, jonka kanssa joudumme kilpailemaan. Merkittävien komponenttitoimitusten ja rakennusprojektien rahoittamiseksi Euroopan jälleenrakennus- ja kehityspankin yhteyteen on perustettu erityisrahasto Nuclear Safety Account. Myös Euratom myöntää lainoja vastaavanlaisiin tarkoituksiin.

IVO International on avustusohjelmissa toteuttanut projekteja Venäjälle, Ukrainaan, Liettuaan, Bulgariaan ja Unkariin. Kaupalliset toimitukset ydinvoimalaitoksille ovat olleet harvalukuisempia. Ne ovat suuntautuneet viime vuosina Paksin ydinvoimalaitokselle Unkariin.

Alankomaihin, Belgiaan, Italiaan, Kuwaitiin, Ranskaan, Ruotsiin, Saudi-Arabiaan, Sveitsiin, USA:han ja Venäjälle. Arabimaissa laitteita käytetään petrokemiallisessa teollisuudessa tutkimustehtävissä. Turvallisuusanalyysijä ja tutkimuspalveluja on myyty mm. Saksaan.

### **VVER-maat tärkeä markkina-alue**

Ydinvoimatekniikan erikoistuotteita ja -palveluja kansainvälisille markkinoille tarjoavat Suomessa lähinnä IVO International Oy ja VTT. Lähtökohtana tuotteille on ollut suomalaisten ydinvoimalaitosten tarpeiden vaatima oppimisprosessi ja oma kehitystyö sekä laitosten käytössä ja kunnossapidossa saatu kokemus. Erityisen markkina-alueen muodostaa "VVER-maailma", mutta lähialueyhteistyön puitteissa myös RBMK-ongelmat ovat muodostuneet tutuiksi (STUK, TVO, IVO International). Uutena tulokkaana kansainvälisillä ydinjätealan markkinoilla saatetaan tulevaisuudessa nähdä myös Posiva Oy.

Itä-Euroopan (IVY ja KIE-maat) ydinvoimamarkkinoita rajoittaa maiden ja voimayhtiöiden huono taloudellinen tilanne. Länsimaisten avustushankkeiden voidaan myös katsoa tavallaan pilanneen ne. Laitokset etsivät apua sieltä, mistä sitä ilmaiseksi saa. Aina ei laitosten todellinen tarve ohjaa riittävästi toimintaa, vaan myös avustuksen saaja- ja antajamaiden eri organisaatioiden omat intressit.

Halukkuus eri avustushankkeiden keskinäiseen koordinointiin on usein huono. Esimerkkinä lähialueilta voidaan mainita osittain päällekkäiset simulaattoritoimitukset Kuolan ydinvoimalaitokselle. Vaikka Suomi on toimittanut Kuolaan IVO:n ja VTT:n APROS-ohjelmistoon perustuvan analysaattorin, jonka laajennus kompaktiksi koulutussimulaattoriksi on valmistumassa, EU lahjoittaa pari vuotta myöhemmin suunnilleen vastaavan (tosin toisten yksiköiden simulointimallilla). Lisäksi amerikkalaiset ovat sopineet venäläisten kanssa täysimittakaavaisen koulutussimulaattorin toimittamisesta samalle laitokselle.

## Nestemäisten jätteiden käsittely laajenemassa

IVO Internationalin tuotealueista panostetaan tällä hetkellä voimakkaimmin nestemäisten radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn ydinvoimalaitoksilla, jälleenkäsittelylaitoksilla ja sotateollisuudessa.

IVOn ja Helsingin yliopiston radio-kemian laitoksen yhteistyönä on kehitetty erityisteknologia, joka perustuu kesiumin ja strontiumin, pian toivottavasti myös koboltin, selektiiviseen ioninvaihtoteknologiaan. Ioninvaihtomateriaaleja tai järjestelmiä on toimitettu jo seitsemään maahan. Muilla tuotealueilla voidaan mainita erikoisimpana ulkomaisena hankkeena kahden UF<sub>6</sub>-siirtojärjestelmän suunnittelu ja toimitukset venäläiselle uraanin väkevöinti-laitokselle.

Pitkäaikaisin konsultointiprojekti on 1000 MW laitoksen konseptin "VVER-91" kehittäminen Venäjällä vientitarkoituksiin, kohteena tällä hetkellä Kiina. Suurin konkreettinen ydinvoimalaitoshanke, missä IVO International on mukana, on kahden keskeneräisen VVER-1000 -laitosyksikön loppuun rakentaminen Ukrainassa. Siinä IVO yhdessä Tractebel'in ja konsortion vetäjän EdF:n kanssa konsultoi TACIS-apuna ukrainalaista voimayhtiötä

projektin hoidossa päämääränä saada suunnitelmat sellaiselle tasolle, että voimayhtiö voi saada länsimaista rahoitusta laitoksille.

IVO Internationalin Ydinvoimatekniikan yksikön noin 100 Mmk liikevaihdosta vuonna 1995 lähes puolet oli ulkomaisista projekteista. Kuluvan vuoden budjetin mukaan kansainvälistyminen jatkuu.

## Tehokkaalla tiedonvaihdolla oppia muiden käyttökokemuksista

Voimayhtiöt vaihtavat laajasti tietoja käyttökokemuksistaan ja ovat myös omalta osaltaan mukana turvallisuuskriteerien kehittämisessä. Turvallisuus ei ole yksinomaan laitteiden ja koko laitoksen valvontaa vaan varautumista ennalta erilaisiin tilanteisiin ja tapahtumiin.

Ydinlaitosten käyttäjien järjestön WANO (World Association of Nuclear Operators) piirissä on otettu käyttöön raportointi kaikista ydinturvallisuuteen liittyvistä käyttöhäiriöistä. Ne analysoidaan suomalaisilla ydinvoimalaitoksilla huolellisesti ja relevanteista tapahtumista tehdään asianomaiset johtopäätökset omien laitosten turvallisuuden ja sen parantamisen suhteen. STUK valvoo

toimintaa ja toisaalta IAEA:n ja OECD/NEA:n käyttökokemustoiminta välittyy STUKin kautta myös suomalaisille käyttäjille.

WANO perustettiin 1989, ja se toimii neljän alakeskuksen ja Lontoon koordinaationikeskuksen tuella. Kaikki maailman ydinvoimalaitoskäyttäjät ovat mukana. Käyttökokemusten vaihto on ehkä tärkein osa toiminnasta. WANOn keskustietokone sijaitsee Atlantassa. Teoriassa jokainen laitos on siihen kytketty vuorokauden ympäri. Muita toimintoja ovat aihekohtaiset seminaarit, tunnuslukujen (Performance Indicators) laskenta, peer review't ym.

Samaa tyyppiä olevien laitosten johto pitää säännöllisesti yhteyttä keskenään turvallisuuteen, kunnossapitoon ja käyttöön liittyvissä asioissa. VVER-laitosjohtajien yhteistyöelimenä toimii "VVER-klubi". TVO puolestaan osallistuu amerikkalaisten voimayhtiöiden yhteistyöorganisaation INPON kansainväliseen ohjelmaan. Lisäksi TVO on mukana kiehumusvesireaktoritoimittajien yhteistyö- ja tiedonvaihto-organisaatioissa ERFATOM (ABB Atom) ja BWROG (General Electric).

Merkittävät kunnossapito- ja perusparannustyöt laitoksilla saavat usein laajaakin kansainvälistä huomiota sekä asiantuntijapiireissä että lehdistössä. Loviisa 1:n paineastian lämpökäsittely on tästä eräs esimerkki. Itse projekti on IVOn johtama. Sen valmistelussa hyödynnettiin aikaisempaa ulkomaista kokemusta ja kansainvälistä tutkimusyhteistyötä. Lämpökäsittelyn suoritus tilattiin tsekkiläiseltä ja slovakialaiselta toimittajalta ja projektiin liittyvät materiaalitutkimukset Venäjältä. Hehkutustapahtumaa kävi seuraamassa vierailijoita useista maista US Nuclear Regulatory Commissionia myöten.



WANO:n Moskovan keskuksen ensimmäinen käyttökokemuskokous syksyllä 1991 Trebicissä, Tsekkosloveniassa.

Ylijohtaja **Jarl Forstén**, VTT,  
p. (09) 456 4130;  
E-mail: Jarl.Forsten@vtt.fi

Johtaja **Heikki Väyrynen**, IVO  
International Oy, Ydinvoimatekniikka, p. (09) 856 12408;  
E-mail: Heikki.Vayrynen@ivo.fi

# ONNISTUUKO TIEDON SIIRTO UUSILLE YDINSUKUPOLVILLE



*Kun sinisilmäinen vastavalmistunut insinööri tai minihameinen feministisiä ajatusmalleja rakentava, tutkijan urasta haaveileva neito-kainen astuu sisään insinöörilinnakkeemme ovesta, on edessämme kova haaste: kuinka tehdä nuoresta raudanluja ammattilainen tälle huonosti palkatulle, vaativalle alalle. Tilannetta ei yhtään paranna se, että hänen ystäväpiirinsä vihertävät kasvissyöjät vaativat häntä heti lopettamaan tuon pimeyden voiman — ydinvoiman tukemisen. Tässä esitetyt kokemukset kuvaavat nuorten ponnisteluja lama-Suomen ydinalalla.*

**Y**ksi ydinalan ongelma on uraputken suppeneminen; alalla ei automaattisesti vapaudu tilaa uudelle sukupolvelle. Usein uusia projekteja ei ole, vaan työtä tehdään samoissa kuvioissa kuin vuosikymmeniä sitten vanhojen ja kokeneiden voimien johdolla.

Uusien projektien puute aiheuttaa myös sen, että aineellisia resursseja ei uskalleta sitoa nuoria innostavaan ja heille hyvin sopivaan ydinvoima-alan tutkimus- ja kehitystyöhön. Vanhoilla resursseilla yritetään kitkutella vuodesta toiseen työkuorman kasvaessa välillä kohtuuttomaksi.

Ihmisten vaihtumista ja urakiertoa hidastaa entisestään se, että innokkaana aloittanut nuoriso oivaltaa nopeasti ongelmat ja lähtee muualle helpomman leivän hakuun.

Muutosten ja vaihtuvuuden puuttuminen ydinvoima-alan organisaatioista johtaa vakiintuneisiin ja lähes itsestäänselvyksinä pidettyihin toimintatapoihin. Näin ollen varmasti syntyy jännitteitä, jos joku nuori ja kokematon tyyppi haluaa muuttaa käytäntöjä mielestänsä ehdotto-

*Turvallisuusinsinööri Esko Markkanen siirtää tietämystään harjoittelijoille: Ulriikka Katila ja Vesa Hakanen työskentelivät Loviisan voimalaitoksella kesän 1996.*

masti parempaan suuntaan. Joustavuutta saattaa puuttua molemmilta osapuolilta. Voi tuntua aika turhautavalta, jos parannusehdotukset tyrmätään pelkätään sen takia, että on "aina" tehty tietyllä tavalla.

Mutta mitä olisi tehtävissä? Miten ydinalalle saataisiin uutta nuorekasta tai naisellista voimaa?

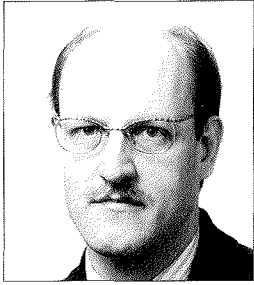
## Nuoria määräaikaisia työntekijöitä vieroksutaan

Suurtyöttömyyden Suomen yrityksissä on aina kiire. Näin myös ydinvoimalalla, kun viime vuoden aikana on peruskuorman lisäksi saatu lukuisia ulkopuolisia esimerkiksi EU-rahoitteisia projekteja. Ja resurssejahon nielevät ennen kaikkea omien laitosten modernisointihankkeet.

Koska ulkomaan projektien jatkumisesta pitkällä aikavälillä ei ole tietoa, uusien vakituisten työntekijöiden palkkaaminen ei käy resurssipulan ratkaisukeinoksi. Uuden voiman lähteeksi on tarjottu mahdollisuutta palkata nuoria ja määräaikaisia työntekijöitä: kesäharjoittelijoita, erikoistyöntekijöitä ja diplomityöntekijöitä alan oppilaitoksista ja korkeakouluista.







Usein ehdotuksiin vastataan, että nuorta määräaikaista työntekijää ei voi käyttää suoraan projekteissa, koska oppimisvaihe on pitkä ja hankala. Toisena verukkeena on esitetty, että kesäharjoittelijan palkkaaminen johtaa siihen, että tehtävän suorittaminen vie kolminkertaisen ajan. Vanhan ja kokeneen viisaan täytyy istua koko ajan vieressä selittämässä ja neuvomassa, kun harjoittelija tekee työn. Myöhemmin harjoittelijan poistuttua täytyy työ tehdä uudestaan itse.

### **Esimerkki elävästä elämästä**

Ydinturvallisuusalaan liittyvään tehtävään kuului varsin laajan mallikokonaisuuden hahmottaminen ja laatiminen. Yhtenä oleellisen osana oli sydämen sulamisonnettomuudessa suojarakennukseen vapautuvien fissiotuotteiden käyttäytymisen mallintaminen siten, että voitaisiin laskea ns. lähdetermi eri onnettomuussekvensseille.

Puolen vuoden kuluttua projektin alusta totesimme, että kukaan ei ollut vielä ehtinyt tarttumaan tehtävään. Kaikki työn potentiaaliset tekijät olivat hukku-massa muihin projekteihin ja tehtäviin. Päätettiin palkata kesäharjoittelija! Ajatus herätti lähinnä hilpeyttä: tehtävää pidettiin aivan liian hankalana.

Toukokuun lopussa saapui Otaniemestä erittäin reipas teekkari, joka ryhtyi tutustumaan fissiotuotteiden käyttäytymiseen ja riskianalyysiin liittyvään kirjallisuuteen. Kesäkuun aikana pyrittiin projektissa rajaamaan tehtävä tarkemmin, eli yhteistuumiin miettimään, mitä loppujen lopuksi olisi järkevää meidän tapauksessamme tehdä. Elokuussa toisten palatessa lomalta oli hyvä malliehdotus jo valmiina.

Miten ehdotus oli syntynyt vain teekkarin voimin? Hän ei tietenkään pystynyt ratkaisemaan ongelmaa suoralta kädeltä itse. Tässä tapauksessa uusi työntekijä toimi tavallaan katalysaattorina. Tämä työtehtävä oli hänen ainoa tehtävänsä, joten hän tavallaan pisti muihin vauhtia. Meidän oli päätettävä, miten tulisi edetä, jotta hänellä olisi jatkuvasti jotain tekemistä, jotta hän ei turhautuisi.

### **Innokas nuori jähmeän organisaation uhka?**

Harjoittelijoiden ja diplomityöntekijöiden käyttö vaativissa projekteissa edellyttää erittäin selkeästi määriteltyjä ja rajattuja tehtäviä. Näin ollen se asettaa korkeita vaatimuksia asian ymmärtämisestä projektin vetäjille ja harjoittelijan ohjaajille. Edellä esitetystä esimerkistä voisi oppia sen, että ongelman ratkaisu voi syntyä kahdella tavalla: joko miettii asiaa vuoden tai pari itse, kun muilta töiltään ehtii — tai sitten pannaan paperille nopeasti oman asiantuntemuksen ydin ja siirretään tehtävä eteenpäin jollekin nuorelle ja innokkaalle. Ensimmäisessä mallissa vaarana on se, että kukaan ei enää ymmärrä vuosia kehitetyn ratkaisun nerokkuutta tai ratkaisu saattaa tulla pari vuotta liian myöhään. Toisessa mallissa on kaksikin vaaraa. Ensinnäkin ajatus saattaa ruveta elämään itsenäisesti organisaatiossa ja menetät keksijän kunnian. Toiseksi vaarana on se, että joku nuori innokas saattaa myöhemminkin tulla kysymään neuvoa sinulta. Kumpaa vaaraa meidän tulee työelämässä välttää?

Toinen parannusehdotus nykyiselle kaoottisen kiireiselle työyhteisölle on jo yrityksessä olevien työntekijöiden kykyjen monipuolistaminen. Kun ydinvoimatieto ja ydinkyvyt ovat jo talossa, tiedon siirtyminen sukupolvien välillä on avainasemassa. Alan kokeneimmat tekijät ovat olleet jo parin vuosikymmenen ajan suurin piirtein samoissa tehtävissä. Heistä on kehittynyt oikeita guruja, joiden kokemus on yritykselle varmaankin lähes korvaamatonta. Avainhenkilöiden ylikuormittuminen projektien ristitulessa aiheuttaa väistämättä myöhästymisiä. Kisällejä ja oppilaita tarvittaisiin lisää, jotta projektit pysyisivät aikataulussa.

Olisi töiden ja projektien sujumisen kannalta eduksi, jos työntekijöiden kyvyissä olisi jonkin verran ns. redundanssia. Jokaiseen tehtävään pitäisi siis löytyä enemmän kuin yksi tekijä. Kokeet avainhenkilöt voisivat todella aktiivisesti ryhtyä siirtämään sopivia osia tietämyksestään nuoremmille tekijöille. Tämä ei ollenkaan edellytä mutkikkaita toimenpideohjelmia tai tehtäväkiertoa, kyse on oikeastaan asennemuutoksesta. Kehitystä haittaa erityisesti asenne, jonka mukaan kannattaa tehdä itsensä korvaamattomaksi ja asema pysyväksi pitämällä kaikki avaintieto itsellä — omissa luupeeiteisissä kassakaapissa.

### **Vanhat eläkkeelle — aukko tietämykseen?**

Laajenevalla alalla kaikki käy itsestään. Kehittäviä ja hasteellisia tehtäviä syntyy jatkuvasti. Uusia työntekijöitä voidaan palkata, pidempään talossa olleet voivat helposti hakea vaihtelua. Ydinvoima-ala on tällä hetkellä Suomessa pysähtymistilassa odottaen joko syökyä kuiluun tai hyppyä kohti uutta nousua.

Meidän tulisi kiinnittää erityistä huomiota siihen, että alalle ei synny suurta aukkoa tiedossa ja osaamisessa, kun ydinvoiman "suuret ikäluokat" jäävät eläkkeelle. Ruotsissa ongelma on tiedostettu. Voimayhtiöt ovat käynnistäneet projekteja, joissa tietoa laitoksen suunnitteluperusteista ja -ratkaisuista siirretään laitosten rakentajasukupolvelta nuoremmille. Siellä on todettu, että dokumentoimatonta ja täysin muistinvaraista tietoa suunnitteluratkaisuista on paljon. Tiedon tehokkaampi siirtäminen uusille työntekijöille helpottaisi nykyistä kiireistä työtilannetta alan yrityksissä.

**DI Petra Lundström** työskentelee IVO International Oy:ssä suunnitteluinsinöörinä erikoisalanaan vakavat reaktorionnettomuudet, p. (09) 8561 5422.

**DI Olli Nevander** on IVO International Oy:n turvallisuusinsinööri ja ATS Ydintekniikka -lehden erikoistoimittaja, p. (09) 8561 2613.

# ATS ENERGIAKANAVA JAKAA SÄTEILYTietoA NAISILTA NAISILLE

*Vuoden 1990 elokuussa perustettiin Atomiteknilliseen Seuraan työryhmä nimeltään Energiakanava. Ryhmä muodostuu energia-alalla ja säteilyn parissa työskentelevistä naisista, joiden tavoitteena on lisätä erityisesti naisten tietämystä energiasta ja säteilystä. Energiakanavan jäsenmäärä on kasvanut perustamisajankohdan noin kolmestakymmenestä nykyiseen viiteenkymmeneen viiteen.*

dea naisilta naisille -tiedottamisesta syntyi European Nuclear Societyn (ENS) informaatiokomiteassa, kun lukuisat eri maissa tehdyt asennetutkimukset osoittivat naisten suhtautuvan ydinvoimaan kielteisemmin kuin miesten. Naiset suhtautuivat samoin myös tekniikkaan ja taloudelliseen kasvuun. Lisäksi todettiin, päinvastoin kuin miehillä koulutuksen kasvaessa, naisilla kielteisyyden vaan lisääntyvän. Syitä on monin tavoin pyritty selvittämään. Yhtenä syynä voi olla se, että vaikka naisten koulutustaso jatkuvasti kasvaa, he eivät yleensä valitse teknistä alaa, vaan ovat kiinnostuneempia palveluihin, kulttuuriin ja terveydenhoitoon liittyvistä aloista.

Tutkimusten mukaan tekniset naiset ovat yhtä myönteisiä ydinvoimalle kuin miehetkin. Eli jos haluamme muuttaa naisten asennetta, pitäisi saada enemmän naisia valitsemaan tekninen ala. Melko pitkäjänteinen projekti siis!

## Tiedon vastaanottajan voitava samaistua viestin lähettäjään

Mutta miten sitten voidaan vaikuttaa muihin kuin teknisiin naisiin. On löydetty toisenlainen tapa kommunikoida. Naisille teollisuuden sanoma lienee pitkälti ollut tahattomasti vääristynyt tai ohipuhuva — suurimmaksi osaksi miehinen ja tekninen. Meidän pitäisi pystyä jakamaan ymmärrettävää informaatiota myös niille naispäättäjille, joilla ei ole teknistä koulutusta.

Informaation välittäminen edellyttää yhteistä kieltä. Jotta taas voisi välittää informaatiota menestyksellisesti, informaation antajan pitää olla pätevä ja uskottava. Pätevyyden voi aina hankkia, mutta miten syntyy uskottavuus. Viesintätutkimusten mukaan uskottavuutta saa vastaanottajassa aikaan se, että hän voi samaistua viestijään. Naisille viestijänä parhaiten voisi siis onnistua nainen, joka on ko. alan asiantuntija. Energiakanavalaisten oma kokemus onkin, että naiset kysyvät ja keskustelevat energia-asioista paljon aktiivisemmin silloin, kun vastaajanakin on nainen.

Ryhmän toimintatapoina on muun muassa esitelmätilaisuuksien ja ydinvoimalaitosvierailujen järjestäminen sekä tiedotusmateriaalin järjestäminen. Toimintansa aikana ryhmä on järjestänyt kokonaan tai yhdessä muiden kanssa yli 70 esitelmätilaisuutta, joissa on pidetty lähemmäs sata esitelmää. Suosituimmat esitelmien aiheet ovat olleet säteily, ydinjätteet, energiantuotanto ja sen vaikutukset ympäristöön sekä vaihtoehtoiset energiamuodot: tuuli, aurinko ja biomassa.

Toimintaansa ryhmä on muutamia kertoja mainostanut kirjeitse Suomen Naisjärjestöjen Keskusliiton kautta. Tunnettuutta lisätäkseen ryhmä painatti myös oman esitteen. Lehtiartikkeleita on

julkaistu 24 kappaletta. Jäsenilleen Energiakanava tarjoaa oman verkoston vaihtaa alan informaatiota.

Sisäisellä koulutuksella on myös keskeinen merkitys. Ryhmän jäsenille onkin ollut yli kaksikymmentä iltaisin pidettyä koulutustilaisuutta. On kuultu eri alojen parhaita asiantuntijoita, joita on löytynyt myös ryhmän jäsenistöstä.

Saatu palaute on osoittanut, että Energiakanavan toiminta on otettu hyvin vastaan. Yleisö, jäsenet ja työnantajat ovat olleet tyytyväisiä. Luennot ovat olleet tervetulleita. Ammattilaisnaiset kertomassa omasta työstään on saanut

## ATS Energiakanavan koordinaatioryhmä 1996

Anneli Salo (fil.lis.), pj.  
Marke Heininen (IVO), varapj.  
Sirpa Vertanen (IVO), siht.  
Anna-Maija Kosonen (VTT)  
Seija Kulmala (HYRL)  
Kristiina Laurila (TVO)  
Pirkko Mäki-Nikkilä (SVK)  
Anneli Nikula (SVK)  
Sinikka Pinnioja (HYRL)  
Eija-Karita Puska (VTT)  
Laina Salonen (STUK)  
Käthe Sarparanta (TVO)

arvostusta. Sanomaamme on pidetty luotettavana.

Energiakanava on nähty riippumattomana ja eturistiriitojen ulkopuolella olevana. Erityisesti on kiitetty siitä, että asiantuntijoita on ollut eri organisaatioista. Jäsenillä on ollut tilaisuus laajentaa tietämystään ja saada harjoitusta luennoinnissa ja vaikeisiin kysymyksiin vastaamisesta. Jatkuvana haasteena koordinoitiryhmälle on suuremman jäsenjoukon aktivoiminen toimintaan.

### **Yhteydet myös kansainvälisiin naisryhmiin**

Energiakanava on ollut myös perustamassa alan kansainvälistä verkostoa. Ensimmäinen ydinvoimainien kansainvälinen kokous pidettiin Helsingissä

vuoden 1992 toukokuussa Energiakanavan järjestämänä. Kokouksessa päätettiin perustaa kansainvälinen Women in Nuclear -ryhmä (WIN) European Nuclear Societyn siipien suojaan. Virallisesti WIN perustettiin vuoden 1993 tammikuussa Karlovy Varyssa Tshekissä.

WIN-verkosto on otettu hyvin vastaan ympäri maailmaa, ja vuoden 1996 alussa siinä oli jäseniä 34 maasta 391. Koska WIN-jäsenistöstä 20 prosenttia on Euroopan ulkopuolelta, mm. Japanista, Taiwanilta, USA:sta, Kanadasta, Argentiinasta, siirtyi WIN ENS:in suojelukselta Lontoossa päämajaansa pitävän, maailmanlaajuisen Uranium Institutin suojiin 1.7.1996. WIN Internationalin tämänhetkinen puheenjohtaja on Agneta Rising Vattenfallista, Ruotsista.

Suomen Energiakanava toimii myös pohjoismaiden muodostamassa WIN Norden -organisaatioissa. Ryhmään kuuluu kaikista pohjoismaista aina Islantia myöten 114 jäsentä. Puheenjohtajana tällä hetkellä on Marke Heininen IVOsta.

**KTM Marke Heininen-Ojanperä**  
on Imatran Voima Oy:n tiedottaja,  
p. (09) 8561 6265;  
E-mail: Marke.Heininen@ivo.fi



## **Päämääränämme jatkuvat parannukset**

*ABB Atom on ydinvoimatekniikan kokonaistoimittaja. Toimitamme korkeimman luokan kansainvälistä reaktoritekniikkaa ja erittäin turvallisen ja tehokkaan käytön mahdollistavaa huoltoa. Toimitamme myös jätteidenkäsittelyjärjestelmiä sekä polttoainetta kiebutus- ja painevesireaktoreihin.*

*ABB Atom kuuluu ABB-yhtymään jolla on noin 1000 yritystä 140 maassa. Palveluksessamme on noin 1100 henkilöä kolmella eri toimialalla: ydinvoimalaitokset, huolto ja polttoaine.*

*ABB Tekniska Röntgencentralen AB (TRC) on ABB Atomin tytäryhtiö.*

ABB Atom on toimittanut 11 ydinvoimalaitosta, joista 9 on Ruotsissa ja 2 Suomessa.

Tiedämme, että koko toiminnan kattava laatuvarmistus takaa tuotteiden ja toimintojen korkean laadun.

Tyytyväiset asiakkaat ja motivoitunut henkilöstö ovat menestyksen avaimet.

Energiaa tullaan tarvitsemaan tulevaisuudessakin mm. ympäristön suojelemiseksi. Ydinvoimalla pystytään turvallisesti tuottamaan puhdasta ja halpaa energiaa. Syntyvien jätetuotteiden käsittelyyn on olemassa valmiit ratkaisut.

Tavoitteenaan ehdoton pyrkimys kokonaislaatuun ABB Atom jatkaa työtä ydinenergian hyväksi. Ympäristö ja asiakkaat ovat edelleen työssämme keskeisessä asemassa.

Parannuksiin tähtäävä kehitystyö jatkuu.

### **ABB Atom**

S-721 63 Västerås, Ruotsi  
Puhelin: +46 21 34 70 00  
Telefax: +46 21 18 94 71



# MITEN NUORET INSINÖÖRIT JA TEKNIKOT VALMENTAUTUIVAT YDINVOIMALAITOKSEN OHJAAJIKSI

*Hyvin suunniteltu ja toteutettu ydinvoimalaitos tarvitsee ammattitaitoiset käyttäjät saavuttaakseen hyviä käyttötuloksia. Loviisan laitoksen ensimmäisen yksikön käynnistyessä vuoden 1977 alussa oli valvomossa työskentelevillä vuoropäälliköillä ja ohjajilla takanaan runsaan kolmen vuoden tiivis koulutusjakso. Käytännön kokemus laitoksen ope-roinnista oli kuitenkin vähäinen. Koulutusaikana hankitut tiedot ja taidot joutuivat todelliselle koetukselle laitoksen koekäyttöjen ja tehokäytön alkaessa.*



Suomen neljästä ydinvoimalaitoksesta käynnistyi ensimmäisenä Loviisan voimalaitoksen ykkösyksikkö. Reaktori tehtiin kriittiseksi 21.1.1977, laitos kytkettiin valtakunnan verkkoon 8.2.1977 ja kaupallinen käyttö aloitettiin 9.5.1977. Vuorineuvos Kalevi Numminen on kirjoituksessaan ATS Ydintekniikka lehden numerossa 3/91, otsikolla "Miten nuoret insinöörit oppivat rakentamaan ydinlaitoksen", kuvannut Loviisan laitoksen toteutusprojektin vaiheita. Rinnan toteutusprojektin kanssa aloitettiin voimalaitoksen ohjaamisesta vastaavan valvomohenkilökunnan koulutus.

## **Koulutus alkoi kolme vuotta ennen laitoksen käynnistymistä**

Hästholmenilla, työmaaparakin neuvotteluhuoneessa, kokoontui 2.1.1974 ryhmä nuoria insinöörejä ja teknikoita, joista voimayhtiöllä oli tarkoitus kouluttaa ensimmäisen yksikön valvomohenkilökunta. Ryhmässämme oli 7 insinööriä ja 20 teknikkaa, ja vain yhdellä oli

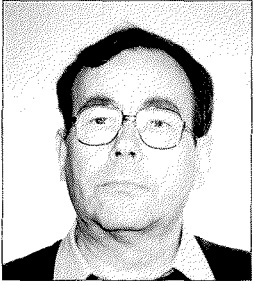
aikaisempaa kokemusta ydinvoimalaitoksen käyttötehtävissä. Muiden motiivit hakeutua ydinvoimalaitoksen käyttötehtäviin perustuiivat kai uuden tekniikan viehäytykseen ja haluun oppia käyttämään jotain erilaista — sellaista, jota Suomessa ei vielä ollut.

Koulutus- ja kokemustaukumme oli vaihteleva. Useimmilla oli kone- tai sähkötekniikan alan koulutus, mahtuipa joukkoon yksi kemian insinöörikin. Kokemusta käyttötoiminnan luonteisissa tehtävissä oli noin puolella joukosta. Elokuussa 1996 alkuperäisestä joukostamme 16 henkilöä työskentelee edelleen Loviisan voimalaitoksella.

Parin päivän perehdytys tutustutti meidät yhtiöön, voimalaitoksen sen hetkiseen toteutusvaiheeseen sekä tulevan koulutusjakson ohjelmaan. Koulutusohjelma oli huolellisesti valmisteltu ja sen esittelyssä alkoi itse kullekin valjeta, millaisen tehtävän edessä olimme. Opinnit aloitimme laadukkaasti kootulla neliosaisella ydinvoimakoulutuspaketillä, joka alkuperältään oli ruotsalainen.

Tämän ns. AKU-paketin ensimmäinen osa palautti mieliin mahdollisesti unohtuneet matematiikan ja fysiikan perusteet. Jatko-osat käsitelivät reaktori- ja säteilyfysiikkaa ja ydinvoimatekniikkaa. Opiskelumuotona oli johdettu itseopiskelu ja sitä tehostivat pakettiin kuuluvat nauhoitteet sekä jokaisen luvun päättävät diagnostiset kokeet.

Kevätkauteen 1974 sijoittuivat myös sähkötekniikan opinnot sekä ryhmällemme räätälöity kurssi Otaniemen tutkimusreaktorilla. Hieman myös opiskeltiin venäjää, jotta edes kyrilliset kirjaimet tulisivat tutuiksi. Myöhemmin venäjänkielen opintoja oli mahdollisuus jatkaa vapaaehtoisuudelta. Valitettavasti alkuinnostuksen jälkeen muut vapaa-ajan käyttömahdollisuudet hiljalleen syrjäyttivät kieliopinnot. Keväällä 1974, ennen koulutusmatkaa Neuvostoliittoon, vierailimme Ruotsissa Oskarshamin ja Ringhalsin ydinvoimalaitoksilla. Laitosvierailut jäivät lyhyiksi, mutta ne antoivat kuitenkin jonkinlaista vertailupohjaa tulevia Novovoroneshiin suuntautuvia koulutusmatkoja silmälläpitäen.



*Vasemmalla Loviisan voimalaitostyömaan parakissa 1974 aloittanut ryhmä, josta koulutettiin Suomen ensimmäisen ydinvoimalaitoksen ohjaajat eli operaattorit.*

*Oikealla laitoksen rakennustyömaa sellaisena kun tulevat operaattorit sen näkivät. Kuva on otettu joulukuussa 1973.*



Luentomuotoinen koulutus jatkui Loviisassa tiiviinä aina vuoden 1975 syksyyn. Ohjelma sisälsi runsaasti myös venäläisten asiantuntijoiden luentoja, aiheina mm. turvallisuus- ja ydintekniikka, PWR-kemia, säteilysuojelu, käyttökemistiikka, reaktorin rakenne, turpiinikurssi, polttoaine jne. Alansa hyvin hallitsevat luennoitsijat tekivät parhaansa täyttääkseen Atomenergoexportille (AEE) asetetut koulutusvelvoitteet. Venäjänkielinen luennointi tulkkauksineen oli tietysti hidasta, ja vähensi luennoitsijan ja kuulijoiden aktiivista vuorovaikutusta.

Koulutus osittain kurssimuotoisena, osittain itseopiskeluna, jatkui käyttöohjeiston ja järjestelmäkuvausten laadinnan ohella aina vuorotyöhön siirtymiseen asti, jolloin ajankäytön pääpaino siirtyi koekäytön vaatimiin tehtäviin.

### **Koulutusta saatiin myös Neuvostoliiton laitoksella**

Koulutusohjelmaamme sisältyi kolme harjoittelujaksoa Neuvostoliitossa Novovoroneshin ydinvoimalaitoksella, jossa sijaitsevat VVER 440-tyypin prototyyppilaitokset. Novovoronesh toimi tällöin kaikkien VVER 440-laitosten henkilökunnan koulutuspaikkana. Samaan aikaan suomalaisten kanssa oli koulutettavana mm. unkarilaisia ja kuubalaisia opiskelijoita. Kunkin koulutusjakson pituus oli 4–6 viikkoa tulevasta tehtävästä riippuen. Ensimmäinen jakso sijoittui touko-kesäkuulle 1974, toinen lokamarraskuulle 1974 ja kolmas harjoittelujakso alkoi tammikuussa 1975.

Useimmille meistä matka Neuvostoliittoon oli ensimmäinen laatuaan. Käyttöjohdon aikaisemmilla matkoilla saamat kokemukset hyödynnettiin matkavalmisteluissa, ja niinpä varusteluettelossa esiintyi sellainenkin artikkeli kuin tietyn suuruinen pesualtaan korkki. Raskaampaa kalustoa edustivat Suomesta Novovoroneshiin viemämme kopiokone ja

yliolanheitin, jotka näinä aikoina varusteineen ja papereineen painoivatkin melkoisesti.

Koulutusohjelma Novovoroneshissa sisälsi luentoja ja käytännön harjoittelua voimalaitoksella. Luentojen osuus oli kuitenkin vähäinen, nehän voitiin hoitaa Loviisassakin. Harjoittelu tapahtui vuorotyössä laitoksen käyttöhenkilökunnan opastuksella. Yhteisen kielen puuttuessa korostui tulkkien suuri merkitys koko harjoitteluohjelman läpiviennissä. Voimayhtiön omien tulkkien vankka ammattitaito, ja varmaan kärsivällisyyskin, joutui monasti koetukselle, kun selviteltiin yövuorossa mahorkantuoksuissa kopissa esimerkiksi generaattorin tiivistysöljyjärjestelmän toimintaa. Varsinaisiin ohjaustoimenpiteisiin saimme osallistua melko rajoitetusti. Myöhemmin itse vuoropäällikkönä toimineena ymmärrän varsin hyvin venäläisen käyttöhenkilökunnan varovaisen suhtautumisen innokkaisiin harjoittelijoihin.

Novovoroneshissa automaation taso, valvomotekniikka ja laitoksen lay-out oli hyvin erilaisia verrattuna rakenteilla olevaan Loviisan laitokseen. Käyttövuo-roissa työskentelevän henkilöstön määrä ylitti huomattavasti Loviisan kaavaillun miehityksen.

Dokumentaation taso, saatavuus ja sen käyttö käyttötoiminnassa poikkesi odottamastamme. Prosessikaavioiden ja käyttöohjeiston käytön vähäisyyttä osittain kompensoi opastavan käyttöhenkilökunnan hyvä laitostuntemus ja ammattitaito. Selvitettäessä prosessin tai komponentin rakennetta kollegat mieluummin turvautuivat piirtämiseen, kuin hankkivat hankalasti saatavan dokumentin käyttöönsä. Muistiinpanoja varten meille jaettiin "viralliset", numeroidut ja sinettilangalla varustetut vihkot. Kaikki muistiinpanot tuli tehdä näihin vihkoihin, jotka koulutusjakson päätteeksi kerättiin pois ja toimitettiin aikanaan Loviisaan Moskovan kautta.

Mitä sitten opimme vieraassa maassa ja vieraalla laitoksella? Opimme ainakin jossain määrin tuntemaan venäläisiä voimalaitoskäyttäjiä ja heidän tapansa toimia erilaisissa käyttötilanteissa. Opimme, että kaikkea ei välttämättä kerrota, jos ei osaa esittää oikeita kysymyksiä. Saimme arvokasta tuntumaa käyvään ydinvoimalaitokseen ja sen käyttöön laitteiden ja järjestelmien

ollessa toiminnassa ja konkreettisesti nähtävinä, eikä vain piirustuksina pöydällä. Opimme myös, että venäläinen seurallisuus ja vieraanvaraisuus ei kilpisty kielimuuriin, kunhan virallisista puiteista on päästy eroon.

### Käyttöohjeiston laadinta oli odotettua työläämpää

Laitoksen toimittajan, AEE:n vastuulla oli myös käyttöohjeiden sekä häiriötilanne- ja hätätilanneohjeiden toimitus. IVossa laitoksen käyttöohjeiston laadinnasta ja ylläpidosta vastasi käyttöorganisaatio. Venäläisen laitoksen ohjeiston rakenne ja esitystapa poikkesi tuntuvasti Loviisan ohjeistolle asetetuista vaatimuksista. Operatiiviseen käyttöön tarkoitettu ohjeisto koostui Novovoroneshissa muutamasta paksusta ja kaiken kattavasta manuaalista, joissa tarvittaessa viitattiin laitetoimittajien komponenttikohtaisiin käyttöohjeisiin. Näin myös laitostoimittaja oli uuden vaativan tehtävän edessä.

Virallinen ohjeiston toimituskieli oli englanti, joten käännöstöitä tehtiin menen tullen, ja tämä aiheutti lisäviiveitä aikatauluun. Ohjeiden sisältö ei aivan vastannut asettamiamme vaatimuksia. Niinpä Loviisan laitoksen käyttöohjeiston valmistelu edes tyydyttävälle tasolle vaati käyttöryhmältä ja

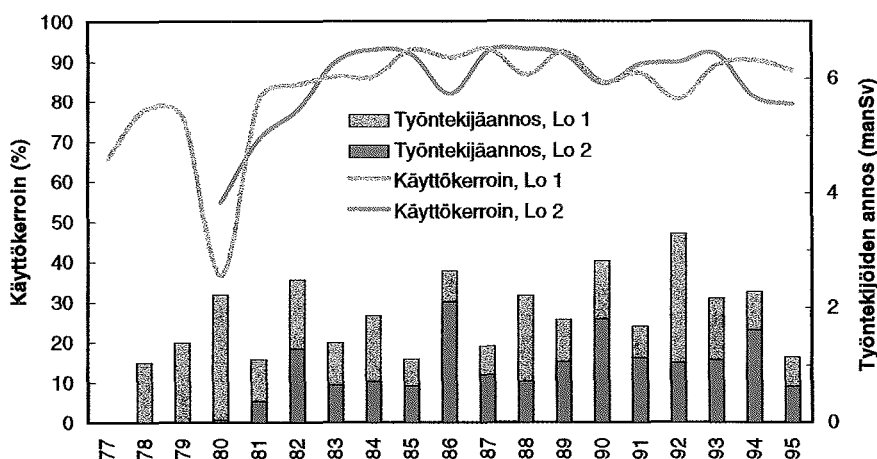
erityisesti käyttöjohdolta jatkuvasti huomiota ja suurta työpanosta.

Käyttöorganisaation tehtäviin sisältyi myös suomenkielisten järjestelmäkuvausten laatiminen voimalaitoksen prosesseista atomiprojektin suunnittelijoiden avustuksella. Toimittajalta saatu lähdeaineisto oli englanninkielistä eikä varsinkaan automaation osalta sisältänyt kaikkea järjestelmäkuvausta spesifioitaessa tavoitteeksi asetettua. Työ kuitenkin opetti ja edisti tekijöiden perehtymistä automatiikan ja instrumentoinnin salaisuuksiin. Alkuperäiset järjestelmäkuvaukset tosin korvattiin myöhemmin muulla aineistolla, käyttöohjeilla ja turvallisuusselosteeseen sisältyvillä järjestelmäkuvauksilla.

### Järjestelmien otto käytön väliaikaiseen hoitoon

Voimalaitoksen osajärjestelmien valmistuessa käyttökuntoon ne siirrettiin erityisellä hoitoonottoproseduurilla projektilta käytön väliaikaiseen hoitoon. Hoitoonotosta eteenpäin käyttö vastasi kyseisen laitoksen tai osajärjestelmän käytöstä ja ennakkohuollosta. Takuuasiana hoidettavat korjaukset tietysti kuuluivat edelleenkin laitoksen toimittajalle. Ensimmäisinä käytön hoitoon otettiin vedenpuhdistuslaitos, suolanpoistolaitos, apukattilalaitos sekä rakennusten lämmi-

Loviisan yksiköiden vuotuiset energiakäyttökertoimet ja henkilökunnan säteilyannokset





*Loviisan ykkösyksikön päävalvomo  
6.8.1976 koekäytön aikana.*

tys- ja ilmanvaihtojärjestelmät. Hoitoonottoa edelsivät yhteiset tarkastukset ja katselmukset, joissa todettiin hoitoonoton edellytykset, listattiin jäljellä olevat työt ja puutteet, todettiin dokumentaation riittävyys ja sovittiin viimeistelytöistä aikatauluineen.

Hoitoonottomenettely oli työläs, mutta varsin opettava vaihe. Hoitoonotettavan järjestelmän tarkastus oli käytön puolelta suoritettava huolellisesti myöhemmän puhevallan menettämisen uhalla. Tässä yhteydessä käytiin monta mielenkiintoista keskustelua mm. venttiilien sijoittelusta ja operoitavuudesta.

### **Vuorotyö alkoi järjestelmäkoekäyttöjen alkaessa**

Säännölliseen kolmivuorotyöhön valvomohenkilökunta siirtyi järjestelmäkoekäyttöjen alkaessa vuoden 1976 kevättalvella. Vuorojärjestelmäksi valittiin 6-vuorojärjestelmä teollisuudessa silloin yleisten 5-vuoro- tai 4-vuorojärjestelmien sijasta. Vuorokalenteriin tuli siten myös pitkiä päivätyöjaksoja. Päivätyöjaksoja käytettiin koulutukseen, käyttöohjeiston valmisteluun ja toimittiin tarvittaessa ylimääräisenä miehityksenä koekäytöissä.

Valvomossa ja kentällä työskenteli IVO:n henkilökunnan rinnalla toimittajan venäläinen vuoromiehistö niin että jokaisella vakanssilla oli oma vastapelerinsa. AEE:n käyttöhenkilökunnan ammattitaito oli korkeaa tasoa. Tietämys Loviisan prosesseista, lay-out'sta ja automaatiosta oli erittäin hyvä. Ryhmä oli koottu Neuvostoliiton käyville ydinvoimalaitoksilta ja monet olivat saaneet kokemusta mm. Itä-Saksan ja Bulgarian laitosten koekäytöissä.

Koekäyttövaiheessa toimittajalla oli vastuu laitoksesta. Sovittujen pelisääntöjen mukaan IVO:n käyttöhenkilökunnan tuli kuitenkin suorittaa kaikki ohjaukset valvomosta ja operoinnit kentällä AEE:n henkilökunnan ohjauksessa ja valvonnassa. Periaate oli ensiarvoisen tärkeä tulevan tehtävämme kannalta. Se pakotti meidät ottamaan selvää järjestelmien sen hetkisestä tilasta, toiminnasta ja automaatiikoista, ja myös opetti tarkistamaan toimenpiteen oikeellisuuden kollegan vakuutteluista huolimatta. Se myös velvoitti venäläiset selostamaan meille toimenpiteiden tarkoitukset ja tavoitteet.

Venäläisiä kumppaneitamme menettelytapa alussa oudoksutti. Todennäköisesti he olivat muiden laitosten koekäytöissä voineet käyttää enemmän isännän otteita, tilaajan henkilökunnan katsellessa sivusta. Reaktorin latauksen alettua operointivastuu siirtyi yksikäsitteisesti suomalaiselle valvomomiehistölle AEE:n henkilöstön toimiessa edelleen neuvonantajina.

Yhteisen kielen puuttuminen luonnollisesti jonkin verran hankaloitti toimintaa valvomossa. Operatiivisesta henkilökunnasta projektiin virallista kieltä, englantia, edes auttavasti hallitsevat voitiin lukea yhden käden sormin, niin tilaajan kuin toimittajankin puolella.

Tärkeimmissä koekäyttövaiheissa vuoromiehitykseen kuului IVOn järjestämä suomi-venäjä tulkki, johon turvaututtiin kirjallisten määräysten käännoksissä ja epäselvissä tilanteissa. Normaleista päivittäisistä asioista selvittiin mainiosti kielellisellä sekamelskalla, jossa olivat edustettuina suomi, venäjä, saksa ja englantia. Laitetunnukset eivät kääntämistä kaivanneet ja valvomossa käytetty voimalaitostermologia suomeksi ja venäjäksi tuli molemmille osapuolille nopeasti tutuksi. Monet asiat selvisivät piirroksia ja käsiä apuna käyttäen. Muistissani ei ole tapausta, jossa yhteisen kielen puuttuminen valvomotyössä olisi johtanut laitteen rikkoutumiseen tai vakavaan operointivirheeseen.

### **Lisensiointi vuoropäälliköiksi ja ohjaajiksi**

Ennen reaktorin latausta ydinvoimalaitoksen ohjaajilta edellytettiin valvovan viranomaisen, Säteilyturvallisuuslaitoksen (STL), myöntämää lupaa toimia valvomossa ohjaajana tai pääohjaajana. Tämä ns. lisensiointi perustui sen aikaiseen ohjeluonnokseen YVL 1.6. Lisensiointimenettely käsitti teoriaa ja toimintaperiaatteita käsittävän kirjallisen kokeen, voimalaitoksen käyttötekniikkaan ja turvallisuuden painottuvan suullisen kuulustelun sekä ns. työtaidon osoituksen. Viimeksimainitun toteutustapa käytännössä oli ainakin kokeilulle melko epäselvä, liekö sitten viranomaiset ymmärtäneet asian paremmin. Hyväksymismenettelyn toteutuksesta vastasi voimayhtiö viranomaisen valvonnassa.

Ensimmäisen vaiheen laajat kirjalliset kokeet pidettiin lokakuussa 1976. Hyväksytyjen koesuoritusten perusteella STL myönsi lisenssit marraskuussa liittämällä päätöksensä kuitenkin lisäehtoja ja velvoitteita. Samalla saivat myös venäläiset kollegamme luvan toimia pääohjaajina ja ohjaajina. Lisenssit olivat voimassa vain 2 % reaktoritehoon

asti. Tietääkseni peruste tälle rajoitukselle oli valvomohenkilökunnan vähäinen käytännön kokemus ydinvoimalaitoksen käyttötehtävissä, joka laitoksen ollessa koekäyttövaiheessa olikin ymmärrettävää.

Suulliset kuulustelut pidettiin tammikuussa 1977 sekä suomalaisille että venäläisille ohjaajille ja vuoropäälliköille. Suullisen kuulustelun pääkohtina olivat käyttörajoitukset, toiminta häiriö- ja hätätilanteissa, laitostuntemus sekä valvomosta suoritettavien ohjaustoimien hallinta. STL:n hyväksyminen ohjaajille ja vuoropäälliköille saatiin helmikuussa 1976. Hyväksyminen oli kuitenkin voimassa vain 80 % reaktoritehoon saakka, ja YVL-ohjeen 1.6 mukainen työtaidon osoitus edellytettiin ennen reaktorin tehon nostoa yli 80 %.

Valvomohenkilökunnan hallittavaksi määritelty tietomäärä tuntui aluksi valtavalla. Koekäyttöjen ja tehonnostokokeiden aikana vuoropäälliköihin ja ohjaajiin kohdistui vielä lisäpainetta eri osa-alueiden lukuisten koekäyttäjien ja suunnittelijoiden vaatiessa palvelua omien tärkeiden tehtäviensä läpiviemiseksi. Tahti oli kiivas, ja laitoksen aloittaessa kaupallisen käytön vuoropäälliköillä ja ohjaajilla oli myös koeteltua stressinsietokykyä.

### **Koulutus ei päättynyt laitoksen käynnistymiseen**

Ydinvoimalaitoksen vuoropäälliköt ja ohjaajat joutuvat säännöllisesti osoittamaan pätevyytensä viranomaisen edellyttämällä tavalla. Tämä ns. uudelleenlisensiointi tapahtuu nykyisin kolmen vuoden välein. Pätevyyden ylläpito edellyttää, paitsi jatkuvaa valvomotyötä, myös säännöllistä kertauskoulutusohjelmaa, jossa simulaattorikoulutuksella on merkittävä osuus.

Ensimmäisen tuntuman VVER 440-tyypin simulaattoriin sai osa joukostamme tammikuussa 1979 Novovoroneshin laitoksella, jonka koulutuskeskukseen oli vuonna 1978 valmistunut koulutussimulaattori. Matka tapahtui Loviisa 2:n hankintasopimukseen kuuluvien koulutusvelvoitteiden puitteissa, ja ymmärsimme olevamme koulutuskeskukselle jonkinlainen koeryhmä. Muutoin antoi-

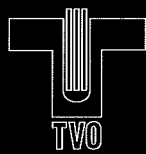
san matkan koulutuksellinen anti jäi kuitenkin varsin vaatimattomaksi. Valvomotekniikka oli venäläistä mallia ja käytetyn tietokonetekniikan vuoksi simuloitujen prosessien keskinäiset riippuvuudet ja aikavakiot eivät vastanneet todellisen voimalaitosprosessin käyttäytymistä.

Loviisan laitospöytäkirjaan simulaattori valmistui koulutuskäyttöön lokakuussa 1980 tuoden oleellisesti lisää mahdollisuuksia valvomohenkilökunnan koulutukseen. Erityisen suuri merkitys simulaattorilla oli laitoksella harvoin sattuvien häiriötilanteiden koulutuksessa. Se antoi mahdollisuuden harjoitella laitoksen operointia tavalla, jota vuonna 1974 opiskelunsa aloittanut ryhmä tuskin osasi kuvitella.

Työmaaparakin neuvotteluhuoneesta alkanut runsaan kolmen vuoden koulutusjakso huipentui laitoksen kiivastemposeen koekäyttöön ja tehonnostokokeisiin. Laitoksen aloittaessa kaupallisen käytön valvomohenkilökunta oli jo osallistunut moniin käyttöönottokokeiden edellyttämiin tehonmuutoksiin, transientteihin sekä alas- ja ylösajoihin niin, että lisensiointiproseduurin vaatima työtaidon osoituskin saatiin hoidetuksi. Lähes 20 vuoden käyttöhistoria osoittaa laitoksen toimineen luotettavasti ja käyttövirheistä aiheutuneiden häiriöiden määrän jääneen erittäin vähäiseksi.

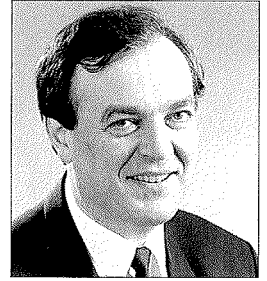
**Ins. Tapani Larm** toimii Loviisan voimalaitoksella vuoropäällikkönä. Hän oli laitoksen käyttöryhmän päällikkö vuosina 1982–1995, p. (019) 5501.





***Teollisuuden Voima Oy  
onnittelee juhlivaa  
ATS Ydintekniikkaa.***

# TVO:N LAITOKSET ENTISTÄ VETREÄMPINÄ KESKI-IKÄÄN



*Teollisuuden Voima Oy:n laitoksen turvallisuustekniset perusratkaisut olivat terveellä pohjalla. Laitos on myös läpäissyt myöhemmät eri menetelmillä tehdyt riippumattomat turvallisuustarkastukset, ja rakenneratkaisuiltaan laitosta voidaan pitää uudenveroisena. Se vastaa uusia japanilaisia laitoksia, jotka edustavat viimeisintä kiehutusvesi-reaktoritekniikkaa. Laitoksen käyttöiästä on vielä yli puolet jäljellä, joten työsarkaa riittää myös nuorille insinööreille.*

**T**eollisuuden Voima Oy:n (TVO) Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ykkösyksikkö kytkettiin valtakunnan verkkoon syyskuun toisena päivän vuonna 1978. Kakkosyksikkö kytkettiin valtakunnan verkkoon helmikuun 18. päivänä vuonna 1980.

Tähänastiset käyttötulokset ovat olleet selvästi yli odotusten. Kymmenen viime vuoden käyttökertoimeksi TVO I:llä tulee 92,4 % ja TVO II:lla 93,0 %. Ydinvoimalaitoksen investointipäätöksen perustana on ollut noin 70 % käyttökerroin. Olkiluodon sähköntuotannossa

ylittyi 180 TWh:n raja 22.8.1996. Tähänastinen sähköntuotanto vastaa vajaan kolmen vuoden kulutusta koko Suomessa.

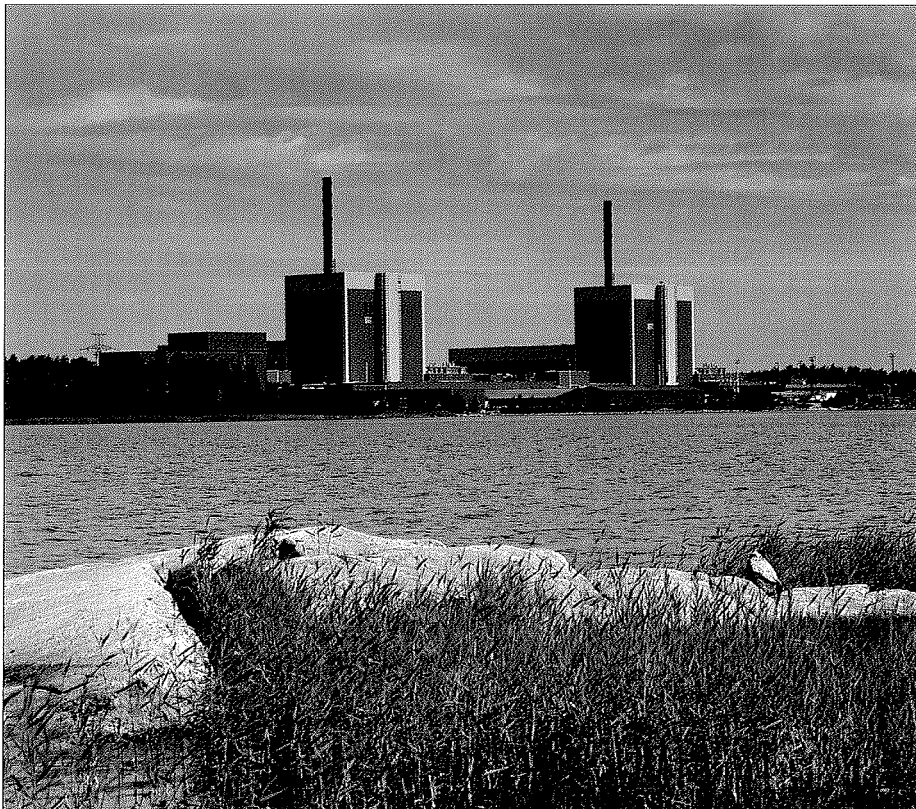
TVO:n laitosta on voitu ajaa jatkuvasti täydellä kuormalla. Verkkotilanteesta johtuvaa tehonsäätöä on ollut vain vähän, lähinnä 80-luvun alkupuolella, kun Suomen kaikki neljä ydinvoimalaitosyksikköä valmistuivat tuotantoon suhteellisen lyhyen ajan sisällä. Pisimmät häiriöttömät ajokaudet ovat olleet 600–700 vuorokautta.

## **TVO-yksiköt teknisesti huippulaitoksia**

Hyvien tulosten taustalla on merkittävänä seikkana se, että Olkiluodon ydinvoimalaitoksen rakentaminen on voitu liittää lähes saumattomasti Ruotsin ydinvoimaohjelmaan. Samantyyppisiä laitosyksiköitä oli Ruotsissa rakennettu jo viisi, kun seuraavaa sukupolvea edustavat Forsmarkin kaksi ensimmäistä laitosyksikköä ja Olkiluodon molemmat laitosyksiköt otettiin käyttöön. TVO:lle saatiin näin ollen ydinvoimalaitos, joka ei ollut prototyyppi vaan lähellä teknisen kehityskaaren huippua.

Ruotsin ydinvoimalaitosten käyttökokeuksista on ollut myös paljon hyötyä. Laiteteknisellä puolella on monen ongelman ratkaisuun voitu ennalta varautua hyvissä ajoin, kun yhteydenpito Ruotsin ydinvoimalaitoksiin on ollut tiivistä käyttöorganisaatioiden eri tasoilla. TVO on ollut mukana Ruotsin laitosten käyttökokemustiedon välittämisyjärjestelmässä jo noin 10 vuoden ajan.

Käyttöhenkilöstön kouluttamisessa ennen oman simulaattorin rakentamista käytettiin Studsvikissa olevaa koulutus-simulaattoria noin 15 vuoden ajan. Tänä aikana TVO:n käyttöön on kertynyt



*TVO:n laitos on jauhanut valtakunnan verkkoon ydinsähköä jo yli 18 vuotta ja käyttöikä on jäljellä vielä reilusti saman verran.*

tieto Ruotsin laitosten käyttöhäiriöistä ja näiden vaatimista toimenpiteistä.

Laitostoimittajan, Ruotsin ydinvoima-teollisuuden ja ydinvoimalaitosten organisaatioilta siirtyneen tiedon merkitys on ollut suuri. Kuitenkin aivan oleellinen osuus on ollut myös Suomen korkeakoulujen ja yliopistojen pitkän tähtäyksen koulutusohjelmilla. Näiden ansiosta on voitu saada riittävä määrä pätevää henkilöstöä ydinvoimalaitoksille, teollisuuteen, viranomaisorganisaatioihin ja tutkimuslaitoksiin.

Olkiluodon ydinvoimalaitos ei ole vielä edes teknisen käyttöikänsä puolella välissä. Nykyisin ydinvoimatekniikkaa opiskelevien nuorten lukumääriä tarkasteltaessa voidaan todeta, että lähitulevaisuudessa on tehtävä lujasti töitä ydinteknisen erikoisosaamisen säilyttämiseksi, jos laitosinvestointi aiotaan hyödyntää loppuun saakka ja kerätä pitkäaikais-sijoituksesta loppuvuosien voitot. Onhan investointi muuten teollisuuspolitiikan tavoitteiden mukainen korkean jalostusarvon ja vaadittavan teknisen osaamisen takia.

### **Vuosihuolloilla varmistetaan häiriötön käyttö**

Olkiluodon ydinvoimalaitoksella polttoaineen vaihto tapahtuu vuosittain. Vaih-tolatauksen yhteydessä loppuunpalaneet polttoaineputukset poistetaan reaktorista ja niiden tilalle ladataan uusia niin paljon, että laitosta voidaan käyttää taas vuosi eteenpäin.

Polttoaineen vaihtoon liittyy luontevasti laitoksen vuosihuolto. Sen tarkoituksena on varmistua laitoksen kunnosta ja tehdä tarvittavat työt, jotta seuraava käyttökausi voidaan ajaa ilman tuotantokeskeytyksiä ja odottamattomia teknisiä vaikeuksia.

Tietoa laitoksen kunnosta saadaan normaalin tuotantokäytön yhteydessä valvonnalla ja seurannalla, käytön ja kunnossapidon laitoskierroksilla, ennakkohuoltoon sisältyvillä laitteiden kunnonvalvontamittauksilla sekä määrää- aikaiskokeilla. Laitetason tietoa saa- daan vikojen korjauksen ja analysoinnin yhteydessä sekä purkamalla venttiileitä, pumppuja, moottoreita ja lämmönvaihti-

## **TVO:n vuosihuollot**

### **Vuosihuoltojen jaksotusta ja niissä toteutettavia töitä ohjataan kolmitasoisesti:**

- pitkän tähtäyksen suunnitelma (8–10 vuotta eteenpäin)
- keskipitkän tähtäyksen suunnitelma (3–4 vuotta eteenpäin)
- seuraavien vuosihuoltojen suunnitelma.

### **Vuosihuolto-ohjelmaan vaikuttavat toimenpideohjelmat:**

- tarkastus- ja ennakkohuolto-ohjelmat
- elinikätyöryhmän toimenpidetaulukot
- tekniikkakohtaiset kehityssuunnitelmat
- turvallisuustason ylläpito- ja kehityssuunnitelmat
- modernisointihankkeet

## **Tärkeimmät muutostyöt**

### **Muutos- ja perusparannustöiden kohteita ovat olleet:**

- tehonkorotus
- lauhduttimen putkiston vaihto
- korkeapaineturpiinin siipien muutos
- kosteudenerottimet
- matalapaine-esilämmittimien uusinta
- matalapaineturbiinien vaihto (meneillään)
- turbiinin säätö- ja suojausjärjestelmän uusiminen
- generaattorin vaihto
- sydänritilän vaihto
- toisen käynnistysmuuntajan asennus
- putkisto- ja laiteusinnat
- ulkoisen verkon vahvistaminen
- laitostietokoneen vaihto
- SPDS (Safety Parameters Display System)
- suojarakennuksen suodatusjärjestelmä vakavien onnettomuuksien varalta
- investoinnit jätteen käsittelyyn
- simulaattori/koulutuskeskus
- modernisointiprojektin laajat muutostyöt

mia ennakkohuolto-ohjelman mukaisesti. Putkistojen ja paineastioiden ja erityisesti reaktoripaineastian ohjelmanmu- kaiset tarkastukset antavat myös viitteitä niiden teknisen kunnan kehityksestä. Myös muilta ydinvoimalaitoksilta saatu käyttökokemustieto on ensiarvoisen tärkeää.

Kaiken edellä mainitun tiedon yhdistä- misen perusteella laaditaan suunnitelmat korjauksia, muutoksia, perusparannuksia ja uudistuksia varten. Vuosihuoltoai- ka- tauluun täytyy yleensä sisällyttää 700– 1000 yksittäistä työtä. Tämä on pala- pelin kokoamisen luonteinen tehtävä, koska varsin monia asioita joudutaan



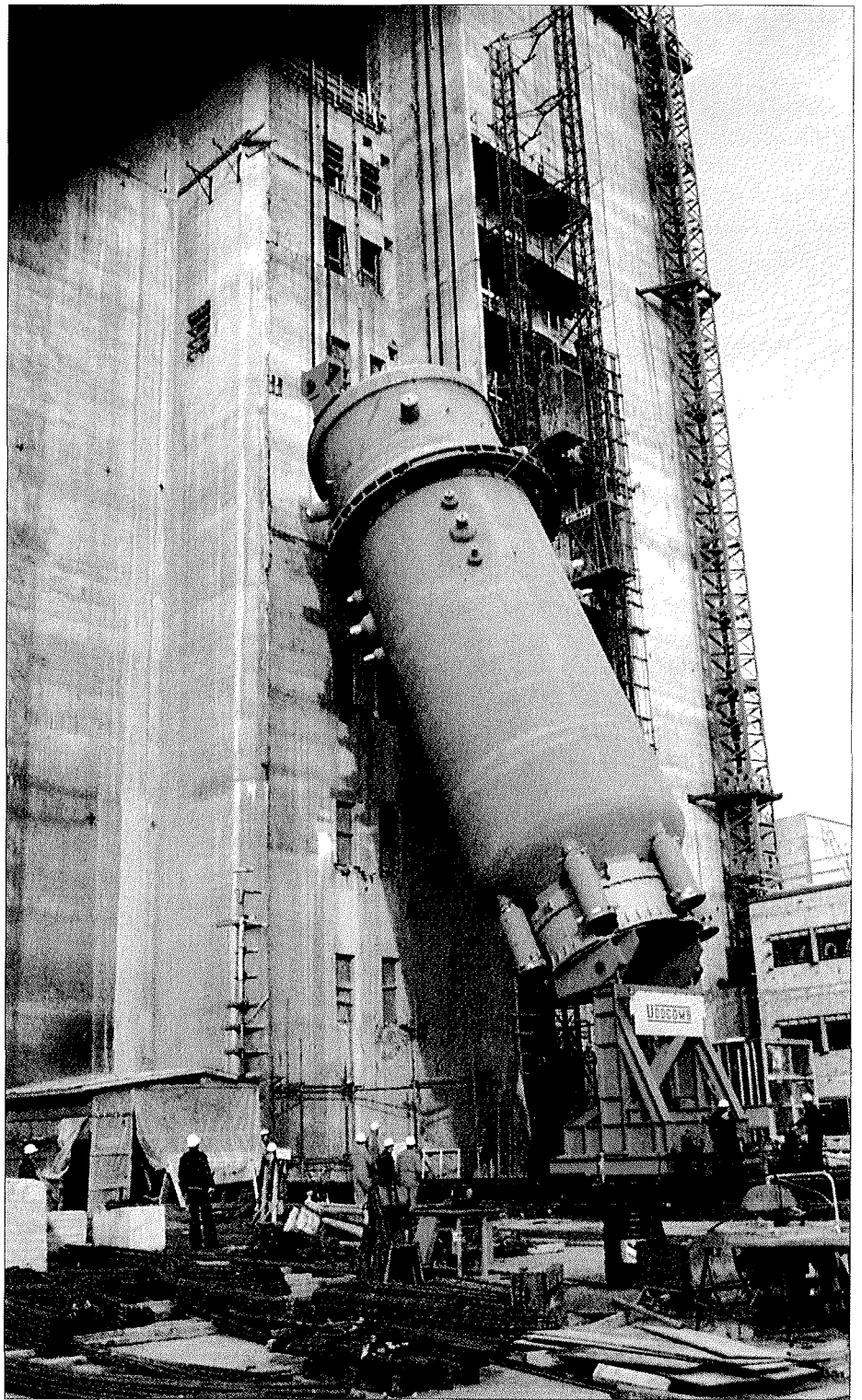
*Syyskuun 2. päivänä 1978 klo 05.46.44 Seppo Brodikin tahdistaa TVO 1:n valtakunnan verkkoon.*

ottamaan huomioon, kun vuosihuolto-aika pyritään tehokkaasti hyödyntämään. Työsuunnittelun, töiden jaksotuksen ja 'paketoinnin' sekä resurssien käytön on samalla oltava kustannustietoista.

Hiilivoimalaitokseen verrattuna vuosihuolto eroaa siinä, että ydinvoimalaitosta ei voi kokonaan pysäyttää ja ottaa kaikki kerralla huollettavaksi. Jälkilämmön poistojärjestelmien, reaktiivisuuden säätöjärjestelmien ja suojausjärjestelmien täytyy olla toimintakunnossa siten kuin turvallisuustekniset käyttöehdot edellyttävät. Tämä vaikuttaa tehtävien töiden mahdollisen suoritusajankohdan määräytymiseen.

TVO:n osaaminen vuosihuollossa perustuu hyvään töiden suunnitteluun sekä tarvittavan vuosihuoltojen työlaajuuden oikeaan arviointiin. Laitoksen toiminnallisten kokonaisuuksien ymmärtäminen on eräs avainkysymyksistä tehokkaaseen aikataulutukseen pyrittäessä. Hyvien käyttötulosten saavuttamisessa vuosihuoltojen tehokas toteutus on selvästi ominta osaamista.

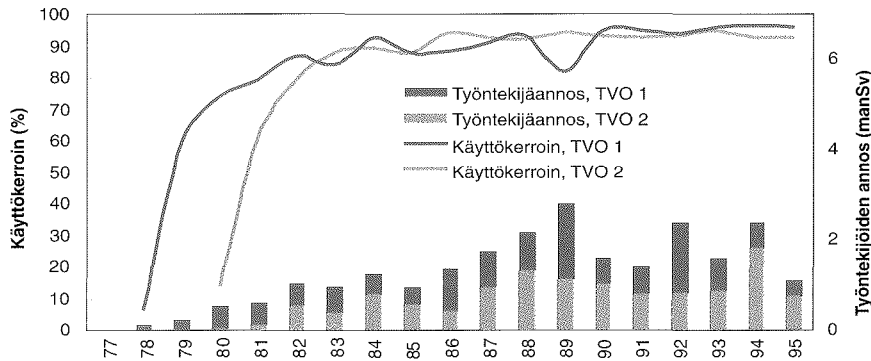
TVO:lla on vuosihuoltojen ohjauksessa päädytty vuosihuoltojen jaksottamiseen polttoaineenvaihtoseisokkeihin ja huol-



toseisokkeihin. Pääsääntöisesti samana vuonna toisella laitosyksiköllä toteutetaan polttoaineenvaihtoseisokki ja toisella huoltoseisokki. Tavoitteena on taata laitosten turvallinen käyttö, korkeat käyttökertoimet ja pitää laitokset uudenveroisina. Tähän pyritään jaksottamalla erilaiset toimenpideohjelmien työt siten, että niiden aiheuttamat kustannukset ja laitosten käytettävyys optimoituvat.

*Reaktoripaineastia tuotiin laivalla Karlskronasta Olkiluotoon kesällä 1976. Paikoilleen 500 tonnin paineastia nostettiin lokakuussa, ja operaatio kesti kolme ja puoli vuorokautta.*

## TVO:n yksiköiden vuotuiset energiakäyttökertoimet ja henkilökunnan säteilyannokset



Toimenpideohjelmien määrittelemien töiden lisäksi vuosihuolloissa toteutetaan kylmäseisokkia edellyttävät vikakorjaukset sekä jokavuotiset huollot, tarkastukset ja kokeet.

Vuosihuoltotyöt noudattavat tiettyä perusohjelmaa, johon tulevat muutostöiden ja vikakorjausten vaatimat lisäykset. Perusohjelma, jota tähän mennessä on seurattu, lienee riittävä tähänastisten hyvien tuotantotuloksien perusteella. Laitosyksiköiden käytöstä saadun kokemusperäisen tiedon soveltaminen on ensiarvoisen tärkeää. Lisäksi huolto-ohjelmaa on kehitettävä edelleen, jotta pystytään paremmin ennakoimaan tulevia vikoja ja välttämään laitoksen vanhenemisesta aiheutuvia teknisiä ongelmia.

Vuosihuoltojen tuloksellinen ja tehokas toteutus on mahdollistanut käyttökertoimella mitattuna Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ykkössijan ABB Atomin toimittamien laitosten joukossa.

### Polttoaineen jäähdytys tärkein turvallisuustekijä

Kevytvesireaktorin potentiaalisen vaaratekijän muodostaa se, että polttoaineessa on suuri määrä radioaktiivisia aineita, jotka voivat vapautua. Keskeisintä reaktoriturvallisuuden kannalta on huolehtia, että polttoaine ei missään olosuhteissa pääse ylikuumenemaan tai

sulamaan, ja suojata ympäristöä polttoaineessa olevilta halkeamistuotteilta.

Perinteiseen ydinvoimalaitoksen luvitukseen kuuluvat suunnittelun pohjana olevat tapahtumat tai ns. perusonnettomuudet, joiden varalta turvallisuusjärjestelmät mitoitetaan. Lisäksi on otettava huomioon eräitä tärkeitä suunnittelukriteereitä kuten yksittäisvikakriteeri, redundanssit, diversifointi, erottelu, 30 minuutin sääntö, ulkoisen sähköverkon menetys.

Harrisburgin onnettomuuden jälkeen on suunnitteluratkaisujen hyvyttä turvallisuuden kannalta arvioitu laajemmin myös todennäköisyyspohjaisilla menetelmillä. Olkiluodon laitoksella on tehty tällaisia turvallisuusarvioita yli kymmenen viime vuoden aikana. Tosin jo alkuvaiheen turvallisuusanalyysiin sisältyi todennäköisyyspohjaisia luotettavuustarkasteluja, mutta lähinnä järjestelmätasolla.

Yhteenvetona voidaan sanoa, että laitoksen turvallisuustekninen perusratkaisu on ollut terveellä pohjalla. Se on läpäissyt hyväksyttävästi myöhemmän eri menetelmään perustuvan turvallisuuden riippumattoman tarkastuksen. Turvallisuusteknisiltä rakennusratkaisuiltaan laitos on uudenveroinen ja vastaa uusia japanilaisia ABWR-laitoksia, jotka edustavat viimeisintä kiehumisvesireaktoritekniikkaa.

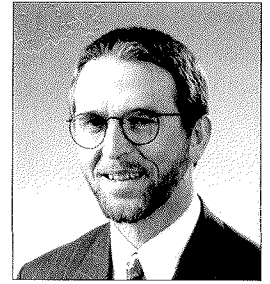
Laitoksen käytön ympäristövaikutukset ovat olleet vähäisiä. Radioaktiivisten aineiden päästöt ilmaan ovat olleet noin prosentin luokkaa viranomaisten asettamasta sallitusta raja-arvosta ja vesipäästöt noin 10 prosentin luokkaa. Meneillään olevan modernisointiprojektin yhteydessä on tarkoitus alentaa vesipäästöt parin prosentin tasolle raja-arvosta.

Vuosittain on laitoksen ylläpitotoimintaan käytetty rahaa noin 150 miljoonaa markkaa, josta käyttöhankinnoiksi voidaan katsoa noin 50 miljoonaa markkaa perusparannuksien osuuden ollessa noin 100 miljoonaa markkaa. Kunnossapitopolitiikan tavoitteena on ollut pitää laitokset nykyvaatimuksia vastaavina ja uudenveroisina.

Tulevia käyttövuosia ajatellen on tärkeää huolehtia, että käytettävissä on hyvä tekniikka, osaavia urakoitsijoita ja hyvät tietoyhteydet. Erityisen tärkeää on investoida myös jatkossa riittävästi oman organisaation inhimillisten resurssien kehittämiseen.

DI Antti Piirto on Teollisuuden Voima Oy:n Olkiluodon laitosten käyttöpäällikkö, p. (02) 8381 5200.

# YDINOTTEITA SUOMALAISEN SÄTEILYSUOJELUN HISTORIASTA



*Säteilysuojelutietämys Suomessa ennen ydinvoimalaitosten käyttöönottoa oli lähinnä silloisella säteilyfysiikan laitoksella, sairaalafysiikoilla ja Teknillisen korkeakoulun reaktorilaboratorion fyysikoilla sekä yliopistojen ja korkeakoulujen professoreilla. Tieto ydinvoimaloiden säteilysuojelusta oli vähäistä ja siksi osviittaa voimalaitosten operatiiviseen säteilysuojeluun pitikin hankkia ulkomailta. TVO sai opastusta ensisijassa ASEA Atomin toimittamilta ruotsalaisilta laitoksilta ja IVO Novovoroneshin laitokselta. Myös kansainvälisiä ja kotimaisia säteilysuojelukursseja käytettiin hyväksi*

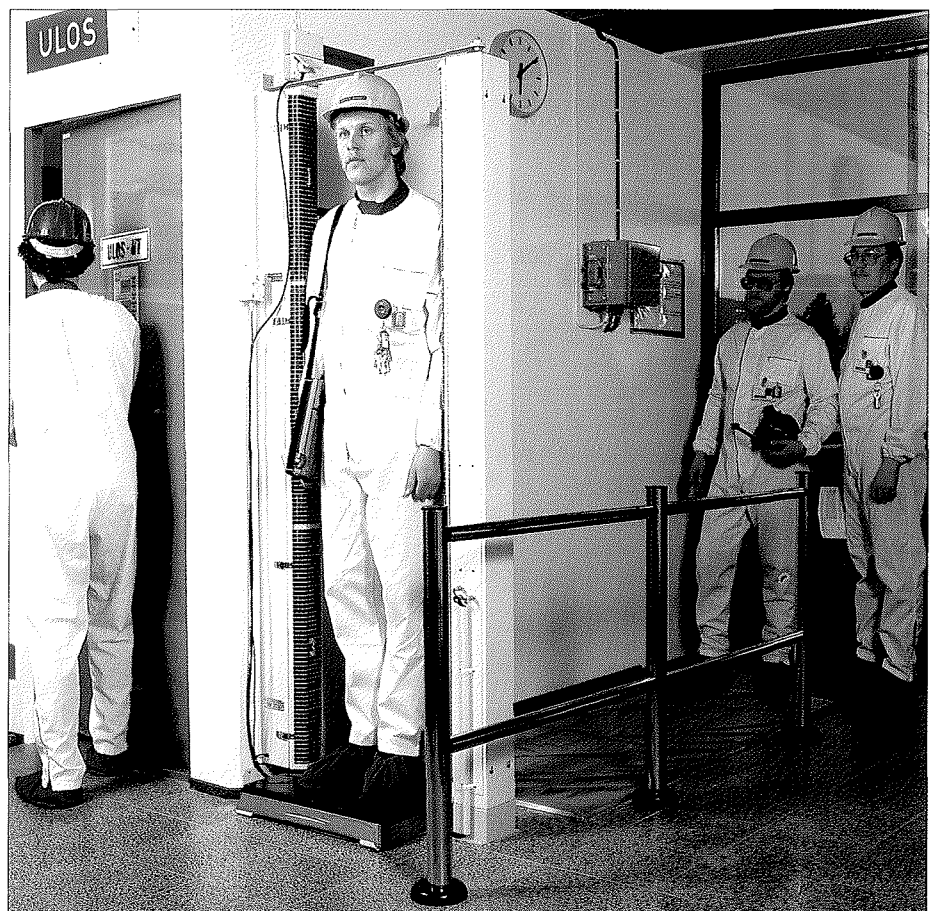
Voimayhtiöt palkkasivat säteily-suojelupäälliköt perustamaan säteilysuojeluorganisaatiota ja käynnistämään säteilysuojelutoiminta. IVO:lle säteilysuojelupäällikkö palkattiin syksyllä 1973 ja TVO:lle 1975. Ensimmäiset säteilyvalvojat tulivat Loviisaan keväällä 1976 ja TVO:lle kesällä 1977. Organisaatiota vahvistettiin ennen ensimmäisten yksiköiden käynnistystä, ja täydennettiin lopulliseen vahvuuteen, kun kakkosyksiköt käynnistyivät. Tällöin oli sekä Olkiluodossa että Loviisassa 10 säteilysuojeluvalvojaa. Loviisassa kirjattiin ensimmäiset säteilyannokset syksyllä 1977 ja Olkiluodossa syyskuussa 1978.

## Suomalainen valmistaja mukana laitekehityksessä

Säteilyvalvontamittalaitteiden hankinnassa on kotimaisia laitteita pidetty aina etusijalla. Yhteistyö mittalaitteiden kehittämisessä suomalaisten yritysten kanssa on ollut erittäin hedelmällistä. Erityisen kiitoksen ansaitsee RADOS Technology Oy (entinen Wallac ja

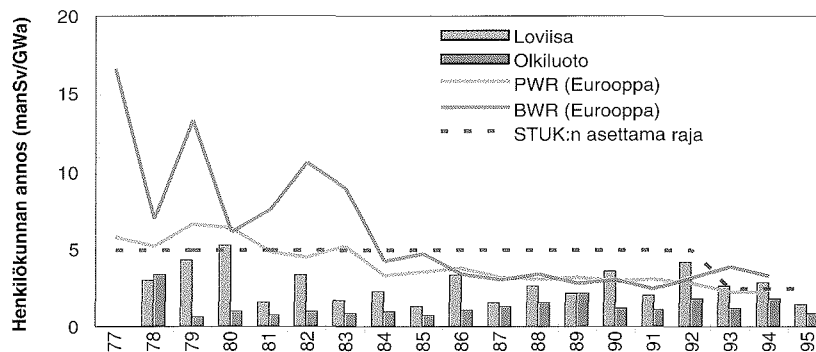
Alnor) työdosimetrijärjestelmän kehittämisestä voimayhtiöiden näkemysten mukaisesti. Wallac myös kehitti ja rakensi 1970-luvulla Loviisan voimalaitoksen kiinteät säteily- ja prosessiaktiivisuusmonitorit. Alkuperäiset asennukset ovat edelleen toiminnassa 20 käyttövuoden jälkeen!

Ulkolaisten mittalaitteiden hankinnat on pyritty keskittämään vain muutamille toimittajille (Herfurth GmbH, Nuclear Enterprise, Studsvik ja Automess). Mittalaitteet olivat käytön alkuaikoina lähes poikkeuksetta GM-putkilla varustettuja. Verrannollisuuslaskurit ja tukeilmaisimet olivat harvinaisia kuten myös mittarien digitaalitekniikka.



*Valvonta-alueelta ulos tultaessa mitataan suojavaatteiden ja ihon puhtaus. Kuva on oivallinen esimerkki vanhasta GM-putkilla varustetusta mittalaitteesta. Kyseiset laitteet poistettiin kuitenkin käytöstä jo laitosten käytön alkuvuosina.*

## Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten henkilökunnan säteilyannokset



Kollektiiviset säteilyannokset tuotettua sähköenergiaa kohden verrattuna eurooppalaisiin kevytvesireaktoreihin ja STUK:n asettamaan annosrajaan.

1980-luvun alussa alkanut nopea mittarien kehittyminen on kääntänyt tilanteen lähes päällelleen; nykyään useimmat mittarit hyödyntävät digitaalitekniikkaa ja GM-putket ovat käyneet yhä harvinaisemmiksi. Mittarit ovat myös usein varustettu yksinkertaisilla mikroprosessoreilla.

### Työntekijöiden säteilyannokset maailman pienimpiä

Henkilökohtainen annosvalvonta on perustunut alusta alkaen termoloidosimetrien (TLD) käyttöön. Aluksi annoskirjanpito hoidettiin manuaalisesti, mutta pian siirryttiin ATK-pohjaiseen kirjanpitoon. Tulostetut annosraportit lähetettiin paperikopiona Säteilyturvakeskuksen annosrekisteriin. Vuonna 1990 alettiin annostiedot siirtää elektronisesti. Itse TL-dosimetrisä ei ole tapahtunut suuriakaan muutoksia, mutta niiden lukulaitteessa on käytössä jo kolmas PC-pohjainen sukupolvi.

TVO:n ensimmäiset raportoitavat säteilyannokset saatiin syyskuussa 1978. Kyseisen kuukauden kokonaisannos oli 0,007 manSv ja suurin henkilökohtainen annos 0,50 mSv. Koko TVO:n käyttöhistorian aikana vuoden 1995 loppuun mennessä TVO-laisille on kertynyt annoksia 4,47 manSv ja ulkopuolisille vastaavasti 19,63 manSv. Kokonaisannokset jakaantuvat laitosten kesken seuraavasti: TVO I 11,71 manSv ja TVO

II 12,38 manSv. Korkein henkilökohtainen vuosiannos on vuonna 1989 saatu 24,50 mSv (sallittu 50,00 mSv).

Sekä TVO:n että IVO:n ydinvoimalaitosten kokonaisvuosiannokset — kuten myös keskimääräiset henkilökohtaiset vuosiannokset — ovat laitosten koko käyttöhistorian ajan olleet pienimpiä maailman kaikista ydinvoimalaitoksista ellei jopa pienimmät. Pääsääntöisinä syinä näihin pieniin annoksiin ovat laitosten hyvä suunnittelu, lyhyet seisokit ja korkeat käyttökertoimet. IVO suoritti Loviisa 2:lla vuonna 1994 ensimmäisenä länsimaana koko primääripiirin dekontaminoinnin, mikä osaltaan on myötävaikuttanut säteilyannosten pieninä pitämiseen.

Molemmilla laitospaikoilla otettiin jo vuonna 1979 käyttöön minuudossa digitaalinen tyodosimetrijärjestelmä (kymmenkunta RAD-21 dosimetriä) henkilökohtaisten TL-dosimetrien rinnalle. Tällä hetkellä TVO:lla on käytössä uuden sukupolven RAD-80-tyodosimetrejä noin 1000 kappaletta ja IVO:lla vastaavasti RAD-100-dosimetrejä. Näillä voidaan toteuttaa reaaliaikaista annosvalvontaa henkilö-, firma- ja työkohtaisesti. Annosvalvonnassa siirryttiin vuonna 1980 käyttämään uusia SI-yksiköitä. Rem poistui ja tilalle tuli sievert.

Käytön alkuaikoina säteilyvalvontavastuu ja säteilyvalvonnan toteutus oli

hyvin tiukasti säteilyvalvontaorganisaation käsissä. Viime aikoina, kun henkilökunnan kokemus ja säteilyuojelutietämys ovat lisääntyneet, on säteilyuojeluvastuuta pyritty siirtämään työn toteuttajille. Radiologisten työluopien määrää on vähennetty, avainoikeuksia säteilyvalvottuihin tiloihin on lisätty ja säteilyvalvontamittarien käyttöoikeuksia laajennettu.

Säteilyannosten optimointi, jota voidaan nimittää myös ALARA-periaatteeksi, tuli vahvasti mukaan säteilyuojelutoimintaan 1980-luvun alkupuolella. Säteilyannoksia pyritään pienentämään kaikella toiminnalla, ei vain säteilyuojelutoimenpiteillä. Tätä toimintaa kehitämään ja valvomaan perustettiin TVO:lle ALARA-ryhmä vuonna 1990.

### Säteilyvaikutus ympäristöön lähes olematon

Ympäristön säteilyvalvontaohjelman tarkoituksena on selvittää ydinvoimalaitoksen aiheuttama mahdollinen säteilyaltistus ympäristölleen.

Valvontaohjelma käynnistettiin molemmilla laitospaikoilla kaksi vuotta ennen ensimmäisen laitoksen käyttöönottoa, jotta saataisiin selville ympäristön tila ja vertailuarvot ennen voimalaitosten käyttöönottoa. Valvontaohjelmaa on tarkistettu kolmesti: vuonna 1981, 1987 ja 1993. Ohjelman laajuus on pysynyt

# SÄTEILYSUOJELU MUUTTUU MUTTA SÄTEILY EI

koko ajan suunnilleen samana lukuunottamatta ympäristön annosnopeuden mittauspisteitä.

Vuonna 1991 TVO korvasi laitosalueen kahden mittapisteen detektorit neljällä uudella "älykkäällä" mikroprosessoripohjaisella detektorilla. Vuonna 1992–1993 asennettiin laitosalueelta noin 5 kilometrin etäisyydelle eri leviämisuuntiin 10 vastaavaa mittalaitetta. IVO asensi 15 samanlaista jatkuvatoimista mittaria Loviisan laitoksen ympäristöön. Laitteet välittävät mittaustiedot laitospaikalle radiolinkkiverkkoa käyttäen. Laitospaikalta tiedot välitetään edelleen sisäasiainministeriöön ja Säteilysuojelukeskukselle.

Ympäristössä havaittujen radioaktiivisten aineiden pitoisuudet ovat olleet hyvin pieniä ja niiden annosvaikutus mitätön. Yleisimmin radioaktiivisia aineita on löydetty merialueen indikaattoriorganismeista, kuten sini- ja itämeren simpukoista, rusko ja rakkoleivistä sekä pohjasedimentistä. Ilmapäästöistä peräisin olevia radioaktiivisia aineita on koko ohjelman toteutuksen aikana kyetty analysoida vain muutamia kertoja lähinnä maaperästä.

Tshernobylin ydinvoimalaitosonnettomuus aiheutti Suomessakin merkittävän laskeuman ja nämä radioaktiiviset aineet näkyvät vielä vuosikymmeniä ympäristönäytteissä.

*Jonkun täytyy aina olla ensimmäinen. Herra tahtoi, että minusta tulisi Suomen ensimmäinen "ydinvoimalaitossäteilysuojelupäällikkö", enkä minä pistänyt hanttiin. Palkkaus tapahtui vuonna 1973, eli siihen aikaan, kun säteilyannokset ja aktiivisuus mitattiin remeissä ja curieissa, säteilymittarina oli Suomen armeijalle kehitetty RD-8 ja valvontaviranomaisena toimi säteilyfysiikan laitos, SFL.*

**S**en jälkeen on paljon vettä virranut Pariisin siltojen alta. Suomen kansa on saanut luonnollisista säteilylähteistä saman suuruisen kollektiivisen säteilyannoksen kuin Tshernobylin onnettomuus aiheutti koko maailman väestölle eli noin puoli miljoonaa mansievertiä. Valvontaviranomainen on vaihtanut nimeään kaksi kertaa. Vuonna 1975 säteilyfysiikan laitoksesta tuli Säteilysuojeluvirasto, STL. Lyhenne ei ollut kovin onnistunut, koska sitä käyttivät myös Suomen teiniliitto ja Suomen työnantajain liitto. Vuonna 1984 keksittiin nimi Säteilysuojelukeskus, STUK. Neljä tunnettua kirjainta. Niissä ei ole mitään vikaa, mutta kansainvälisessä nimessä (Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety) on neljäkymmentäyksi kirjainta ja kuusi välilyöntiä!

## Yksiköt muuttuivat

Loviisan voimalaitoksen valvomohenkilökunnan koulutus alkoi jo vuonna 1973. Kun laitos käynnistyi 1977, oli jo suurin osa operaattoreista saanut jonkinlaista tuntumaa yksikköihin rem, millirem ja curie. Ne olivat yksiköitä, joita ilman koulutettavat olivat hyvin tulleet toimeen ensimmäiset 30 vuotta elämästään. Seuraavien vuosien aikana yksiköt iskostuivat niin lujasti jokaisen sisimpään sieluun, ettei niitä saatu millään pois, kun SI-järjestelmä valloitti Suomen 1980. Autoista hävisivät hevosvoimat ja laihdutusohjelmista kalorit. Säteilysuojelusta hävisivät remit ja milliremit.

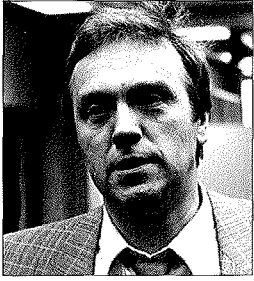
Rem ja millirem olivat järkevän suuruisia yksiköitä. Ei tarvinnut käyttää desimaaleja eikä enempää kuin kahta nollaa. Henkilökohtaiset annokset olivat muutamia kymmeniä tai satoja milliremejä ja sen ajan ydinvoimalaitosten vuotuiset kollektiiviset annokset tyypillisesti 200–700 manremiä. Muistan hyvin kuinka vuonna 1977 silloinen Helsingin Sanomien nuori reporteri Risto Valkeapää, nykyään ATS:n harvinainen journalistijäsen, kysyi minulta, mitä luulen Loviisan voimalaitoksen kollektiivisesta annoksesta nyt ja tulevaisuudessa. Vedin lonkalta rohkean arvauksen, että 100 manremiä vuodessa reaktoria kohden olisi sopiva arvo Loviisan yksiköille. Tämä painettiin myös lehteen. Kun tänään 19 vuotta myöhemmin lasketaan tuo keskiarvo, niin se on 99,8 manremiä. Nykyään sanotaan 0,998 mansievertiä.

Remin ja milliremin tilalle tulivat siis sata kertaa suuremmat sievert (Sv) ja millisievert (mSv). Vaikka muunnostekijä on sympaattisen tasainen 100, moni vielä mielessään muuttaa sievertit remeiksi ennen kuin tietää, onko se paljon vai vähän. 1980-luvun alussa ydinvoimalaitosten prosessitietokoneiden ohjelmat ja raportit oli sommiteltava uuteen uskoon ja tuhansiin säteilymittareihin oli vaihdettava uudet asteikot.

Curie-yksikön (Ci) vaihtaminen becquereliin (Bq) aiheutti niinkään paljon hämminkiä. Julkinen sana ei ole vielä oppinut tavaamaan sitä oikein, ja ydinvoiman vastustajat saivat uuden aseensa käsiinsä. Muutaman curien suuruiset jalokaasupäästöt olivatkin yhtäkkiä

**FM Reijo Sundell** on Teollisuuden Voima Oy:n teknisen valvontatoimiston päällikkö, p. (02) 8381 5500.

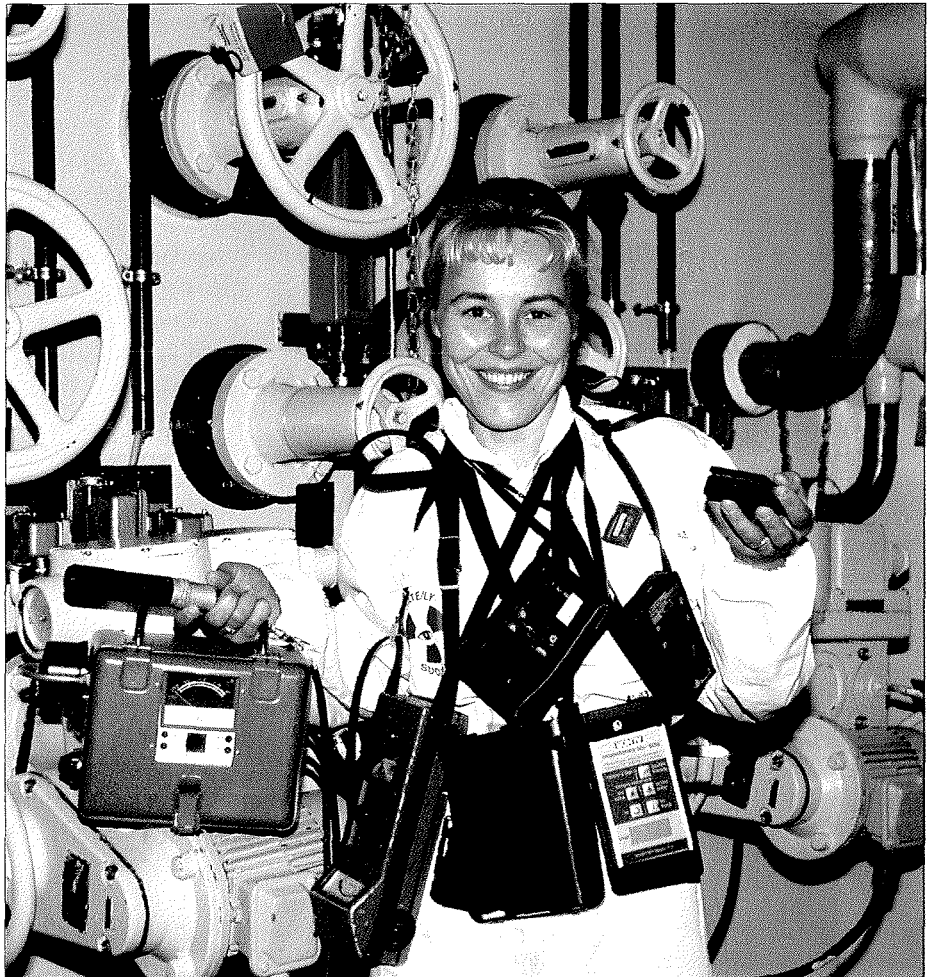




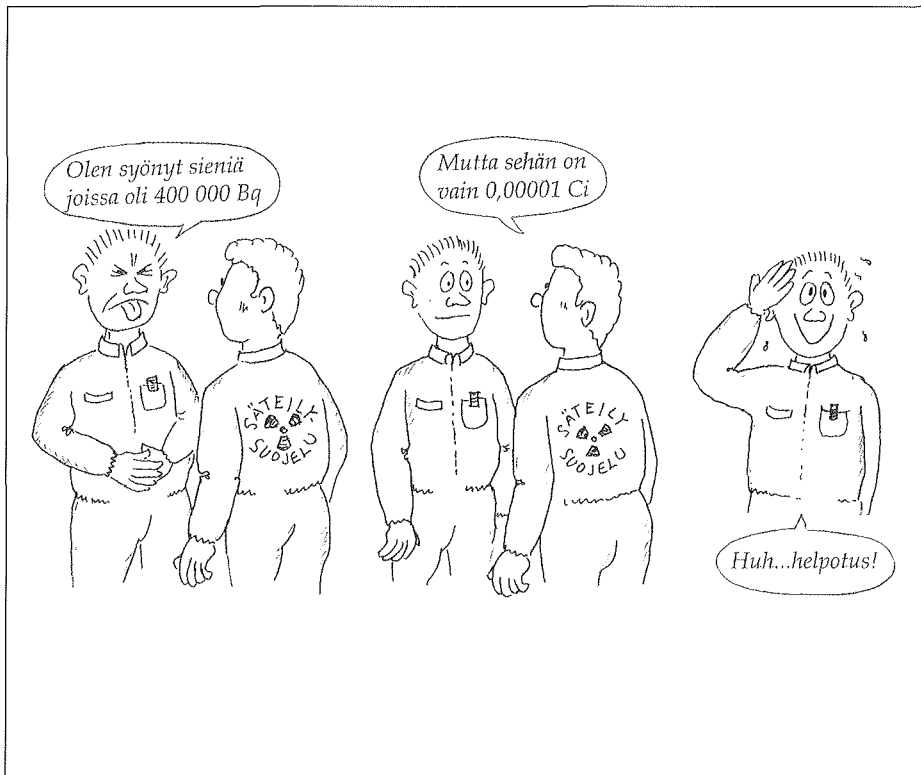
”satoja tuhansia miljooneja bekkerellejä”. Muutama on vähän, mutta satoja tuhansia miljoonia on paljon.

### Terminologia muuttui

Perustamisensa jälkeen 1928 kansainvälinen säteilysuojelujärjestö ICRP on aina sanellut säteilysuojelun pelisäännöt. Yksi tärkeimpiä periaatteita on ollut, että tavoitteeksi ei riitä se, että säteilyannokset pysyvät annosrajojen alapuolella. Säteilysuojelutyössä mennään pidemmälle kuin muussa teollisuudessa. Sen lisäksi, että säteilyaltistuksen täytyy olla annosrajojen alapuolella, sen on myös oltava niin ”pieni kuin käytännössä on mahdollista”, As Low As Reasonably Achievable sanoo ICRP. Kun joku meni lyhentämään tämän avainperiaatteen ALARaksi käynnistyi varsinainen ALARA-karuselli. Nyt piti joka organisaatiossa olla ALARA-koordinaattori ja ALARA-insinöörejä. Piti pystyttää ALARA-komiteoita ja käynnistää ALARA-ohjelmia.



*Näillä on mitattu gammaa kolmen vuosikymmenen aikana. Vasemmalta oikealle: alhaalla RDA-31, RD-8, RD-10, RDS-100, ylhäällä DGM-Turva, TLD, Automess ja RAD-100. Keskellä ydinvoimatekniikan opiskelija Satu Katajala, IVO:n ja TVO:n monivuotinen revisiosäteilyvalvoja.*



työpaikoilla. Monet reaktoriasentajat saavat kotonaan suuremman säteilyannoksen kuin työpaikalla.

## Annosrajat muuttuivat

Säteilytyön annosrajaksi ICRP suositteli jo varhaisessa vaiheessa 5 remiä vuodessa, nykyajan yksiköissä 50 mSv vuodessa. Kaiken saadun kokemuksen mukaan tämä on hyvä raja. Useissa laajoissa tutkimuksissa on pyritty selvittämään, onko säteilytyöntekijöillä erilainen sairastuvuuskuva tai suurempi syöpärisiki kuin "ei-säteilytetyillä" ammattiryhmillä. Mikään tutkimus ei ole osoittanut säteilytyöntekijöillä poikkeuksellista terveysriskiä. Pikemminkin on näyttänyt siltä, että useimmat syöpälajit esiintyvät harvemmin säteilytyöntekijöillä kuin vertailuryhmissä. Havainnolla ei tosin tarvitse olla mitään tekemistä itse säteilyn kanssa.

Korva on jo tottunut näihin hömpötyksiin, vaikka niissä kuinka väärinkäytetään ALARA-lyhennettä. Miten pitäisi esimerkiksi kääntää seuraava lause: *While the health physics organisation shall perform the ALARA work all the personnel is supposed to get used to ALARA thinking.* Oikeaoppisesti se menee jotenkin näin: "Vaikka säteily-suojeluryhmän pitää tehdä niin vähän työtä kuin käytännön toimenpitein on mahdollista edellytetään, että koko henkilökunta ajattelee niin vähän kuin käytännössä on mahdollista ..."

## Säteilylaki muuttui

Vuonna 1992 tulivat voimaan uusi säteilylaki, säteilyasetus ja koko joukko uusia YVL- ja ST-ohjeita. Vanha säteilysuojelulaki oli vuodelta 1957. Sen mukaan piti säteilyvaaran symbolin olla anillisiin punainen, ja sen piti olla käännettynä niin että "kolmesiipisen propellin" kaksi lapaa oli alaspäin ja yksi ylös. Nykyajan symboli on musta ja siten käännetty, että kaksi lapaa on ylöspäin kuten Mikki Hiiren korvat.

Uusi säteilylaki on hyvä laki. Se selvitti monet asiat ja on hyvässä sopusoinnussa

ICRP:n uusimpien suositusten mukaan. Vanha lakihan oli peräisin ajalta, jolloin säteilyn käyttö oli vähäistä eikä maailmassa ollut kuin kolme ydinvoimalaitosta käytössä.

Sen sijaan laki epäonnistui sädeloman poistamisessa tarpeettomana reliikkinä, mikä lain yhdessä valmisteluvaiheessa oli tarkoitus. Sädelomahan annetaan sairaaloissa ja terveyskeskuksissa tehtävän nimikkeen perusteella. Sen saa siis moni, joka ei juurikaan altistu säteilylle, kun toisaalta teollisuudessa sädelomaa ei anneta edes eniten altistuneille. Sairaalaaväki oli kuitenkin silloin liian voimakas, joten lakiin tuli maininta, että sädelomasta säädetään asetuksella. Ovela tempu! Nyt lakia ei tarvitse muuttaa, mutta asetuksilla voidaan asteittain poistaa sädeloma, jolle lääketieteellistä perustaa ei tietenkään löydy.

Uudessa säteilylaissa otettiin myös kantaa luonnonsäteilyyn; ei niin että sitä olisi suoraan kielletty, mutta veloitettiin työnantajia selvittämään tilannetta ja mm. mittaamaan radonkaasun esiintymistä työpaikoilla. Asunnoissa tapahtuvaan radonsäteilyn altistukseen ei laki ulotu, vaikka monissa suomalaisissa kodeissa saadaan säteilyannoksia, jotka olisivat laittomia, jos ne esiintyisivät

Kuitenkin vuonna 1986 tutkijaryhmä, joka oli laskenut uudelleen Hiroshiman ja Nagasakin pommitusuhrien saamat säteilyannokset, päätyi uusiin riskitekijöihin. Raportin mukaan annokset olivatkin olleet luultua pienemmät, joten havaitut vaikutukset olivat luultua pienempien annosten aikaansaannoksia. Siis, säteily oli vaarallisempaa kuin luultiin, sanoivat tutkijat.

Säteilyä on tutkittu yli sata vuotta, joten sillä alalla on varsin vähän yllätyksiä enää jäljellä. Moni ihmettelikin uusia tuloksia ja toiset tutkijaryhmät kiistivät ne. Seurauksena oli kuitenkin, että ICRP julkaisussaan nro. 60 vuodelta 1990 esitti, että vanhaa annosrajasuositusta, 50 mSv vuodessa, täydennettäisiin lisärajoituksella, jonka mukaan vuosiannoston keskiarvo viiden vuoden jaksolla saisi olla enintään 20 mSv.

Uusi rajoitus otettiin ICRP:n suosituksen mukaisessa muodossa Suomen uuteen säteilylakiin 1992. Käytännössä muutoksen merkittävin seuraus oli uudet vaatimukset annosseurannalle. Sen sijaan kenenkään suomalaisen säteilytyöntekijän keskimääräinen vuosiansioksi on ollut ennenkään ylittänyt 20 mSv. Ja edelleen oli lupa ylittää 20 mSv vuodessa vanhaan rajaan eli 50 mSv:iin asti yksittäisinä vuosina.

Olen kuullut ulkomailla pidetyissä seminaareissa, että eräät maat harkitsevat vanhan vuosirajan, 50 mSv, korvaamista 20 mSv:lla, jota siten ei saisi minään vuonna ylittää. Syyksi on ilmoitettu viiden vuoden annoksen seurannan vaikeus! Toivon todellakin, että annos-seurantakysymys pystytään ratkaisemaan, koska vuosiansnosrajan alentaminen 20 mSv:iin kasvattaisi sekä työntekijöiden säteilyriskiä että yhteiskunnan ydinonnettomuusriskiä.

Alennettu annosraja johtaisi työntekijöiden tiuhempaan kiertoon ja lukumäärän lisäämiseen, mikä kasvattaa kollektiivista säteilyannosta. Alennettu annosraja myös johtaisi siihen, ettei pätevintä ammattiväkeä voitaisi aina käyttää. Tiukennetun annosrajan tullessa parhaila hitsareilla tai materiaalitarkastajilla vastaan, täytyisi tyytyä vähemmän pätevään työvoimaan, ja sen "loputtua" vielä heikompaan.

"Hei työvoimatoimisto. Eikö kortistosanne olisi vielä joku, joka pystyy vetämään edes jonkinlaista hitsisaumaa? Meillä on reikä piirissä ja kaikki eliittihitsarit työkiellossa."

### Säteily vain ei muutu

Säteilysuojelun alalla on siis paljon muuttunut kahden vuosikymmenen aikana. On hauskaa olla mukana pelissä, jonka säännöt koko ajan muuttuvat! Myös mittaustekniikan puolella paljon on tapahtunut. Nykyään pystytään mittaamaan becquerelin murto-osia (!) ja ihmiskehon lähettämää luonnollista säteilyä. Viime vuosikymmenen merkittävimmät muutokset ovat kenties tulleet chip-pohjaisten, ajattelevien mittareiden sekä digitaalitekniikan myötä. Digitaalinen näyttöinen mittari ei hitautensa takia sovi ollenkaan säteilysuojelun yleis-

mittariksi, eikä mikään nykyajan instrumenteista kelpaa vasaraksi kuten RD-8.

Mutta vaikka säteilysuojelu muuttuu, säteily ei sitä tee. Säteily on ikuista ja pysyvää. Siihen ovat altistuneet kaikki maailman elukat ja itikat samoin kuin muinaiset ihmiset. Sopii ihmetellä, miten esi-isämme pysyivät hengessä ilman kansainvälisiä suosituksia, annosrajanormeja ja pienintäkään mahdollisuutta mitata säteilyä. — Ai-jaa, eivätkään he pysyneetkään! He ovat kaikki kuolleet ...

FL Björn Wahlström on Loviisan voimalaitoksen säteilysuojelupäällikkö, p. (019) 550 3900.



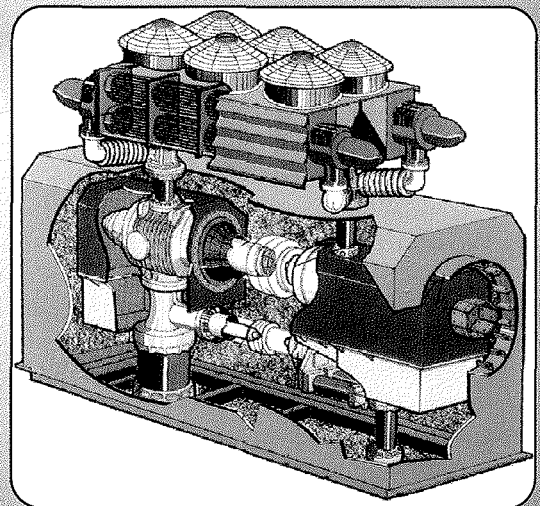
## SÄHKÖ HALLINNASSA JO 50 VUOTTA !

**GEC Alstom T&D  
toimittaa  
generaattorikatkaisijat  
Olkiluotoon 1997-1998!**

- nimellisjännite UN: 24 kV 50 Hz
- nimellisvirta In: 32.000 A
- katkaisukyky: 150 kA

Lisätietoja:  
[www soffco.fi/artik/pkg2c.html](http://www soffco.fi/artik/pkg2c.html)

Uusi ranskalainen ydinlaitos:  
[www soffco.fi/artik/chooz.html](http://www soffco.fi/artik/chooz.html)



**OY SOFFCO AB, Karapellontie 11, 02610 ESPOO**  
Puh. (09) 596 033, fax (09) 596 726, internet [www soffco.fi](http://www soffco.fi)

# KOULUTUS JA TUTKIMUS: TURVALLISEN YDINENERGIAN KIVIJALKA

*Suomen ydinvoimalaitosten hyvien käyttökokemusten takana on koko ydinvoima-alan pätevä henkilöstö, jota lähivuosina on alettava korvata uudella, yhtä hyvin motivoituneella asiantuntijakaartilla. Hetkellisesti kasvu pysähtyneenäkin ydinvoima-alan on säilytettävä houkuttelevuutensa. Alan koulutuksen on tuotettava monitaitajia nopeasti muuttuvan tekniikan ja yhteiskunnan tarpeisiin. Ydinvoimalaitosten turvallisuusparannukset sekä ydinjätteen asianmukainen käsittely ovat tutkimustyön painoaloja. Tutkimuksella turvataan tulevaisuus nykyisen reaktoripolven jälkeen.*

**Y**dintekniikan koulutus ja tutkimus alkoi Suomessa 50-luvun lopulla. Akateemikko Laurilan muistelu-  
jen mukaan käyntiinlähtö tapahtui kivuttomasti. Into oli kova ja alalla oli hohtoa. Valtaosa ATS:n jäsenistöä valmistui ydinvoiman kiivaimpina rakentamisvuosina 1965–1980. Vuosien saatossa väki on pysynyt uskollisesti ydintekniikan parissa ja pätevöitynyt työssään. Ensimmäiset "atomiassistentit" ja alan muut pioneerit ovat jo siirtyneet eläkkeelle — varsinainen tulppa poksahattaa vuosituhanen vaihteen jälkeen.

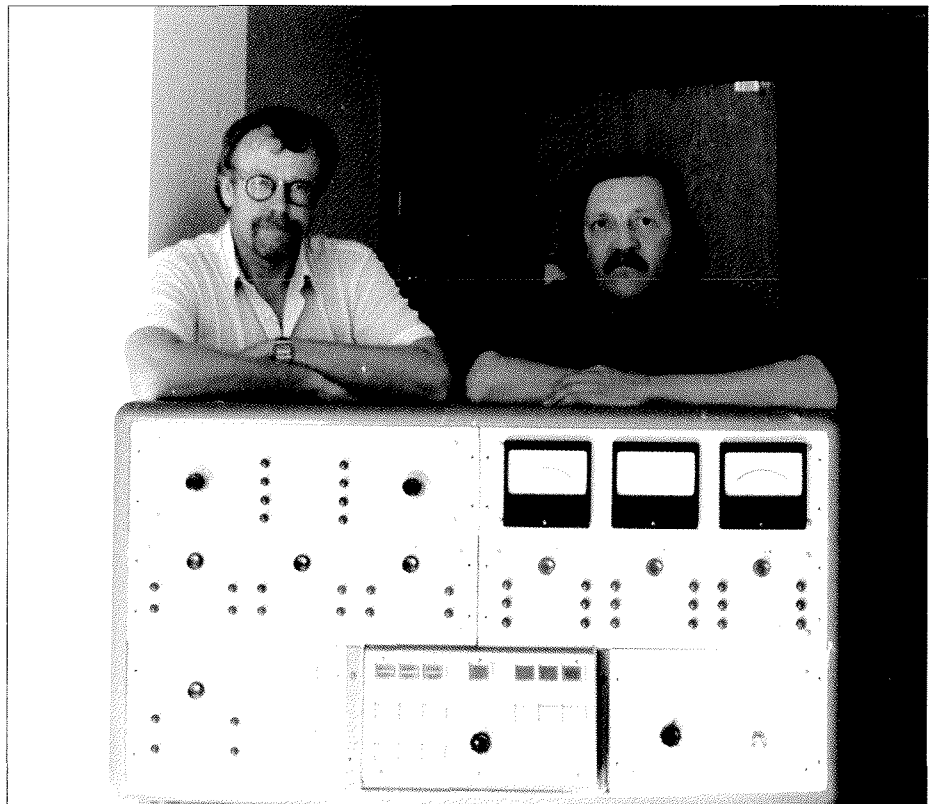
## Uusia ydinvoiman asiantuntijoita tarvitaan

Ydinvoimatekniikan ukkoutuminen on yleismaailmallinen huolen aihe. Veren vaihtoa eivät nopeuta tehokkuusvaatimusten aiheuttamat henkilöstösupistukset. Eläkkeellelähtijän tilalle palkataan entistä harvemmin uusi, nuori henkilö.

Ydinenergian tuottaminen vaatii poikkeuksellisen hyvin koulutettua ja motivoitua henkilöstöä. Pätevyystason lasku johtaa taloudellisiin menetyksiin ja pahimmillaan jopa ydinkatastrofeihin. Jatkuva turvallisuuden parantaminen ja voimaloiden huippuvireessä pitäminen edellyttää uuden tekniikan ja menetelmien käyttöönottoa ja vastaavaa koulutusta ja tutkimusta. Kertynyt asiantuntemus on myös ehdittävä siirtää uusille sukupolville.

Ydintekniikan suurmaissa ollaan luopumassa erikoisasiantuntijoiden koulutuksesta. Teollisuudella ei ole enää varaa suureen specialistien kaartiin. Hyvät perustiedot omaavista, muuntumiskykyisistä yleisasiantuntijoista sitä vastoin on

kova kilpailu — kaikilla teollisuuden aloilla! Mitä "erikoishyvää" ydintekniikka voisi tarjota tällaisten henkilöiden värväämiseksi?



*Mekö muka vanhoja? TKT Pertti Aarnio (oikealla), radioputkilla toteutettu reaktorisimulaattori ja tämän artikkelin kirjoittaja.*

## Tutkimuksenkin on sopeuduttava

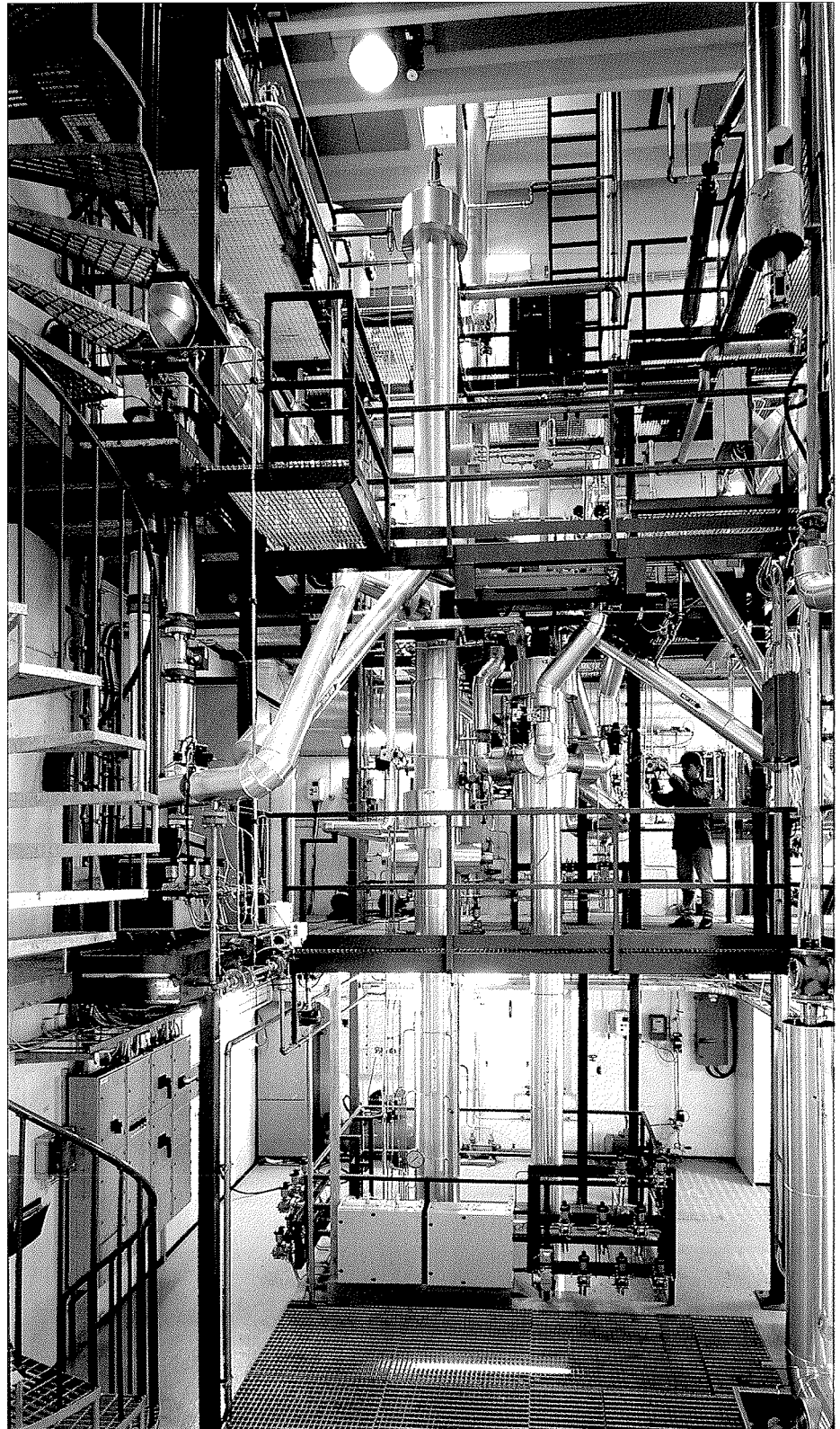
Huippuasiantuntijoita ei synny ilman alan tutkimustyötä. Ydintekniikan tutkimuksessa on tapahtunut suuria muutoksia. Ensinnäkin toiminta on ripeästi kansainvälistynyt. Toiseksi, tutkimusyksiköjä rajoittavat entistä enemmän liiketaloudelliset reunaehdot. Pelkkä tiedon lisääminen ei enää riitä vaan tutkimustulosten on oltava nopeasti sovellettavissa käytäntöön.

Onneksi Suomessa monet ydintekniikan asiat on ratkaistu — joko tietien tai sattumalta — varsin kaukonäköisesti. Tutkimusinfrastruktuuri on luotu kevyeksi. Meille ei aikoinaan perustettu suurta ydintutkimuskeskusta. Maamme melko pienet tutkimusyksiköt ovat olleet varsin mukautumiskykyisiä ja ovat onnistuneet suuntaamaan toimintaansa uusille kasvualueille. Tutkimus- ja koulutussektorilla meillä ei koskaan ole mässäilty. Rahan asemesta yleensä aito kiinnostus asiaan on taannut työmotivaation. Suomalaisen insinöörien on aina ollut pakko hallita laaja osaamisalue, vaikkakin ohuesti. Suomalaiset ovat perinteisesti olleet “yleisasiantuntijoita”.

## Ydinvoimainsinöörit Otaniemestä ja Lappeenrannasta

Suomessa ydinenergiatekniikan koulutusta on järjestetty säännöllisesti Helsingin ja Lappeenrannan Teknillisissä korkeakouluissa. Tampereella alan opetus on ollut satunnaisempaa. Ydinreaktoritekniikan perusteet opetetaan monille opiskelijoille: Lappeenrannassa kaikille energiategniikan lukijoille ja Otaniemessä noin neljällekymmenelle fyysikko- ja koneteknikarille vuosittain. Ydinenergiatekniikan syventävät opinnot sisältävät reaktorifysiikan jatkokursseja, harjoitustöitä sekä vaihtuva-aiheisia erikoiskursseja. Erikoistyöt ja varsinkin diplomityöt ovat erittäin keskeisiä oppimisprosessin osia.

LTKK:sta valmistuu vuosittain puolisen tusinaa ydinenergiategniikkaan erikoistunutta diplomi-insinööriä. Lappeenrannan vahvuusalue on ydinreaktorien termohydrauliikka. Kokeellinen tutkimus ja numeerinen mallinnus tapahtuvat



*PACTEL-laitteisto kuvaa Loviisan ydinvoimalaa tilavuussuhteessa 1:305, mutta eri komponenttien korkeussuhteet on säilytetty alkuperäisinä.*

kiinteässä yhteistyössä VTT Energian kanssa. Ainutlaatuisella PACTEL-koelaitteistolla voidaan simuloida VVER-reaktorien termohydrauliikkaa. Sillä tehtiin muun muassa vastikään laaja virtauslaskennan kansainvälinen

koodivertailu. LTKK:lla on sijaintinsa ansiosta myös poikkeuksellisen hyvät mahdollisuudet Venäjän lähialueyhteistyöhön.

TKK:n Teknillisen fysiikan osastolla ydintekniikan koulutus ja tutkimustyö keskittyvät reaktorifysiikkaan, ydinvoiman ympäristövaikutusten ja reaktori-onnettomuuksien mallinnukseen sekä säteilyfysiikan sovelluksiin. Maamme ainoa kooreaktori Triga, jota VTT nykyisin hallinnoi, on ollut ja on edelleen arvokas koulutus- ja tutkimusväline. Vuonna 1962 käynnistynyt Triga on uudestisyntynyt aivokasvaimien boorineutronikaappaushoidon tutkimuksen ansiosta.

TKK:sta ydintekniikkaa opiskelleita valmistuu noin kymmenkunta vuodessa. Tyypillisesti noin puolet siirtyy ydintekniikan pariin. Teknillisen fysiikan ydintekniikan tutkimusaiheita ovat fuusioenergia, säteilyn mittaamisen asiantuntijajärjestelmät sekä riski- ja systeemianalyysi. Toiminnan keskeinen tavoite on kouluttaa "tutkijainsinöörejä", jotka sopivan lisäopin jälkeen pystyvät tarttumaan ydintekniikan monitieteellisiin tehtäviin. Koulutus ei leimaa: moni aurinkoenergiaa diplomityössään tutkinut fyysikkoteekkari on päättänyt reaktoriturvallisuuden tutkijaksi — ja päinvastoin.

### **Myös yliopistoista monipuolisia ydinammattilaisia**

Yliopistojemme fysiikan, ja erityisesti ydinfysiikan opetukseen sisältyy säteilyn ja sen mittauksen perusteet. Moni ydintekniikan parissa työskentelevä on valmistunut Helsingin ja Turun yliopistojen fysiikan laitoksilta. Jyväskylän yliopiston syklotroni on kansainvälisen tason hiukkaskiihdytin, jonka ympärille on viime vuosina rakentunut erittäin vilkas tutkimusyhteistyö. Ydinfysiikan vaativien mittausten koulimalle kokeelliselle fyysikolle on varmasti käyttöä laajemmaltikin.

Helsingin yliopiston Radiokemian laboratorio on ainoa radiokemistien kouluttaja maassamme. Valmistuneita on ollut 3–5 vuosittain. Laboratorion tutkijat osallistuvat aktiivisesti ydinjätetutkimuksiin. Tässä yhteydessä kannattaa myös mainita innovaatiot radioaktiivisten nestemäisten jätteiden käsittelyssä, jotka syntyivät Radiokemian laboratorion ja IVO Yhtiöiden yhteistyönä.

Ydinenergian tuotanto edellyttää monien eri alojen asiantuntijoita: systeemi-analytikkoja, automaatiotekniikan tuntijoita, materiaalitutkijoita, rakentajia, kemistejä, geologeja, psykologeja, yhteiskuntatieteilijöitä jne. Peruskoulutuksensa jälkeen tällaisten henkilöiden on täydennyskoulutuksena tai työn ohessa hankittava riittävät ydinvoimatekniikan perustiedot. Aiemmin mm. INSKO järjesti näitä kursseja. Tänäpäin korkeakoulujemme täydennyskoulutuskeskuksilla on valmiudet toteuttaa ydinvoimatekniikan täydennyskoulutuskursseja.

### **Valmistuvia riittää — toistaiseksi**

Ydintekniikan koulutuskapasiteetti Suomessa ei ole pullonkaula ja tulijoitakin näyttää edelleen olevan kohtuullisesti. Hyvien opiskelijoiden houkuttelemisen jatkossakin edellyttää, että alan hohto säilyy ja että valmistuneilla on kohtuullisen taattu tulevaisuus, etene-mismahdollisuudet sekä mahdollisuudet myös vaihtaa alaa. Syventymiskohdevalintoja tehdessään opiskelijat haluavat jättää portteja auki.

Nykyinen ydinvoima-alan henkilötarve Suomessa on varsin rajallinen. IVO, TVO, STUK ja VTT eivät enää työllistä niin monta uutta diplomi-insinööriä kuin mitä esimerkiksi TKK:n ja LTKK:n professorikohtaiset "tuotantovaatimukset" edellyttäisivät. Laaja-alainen peruskoulutus on perinteisesti turvannut työpaikkavaihtoehdot ydinvoima-alan ulkopuolella. Lisäksi kansainvälistyminen on luonut uusia diplomityö- ja jatko-opiskelupaikkoja ulkomailla.

Suomen kuudetta ydinreaktoria tuskin aivan lähivuosina päätetään tilata, mutta se ei merkitse, että kaikki päättyy nykyisten reaktorien poistuessa käytöstä. Ydinvoima tulee uudelleen, kun sitä tarvitsemme. Kovin paljoo uutta henkilöuntaa uusi laitos ei vaatisi, edellyttäen, että kaikkea ei tarvitsisi taas aloittaa alusta.

*Ydintekniikan opiskelijoille harjoittelu on pakollinen osa opintoja, mutta se on myös monille tärkeä tapa rahoittaa opiskelua. Yhteisölle, jossa harjoittelijat työskentelevät, he voivat merkitä virkistäviä uusia mielipiteitä ja työtapoja.*

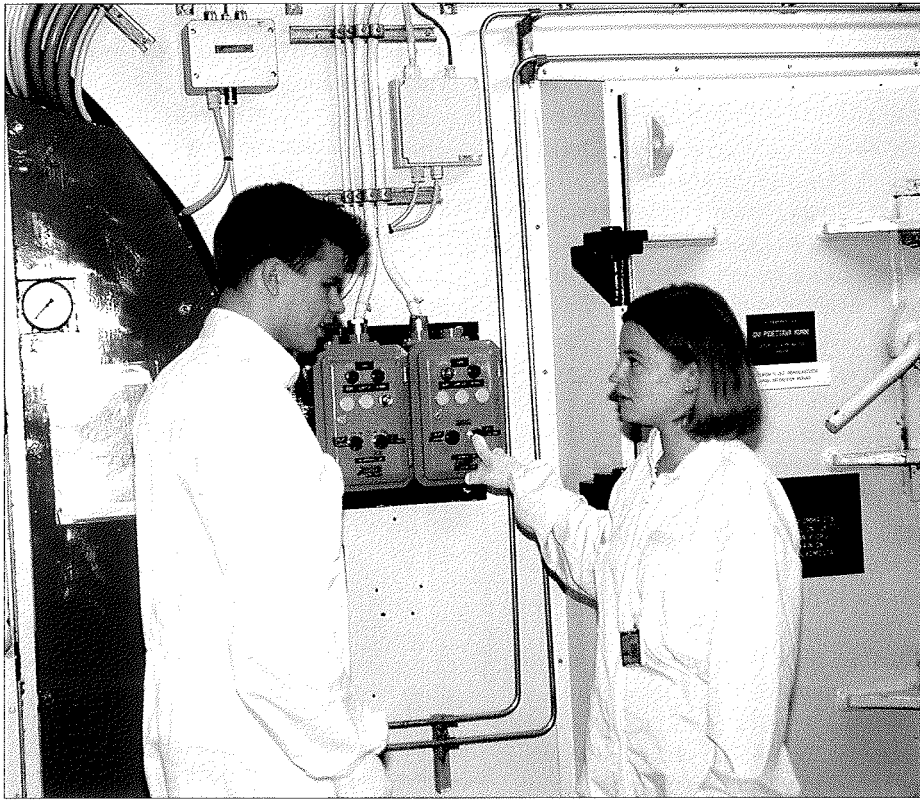
### **Yliopistoissa perustiedot, ei nippelitieto**

Mitä ydintekniikan opiskelijalle tulisi opettaa ja miten? Yliopistoissa ei kannata opettaa ammatillisia erikoistaitoja, joiden käyttökelpoisuus ehkä pitkäänkin venynee valmistumisen jälkeen saattaa jäädä marginaaliseksi. Aihevalinta on ei-triviaali ongelma: varsinainen nippelitieto vanhenee nopeasti, mutta metodit ja ajattelumallit eivät. Omasta kokemuksestani voisin mainita esimerkkeinä vaikkapa logaritmitaulut, laskutikun, nomogrammit ja Algol-ohjelmointikielen. Logaritmitauluja käytettiin satoja vuosia ja kukapa olisi arvannut, että laskutikun syrjäyttävä teknologia kaupallistuisi niinkin nopeasti. Algolilla en koskaan ole ohjelmoinut, mutta logiikan oppiminen oli samalla tavalla tarpeen kuin latinan pänttäminen kielitieteissä.

Tiedekorkeakoulun opiskelijan tulisi oppia innovatiivisuus, luonnontieteellinen ajattelutapa ja kriittisyys, analyttiset taidot, malliajattelu, yhteistyökyky, projektityöskentely sekä joukko perustyövälineitä: fysiikan, matematiikan ja tietotekniikan perustaidot, kielet sekä kommunikaatiokyky. Melkoinen lista opetettavaksi! Tieteellisin perustein valitun professorin ansioiden lisäksi tarvittaisiin vähintäänkin jalkapallovalmentaja-psykologin pätevyys.

### **Oppia ikä kaikki**

Päivän trendi on elämänikäinen opiskelu. Varsinaiset ydintekniikan erikoistiedot saadaan vasta aivan perusopintojen loppuvaiheessa tai ne on opiskeltava työn yhteydessä. Erikoiskurssien luennoitsijoiksi ovat omiaan alan aktiivit tutkijat — oman kokemukseni mukaan yhteistyö on ollut juohevaa. Lisätietoja tulee hankittua myös jatko-opinnoissa,



joiden suorittaminen on ollut alalla hyvinkin suosittua.

Tässä kirjoituksessa en puutu voimayhtiöiden omaan operaattori- ja muuhun koulutukseen, joka on perinpohjaista ja johon oleellisesti liittyy tiukka laadun tarkistus ja oma laatujärjestelmänsä.

Opetustekniikkaan on ilmestynyt monia uutuuksia: tietoverkot, multimedia, etäopetus, kaapeli- ja satelliittiluennot, systemisoitu jatkokoulutus jne. Kansainvälinen opiskelu ja harjoittelu ovat merkittävästi lisääntyneet. Opetuksen laatuun ja tuloksellisuuteen on ryhdytty kiinnittämään huomiota. Somien uutuusien rinnalla kannattaa kuitenkin säilyttää hyväksikoettu mestari-oppipoika -malli. Uuden tiedon omaksuminen ei myöskään aina ole pelkästään hauskaa. Uuden bittikartan piirtäminen aivoihin voi olla tuskallista.

Ydintekniikan opetusta pohdittaessa peruskoulutusta ei voi täysin sivuuttaa. Tässä kiinnittäisin huomiota kahteen seikkaan. Ensinnäkin lukion luonnontieteiden kriisi heijastuu sekä tekniikan opiskelijoiden perustaidoissa että alalle hakeutuvien määrässä. Toiseksi ydinvoiman hyväksyttävyyden riippuu kansalaisten luonnontieteellisestä sivistys-

tasosta. Suuruusluokkien hallinta on edelleenkin äärimmäisen vaikeaa. Milli- ja megawattit sekotetaan keskenään. Riskien kvantitatiivinen vertailu on ylivoimainen ongelma. Opettajien täydennyskoulutus on eräs tehokkaimista tavoista levittää asiallista ydinvoimainformaatiota.

### **Ydinvoimatutkimus organisoitu kansallisiksi ohjelmiksi**

Yliopistotason koulutus ja alan tutkimus kulkevat käsi kädessä. Ydinenergiatutkimuksen suuntaamista ja organisaatiota vuoteen 2000 pohdittiin vastikään KTM:n asettamassa työryhmässä. Toiminnan keskeisimpinä tavoitteina on varmistaa ydinvoiman turvallinen käyttö sekä luoda edellytykset ydinjätehuollon turvalliselle toteuttamiselle. Tutkimusohjelmat, joihin osallistuvat sekä yliopistot, tutkimuslaitokset että voimayhtiöt, ovat osoittautuneet hyväksi tavaksi hyödyntää maamme vähäisiä tutkimusresursseja. Laaja kansallinen yhteistyö on myös usein edellytyksenä kansainvälisiin projekteihin pääsylle.

Julkisrahoitteinen ydinenergiatutkimus jakautuu nykyisin kolmeen ohjelmaan: reaktorien käyttöturvallisuusohjelmaan

RETU (1995–1998), rakenneturvallisuusohjelmaan RATU-2 (1995–1998) ja ydinjäteohjelmaan JYT-2 (1994–1996). Edellisiä pienempi voimalaitosautomaatiota koskeva tutkimushanke on myös rakennettu ohjelmaksi.

Tutkimusohjelmat ovat helpottaneet toiminnan koordinoitua, mutta hankaloittaneet uusien pienten projektien syntymahdollisuuksia. Rahoittajat mielusti ohjaavat uudet projektihakemukset ohjelmiin, joissa kuitenkin rahoituksen jatkuvan tiukkenemisen vuoksi on hyvin vähän sitomatonta rahaa. Myöskin yleistä teknistieteellistä tutkimus- ja kehitysrahaa voi olla vaikea saada johtuen harhaluulosta, että ydintekniikan tutkimusrahoitus olisi poikkeuksellisen runsasta.

Voimayhtiöt luonnollisesti suunnittelevat oman tutkimustoimintansa liiketoimintaansa tukemaan. Esimerkiksi IVO-yhtiöissä on vakavien reaktorionnettomuuksien simulointiin käytetty Loviisan VVER-reaktorien VICTORIA-suojarakennusmallia sekä useita pienempiä, varsin innovatiivisia koelaitteistoja. IVO-yhtiöiden harjoittama kokeellinen tutkimus on koulutuksenkin kannalta ollut varsin menestyksellistä. Tutkimuskohteet ovat olleet haastavia ja niihin on usein liittynyt kansainvälistä toimintaa.

### **Ydinvoimatutkimuksen uusrenessanssi?**

Loviisan ja Olkiluodon reaktorien tehonkorotusprojektit tarjoavat oivan tilaisuuden perehtyä ydinreaktorien turvallisuusselvityksiin lähes täydessä laajuudessaan. Triga koereaktorin BNCT-hanke on edellyttänyt reaktorin sydämen modifiointia sekä sopivan neutronimoderaattorin kehittämistä. Trigan yli kolmikymmenvuotisen käyttöajan aikana reaktorifysiikan laskentamenetelmät ovat radikaalisti parantuneet.

Tehoreaktoreillamme on vielä edessään vuosikymmeniä käyttöikä. Käyttöajan pidentämismenetelmät, joista tuorein esimerkki on Loviisa-1:n paineastian hehkutus, aiheuttavat paljon tutkimustarvetta tulevaisuudessa. Alalla tapahtuu.

Voimalaitosten purku ja radioaktiivisen jätteen loppusijoittaminen on suoritettava aikanaan. Olkiluodon matala- ja keskiaktiivisen jätteen luola on toiminnassa, ja Loviisaan on rakenteilla vastaava laitos. Käytetyn polttoaineen loppusijoitustutkimus etenee ripeästi. Vuosi 2000 lähestyy.

### Tulevaisuuden ydinreaktorien tutkimus takaa jatkuvuuden

Maassamme tulee säilyä tietotaito myös uusien ydinvoimalaitosten rakentamista varten. Hyvin pitkällä tähtäimellä nykyiset kevytvesireaktorit korvautuvat muilla reaktoryypeillä: kehittyneillä termisillä tai nopeilla fissioreaktoreilla tai fuusioreaktoreilla. Ydinenergiaa voitaisiin tuottaa myös alikriittisissä reaktoreissa ylläpitämällä fissioreaktioita hiukkaskiihdyttimien avulla. Uraanipolttoaine voitaisiin korvata toriumilla. Ydinjätteitä voitaisiin ehkä tuhota neutronivuossa. Tällaisia järjestelmiä on ideoitu useita, mutta niiden teknisen ja

taloudellisen toteutettavuuden varmentaminen vaatii valtavasti lisätutkimuksia.

Eksoottisten ydinenergiasovellusten tutkimuksessa käytetään samoja työkaluja kuin nykyisessä ydinvoimatutkimuksessakin. Neutroniikkaa varten on ratkaistava kuljetusyhtälöitä, termohydrauliikka on fuusioreaktorinkin keskeinen ongelma-alue, kaikkiin reaktoreihin sovelletaan nykyisenkaltaisia deterministisiä ja todennäköisyyspohjaisia turvallisuusanalyysyjä, reaktorit vaativat säteilykestävää huolto-robotiikkaa jne. Pitemmän tähtäimen tutkimus sopii yliopistoille. Paljon voidaan tehdä tehokkailla tietokoneilla. Todellisten koelaitteiden rakentaminen on valitettavasti usein ylivoimaisen kallista.

Ydintekniikkaa toki tarvitaan muuallakin kuin ydinenergian tuotannossa. Aiemmin jo tuli mainittua yksi lääketieteen sovellus, BNCT-hanke. Säteilyä ja radioaktiivisuutta on käytetty monien luonnontieteellisten prosessien tutkimukseen, mittalaitteisiin jne. Hyvä

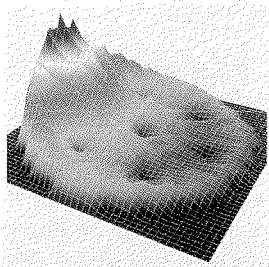
ydintekniikan tietotaito on paras tie sekä säteilyn hyödyntämiseen että sen vaarojen välttämiseen.

Tänään ydintekniikka on murrosvaiheessa, jonka mukanaan tuomiin ongelmiin on ponnekkaasti paneuduttava. Tärkeiden ratkaisujen teko on kuitenkin nyt huomattavasti helpompaa kuin nelisenkymmentä vuotta sitten, jolloin kaikki alkoi melkein tyhjästä.

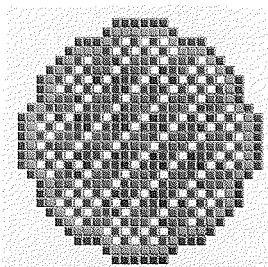
TkT, prof. **Rainer Salomaa** on Teknillisen korkeakoulun teknillisen fysiikan professori, p. (09) 451 3199.

# VTT ENERGIA

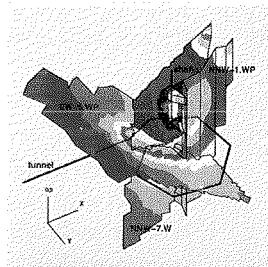
## monipuolista ydinosaaamista



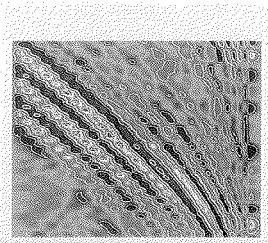
Reaktoriturvallisuus



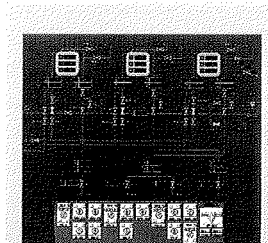
Polttoaineen käytön suunnittelu



Ydinjätetuolto



Fuusioteknologia



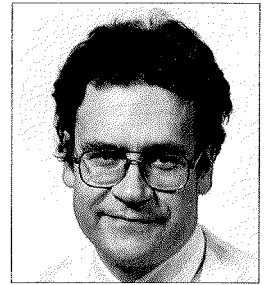
Simulaattorit



VTT ENERGIA, Ydinenergia  
Tekniikantie 4 C, Espoo  
PL 1604, 02044 VTT  
Puh. (09) 4561  
Telekopio (09) 456 5000  
<http://www.vtt.fi/ene/enhome.htm>



# TUTKIMUKSELLA MONIPUOLISTA TUKEA YDINTURVALLISUUDELLE



Vuonna 1955 asetettu energiakomitea suositti Atomienergianeuvottelukunnan (AEN) perustamista Suomeen. Neuvottelukunta sai tehtäväkseen ydinenergia-alalla tarvittavan koulutuksen ja tutkimuksen organisoimisen. Alkuvaiheessa AEN:in luoma stipendiaattijärjestelmä loi monille aineelliset edellytykset opiskelulle niin kotimaassa kuin ulkomailla. Merkittävä etappi oli vuonna 1962 tapahtunut Triga-tutkimusreaktorin käyttöönotto.

Suomen Atomiteknillinen Seura (ATS) ryhtyi heti perustamisensa jälkeen aktiivisesti vaikuttamaan alan toimintojen edistämiseen. Vuoden 1967 lopulla kauppaja teollisuusministeriölle (KTM) jättämässään muistiossa ATS ehdotti ydinreaktorien analysointiohjelmiin liittyvän tutkimustoiminnan käynnistämistä Teknillisen korkeakoulun teknillisen fysiikan osastolla. Aloite johtikin nopeasti tulokseen, sillä jo vuoden 1968 alusta ns. reaktorikoodiryhmä aloitti toimintansa AEN:n alaisuudessa. Varsin pian sen jälkeen ydinenergia-alan tutkimustoimintaa laajennettiin perustamalla dynamiikkaryhmä (1969) sekä luotettavuus- ja materiaaliryhmät (1970). Säteilyfysiikan laitoksen (SFL) eli nykyisen Säteilyturvakeskuksen (STUK) edeltäjän reaktoriturvallisuuksosasto aloitti toimintansa yhtä aikaa reaktorikoodiryhmän kanssa.

Vuoden 1972 alusta lähtien reaktorikoodiryhmä siirrettiin VTT:ssa suoraan pääjohtaja Pekka Jauhon alaisuuteen. Samana vuonna perustettiin lämmitysreaktoriryhmä vastaavalla tavalla organisoituna. Myöhemmin dynamiikka- ja luotettavuusryhmät jatkoivat toimintaansa VTT:n sähkötekniikan laboratorion ja materiaaliryhmä metallilaboratorion yhteydessä. Lisäksi jo AEN:n alaisuudessa aloitettua ydinjätetutkimusta jatkettiin VTT:n reaktorilaboratoriossa vuodesta 1974 lähtien.

*Suomessa yhteistyö tutkimuslaitosten, viranomaisten ja voimayhtiöiden kesken on ollut koko ydinvoimaohjelman ajan tiivistä. Monipuolinen ydinenergiatutkimus on merkittävästi myötävaikuttanut ydinvoimalaitostemme hyviin käyttökokemuksiin ja turvallisuustason jatkuvaan edistämiseen sekä ydinjätehuollon etenemiseen pitkän aikavälin suunnitelmien mukaisesti. Tutkimus on näin tuottanut kansainvälisestikin arvostettuja tuloksia. ATS teki aikanaan merkittävän aloitteen kauppaja teollisuusministeriölle ydinenergia-alan tutkimuksen aloittamiseksi 1960-luvun lopulla yksiköissä, jotka sittemmin siirrettiin VTT:n alaisuuteen. Niinpä VTT on edeltäjäneen ollut alan tutkimuksessa merkittävästi mukana jo neljällä vuosikymmenellä ja tukenut tutkimustyöllä sekä viranomaisten että voimayhtiöiden toimintaa.*



*Kuolan ydinvoimalaitokselle ollaan kehittämässä koulutussimulaattoria, joka perustuu IVO Internationalin ja VTT:n yhteistyönä kehitettyyn APROS-ohjelmistoon.*

## Ydinenergiatutkimusta VTT:n laboratorioissa

Ydinenergian tutkimustoimintaa organisoitaessa Suomessa päätettiin hajauttaa tutkimus eri aihepiireihin jo aiemmin perehtyneisiin tutkimusyksiköihin sen sijaan, että olisi esimerkiksi muiden pohjoismaiden tapaan perustettu yksi pelkästään ydinenergiaan keskittynyt suuri tutkimuskeskus. Pääosa tutkimuksesta on alusta pitäen tehty VTT:n laboratorioissa. Erityisesti ydinreakteihin liittyvät keskeiset tutkimuskohteet sijoitettiin VTT:n istunnon päätöksellä kesäkuun 1973 alusta lukien toimintansa aloittaneelle ydinvoimatekniikan laboratorio -nimiselle projektille, joka sittemmin 1.3.1974 aloitti virallisesti toimintansa yhtenä VTT:n sähkö- ja atomiteknillisen tutkimusosaston laboratoriona.

Ydinvoimatekniikan laboratorion pitkäaikaisena johtajana toimi professori Pekka Silvennoinen aina vuoden 1989 kevääseen asti. Hänen jälkeensä labora-

toriota ja sen seuraajaa on johtanut professori Lasse Mattila. Ydinvoimatekniikan laboratorion toimialaan kuuluivat aluksi reaktorianalyysiin ja lämmitysreakteihin sekä ydinvoimalaitosten sijoituspaikkaselvityksiin liittyvät tutkimukset. Loviisan ensimmäisen reaktorin rakennustöiden käynnistyttyä ydinvoimaloiden turvallisuuskysymykset tulivat entistä painokkaammin esille SFL:n edustajien ja muiden asiantuntijoiden välisissä keskusteluissa. Niinpä keväällä 1973 VTT sai valmiiksi KTM:n toimeksiannosta laatimansa suunnitelman turvallisuustutkimusohjelmaksi. Suunnitelmassa ehdotetuista projekteista ydinvoimatekniikan laboratorion toimintaan liitettiin jo samana vuonna reaktoreiden onnettomuusanalyysiin ja fissiotuotteiden käyttäytymiseen liittyvä tutkimus.

Myöhemmin 1970-luvulla ydinenergia-alan tutkimustoimintaa alettiin vähitellen monipuolistaa. Ydinvoimatekniikan laboratoriossa käynnistettiin vuonna 1974 ydinvoimalaitoskomponenttien rakenneanalyysiin liittyvä tutkimus.

Ydinvoimalaitoskomponenttien materiaalikysymyksiin syntyvää tutkimusta ja tarkastustoimintaa laajennettiin merkittävästi metallilaboratoriossa. Vastavasti sähkötekniikan laboratoriossa alettiin voimaperäisesti kehittää luotettavuusanalyysien osaamista palvelemaan sittemmin todennäköisyyspohjaisten turvallisuusanalyysien tason I selvitysten suorittamista suomalaisille ydinvoimalaitoksille. Samoin laboratoriossa vahvistettiin ydinvoimalaitosten automaatioon ja koulutussimulaattoreihin suuntautunutta tutkimusta.

Ydinvoimatekniikan laboratoriossa kehitettiin Helsingin seudulle kaavailun yhdistetyn kaukolämpöä ja sähköä tuottavan ydinvoimalahankkeen sijoituspaikkaselvitysten tueksi todennäköisyyspohjaisen ympäristövaikutusten arviointimallin ARANO ensimmäinen versio vuonna 1975 käyttäen osin esikuvana silloin julkisuuteen saatettua Rasmusseinin raporttia (WASH-1400). Jo aiemmin alustavasti tutkittua lämmitysreaktorihanketta vietiin merkittävästi eteenpäin

## Ydinenergiatutkimus VTT:ssä 1996

### VTT Kemiantekniikka

- \* **Radiokemia**  
*Ydinmateriaalien  
analyttinen kemia*
- \* **Ympäristötekniikka**  
*Ydinjätteiden loppu-  
sijoituksen kemia*
- \* **Prosessitekniikka**  
*Aerosolitekniikka  
Säteilymittaustekniikka  
Tutkimusreaktori*

### VTT Automaatio

- \* **Teollisuusautomaatio**  
*Automaatio  
Inhimilliset tekijät  
PSA ja luotettavuus  
Simulaattoritekniikka*

### VTT Energia

- \* **Ydinenergia**  
*Turvallisuusanalyysit  
Polttoainehuolto  
Ydinjätehuolto  
Lämpö- ja virtaus-  
tekniset kokeet  
Fuusioteknologia*
- \* **Energian käyttö**  
*Prosessien numeerinen  
simulointi*
- \* **Energiajärjestelmät**  
*Energiatalous*

### VTT Rakennustekniikka

- \* **Palotekniikka**

### VTT Valmistustekniikka

- \* **Ydinvoimaloiden  
rakenteellinen turvallisuus**  
*Materiaalien ominaisuudet  
Vesikemia  
Rakenneanalyysit  
Ainetta rikkomattomat  
tarkastukset*

### VTT Yhdyskuntatekniikka

- \* **Kallio- ja ympäristötekniikka**  
*Ydinjätteiden loppusijoitus-  
tilojen, kallion ja täyte-  
aineiden ominaisuudet*
- \* **Yhdyskuntasuunnittelu**  
*Ydinjätehuollon yhteis-  
kunnalliset vaikutukset*

suomalais-ruotsalaisessa SECURE-projektissa.

Yhteistyössä Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun kanssa tehtävässä kokeellisessa lämpö- ja virtausteknisessä tutkimuksessa ensimmäinen konkreettinen etappi saavutettiin, kun REWET-1-koelaitteisto valmistui vuoden 1976 alussa. Vuosien kuluessa on rakennettu useita yhä kehittyneempiä laitteistoja. Vuonna 1990 otettiin käyttöön PACTEL-laitteisto (PARallel Channel TEST Loop), joka on edelleen maailman monipuolisin VVER-440-tyyppisten reaktoreiden termohydraulinen koelaitteisto. Ydinpolttoaineen valmistustekniikkaan, materiaaliominaisuuksiin sekä käyttäytymisen mallintamiseen normaali- ja transienttiolosuhteissa liittyvää tutkimustoimintaa laajennettiin sekä ydinvoimatekniikan että metallilaboratorioissa 1970-luvun puolivälissä.

VTT osallistui 1970-luvun puolivälissä suomalaisen valmistelutyöhön IAEA:n kaavailemassa hankkeessa, jossa oli tarkoitus selvittää alueellisten polttoainekiertoakeskusten perustamismahdollisuuksia. Ns. APO-työryhmässä puolestaan valmisteltiin suosituksia käytetyn polttoaineen käsittelyn vaatimista toimenpiteistä ja tutkimuksista Suomessa. Nämä selvitykset vahvistivat ydinjätetutkimuksen merkitystä VTT:ssä.

Käytetyn polttoaineen huollon ja loppusijoituksen turvallisuustutkimukselle merkittävän alkuponnekkeen antoi aktiivinen osallistuminen kansainväliseen ydinpolttoainekierto selvitykseen (INFCE) ja erityisesti sen jätehuoltoa käsittelevän työryhmän toimintaan. Laboratorionjohtaja Silvennoinen oli yksi jätehuoltoryhmän kolmesta puheenjohtajasta. Vastaavalle ajanjaksolle ajoittuu myös käytetyn polttoaineen huoltoon ja loppusijoitukseen liittyvän muun suomalaisen tutkimustoiminnan voimistuminen useissa VTT:n laboratorioissa, Geologian tutkimuskeskuksessa sekä Helsingin yliopiston radiokemian laitoksella.

## Tutkimus tukee turvallisuustason jatkuvaa kehittämistä

Suomalaisten ydinvoimalaitosten — ja erityisesti länsimaisiin reaktoreihin verrattuna useita poikkeuksellisia piirteitä sisältävän Loviisan laitoksen — käyttöönotto edellytti valmiuksia suorittaa turvallisuusanalyysiin liittyvät monipuoliset tarkistuslaskelmat käyttäen kotimaista asiantuntemusta. Korkeatasoisilla tutkijaryhmillä on ollut merkittävä rooli vaaditun kotimaisen osaamisen hankkimisessa, ja näin on voitu olla tukemassa suomalaisten ydinvoimaloiden joustavaa käyttöönottoa sekä laitosten luotettavuudeltaan ja turvallisuudeltaan maailman huipputasoa olevaa käyttöä.

Tutkimus on alusta pitäen ollut tärkeä tekijä seurattaessa ydinturvallisuuden kansainvälistä kehittymistä ja omaksuttaessa uusia kehityslinjoja sovellettavaksi suomalaisilla ydinvoimalaitoksilla. Keskeinen muutos on ollut siirtyminen reaktorien turvallisuusanalyseissä pelkästään ns. suunnittelun perustana olevien onnettomuuksien (DBA) käsitteleistä käytäntöön, jossa myös hyvin epätodennäköiset reaktorisydäntä pahasti vaurioittavat ns. vakavat onnettomuustilanteet otetaan suunnittelussa huomioon. Kansainväliseen yhteistyöhön aktiivisesti tukeutuen VTT hankki 1980-luvulla monipuoliset laskentamenetelmät myös vakavien onnettomuustilanteiden analysointiin.

Kehitetyillä ja suomalaisin reaktoreihin sovitetuilla laskentamenetelmillä on voitu suunnitella vakavien reaktori-onnettomuuksien varalta täydentäviä turvajärjestelmiä sekä Olkiluotoon että Loviisaan. Näiden turvallisuusjärjestelmien suunnittelussa tavoitteeksi on asetettu radioaktiivisten aineiden päästöjen estäminen tai pienentäminen tasolle, josta ei aiheudu pitkäaikaista saastumista laitosten ympäristössä eikä välittömiä terveysvaikutuksia.

## Siirtyminen koordinoituihin tutkimusohjelmiin

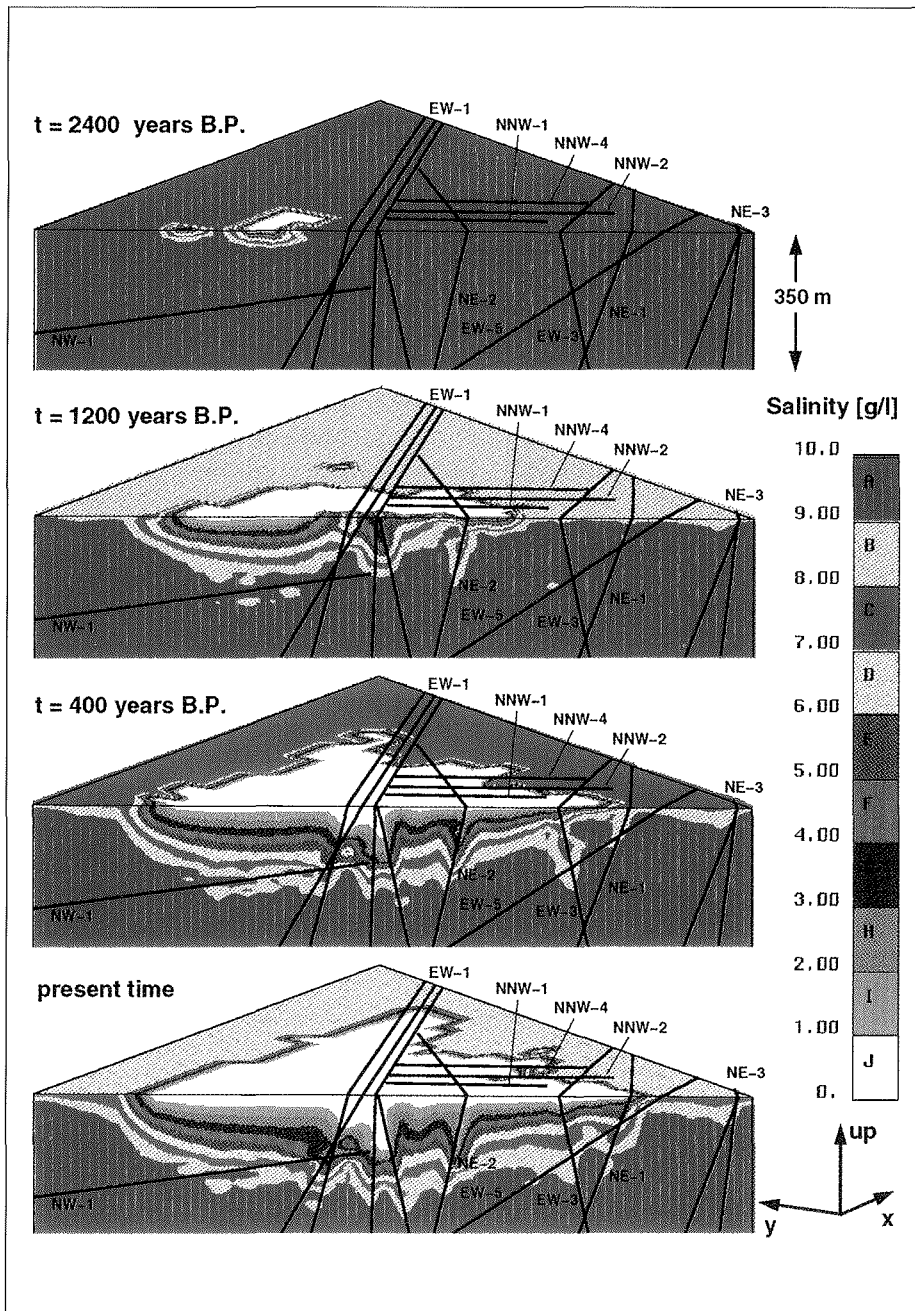
Julkisesti hallinnoitujen ydinturvallisuustutkimusten organisointitavassa tapahtui merkittävä muutos 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa. Muiden ener-

giatutkimusohjelmien tapaan myös ydinenergiatutkimus koottiin KTM:n aloitteesta kansalliseksi tutkimusohjelmiksi. Tienavaajana toimi ydinjätehuollon tutkimus ja ensimmäinen tutkimusohjelma *Julkisrahoitteisen ydinjätetutkimuksen ohjelma (JYT)* toteutettiin 1989–1993. Vuotta myöhemmin käynnistyivät toiset kaksi ohjelmaa *Ydinvoimalaitosten käyttöturvallisuus (YKÄ)* ja *Ydinvoimalaitosten rakenteellinen turvallisuus (RATU)*. STUK:n edustajat ovat panostaneet huomattavasti näiden tutkimusohjelmien tavoitteiden ja tutkimuskohteiden valintaan ja suunnitteluun sekä toimineet puheenjohtajina ja keskeisinä asiantuntijoina tutkimusohjelmien ja niiden projektien valvontaelimissä.

KTM antoi VTT:lle kaikkien näiden tutkimusohjelmien koordinoitavaksi. JYT- ja YKÄ-ohjelmia koordinoi ydinvoimatekniikan laboratorio ja sittemmin VTT Energia. Vastaavasti RATU-ohjelmaa koordinoi metallilaboratorio ja sittemmin VTT Valmistustekniikka. Kaikki kolme tutkimusohjelmaa jatkavat tällä hetkellä toimintaansa pääpiirteittäin entiseen tapaan, mutta sisällöllisesti jatkuvasti tarpeiden mukaan muuntuen. YKÄ-ohjelman jatkovaihe on tosin ottanut uuden nimen *Reaktoriturvallisuus (RETU)*. Ydinjätehuollon tutkimuksessa on uutena alueena tutkimusohjelman jatkovaiheessa (JYT2) käynnistetty myös yhteiskunnallisiin ja sosiopoliittisiin kysymyksiin sekä ympäristövaikutusten arviointiprosessiin (YVA) liittyvä tutkimus. Parhaillaan on käynnissä ydinjätehuollon tutkimusohjelman vuonna 1997 alkavan kolmannen vaiheen tavoitteiden, sisällön yksityiskohdien sekä ohjelman keston ja hallinnointimallien suunnittelu.

## Ydinenergiatutkimus uudelleenorganisoidussa VTT:ssä

Samoin kuin 1970-luvulla ydinenergiatutkimusta ei myöskään VTT:n tutkimustoiminnan uudelleenorganisoinnin yhteydessä vuoden 1994 alussa katsottu tarkoituksenmukaiseksi keskittää yhteen tutkimusyksikköön. Aiempien periaatteiden mukaisesti ydinenergiaan liittyvää tutkimusta toteutetaan niissä yksiköissä, joissa vastaava aihepiiriä tutkitaan muun teollisuuden ja viranomaisten tarpeisiin. Joissakin yksittäisissä tutki-



Pohjaveden suolapitoisuuden jakautuma Åspön saaren kalliolaboratorion alueella eri ajanhetkillä saaren noustessa maankohoamisen myötä.

Eri kansainvälisten organisaatioiden entisen Neuvostoliiton ja Itä-Euroopan maihin kohdistamissa avustusohjelmissa (erityisesti PHARE ja TACIS) ydinenergian käytön turvallisuuden parantamiseksi on suomalaisilla organisaatioilla ja näin myös VTT:llä ollut tärkeä rooli. Tällä tavoin on saatu lisämahdollisuuksia hyödyntää alunperin omien tarpeidemme kannalta keskeiseksi noussutta VVER-reaktoreihin liittyvää korkeatasoista osaamistamme myös laajemmin ydinturvallisuuden tason parantamiseen.

Toinen merkittävä ajankohtainen ja myös tulevaisuuden haaste on tarjota tutkimuksen myötä tukea ydinvoimalaitostemme modernisointihankkeissa ja käyttöön jatkamiseen liittyvissä selvityksissä. Tänä vuonna toteutetussa Loviisa I:n paineastian elvytyshekkutuksessa on taustalla pitkäjänteinen ja monipuolinen tutkimus, jolla paineastian teräsmateriaalin haurasmurtumaominaisuuksia on tarkkailtu ja analysoitu.

Vanhenemisilmiöt eivät rajoitu teknisiin järjestelmiin, vaan myös tutkimuslaitosten ja muiden organisaatioiden henkilöstön tulee säilyä vetreinä. Toiminnasta tulevaisuudessa vastuun ottavan jälkipolven varmistamisessa on Suomessakin kaikilla tahoilla ryhdytty erityisponnisteluihin.

Tässä kirjoituksessa on huomattavalta osin nojaututtu **Markku Anttilan** laatimaan historiikkiin **Ydinvoimatekniikan laboratorio ja sen edeltäjät 1968–1993**.

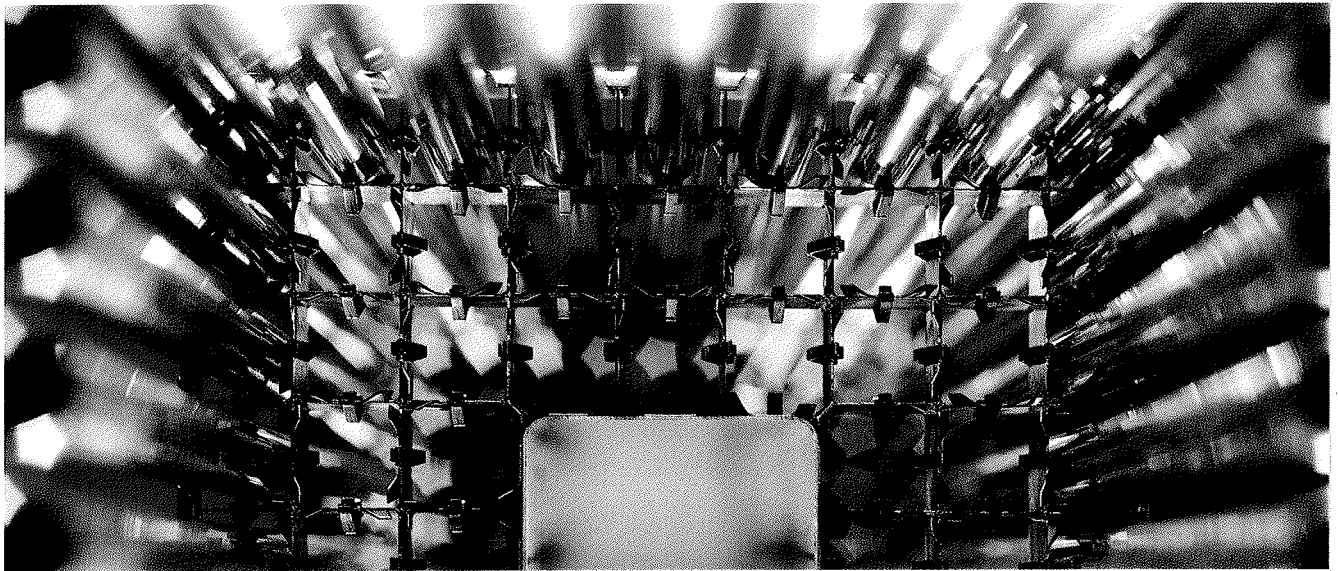
muskohteissa toteutettiin aiempien tutkimusryhmien yhdistämiä. Kansallisilla, julkishallinnoiduilla ydinenergia-tutkimusohjelmilla on merkittävä rooli yksiköiden välisessä tutkimuskoordinoinnissa. Lisäksi voimayhtiöiden ja nyttemmin Posiva Oy:n rahoittamaa laajaa ydinjätehuollon tutkimusta tehdään useissa VTT:n yksiköissä. Yhteisen asiakkaan ja samojen tutkimuspäämäärien myötä myös tutkimusyhteistyö tiivistyy VTT:n yksiköiden ja myös muiden tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja yliopistojen kesken.

### Tutkimuksen uudet haasteet

Liittyminen Euroopan unionin jäseneksi toi myös ydinenergiatutkimukselle sekä uusia mahdollisuuksia että lisähaasteita. Tällä hetkellä on tiedossa jo neljänteen puiteohjelmaan sisältyvän ydinfission turvallisuustutkimusohjelman (NFS-2) toisenkin hakuerroksen tulokset. Kokonaisuutena voidaan todeta, että suomalaiset organisaatiot ovat varsin onnistuneesti päässeet mukaan uusiin eurooppalaisiin yhteishankkeisiin.

TkT **Seppo Vuori** toimii johtavana tutkijana VTT Energian ydinenergian tutkimusalueella, p. (09) 456 5067; E-mail: Seppo.Vuori@vtt.fi

## ATRIUM – enemmän tehoa polttoaineesta



ATRIUM on rakenteen ja neutronifysiikan optimaalinen synteesi: Polttoainenipun sisällä oleva vesikanava lisää ja tasaa moderointia. Samalla vesikanava toimii kantavana rakenteena. Termisten neutronien vuo kasvaa vesikanavassa ja se nostaa tehoa ympäröivissä polttoainesauvoissa ja tasaa tehokautumaa polttoainenipuissa. Tämän ansiosta polttoainetta voidaan käyttää tehokkaammin turvallisuusmarginaaleja pienentämättä. Lisääntynyt käytön jousto tekee mahdolliseksi luotettavan ja entistä taloudellisemman polttoaineen hyödyntämisen.

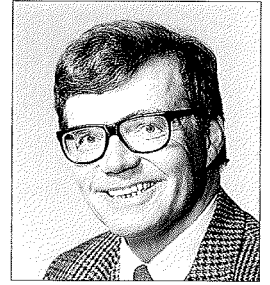
Polttoaineen tehostettu käyttö säästää polttoainekustannuksissa ja pienentää jätemääriä. ATRIUM-polttoaineniput soveltuvat hyvin käytettäväksi myös sekaoksidipolttoaineen (MOX) kanssa.

ATRIUM-polttoainenippujen sukupolvi perustuu kokemukseen, jonka Siemens on hankkinut suunnittelemalla, valmistamalla ja toimittamalla maailmalle yhteensä 60 000 polttoainenippua, jotka sisältävät yli kahdeksan miljoonaa polttoainesauvaa (näistä yli 80 000 MOX-sauvoja). Olemme toimittaneet nämä niput sataan erityyppiseen ydinreaktoriin kolmessatoista eri maassa. Siksi uskallamme väittää, että Siemensillä on maailmanlaajuisesti ydinpolttoainealan vankin kokemus.

Kerromme mielellämme lisää:  
Siemens Osakeyhtiö  
Energian tuotanto ja jakelu  
Puh. (09) 5105 3880  
Fax (09) 5105 3860

ATRIUM  
BWR Fuel Assemblies  
from Siemens

# MISTÄ ON TÄMÄN PÄIVÄN STUK TEHTY



*Valtion viranomaiseksi STUK on vielä nuori, yhden asiantuntijapolven ikäinen. Vaihtelevien ja värikkäidenkin kokemusten kautta se on koonnut rakennuspuut tämän päivän STUKiin. Näitä puita ovat moderni lainsäädäntö, roolin tiedostaminen, vahva identiteetti, avoimuus ja läpinäkyvyys, sekä riippumattomuus toiminnan perusarvona.*

**M**onikohan mahtaa muistaa, että Säteilyturvakeskus (STUK) oli vielä kymmenkunta vuotta sitten Säteilyturvallisuuksilaitos ja tätäkin aikaisemmin Säteilyfysiikan laitos? Yleisön keskuudessa tuskin kukaan. Asiantuntijayhteisössä löytynee ajan sammalloimia muistikuvia STUKin varhemmista vaiheista.

Nimenmuutokset ovat muutakin kuin optiikkaa, ne ovat todellisen uudistumisen etumerkkejä. Uskallan väittää, että tämä pitää paikkansa ainakin STUKin kohdalla. Kirjainyhdistelmä STUK on tänään käsite, jopa instituutio, joka tunnetaan maamme rajojen ulkopuolellakin.

Instituutio ei kasva tyhjästä, ja siihen liittyy aina mielikuva. Tämän artikkelin tarkoitus ei ole parannella mielikuvaa STUKista, eikä se onnistuisikaan. Tarkoitus on käännellä historian lehtiä, kertoa jotain niistä vaiheista, joiden kautta STUK on tullut siksi, mitä se tänään on.

## Perusarvoksi riippumattomuus

Säteilyfysiikan laitoksen aikaa (1958–1975) voidaan kuvata pioneerivaiheena, pienen tutkimuslaitoksen innoittuneena ponnisteluna ja etsintänäkin, mistä suomalaiset säteilyä saavat ja miten sille altistumista tulisi torjua. Alkusoitto tämän vaiheen päättymiseen oli, kun Suomeen päätettiin rakentaa ydinvoimalaitokset 1960-luvun lopulla.

Säteilyfysiikan laitokseen koottiin ryhmä kehrittelemään uusien voimalaitosten turvallisuusvaatimuksia. Rakennusvaiheessa työt lisääntyivät eksponentiaalisesti, ja samalla tihentyi ministeriöportaan kädenväntö reaktoriturvallisuusvalvonnan hallinnollisista perusteista. Minkä ministeriön alaiseksi?

Toimikuntatyönä tehdyn selvityksen tuloksena koko laitos järjestettiin uudelleen Säteilyturvallisuuksilaitokseksi. Laitos pysytettiin edelleen sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonalalla, ”toistaiseksi” ja monenlaisin varauksin. Ajan mittaan ratkaisu on vakiintunut. Ratkaisua tehtäessä painotettiin turvallisuusvalvonnan itsenäistä ja riippumattomaa luonnetta. Painotuksen vahvuus saattoi liittyä ministeriöiden väliseen valtapeliin, mutta STUKille tällä signaalilla oli ja on edelleen todellinen sisältö.

Riippumattomuus ja asiantuntemus ovat tämän päivän STUKissa perusarvoja, joita on tietoisesti vahvistettu. Ne ovat STUKilaisen identiteetin kulmakivet.

## Hämeenlinnasta Roihupeltoon

Säteilyturvallisuuksilaitoksen vuodet (1975–1984) olivat kasvun aikaa. Näinä vuosina STUK suureni nykyiseen kokoonsa, runsaaseen kahteensataan henkilöön.

Kasvu ei selity pelkästään julkisen hallinnon paisumisbuumilla noina vuosina. Olemassa olleet tehtävät lisääntyivät

ja niiden rinnalle tuli myös uusia alueita. Esimerkkinä ydinvoimalaitosten rakentamisen valvonta, joka oli 1970-luvun puolivälissä kiivaimmillaan, ja kun laitosyksiköt valmistuivat ja saatiin käyttöön, oli edessä käytönaikainen valvonta. Kokonaan uusi päänavaus oli ionisoimattoman säteilyn turvallisuusongelmiin paneutuminen myös Suomessa.

Ajan riento oli raju ja siihen mahtui myös pitkä varjo. Hajasijoituskamppailun huipentuma 1977 oli kuin Kekkosen ensimmäinen presidentinvaali: yhden äänen enemmistöllä eduskunnan täysistunto hyväksyi ponnen, että Säteilyturvallisuuksilaitos siirretään Hämeenlinnaan. Kun savu oli laskeutunut ja hylsytkin kerätty, koko ponsi jäi ikään kuin hyllyyn. Vaatimatonta suunnittelurahaa lukuun ottamatta eduskunta ei koskaan osoittanut markkaakaan siirtopäätöksen toteuttamiseen.

Mainittakoon kuriositeettina, että suunnittelurahasta kului 11 000 markkaa Hämeenlinnassa teetettyyn maapohjatutkimukseen. Ajanhukkaa ja välillisiä kustannuksia hajasijoitusepisodista tuli enemmän. Episodin todellinen merkitys oli, että STUKin toimitalohankkeen se verhosi pitkäaikaiseen ja syvään hämäämään.

Oma talo on muutakin kuin tarkoitukseensa suunnitellut tilat ja kunnolliset laboratoriot. Se yhdistää ihmiset ja antaa rungon vahvalle identiteetille. STUKin toiminta on asiantuntijatyötä, joka saa voimansa sisäisestä synergiasta ja luovasta ongelmanratkaisusta. Pelkistetysti sanottuna STUKin menestyminen riippuu siitä, millainen sen yksilöiden sisäinen näköala on.

Lopulta unelma toteutui. Värikkäiden tapahtumakulkujen jälkeen talohanke ylitti poliittiset kynnykset, ja STUK



*Toteutunut unelma: vihdoinkin oma toimitalo ja asianmukaiset tilat!*

muutti Helsingin Roihupeltoon vuonna 1994. Rähjäisten tilojen aika, jolloin ei ulkomaisia kollegoja kutsuttu kylään ellei ollut ihan pakko, oli takana. Tämän päivän STUK oli saanut tehtävänsä mukaiset ulkoiset puitteet.

### **Keskityksestä tuloksikköorganisaatioon**

Kasvun kipujen hoito on kaikissa organisaatioissa samanlaista: ensin yritetään lääkitystä eli tehostetaan johtamista, sitten potilas operoidaan eli toteutetaan organisaatioremontti. Näin kävi myös 1980-luvun alun Säteilyturvallisuuslaitokselle. Nopeasti kasvaneen toiminnan hallittuna pitämiseksi laitoksen yksikkörakenne uudistettiin 1984, ja siihen saakka vallinnut kaksinapainen johtajuus purettiin.

Organisaatio sai uudet etumerkit. Nimi muutettiin Säteilyturvakeskukseksi ja päälliköksi nimitettiin reaktoriturval-

lisuusvalvonnasta siihen saakka vastannut TkT Antti Vuorinen.

Alkoi taival kohti tämän päivän STUKia. Toiminnan hallintaan saamisen ensimmäinen vaihe oli pehmeästi sanottuna laatukontrollin tehostaminen, tosiasiallisesti tiukka vallankeskitys. Johto otti päätöksenteon langat käsiinsä ja antoi määräykset siitä, miten asiat STUKista ulospäin hoidetaan.

Keskitys oli välivaiheen toimenpide. Tämän päivän STUK on järjestetty tuloksikköorganisaatioksi, jossa tuloksikköiden päälliköt vastaavat itsenäisesti toimialueistaan. Päätöksenteko on delegoitu niin, että pääjohtaja vahvistaa vaatimustason ja ratkaisee periaatekysymykset. Operatiiviset ratkaisut, eli turvallisuusvaatimusten soveltaminen käytännön tapauksiin, tehdään osastoilla.

Toiminnan kehittämisessä on käytetty ydinturvallisuusvalvonnassa koettuja reseptejä: STUKin toiminnan perusteet, alkaen turvallisuusfilosofiasta aina turvallisuusvaatimuksiin ja niiden valvonnassa noudatettaviin hallinnollisiin menettelytapoihin asti, on työs-tettävä selkeiksi ohjeiksi ja dokumentteiksi. Tehtäväalueen ollessa laaja ja vaikeakin, tavoite ei toteutunut suinkaan hetkessä. Siihen pääseminen vaati monta vuotta systemaattista työtä.

### **Turvallisuuden toteuttaa käyttäjä**

Mutta se työ on kannattanut tehdä. Turvallisuusvaatimuksiltaan ja toimintatavoiltaan tämän päivän STUK on läpinäkyvä talo. YVL-ohjeissa ja ST-ohjeissa, joita on kaikkiaan noin sata, on määritelty perusteet STUKin työlle säteily- ja ydinturvallisuutta valvovana viranomaisena. Kuka tahansa, vaikka puhtaalta pöydältä, voi tutkia STUKin yhteiskunnallisen vallankäytön sisällön, mitä STUK odottaa asiakkailtaan ja mitä se heiltä vaatii.

STUKin kunnia-asia taas on, että ohjeistus on ajan tasalla, johdonmukaista ja sisällöltään huolella punnittua. Tämän päivän yhteiskunnassa kritiikki on avointa, ja niin tulee ollakin. Ohjeistuksen valmistelussa kuullaan ulkopuolisia asiantuntijoita ja myös asiakastahoja. Vastuun sisällöstä kantaa jäännöksettömästi STUK, mutta monipuolinen taustatyö on omiaan antamaan takeita siihen, että päätöksillä on tarkoitettu vaikutus myös todellisuudessa.

STUKissa on vahvasti tiedostettu, että mikään viranomaiskoneisto ei toteuta turvallisuutta, sen toteuttaa säteilyn ja ydinenergian käyttäjä. Turvallisuuden avaimet — huolellinen suunnittelu, laadukas tekniikka, selkeä käyttöorganisaatio, turvallisuuskulttuuri — ovat käyttäjän käsissä. STUKin rooli on riippumattomasti todentaa, että nämä avaimet ovat ja ne pidetään kunnossa. Ja mieluummin niin, ettei tarvitse turvautua voimakkeisiin ja sanktioihin, jotka lainsäätäjä on turvallisuusviranomaisen arsenaaliin varannut.

## Turvallisuuskulttuurin opinahjo

Viranomaistyön perusta on lainsäädäntö, jolla määritellään vallankäytön aineellinen sisältö ja järjestetään valtaa käyttävien viranomaisten suhteet ja valtuudet. Sanaa "valta" käytän kernaasti siksi, että vallan peilikuva on vastuu. Tänä päivänä voimassa oleva lainsäädäntö antaa STUKille huomattavat valtuudet, mikä vaatii tietoista ja viisasta vastuunkantoa.

Vielä kymmenen vuotta sitten lainsäädäntö oli pahasti vanhentunutta. Vuoden 1957 säteilysuojauslaki ja atomiennergialaki antoivat toki yleisen puitteen. Paljon on kuitenkin luettava suomalaisten säteilyn ja ydinenergian käyttäjien ansiotiliin siitä, että turvallisuustasoa voitiin kehittää niinkin määrätietoisesti kuin tuolloin tapahtui. Esimerkiksi säteilyn käytössä saavutettu turvallisuustaso alitti monin verroin lainsäädännön muodolliset minimiit.

Oltiin tavallaan hyvin positiivisessa, koko yhteiskunnan spektrillä jopa ainutlaatuisessa tilanteessa. Tuotantoelämän kannalta turvallisuustason nosto on karkeasti sanottuna aina jarrujen lisäämistä. Jarrut ovat yhteiskunnan asettamia rajoituksia ja määräyksiä, joiden pitävyyttä tuotantoelämä usein kokeilee oikeusistuimissa. Nyt jarruja virittävät

vastuunsa tuntevat ammatti-ihmiset, omaehtoisesti ja yhteistyössä turvallisuuden hyväksi, eikä siihen oikeusistuimia tarvittu.

Jälkikäteen arvioituna vanhentunut lainsäädäntö voidaan nähdä koetin-kivenä, käytännön opinahjona sekä STUKille että sen asiakkaille. Edellytykset nykyaikaiselle turvallisuuskulttuurille, joka perustuu omatoimiseen vastuuntuntoon ja avoimeen kommunikointiin, kehittyivät luonnostaan.

Ydinenergalaki tuli voimaan 1988 ja säteilylaki 1992. Uusi lainsäädäntö muodostaa kansainvälisestäkin verraten modernin perustan turvallisuustyölle. STUK on valvonnan toimeenpanoviranomainen, jonka velvoitteet ja valtuudet on selkeästi määritelty, aina hallintolainkäytön kovia muotoja myöten. Kehittyneestä turvallisuuskulttuurista taas kertoo se, että näitä juridisia atraimia on käytännössä jouduttu käyttämään aniharvoin.

### Ammatti-piireistä koko kansan palvelijaksi

Kertomus matkasta kohti tämän päivän STUKia on vielä yhtä lukua paitsi. Vuoteen 1986 STUK oli tunnettu lähinnä alaan erikoistuneissa piireissä. Työt

tehtiin suunnitelmanmukaisessa järjestyksessä asiakkaiden, viranomaisten sekä koti- ja ulkomaisten kollegojen kanssa.

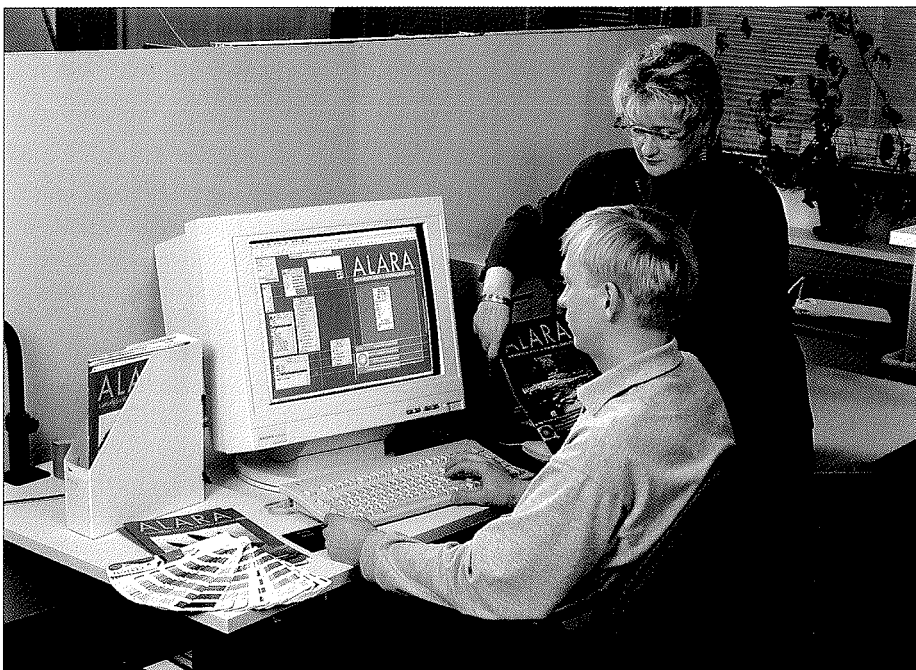
Huhtikuun lopulla 1986 yhteiskunnan parrasvalot suuntautuivat äkkiä STUKiin häikäisevän kirkkaina. Tshernobylin ydinturmaa seurannut radioaktiivinen laskeuma merkitsi useiden kuukausien intensiivistä työpainetta. Samalla se merkitsi sitä, että STUK vietiin niin television, radion kuin sanomalehtienkin kautta jokaisen suomalaisen olohuoneeseen.

Julkisuuden pyyhkäisy ei jäänyt väliaikaiseksi. Jos kenraaliharjoitus kohtasi-kin asiantuntijakontakteihin tottuneen STUKin ilman ennakkovaroitusta, kokemukset riihittiin ja opit otettiin käyttöön. Tiedon kysyntä oli tosiasia, joten ainoa mahdollinen vastaus oli kehittää ripeästi tarjontaa.

Tänä päivänä STUK tarjoaa alansa tietoa monipuolisella paletilla ja monin välinein. Paletin sisältö ulottuu uutis- ja ajankohtaistiedotteista yleistajuisiin katsauksiin ja tietopaketteihin. Paletin lippulaiva on oma aikakauslehti ALARA.

Tiedotusmaailman vaikeasti ennustettavat reaktiot saattavat joskus tuntua täsmällistä elämänmenoa arvostavasta ammattiviranomaisesta hankalilta. On kuitenkin niin, että STUKin tehtävään suomalaisten turvallisuuden lukkona kuuluu olla koko kansan käytettävissä. Tässä tarvitaan toimivaa aallonpituutta suhteessa tiedotusvälineisiin, jotka ovat linkkinä STUKin ja kansalaisten välillä.

Mielenkiinto säteily- ja ydinturvallisuusalan tapahtumiin on myös kumoamaton osoitus siitä, että STUKin työlle on aito yhteiskunnallinen tilaus. Tästä tilauksesta kasvaa työ turvallisuuden hyväksi myös huomenna.

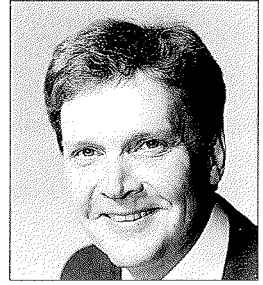


Säteilyturvakeskuksen julkaiseman ALARA-lehden kustantaa Oy Edita Ab.

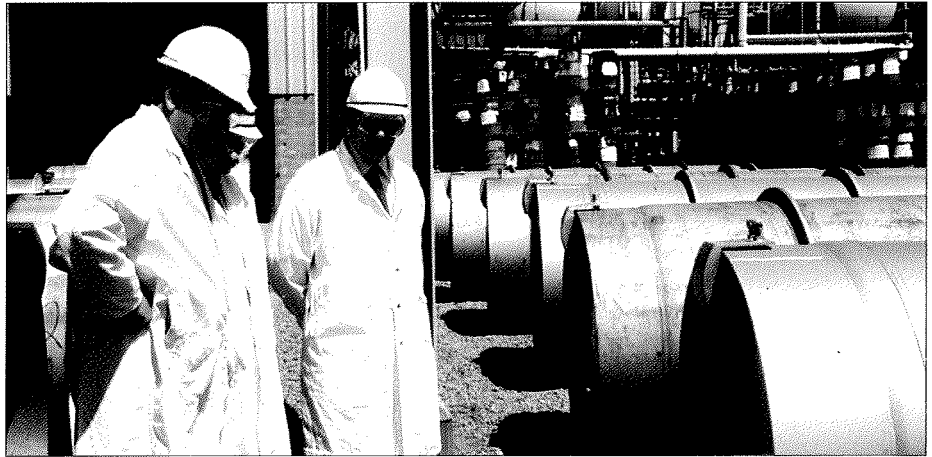
VT Antti Niittylä on Säteilyturvakeskuksen hallintojohtaja,  
p. (09) 7598 8202;  
E-mail: Antti.Niittyla@stuk.fi



# POLTTOAINEKIERRON YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET HALLITAAN



*Ydinvoiman käytöstä aiheutuvia säteilyvaikutuksia ja polttoainekierronratkaisuja arvioitaessa on tarkasteltava koko polttoaineketju. Uraanin louhinnassa ja rikastuksessa syntyvät radioaktiiviset jätteet voivat hoitamattomina aiheuttaa ympäristön saastumista vielä vuosisatoja toiminnan päättymisen jälkeen. Louhintajätekasojen jälkihoitoa varten on kuitenkin kehitetty tehokkaita menetelmiä, joilla pitkäaikaisia vaikutuksia voidaan oleellisesti alentaa.*



*Uraaniheksafluoridia lähdössä jalostamolta Kanadassa.*

Vuoden 1995 alussa oli maapallolla toiminnassa 432 ydinvoimayksikköä, joiden yhteinen sähköntuotantokapasiteetti oli 345 GW<sub>e</sub>. Samaan aikaan oli rakenteilla 48 uutta reaktoria, joiden sähköntuotantokapasiteetti on noin 39 GW<sub>e</sub>. Vaikka ydinvoiman tuotannon kasvuvauhti onkin viime vuosien aikana hidastunut, arvioi OECD:n Nuclear Energy Agency (NEA) maailman ydinvoimalaitosten sähkön tuotantokapasiteetin kasvavan noin tasolle 415–450 GW<sub>e</sub> vuoteen 2010 mennessä.

Ydinsähkön vuotuinen tuotantomäärä 345 GW<sub>e</sub> edellyttää noin 61 000 tU jalostetun luonnonuraanin vuotuista tuotantoa. Mikäli OECD/NEA:n ydinsähkön tuotantoa koskeva ennuste pitää paikkansa, on uraanin tuotantotarve vuonna 2010 noin 74 000–80 000 tU. Vuonna 1993 ydinvoiman tuotantoon tarvittavasta uraanista 57 % pystyttiin kattamaan uuden uraanin tuotannolla, seuraavana vuonna tämä prosenttiluku oli 55. Loppuosa tarpeesta katettiin varastoja purkamalla ja pienessä määrin myös käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyssä erotetun plutoniumin käyttöön

uraaniin sekoitettuna kevytvesireaktoreissa.

Idän ja lännen välisen poliittisen jännitteen lientyessä ja ydinaseiden rajoituspäätösten seurauksena lähinnä Yhdysvallat ja Venäjä ovat pystyneet purka-



*Polttoainepippujen valmistusta.*

maan myös sotilaallisiin tarkoituksiin varattuja uraanivarastojaan, mikä myös on pienentänyt uuden uraanin tuotantotarvetta. Kaiken kaikkiaan tunnettujen ja suhteellisen huokeasti hyödynnettävien uraaniesiintymien voidaan arvioida riittävän noin sadaksi vuodeksi eteenpäin.

## **Ydinpolttoaineen tuotanto monivaiheinen prosessi**

Ydinpolttoaineen hankinta- ja jatkojalostus eli polttoainekierron alkupää sisältää seuraavat vaiheet:

- uraanimalmin louhinta ja malmin rikastus,
- uraanimalmirikasteen jalostus ja muuntaminen uraaniheksafluoridiksi,
- uraanin väkevöinti isotoopin <sup>235</sup>U suhteen ja
- polttoaineen valmistus.

Kaikkia näitä vaiheita tarvitaan riippumatta siitä, perustuuko polttoainekierto käytetyn polttoaineen suoraan loppusijoitukseen vai toimitetaanko käytetty

polttoaine jälleenkäsiteltäväksi vielä käyttökelpoisen uraanin ja plutoniumin erottamiseksi ja hyödyntämiseksi uudelleenkierrätyksen myötä.

Uraanimalmin louhinta ja malminrikastus ovat tavanomaista malminjalostustoimintaa. Maailmalla on käytössä kolmentyyppisiä kaivoksia: avokaivoksia, maanalaisia kaivoksia ja liuoskaivoksia. Avokaivoksilla louhitaan uraanista nykyisin noin 44 % ja maanalaisissa kaivoksissa noin 32 %. Liuoskaivoksissa (osuus noin 13 %) erotetaan uraanimalmi liuoskemikaalien avulla suoraan esiintymästä. Lisäksi muun malminlouhinnan sivutuotteena hankitaan noin 11 % uraanista. Taloudellisesti kannattavan uraanipitoisuuden raja on suurin maanalaisille kaivoksille (noin 1 %) ja vastaavasti pienin sivutuotelouhinnalle (luokkaa 0,1 %).

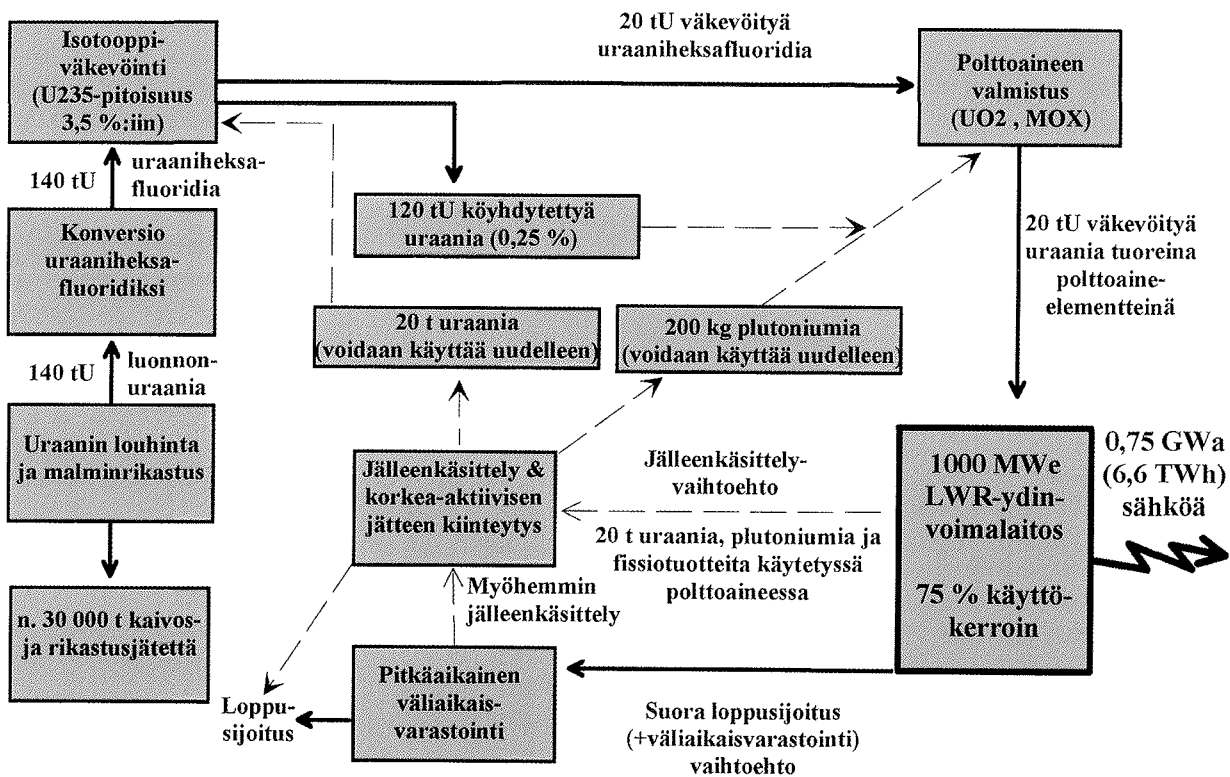
Malmin rikastukseen on maailmalla laajimmin käytössä kaksi perusprosessia. Toisessa käytetään liuotteena rikkihappoa ja lisäksi hapettimena esimerkiksi vetyperoksidia sekä ammoniakkia tai magnesiummoksidia uraanin sakkauttamiseen liuoksesta diuranaattina. Toisessa prosessivaihtoehdossa käytetään natriumkarbonaattia liuotukseen ja hapettimena esimerkiksi natriumkloraaattia sekä saostukseen natriumhydroksidia tai magnesiummoksidia. Kummassakin prosessissa diuranaatti eli "yellow cake" muunnetaan kuivatuksen yhteydessä lopuksi uraanioksidiksi ( $U_3O_8$ ).

Polttoainekierto vaihtoehdosta riippuen luonnonuraanin tarve vaihtelee ja käytetyn polttoaineen suoran loppusijoituksen tapauksessa kiertoon on tarpeen syöttää luokkaa 180–220 tU luonnonuraania yhden 1000 MW<sub>e</sub> kevytvesireaktorin käyttämiseen vuoden ajan täydellä teholla eli 1 GWh sähköenergiämäärän

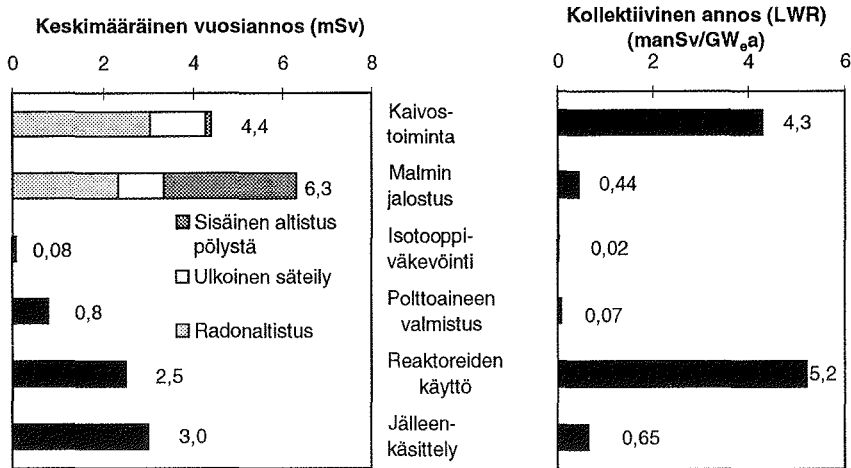
tuottamiseen. Luonnonuraanin tarve riippuu lopullisen polttoaineen väkevöintiasteesta ja köyhdytetyn uraanin pitoisuudesta. Kevytvesireaktorien käyttöön perustuvassa vaihtoehdossa, jossa käytetty polttoaine jälleenkäsitellään ja erotettu uraani ja plutonium otetaan takaisin hyötykäyttöön, polttoainekierto syötetään luonnonuraania noin 120 tU/GW<sub>e</sub>a. Nopean hyötöreaktorin käyttöön perustuvassa kierrätysvaihtoehdossa luonnonuraania tarvitaan ainoastaan noin 1,2 tU/GW<sub>e</sub>a.

Uraanirikasteen jatkojalostuksessa uraanioksidista poistetaan kemialliset epäpuhtaudet. Jalostuslaitoksella  $U_3O_8$  liuotetaan typpihappoliuoksella ja syntyvästä uraaninitraattiliuoksesta uraani erotetaan ensin orgaanisella erotusaineella sekä käsitellään laimealla typpihappoliuoksella. Erotetusta osasta poistetaan kosteutta höyrystämällä ja lopuksi seos kalsinoidaan ensin  $UO_3$ :ksi

### Typillisen 1000 MWe kevytvesireaktorin polttoainekierron yhden vuoden käyttöä vastaavat materiaalivirrat (käyttökerroin 75 %)



## Työntekijöiden säteilyaltistus polttoainekierron eri vaiheissa 1985–1989



ja pelkistetään edelleen  $UO_2$ :ksi. Näin syntyneitä luonnonuraanidioksidiä voidaan suoraan käyttää polttoaineena esimerkiksi raskasvesireaktoreissa.

Kevytvesireaktoreita varten uraania on kuitenkin väkevöitävä halkeamiskelpoisen isotoopin  $^{235}U$  suhteen. Tätä jatkokäsittelyvaihetta varten uraanidioksidi muutetaan yleensä jo jalostuslaitoksella ensin uraanitetrafluoridijauheeksi ja edelleen uraaniheksafluoridiksi ( $UF_6$ ). Uraanin isotooppiväkevöinnissä kaasumaisessa muodossa olevaa uraaniheksafluoridia käsitellään fysikaalisessa prosessissa, jossa uraanin eripainoiset isotoopit voidaan erottaa toisistaan. Käytössä on sekä isotooppien massaeroista johtuvaan erilaiseen kaasudiffuusion kalvojen läpi että erilaiseen keskipakoisiihtyvyyteen suurinopeuksisissa keskipakoislingoissa perustuvia väkevöintilaitoksia.

Uraanipolttoaineen valmistusta edeltävässä käsittelyssä uraaniheksafluoridi muunnetaan jälleen uraanidioksidiksi. Itse polttoaineen valmistuksessa uraanidioksidijauhe puristetaan ja sintrataan pelleiteiksi, jotka sijoitetaan polttoainesauvoihin. Sauvojen suojakuorimateriaalina käytetään zirkonium-seosta. Polttoainesauvat kootaan edelleen kokonaisiksi polttoaine-elementeiksi. Jälleenkierrä-

tettävää plutoniumia sisältävän polttoaineen (MOX) valmistuksessa voidaan joko sekoittaa uraani- ja plutoniumoksidijauheet huolellisesti halutussa suhteessa keskenään tai muodostamalla suoraan samanaikaisessa prosessissa plutonium- ja uraaninitraateista haluttu oksidiseos.

### Työntekijät voivat altistua säteilylle useilla tavoilla

Uraanin louhinta, malmirikastus ja isotooppiväkevöinti sekä valmistus ydinpolttoaineeksi aiheuttaa jokaisessa tuotantoketjun vaiheessa säteilyannosta sekä työntekijöille että ympäristön asukkaille. Toiminnasta syntyvät radioaktiiviset jätteet voivat hoitamattomina lisäksi aiheuttaa ympäristön saastumista vielä vuosisatoja toiminnan päättymisen jälkeen.

Työntekijöiden yksilökohtaiset säteilyannokset uraanin louhinnan ja jatkojalostuksen yhteydessä vaihtelevat luonnollisesti hyvin paljon työympäristöstä ja louhittavan malmin aktiivisuudesta johtuen. Työntekijät saavat säteilyannosta kolmella eri tavalla: 1) suorasta ulkoisesta gammasäteilystä, 2) sisään hengitettävistä radonin hajoamistuotteista ja 3) sisäänhengitettävästä radioaktiivisesta pölystä. Radonaltistus on useim-

missa kaivoksissa dominoiva säteilyannoksen aiheuttaja, varsinkin maanalaisissa kaivoksissa. YK:n alainen säteilyn vaikutuksia selvittävä tieteellinen komitea UNSCEAR on koonnut maailmanlaajuisesti tietoja työntekijöiden säteilyannoksista ydinpolttoainekierron eri vaiheissa vuosina 1985–1989.

Uraanin isotooppiväkevöinnin sekä ydinpolttoaineen valmistuksen yhteydessä saatavat säteilyannokset ovat uraanin louhintaan ja malmin jalostukseen verrattuna hyvin pieniä. Koko maailmassa ydinpolttoaineen kierron eri laitoilla työskentelevien henkilöiden keskimääräinen vuosiannos oli vuosina 1985–1989 noin 2,9 mSv ja kollektiivinen annos yhteensä noin 12 manSv/GW<sub>a</sub> koko polttoainekierrossa (LWR). Suomessa ydinvoimalaitosten työntekijöiden saama kollektiivinen annos jää selvästi viranomaisten asettaman rajan 2,5 manSv/GW<sub>a</sub> alapuolelle.

### Uraanin louhinta aiheuttaa lähinnä maisemahaittoja

Uraanin louhinnan ja rikastuksen ympäristövaikutukset ovat etupäässä maisemallisia. Säteilyvaikutukset ympäristön asukkaisiin jäävät yksilötasolla hyvin vähäisiksi. Laskennallisesti on arvioitu, että yhden uraanitonin louhinta, malmirikastus, väkevöinti ja valmistus ydinpolttoaineeksi aiheuttaa laitosten käyttöjakson kuluessa kollektiivista säteilyannosta noin 0,008 manSv. Tämä on jonkin verran suurempi kuin se annos (0,002 manSv), jonka yhden uraanitonin käyttö kevytvesireaktorityyppisen ydinvoimalaitoksen polttoaineena aiheuttaa voimalaitosten päästöjen kautta väestölle. Yhdestä tonnista uraania saadaan kevytvesireaktoreille polttoainetta, jolla tuotetaan sähköenergiaa noin 0,0045 GW-a.

Kun uraanimalmista erotetaan malmia rikastettaessa varsinaisen uraani, jäävät alkuperäisessä malmassa olleet uraanin luonnollisten hajoamissarjojen muut radioaktiiviset aineet ja pieni osa uraanista louhintajätteisiin. Näihin jätteisiin sisältyvien luonnollisten radioaktiivisten aineiden aiheuttamia pitkäaikaisia säteilyvaikutuksia on tarkasteltu useissa kansainvälisissä selvityksissä.

*Sillamäen jätevuori sijaitsee aivan Suomenlahden rannalla. Jätteiden valumista mereen on estetty rakentamalla suojavallit maa-aineksesta ja itse jätteestä. Jätevuoren korkeus merenpinnasta on noin 25 metriä ja pinta-ala noin 33 hehtaaria.*

Vuonna 1993 julkaistussa UNSCEAR-komitean raportissa todetaan louhintajätteiden kasasta malmin louhinnan lopettamisen jälkeen tyypillisesti aiheutuvaksi vuotaiseksi annoskertymäksi noin  $7 \cdot 10^{-5}$  manSv luonnonuraanitonnia kohden. Tällä kertymisnopeudella 10 000 vuoden kuluessa aiheutuva yhteenlaskettu väestöannos olisi 0,7 manSv/tU, jonka epävarmuusalueeksi esitetään 0,004–5 manSv/tU. Vaihtelualue määräytyy kahdesta äärimmäisestä mahdollisuudesta. Mikäli läjityskasan peitekerroksen oletetaan häviävän kokonaan joko ihmisen toimesta tai luonnon olosuhteiden muutoksen takia, arvioidaan radonin tihkumisnopeuden nousevan perusoletukseen verrattuna kuusinkertaiseksi. Vaihtoehtoisesti läjityskasojen nykyisiä peittämismenetelmiä voitaisiin merkittävästi tehostaa ja väestöannoksen kertymisnopeus putoaisi alle sadasosaan.

Aiemmassa vuonna 1988 julkaistussa UNSCEAR-raportissa esitetään vaihtoehtoisia suunniteltuja tekniikoita peittää louhintajätekasat kaivostoiminnan päättymisen jälkeen useilla kerroksilla erilaisia radonin tihkumista pitkällä aikavälillä hidastavia maa-aineksia. Kaikkein tehokkaimmassa tarkastellussa menetelmässä radonin tihkumisnopeus putoaisi jopa alle miljoonasosaan peittämättömään jätekasaan verrattuna ja ratkaisussa, jossa jätekasa peitetään metrin vahvuisella savikerroksella ja eroosiosuojana toimivalla kalliomurskeella tihkumisnopeus alenisi noin 2 promilleen peittämättömään kasaan verrattuna.



### **Uraania louhittu myös Suomessa**

Suomessa kuten monissa muissakin maissa uraanin etsintä ja louhinta aloitettiin 1950- ja 1960-luvulla ilman sen kummempia jätehuoltosuunnitelmia. Suomessa ja Ruotsissa löydettiinkin muutamia lupaavia uraaniesiintymiä, mutta niiden hyödyntäminen jäi kuitenkin kokeiluasteelle. Alueiden jälkihoito jäi sitten myöhempien aikojen murheeksi.

Enon Paukkajanvaarassa louhittiin vuosina 1958–1961 uraanimalmia noin 55 000 tonnia, josta rikastettiin uraania yhteensä noin 30 tonnia. Toiminnan loputtua kesällä 1961 rikastukseen kelpaamaton raakkumalmi ja rikastusjätteet jätettiin sellaisenaan säiden armoille. Rikastamorakennukset purettiin 1970-luvun puolivälissä ja vasta vuonna 1993 alue saatettiin ympäristön kannalta hyväksyttävään kuntoon peittämällä raakkukasat ja jätekenttä usealla kerroksella maa-aineksia sekä estämällä rikastusjätteen leviäminen alapuoleiseen vesistöön. Kolmenkymmenen vuoden kuluessa kaivosalueelta ehti levitä pieniä määriä radioaktiivisia aineita ympäristöön.

Myös Askolassa toimi pieni koerikastamo vuosina 1957–1959, jossa rikastettiin pieniä määriä lähialueilta saatua uraani-

malmaa. Alueen jälkihoito toteutettiin 1980-luvun puolivälissä.

Eteläisessä Ruotsissa Ranstadissa louhittiin ja rikastettiin suurempia määriä uraania alueen alunaluskeesta vuosina 1965–1969. Kaikkiaan uraania rikastettiin noin 200 tonnia ja toiminnan tuloksena ympäristöön jäi noin miljoona kuutiometriä rikastusjätettä. Alueen jälkihoidon suunnittelu aloitettiin 1980-luvun lopulla ja toteutus ajoittui pääasiassa vuosille 1990–1992. Alueen suuri avolouhos muutettiin järveksi, jonka pohjassa oleva avoin alunaluske ensin peitettiin radioaktiivisten aineiden veteen liukenemisen estämiseksi. Suuri jätekenttä peitettiin usean maa-aineksen kerroksella. Alueen ympäristön tilan tarkkailu jatkuu edelleen.

Koillis-Virossa Sillamäen kaupungissa rikastettiin vuosien 1948 ja 1977 välisenä aikana uraania paikallisesta alunaluskeesta sekä eri Itä-Euroopan maista tuodusta uraanimalmista. Toiminta oli Neuvostoliiton aikana julistettu salaiseksi, eikä täysin yksityiskohtaisia tietoja rikastustoiminnasta ole ollut käytettävissä. Tänä päivänä Sillamäen jätealue on noin 330 000 neliömetrin laajuinen ja noin 20 metriä korkea jätevuori, jossa on yhteensä noin 12 miljoonaa tonnia erilaista prosessijätettä. Tästä jätelmästä noin 6,3 miljoonaa tonnia on uraanin rikastusjätettä ja loput palavan



*Sillamäen uraanin rikastuslaitos tuotti uraania sotilas- ja siviilikäyttöön. Alueen jäteongelmia on selvitetty virolais-pohjoismaisena yhteistyönä. Tutkimuksissa on todettu, että suurin säteilyvaikutus kohdistuu Sillamäen asukkaisiin jätteistä erittyvän radonkaasun kautta.*

kiven tuhkaa ja tehtaan nykyisestä toiminnasta syntyvää jätettä. Jätevuori on aivan Suomenlahden rannassa ja siitä valuu mereen jatkuvasti pieniä määriä radioaktiivisia aineita ja raskasmetalleja. Lisäksi jätealueelta tihkuu suuria määriä radonkaasua ulkoilmaan. Jätevuoren on arvioitu sisältävän edelleen puhdasta uraania noin 1800 tonnia ja toriumia noin 850 tonnia.

Virolais-pohjoismainen asiantuntijaryhmä on esittänyt toimenpiteitä Sillamäen jätealueen vahvistamiseksi ja saattamiseksi pysyvästi hyväksyttävään kuntoon. Se edellyttäisi mm. uuden jätehuoltolaitoksen rakentamista tehtaalle ja uuden sijoituspaikan valitsemista jätteille. Tehtaalla itsellään ei kuitenkaan ole mahdollisuuksia toteuttaa näitä toimenpiteitä ja Viron valtiollakin on vielä toistaiseksi kiireellisempiä tehtäviä toteutettavana.

Saksa sai yhdistyessään perinnöksi entisen Itä-Saksan valtavat uraanikaivos- ja rikastusalueet. Itäisessä Saksassa Sachsen-Thüringenin uraaniprovinssissa ehdittiin toisen maailmansodan päättymisen ja vuoden 1990 välisenä aikana rikastaa uraania yli 220 000 tonnia ja alueella toiminut Wismut-yhtiö oli maailman suurin yksittäinen uraanin tuottaja. Wismut-yhtiöllä on tänä päivänä valtava urakka saattaa louhinta- ja rikastusalueet hyväksyttävään kuntoon. Saneerattavien

alueiden kokonaispinta-ala on noin 32 neliökilometriä, josta yli 2000 hehtaaria on erilaisia rikastusjätteiden peittämiä alueita. Uraanin tuotanto Saksassa lopetettiin vuonna 1990. Kaikkiaan arvioidaan kunnostustöiden vaativan noin 1,3 miljardia D-markkaa.

### **Myös kivihiilen käytöstä aiheutuu säteilyaltistusta**

Ydinvoiman käytöstä koko polttoainekierto huomioon ottaen aiheutuvia säteilyvaikutuksia voidaan suhteuttaa esimerkiksi luonnolliseen taustasäteilyyn, mihin verrattuna ydinenergian käytöstä aiheutuva osuus on varsin vähäinen. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että saman sähköenergiämäärän tuottaminen kivihieillä aiheuttaa voimalaitospäästöjen kautta — käytettävän kivihiilen laadusta riippuen — jopa noin kymmenkertaisen kollektiivisen säteilyannoksen väestölle ydinvoimalaitoksen normaalikäytössä aiheuttamiin vaikutuksiin verrattuna.

Myös pitkällä aikavälillä aiheutuvia säteilyvaikutuksia voidaan verrata kivihieilaitoksen tuottaman mm. uraania ja radiumia sisältävän jättemateriaalin pitkäaikaisiin vaikutuksiin. Kivihieilaitoksen pohjatuhka ja talteen otettu lentotuhka jäävät yleensä sijoitetuksi melko tiheään asutulle alueelle verrattu-

na uraanikaivospaikkakuntiin. Tuhkajätteiden loppusijoituksessa ei myöskään pyritä erityisesti estämään radonin vapautumista tuhkasta ilmakehään ja edelleen mahdollisesti lähistöllä sijaitseviin asutuskeskuksiin. Näin ollen kivihiilen käytöstä voi aiheutua väestölle samaa suuruusluokkaa oleva tai jopa selvästi suurempi pitkän aikavälin säteilyaltistus kuin ydinpoltoainekierrosta. Kuitenkin on huomattava, että kivihiilen tärkeimmät terveys- ja ympäristövaikutukset aiheutuvat sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä aivan muista seikoista kuin säteilyaltistuksesta.

Uraanin louhinnassa ja malmin rikastuksessa aiheutuvat jätemäärät ovat tilavuudeltaan olennaisesti suurempia kuin muissa ydinpoltoainekierron vaiheissa aiheutuvat jätemäärät. Toiminnasta syntyvät radioaktiiviset jätteet voivat hoitamattomina aiheuttaa ympäristön saastumista vielä vuosisatoja toiminnan päättymisen jälkeen. Louhintajättekasojen jälkihoitoa varten on kuitenkin kehitetty tehokkaita menetelmiä, joilla pitkäaikaisia vaikutuksia voidaan oleellisesti alentaa.

**FT Raimo Mustonen** toimii apulaisjohtajana Säteilyturvakeskuksen tutkimusosastolla, p. (09) 7598 8492; E-mail: Raimo.Mustonen@stuk.fi

**TkT Seppo Vuori** toimii johtavana tutkijana VTT Energian ydinenergian tutkimusalueella, p. (09) 456 5067; E-mail: Seppo.Vuori@vtt.fi

# YDINJÄTEHUOLTO SUOMESSA: AINEKSIA MENESTYSTARINAAN



*Puheet ydinjäteongelmien ratkaisemattomuudesta tuntuvat kovin oudolta alalla työskentelevien korvissa. Olkiluodon voimalaitos-jätteelle on jo vuodesta 1992 lähtien ollut lopullinen sijoituspaikka Olkiluodon peruskalliassa, ja Loviisan voimalaitosjätteille vastaavat tilat ovat juuri valmistumassa. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelut etenevät tasaiseen tahtiin toista kymmentä vuotta sitten laaditun aikataulun mukaisesti. Suomen ydinjätehuollon selvä vastuunjako ja suunnitelmallinen eteneminen kelpaavat esimerkiksi niille maille, joissa ydinjätehuollon käytännön toteutus on vielä alkuvaiheessaan.*

Ensimmäinen perusteellinen selvitys ydinjätehuollon järjestelyistä Suomessa ilmestyi pian sen jälkeen, kun Loviisan ensimmäinen reaktoriyksikkö oli käynnistynyt. Vuoden 1978 selvityksessä todetaan, että voimalaitosjätteet voidaan sopivasti pakattuna loppusijoittaa niin Loviisan kuin Olkiluodonkin kallioperään muutaman kymmenen metrin syvyyteen.

Runsasaktiivisen ydinjätteen huollon ensisijaisena ratkaisuna tuossa selvityksessä tarkastellaan jälleenkäsittelyvaihtoehtoa, mutta käytetyn polttoaineen loppusijoitus sellaisenaankin todetaan mahdolliseksi. Tästä vaihtoehdosta kuvaillaan ruotsalainen, kuparisäiliöön perustuva KBS-ratkaisu. Päävaihtoehto perustuu ulkomaisiin jälleenkäsittelypalveluihin. Ajatuksena on, että syntyvä jälleenkäsittelyjäte jäisi pysyvästi ulkomaille. Ydinvoimalaitosten käytöstäpoisto-jäte todetaan voitavan hoitaa vastaavalla tavalla kuin voimalaitosjätekin.

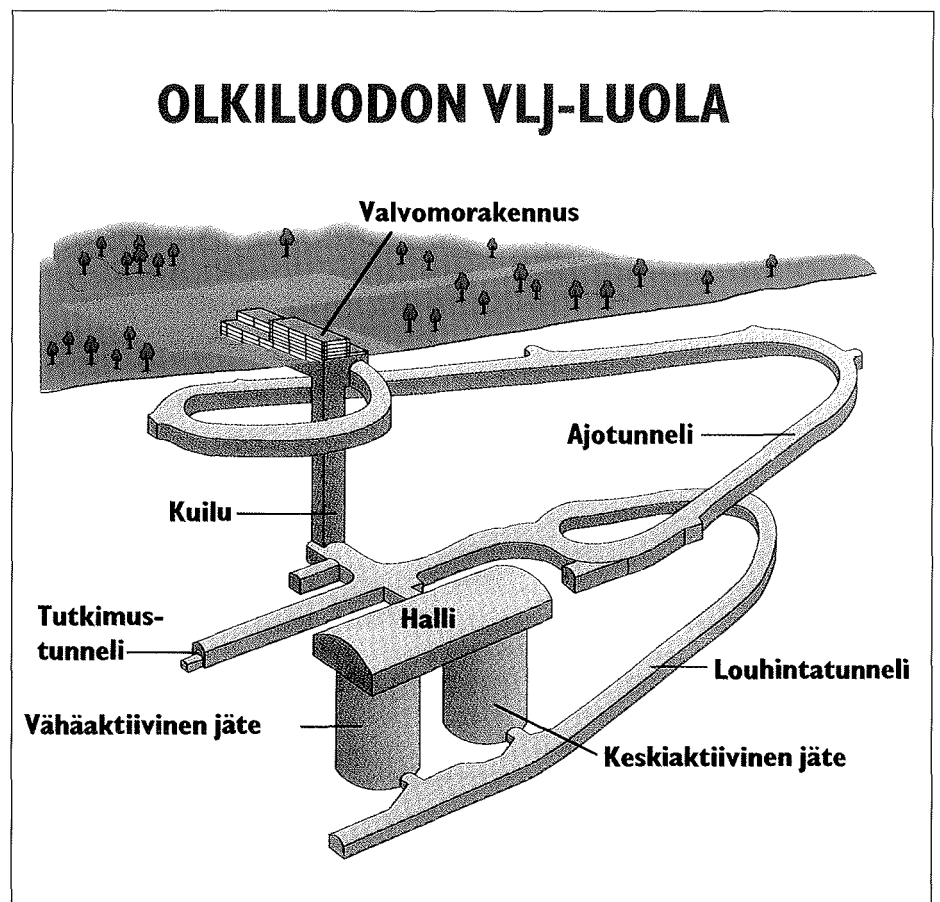
## Tarinan juuret parin vuosikymmenen takana

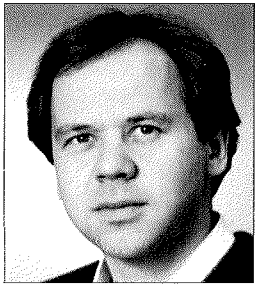
Vaikka ensimmäisellä ydinjätehuollon perusselvityksellä on ikää kohta 20 vuotta, siinä esitetyt periaatteet ovat varsin hyvin säilyttäneet kelpoisuutensa — vaikkakin esimerkiksi ympäristönsuojeluvaatimukset yleisesti ovat niistä ajoista paljon tiukentuneet. Tekniset

ratkaisut ovat luonnollisesti muuttuneet jonkin verran, mutta perusteiltaan ne ovat paljolti entisellään. Runsasaktiivisen jätteen osalta lähtökohdat ovat muuttuneet: Teollisuuden Voima Oy (TVO) luopui jälleenkäsittelykaavailuista jo 1980-luvun alkupuolella, ja vuoden

1994 ydinenergialain muutoksen myötä voidaan unohtaa nyttemmin kokonaan se vaihtoehto, että jätteet loppusijoitettaisiin Suomen ulkopuolelle.

Ydinjätehuollon suunnitelmallisuutta on epäilemättä edistänyt valtioneuvoston vuonna 1983 tekemä periaatepäätös, jossa ensimmäisen kerran kiinnitettiin aikataulu ydinjätehuollon toteutukselle. Vaikka siinäkin käytetyn polttoaineen huollolle suositellaan keskitettyjä kansainvälisiä ratkaisuja — koska “ydinvoimalaitostemme tuottama käytetty polttoaine jää kokonaisuutensa vähäiseksi” — siinä esitetään ensimmäisen kerran myös aikataulu suoran loppusijoituksen valmistelulle. Tätä samaa aikataulua





Suomessa nyt on pystytty noudattamaan jo yli kymmenen vuotta. Tämä lienee lähes ainutlaatuista maailmassa.

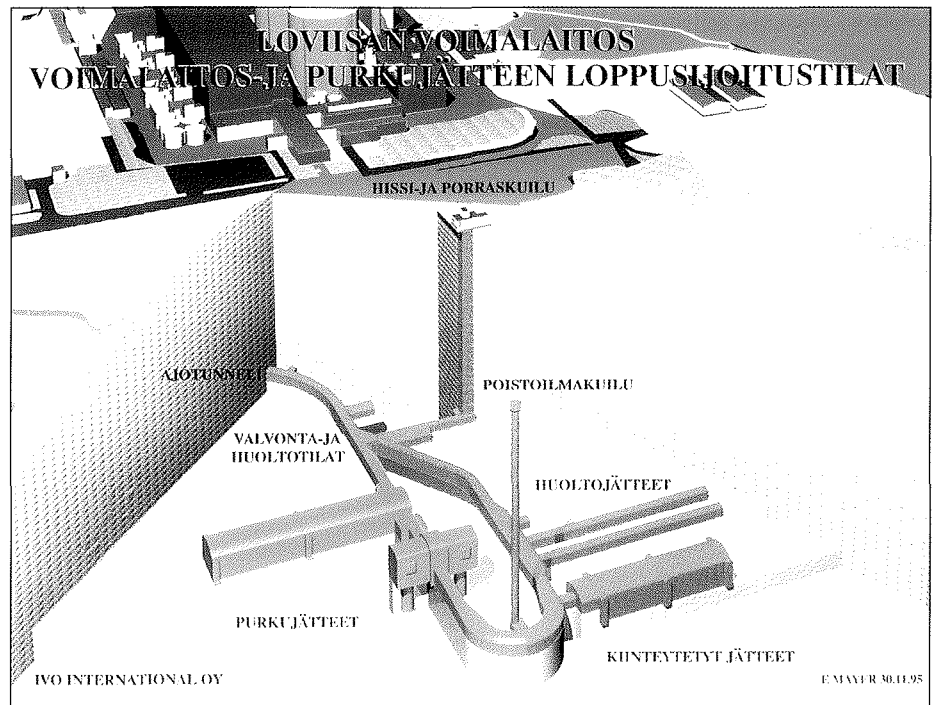
### VLJ-luola myös kansainvälisesti kiinnostava esimerkki

Vuoden 1978 ydinjätteselvityksessä esitetty periaate voimalaitosjätteen loppusijoitukselle ei olellisesti poikkeava Loviisan valmistumassa olevan jäteluolan pohjapiirustuksesta. Olkiluodon VLJ-luola on hieman toisennäköinen: paljolti kalliomassiivin muodon takia Olkiluodossa päädyttiin pystysiloihin vaakatasoihin louhittavien luolien sijaan. Periaate sielläkin on silti sama. Kiinteytysmenetelmistä vuoden 1978 selvityksessä käsiteltiin sekä bitumointi (käytössä nyt Olkiluodossa) että betoonointi (Loviisassa).

Olkiluodon VLJ-luola on valmistuttuaan saanut runsaasti kansainvälistä huomiota, ja se todennäköisesti on esikuvana erinäisille tulevaisuuden loppusijoitushankkeille. Hanke toteutettiin aikataulussaan, ja se on kustannuksiltaan edullinen. Sen luvituksessa ei myöskään ilmennyt turvallisuuskysymyksiä, jotka suunnitelmissa olisivat jääneet huomiotta.

Loviisan loppusijoitusluola tulee valmistuttuaan epäilemättä saamaan vastaavanlaisen huomion — sijainti lähellä Helsinkiä saattaa houkuttaa vieläkin runsaammin ulkomaisia vierailijoita. Loviisan luolan valmistuttua vähä- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden huolto on Suomessa loppusijoitusta myöten järjestetty.

Voimalaitosten käytöstäpoistosuunnitelmia tarkennetaan jatkuvasti. Vuoden 1983 periaatepäätöksen mukaisesti voimayhtiöt toimittavat viiden vuoden välein tarkistetut suunnitelmat viran-



omaisten arvioitaviksi. Vaikka laitosten purkamiseen tuskin ryhdytään vielä moniin kymmeneen vuosiin, suunnitelmat ovat jo nykyisin varsin yksityiskoh-taiset.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusvalmistelu muuttui vuoden 1996 alussa valtakunnalliseksi hankkeeksi, kun aiemmin Olkiluodon käytettyä polttoainetta varten tehdyt suunnitelmat laajennettiin käsittämään myös Loviisasta kertyvä polttoainejäte. Käytetyn polttoaineen kuljetukset Venäjälle päättyvät vuonna 1996, ja tästä eteenpäin Suomesta ei enää siirretä ydinjätteitä ulkomaille eikä sieltä myöskään tuoda jätteitä tänne. Lainmuutos kieltää käytännössä jopa ulkomailla tapahtuvan jälleen-käsittelyn.

Käytetyn polttoaineen loppusijoitusta valmistelee nyt uusi yhtiö, Posiva Oy. Sen omistavat Teollisuuden Voima Oy (TVO) ja Imatran Voima Oy (IVO) yhdessä.

Loviisan käytetyn polttoaineen tulo loppusijoitussuunnitelmien piiriin ei aiheuttanut merkittäviä muutoksia aiempiin suunnitelmiin: Käytettyä polttoainetta tulee kertymään jonkin verran enemmän — aiemman noin 1 700 tonnin asemesta arvio on nyt noin 2 500 tonnia — minkä johdosta maanalaisia tunneleita tarvitaan vastaavasti enemmän. Koska Loviisan polttoaine on erimuotoista ja -mittaista kuin Olkiluodon polttoaine, sille mitoitettiin oma kapselinsa, mutta periaatteellisiin muutoksiin ei ollut tarvetta. Loviisan polttoaineelle on laadittu myös omat kuljetussuunnitelmat. Uutena mahdollisuutena käytetyn polttoaineen kuljetuksissa on nyt tarkasteltu myös laivakuljetuksia samaan tapaan kuin Ruotsissa.

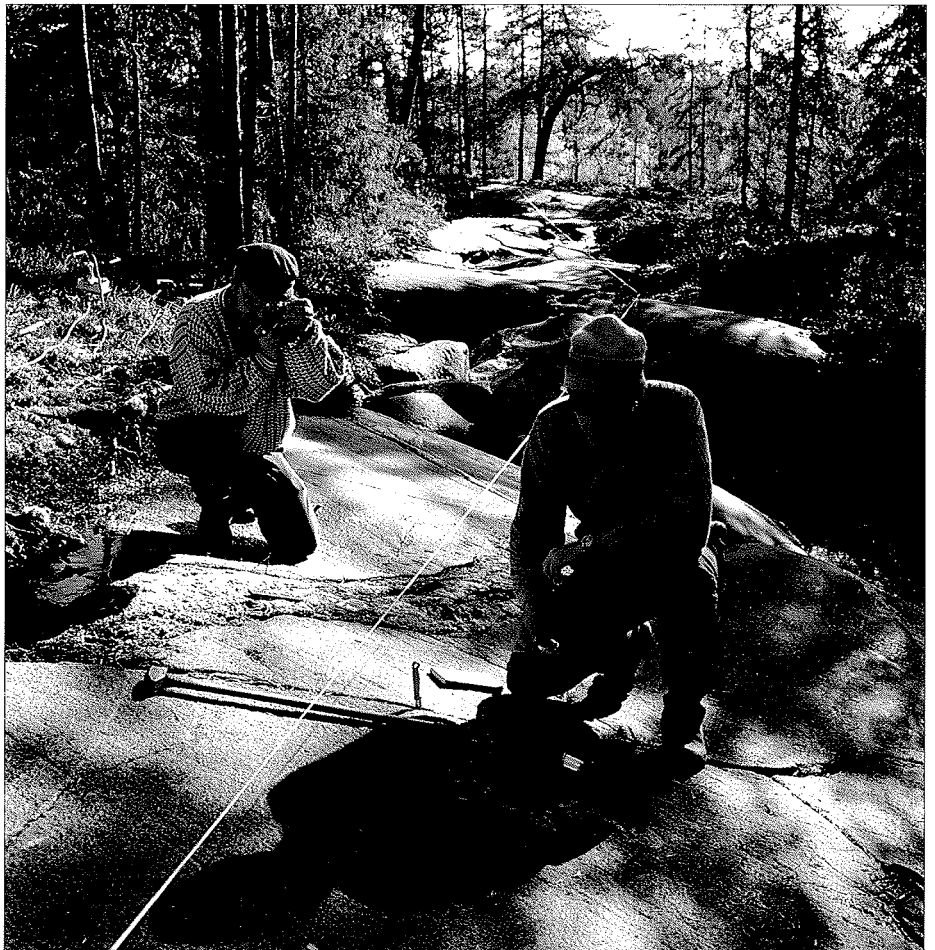
Muutoin käytetyn polttoaineen loppusijoitushankkeen valmistelut etenevät vuoden 1983 periaatepäätöksessä esitetyn aikataulun mukaisesti. Käynnissä ovat kallioperätutkimukset kolmella paikkakunnalla (Eurajoki, Kuhmo ja Äänekoski), ja vuonna 2000 on tarkoitus nimetä loppusijoituslaitoksen rakentamiselle sopiva paikka. Rinnan paikkatutkimusten kanssa etenevät tekniset ja turvallisuustutkimukset.

Posivan perustamisen yhteydessä sovitettiin, että myös Loviisan Hästholmenin soveltuvuutta loppusijoitukseen selvitetään. Käynnissä onkin esiselvitys, jonka perusteella vuoden 1996 lopulla päätetään, ryhdytäänkö Loviisassa syväkai-rauksiin alueen geologisen soveltuvuuden selvittämiseksi. Aiemminhan on jo selvitetty Äänekosken naapurikunnan, Kannonkosken soveltuvuutta loppusijoitustarkoituksiin. Mahdollisista jatkotutkimuksista Kannonkoskellakin päätetään vuoden 1996 lopulla.

### Mikä paikka on paras loppusijoituslaitokselle?

Jo 1980-luvun alussa alkanut paikanvalintaprosessi on siis tarkoitus saattaa päätökseen vuoden 2000 lopulla. Tähän mennessä on valtioneuvoston periaatepäätöksen mukaan "valittava yksi turvallisuus- ja ympäristönsuojelupaatikumukset täyttävä loppusijoituspaikka, jolle laaditaan tekninen sijoitussuunnitelma".

Jo alusta saakka oli jokseenkin selvää, että "parhaan mahdollisen paikan" etsiminen ei ole järkävä lähtökohta sijoituspaikkatutkimuksille. Vuonna 1983 aloitettu koko maan kattanut seurantaprosessi tuotti jatkovalintaan runsaasti "riittävän hyviä" tutkimusaluekandidaatteja. Käytettyjen kriteereiden vuoksi nämä alueet olivat odotetusti varsin samankaltaisia. Prosessin yhteydessä kävi toisaalta ilmi, että sijoituspaikan valintaan sekä jo tutkittavuuteen vaikuttavat kallioperän ohella merkittävästi myös muut tekijät kuten kuljetusmahdollisuudet, infrastruktuuritekijät, maankäytön suunnitelmat ja suojelunäkökohdat, erilaisten palvelujen ja työvoiman saatavuus sekä maanomistusolot.



Kenttätutkimukset käynnistettiin keväällä 1987 viidellä paikkakunnalla, joista vuoden 1992 lopulla kaksi puotettiin pois jatkosta. Perusteena karsinnalle tällöin oli lähinnä tutkimusten tehokkuus: valituilla kolmella alueella riittävän kokonaiskuvan saaminen tutkittavasta kallioperästä arvioitiin muita alueita helpommaksi.

Arvioidessaan alustavien sijoituspaikkatutkimusten tuloksia kauppa- ja teollisuusministeriö päätti Säteilyturvakeskuksen suosituksesta vuoden 1994 puolivälissä, että jatkotutkimuksista "tulee vuoden 1996 lopulla esittää viranomaisten arvioitavaksi siihenastisten sijoituspaikkatutkimusten tulokset ja tutkimusaluekohtaiset sijoitustilaratkaisut turvallisuustarkasteluineen". TVO oli jo aiemmin sisäisesti asettanut vuoden 1996 välietapiksi; nyt siis myös viranomaiset halusivat tehdä väliarvion tutkimusten edistymisestä.

Posiva on parhaillaan laatimassa väli-raporttia, ja siinä tullaan esittämään yhteenveto vuoden 1992 jälkeen kerä-

tystä tutkimustiedosta. Monilta osin tutkimukset ovat kuitenkin edelleen kesken ja sellaisessa vaiheessa, että niiden perusteella on vielä mahdoton esittää johtopäätöksiä esimerkiksi paikkojen edullisuudesta toisiinsa nähden. Sijoituspaikkojen arviointi vaatii pitkän ketjun toisiinsa liittyviä kentällä tehtäviä mittauksia ja kirjoituspöydän ääressä mahdollisesti tietokoneen avustamana tehtäviä tulkintoja. Koko tällaisen ketjun läpivieminen kolmella alueella tulee todennäköisesti kestämään kuluvan vuosikymmenen lopulle asti.

Vaikka joskus voi vaikuttaa siltä, että samat kysymykset ja epävarmuudet pyörivät tutkimuksissa vuodesta toiseen, tietoa on karttunut runsain mitoin. Kallioperän pohjavesiolosuhteet, jotka olivat ennen paikkatutkimusten aloittamista pitkälti arvailujen varassa, tunnetaan nyt varsin hyvin. Pohdinnan alla onkin enemmän, mitkä tekijät pitkällä aikavälillä vaikuttavat tai voisivat vaikuttaa pohjaveden kiertokulkuun ja kemiallisiin ominaisuuksiin.





*Runsasaktiivisen ydinjätteen loppusijoituspaikan valintaa varten yksityiskohtaisia paikkatutkimuksia tehdään Kuhmossa, Äänekoskella ja Eurajoella. Lisäksi tehdään esiselvityksiä Kannonkoskella ja Loviisassa.*

Varsin ilmeistä on, että paikkojen väliset erot esimerkiksi loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta ajatellen ovat pieniä eivätkä yleensä yhdensuuntaisia. Helpoimmin havaittava ero liittyy sijaintiin: Olkiluoto sijaitsee meren rannalla kun taas Äänekosken Kivetty ja Kuhmon Romuvaara ovat sisämaassa, Romuvaara jopa jääkauden jälkeisen “viimeisen rannan” yläpuolella. Olkiluodon syvät pohjavedet ovat suolaisia kun taas sekä Kivetyt että Romuvaaran vedet ainakin kilometrin syvyyteen asti ovat makeita.

Onko suolaisuus sitten etu vai haitta? Suuri suolapitoisuus voi vaikuttaa huomontavasti kallion kykyyn pidättää pohjavedessä olevia aineita, mutta toisaalta suuri suolapitoisuus on yleensä merkki siitä, että vedet ovat paikallaan — eikä pidätyskyvyllä tai sen puutteella ole silloin suurtakaan merkitystä. Jos sitä paitsi loppusijoitustilan läpi tapahtuva virtaus päättyy suoraan mereen, siihen mahdollisesti liuenneet aineet laimentuvat nopeasti olemattoman pieniksi pitoisuuksiksi. Olkiluotokin tosin kohtaa kaiken aikaa ylemmäs merestä eikä

virtausten päätyminen suoraan mereen tulevaisuudessa ole välttämättä taattu.

Toisaalta suomalainen — niin kuin ruotsalainenkin — loppusijoitusratkaisu perustuu siihen, että radioaktiivisten aineiden pääsy pohjaveteen estetään kokonaan. Sekä Ruotsissa että Suomessa kupari on valittu säiliömateriaaliksi juuri sen hyvän korroosionkestävyyden takia. Koska kuparin korroosionkestävyys hapettomissa pohjavesissä ei merkittävästi riipu edes kloridipitoisuudesta, sijoituspaikkojen välillä ei säiliöiden korroosionkestävyyden kannalta ole merkittävää eroa.

Kaiken kaikkiaan sijoituspaikkaehdokaiden väliltä ei ole löydetty sellaisia eroja jotka yksikäsitteisesti puoltaisivat jotakin kolmesta paikasta. Paikkojen geologisissa ominaisuuksissa on kullakin paikalla erityispiirteensä, mutta niiden merkitys turvallisuuden kannalta on vaikeasti osoitettavissa jos ollenkaan. Turvallisuusnäkökohtien perusteella yhtä paikkaa saattaakin olla vaikeanostaa muiden edelle. Yhä merkittävämmäksi silloin nousevat tekniset ja yhteiskunnalliset seikat. Näiden asioiden tarkasteluun tultaneen tulevana vuosina panemaan entistä enemmän painoa.

### **Erilaisia loppusijoitusratkaisuja tutkitaan useissa maissa**

IVO:n ja TVO:n voimalaitosjätehuollon suunnitelmallinen toteutus on saanut jotkut jo kyselemään, tuleeko Suomi toimimaan tiennäyttäjänä myös käytetyn polttoaineen loppusijoituksessa. Olkiluodon ja Loviisan jäteluolat ja käytetyn polttoaineen huollon suunnitelmat eivät kuitenkaan ole ainutlaatuisia maailmassa.

Vähäaktiivisille jätteille on eri puolilla maailmaa olemassa jo useita loppusijoitustiloja, joista Ruotsin SFR-laitos Forsmarkissa muistuttaa eniten suomalaisia ratkaisuja. Esimerkiksi Ranskan Centre de l’Aube ja Espanjan El Cabril puolestaan ovat maanpäällisiä rakennelmia. Englannissa valmistelut syvälle kallioon louhittavan loppusijoitustilan rakentamiseksi ovat käynnissä. Maanalainen WIPP-laitos Yhdysvaltain Uudessa Meksikossa odottaa käyttöluvansa saamista.

Runsasaktiivisen jätteen huollossa aktiivinen tutkimus- ja kehitystyö on käynnissä useimmissa ydinvoimaa käyttävissä OECD-maissa. Joissakin maissa toteutusaiakataulu on jonkin verran hitaampi kuin Suomessa. Suomen ja Ruotsin suunnitelmat kulkevat jälleen samoja ratoja sen jälkeen, kun Ruotsin SKB:kin luopui lyijytätteisestä kuparikapselista.

Ruotsi perustaa suunnitelmansa nyt samantyyppiselle, kahdesta sisäkkäisestä säiliöstä muodostuvalle ratkaisulle kuin minkä TVO otti suunnitelmiinsa jo vuonna 1990. Ruotsissa aikataulua on kuitenkin nopeutettu. Kun Posiva valmistautuu loppusijoitustilan käyttöönottoon vuonna 2020, SKB pyrkii käynnistämään loppusijoituksen jo vuonna 2008. Ruotsalaiset ovatkin jo täyttäneet viimeistelemässä teknisiä suunnitelmiaan kapselointilaitokselle ja itse loppusijoitustiloille.

Paikanvalinnassa SKB on edennyt eriteitä kuin suomalaiset: Suomessa tutkimuspaikat valittiin systemaattisen, paljolti geologisiin seikkoihin perustuvat karsinnan perusteella. Ruotsissa SKB kääntyi suoraan kuntien puoleen ja tiedusteli, ovatko nämä kiinnostuneita loppusijoituspaikan sijoittamisesta alueelleen. Tällä hetkellä käynnissä on useita esiselvityksiä, mutta varsinaisiin geologisiin sijoituspaikkatutkimuksiin Ruotsissa ei vielä ole ryhdytty.

Toisaalta SKB on kylläkin jo pitkään suorittanut yleisuonteisia kallioperätutkimuksia eri puolilla Ruotsia ja Oskarshamnin ydinvoimalaitoksen läheisyyteen Äspön saarelle on vastikään valmistunut kalliolaboratorio. Laboratoriossa testataan kallioperätutkimusmenetelmiä, tutkitaan kallion ominaisuuksia loppusijoituksen kannalta ja kehitetään loppusijoituksen tekniikkaa. Laboratorio, jota SKB nimittää loppusijoituksen kenraaliharjoitukseksi, muodostuu pitkästä, noin 450 metrin syvyyteen Äspön peruskallioon ulottuvasta tunnelista. Myös Posiva on hankkeessa mukana: kesäkuussa 1996 solmittu sopimus jatkaa ja laajentaa vuonna 1992 TVO:n ja SKB:n kesken tehtyä yhteistyösopimusta.

Suomen ydinjätehuolto noudattelee pitkälti samoja periaatteita ja aikatauluja kuin muissakin OECD-maissa ja tutkimuksessa tukeudutaan kauttaaltaan laajalti yhteistyöhön. Kaikkia asioita ei tarvitse tutkia Suomessa, koska monista asioista on saatavissa suoraan hyödynnettävissä olevaa tietoa muista maista. Toisaalta Suomessa on esimerkiksi geologisissa paikkatutkimuksissa hankittu jo viidentoista vuoden kokemus ja samalla on kehitetty monia sellaisia menetelmiä, joita nyt voidaan hyödyntää muuallakin.

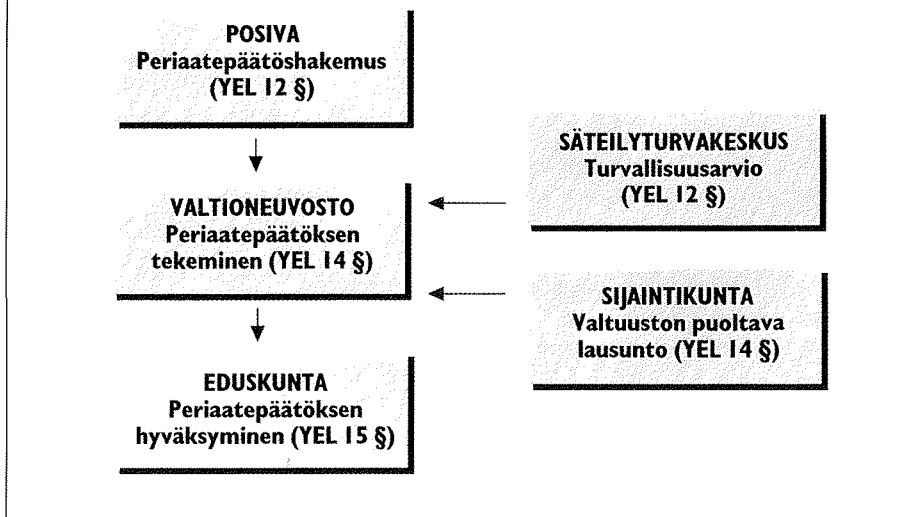
Vähä- ja keskiaktiivisten jätteiden varastojen rakentamisessa ja käytössä saadut kokemukset kiinnostavat tällä hetkellä monia sellaisia maita, joissa vastaavia loppusijoitustiloja parhaillaan suunnitellaan. Kansainvälisessä yhteistyössä suomalaiset eivät olekaan vain saava osapuoli, vaan tšekäläinen ydinjätehuollon tietämys on haluttua tavaraa myös muualla.

## Ei pelkkä kaupunkitarina

Yksi kulmakivi ydinjätehuollon menestyksellisessä hoitamisessa Suomessa on epäilemättä ollut selkeä vastuunjako. Kaikki näin ei ole: esimerkiksi Yhdysvalloissa pallottelu energiaministeriön ja teollisuuden välillä on jatkunut jo toista kymmentä vuotta. Suomessa vastuu ydinjätehuollon toteutuksesta ja kustannuksista on jätteen tuottajilla eli voimayhtiöillä, mutta toteutus tapahtuu viranomaisten valvonnassa ja viranomaisten myöntämien lupien puitteissa. Merkittävimmässä kysymyksissä päätöksenteko on viety niin korkealle tasolle kuin se demokraattisessa yhteiskunnassa on mahdollista. Niinpä esimerkiksi päätös loppusijoituslaitoksen perustamisesta riippuu eduskunnan ja paikallisen kunnanvaltuuston kannasta.

Päätöksentekotapa ei näytä kaikkia tyydyttävän. Ympäristöministeri Pekka Haavisto on äskettäin Posivan tutkimuskuntia tarkoittaen sanonut, että "ihmisten näillä paikoilla täytyisi olla aivo-kuolleita sanoakseen kyllä loppusijoituslaitokselle" (Nucleonics Week 6.6.1996). Hänen mukaansa hallituksen tulisi nyt puuttua paikanvalintaprosessiin ja "valtion tulisi tehdä päätös".

## KÄYTETYN POLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUKSESTA PÄÄTTÄMINEN



*Päätös runsasaktiivisen ydinjätteen loppusijoituslaitoksen perustamisesta riippuu eduskunnan ja paikallisen kunnanvaltuuston kannasta.*

Ilmeisesti ministeri tarkoittaa tällä paikallisen mielipiteen ohittamista.

Epäilemättä ajatus ilmassa matkustamisestakin tuntuu hullulta, jos ei ole koskaan nähnyt lentokonetta. Posivassa ei ole oltu kuuroja eikä sokeita tutkimuspaikkakuntien asukkaiden vastaväitteille ja epäluuloille. Vaikka tutkimuskunnissa ei tällä hetkellä oltaisikaan ehkä valmiita tekemään myönteistä päätöstä loppusijoituslaitoksesta, asiasta ollaan silti yhä enemmän kiinnostuneita ja halukkaita tietämään. Tähän haasteeseen Posivan tulee lähivuosina vastata.

Pakottavaa tarvetta paikallisen mielipiteen ohittamiseen ei ole, koska käytetty polttoaine on joka tapauksessa turvassa välivarastoissakin. Jätehuollosta vastaavien moraalinen velvoitus on silti edistää — esimerkiksi tietoa välittämällä ja ymmärrystä lisäämällä — ihmisen toiminnasta riippumattoman ratkaisun aikaansaamista, jotta turvallisuus taataan myös pitkällä tähtäyksellä.

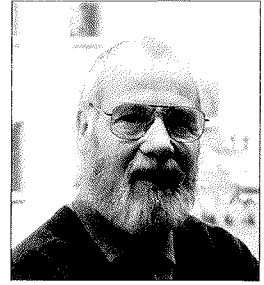
Jo vuoden 1978 ydinjätteselvityksessä todettiin yleisön keskuudessa olevan "joko aiheellisesti tai aiheettomasti

epäluuloa" ydinjätteiden varastoja ja loppusijoitusta kohtaan ja suositeltiin, että jo suunnittelun alkuvaiheessa otetaan yhteys tarkoitukseen kaavailtuihin kuntiin "jotta voidaan selvittää kunnan halukkuus kiinnostusta herättävän alueen kaavoittamiseksi tarkoitukseen". Kuntiin on epäilemättä oltukin yhteydessä alusta lähtien, mutta tulevien lähivuosien aikana pyrkimyksenä on aktiivinen vuoropuhelu. Tällöin loppusijoitushanke todella jalkautetaan pääkaupungista sijoituspaikoille.

TkT **Juhani Vira** on Posiva Oy:n kehityspäällikkö, p. (09) 2280 3740.

FM **Timo Äikäs** on Posiva Oy:n geotutkimuspäällikkö, p. (09) 2280 3730.

# YDINVOIMA JA YHTEISKUNTASUHTEET



*Viime vuosisadan puoliväliin saakka ihmiskunta tuli kaikkialla toimeen pääasiassa omalla sekä käyttämiensä vetojuhtien lihas-työllä. Vaikka niin erilaisten raaka-aineiden kuin kemikaalienkin käyttö ja ominaisuudet tunnettiin kohtuullisen hyvin, toiminnan mittana ja rajoituksena olivat pitkälti ihmisen ja juhdan kapasiteetit.*

**V**iime vuosisadan puolivälin paikkeilla alkoi kiihtyen jatkuva kehitys, jota nyt yleisesti kutsutaan teollistumiseksi. Tätä aikakautta ei kuitenkaan leimaa niinkään teollisuus kuin ”tekniikka”. Sana tekniikka on tarkoituksella lainausmerkeissä sen monimerkityksellisyyden vuoksi. Perimältäänhän sana tarkoittaa ”jonkin valmistamisessa, suorittamisessa tms. käytettyjä teko-, suoritus-, menettelytapoja, menetelmiä: teko- tai suoritus-taitoa”, mutta myös ”luonnon ja sen lakien tuntemiseen perustuvaa toimintaa, jonka avulla luonnon tarjoamat mahdollisuudet saatetaan palvelemaan ihmisen päämääriä; se aineellisen kulttuurin puoli, joka perustuu tähän toimintaan” (Nykysuomen sanakirja, 1966).

Tekniikan asemaan yhteiskunnassa kajosi mm. Helsingin Sanomat 12.5.1996 pääkirjoituksessaan. Kirjoituksessa käsiteltiin otsikolla ”Tekniikan palvontakin törmää omiin rajoihinsa” lehdessä aiemmin aloitettua keskustelua tekniikan ohjailusta tai jopa mahdollisuudesta saattaa tekninen kehitys parlamentaariseen valvontaan. Pääkirjoituks-

tuksen aloitti enteellisesti lause ”Tekniikkaa kehitetään ikään kuin insinööreillä olisi avoin valtakirja muokata yhteiskuntaa”. Myöhemmin tekstissä todetaan muun muassa, että kehityksessä ovat eettiset näkökohdat samoinkuin sosiaaliset ja ympäristölliset näkökohdat jääneet lapsipuolen asemaan sekä, että yhteiskunnan pitäisi ohjata teknistä kehitystä omien arvojensa mukaisesti.

Tekniikka sinänsä on arvovapaata, siihen ei sisälly sen enempää eettisiä kuin sosiaalisiakaan arvovaroja. Tekniikka on apukeino, jolla ensisijaisesti pyritään tehostamaan sitä toimintaa, jota se palvelee. Jos tekniikalla olisi aatesisältö, se voisi lähinnä olla Olympia-aatteen kaltainen ”citius, altius, fortius” eli kaikinpuolinen pyrkimys tehokkuuteen ja laatuun.

## **Insinöörimäisyys muuttunut lähes kirosanaksi**

Tekniikka, ja sen rinnalla insinöörit, tekniikan ensisijaiset kehittäjät, on kuitenkin joutunut varsin yleisesti muun yhteiskunnan sylkykupiksi. Jos asioiden menoon ei olla tyytyväisiä, sanotaan niitä hoidetun liian teknisesti tai insinöörimäisesti.

Edellä siteerattu pääkirjoituksen aloitus sopii hyvin esimerkiksi. Kuriositeettina todettakoon, että nykyisen valtiovarainministerin menoleikkaukset ovat yhtä raakoja jos ei raaempiakin kuin edellisen ministerin, mutta ei niitä silti ole haukuttu insinöörimäisiksi. Edellisen ministerin suurin vika tuntuikin olleen insinöörin koulutus pohjalta!

Edellä todettiin yhteiskunnan teollistuminen teknillisen kehityksen myötä. Teollistumisen ohella myös muu yhteiskunnallinen toiminta on teknistynyt, tekniikan jotakin osa-aluetta sovelletaan

lähes kaikilla elämänoilla ainakin ns. teollistuneessa maailmassa. Erityisen suuri merkitys tässä kehityksessä on ollut ja on oleva sähkön käytöllä ja sovellutuksilla.

Yhteiskunnan teknillistyminen on kiistämättä johtanut sekä myönteiseen että kielteiseen kehitykseen. Hyödykkeiden valmistukseen, käyttöön ja käytöstä poistamiseen on liittynyt joko välittömiä tai välillisiä haittoja, joita ei ole osattu ennakoita. Saavutetut edut ovat todennäköisesti tähän saakka voittaneet haitat.

Ensimmäiset merkit todella vakavista haittavaikutuksista on kuitenkin jo saatu, ja useat ongelmalähteistä on kartoitettu ja tunnistettu. Lähes poikkeuksetta haitat ovat poistettavissa tekniikkaa parantamalla, muuttamalla menetelmiä tai ääritapauksessa lopettamalla kyseinen tekninen toiminta. Tarvittavien toimenpiteiden valinnan yhteydessä on siirrytty selvästi arvo-perusteiselle alueelle, hyötyjen ja haittojen keskinäiseen vertailuun.

Nyky-yhteiskunta on täysin toinen kuin teollistumisen alussa. Yhteiskunnan muutos ja tekninen kehitys ovat kulkeutuneet käsi kädessä, läheisessä vuorovaikutuksessa. Syy ja seuraus ovat vuorotelleet ja vaihtaneet paikkaa eikä liene mahdollista sanoa, minkä vaikutusta mikin on. Paikkansa kuitenkin pitääneen em. pääkirjoituksenkin toteamus, että yhteiskunnallinen kehitys ei ole enää pysynyt teknisen kehityksen vauhdissa ja sen seurauksena on syntynyt koko joukko ristiriitoja. Näin on ollut ennenkin, mutta kehityksen nopeus on silloin sallinut riittävän ajan yhteiskunnallisten ongelmien ratkaisemiseen ja poistamiseen. Osa ristiriidoista, kuten työn ja pääoman välinen, näyttää lisäksi olevan pysyviä, niiden kohdalla kädenvääntö vain muuttaa sääntöjään ja muotoaan.

## Ydinvoimalle aikanaan sosiaalinen tilaus

Sähkön tuotanto ja käyttö aloitettiin rapiat päälle sata vuotta sitten. Sähkön käytön kiistattomat hyödyt jättivät tuotannon silloisissa mittapuissa varsin vaatimattomat haitat täysin varjoonsa, käytön haittoja ei edes mielletty. Tilanne jatkui pitkään samanlaisena, sillä hiilivoimalaitostenkin päästöt olivat vain pieni osa kaikista teollisuuden savukaasupäästöistä. Vielä 1950-luvulla savukaasupäästöt ”hoidettiin” savu-  
piippuja korottamalla.

Teollisuuden yhä laajempi siirtyminen sähkön käyttöön ja suoran polttoainekäytön korvaaminen sähköllä kasvattivat kuitenkin yhä sekä sähkön käyttöä että sen päästöjä. Kun ydinvoiman kaupallinen käytettävyys kuusikymmenluvulla oli tosiasia, olivat hiilivoiman päästöt jo joutuneet silmätikuksi ja päästöjen laajamittainen puhdistus aloitettu sekä Keski-Euroopassa että Yhdysvalloissa.

Lähes päästöttömän ydinvoiman käyttönotolle oli siten sosiaalinen tilaus, ajankohta oli otollinen. Tullessaan käyttöön ydinvoima toi kuitenkin muusaan vesi- ja höyryvoimasta poiketen valmiin yhteiskunnallisen rasitteen, fission käytön ensin sotilaallisessa tuhoaseessa. Ydinräjähdysen valtava voima ja säteilyn monimuotoiset haittavaikutukset olivat jättäneet lähtemättömät kielteiset vaikutukset suuren yleisön keskuuteen.

## Kumouksellinen 60-luku ja ydineuforia kohtaavat

Suunnilleen samaan ajankohtaan, 1960-luvun loppuun, osuu myös suuren yhteiskunnallisen murroksen alkaminen. Oli ikäänkuin Ranskan vallankumouksessa kaksisataa vuotta aiemmin kylvety siemen olisi vihdoinkin alkanut todella kasvaa: vapaus, veljeys ja tasa-arvo itivät institutionaalisten hierarkioiden muureissa niitä murentaen. Yksilöt irtaantuivat perinteisten yhteisöjen arvomaailmoista. Muodostui uudenlaisia vapaita kansalaisliikkeitä: aktiivisia, vaatimuksia esittäviä ja osin aggressiivisiäkin. Varsinkin nuorison keskuudessa vanhoista arvoista pyrittiin täysin eroon, käännettiin pois päin ja sisään päin.



Tähän varsin arvaamattomaksi muodostuneeseen maailmaan tunki itsensä myös ydinvoima.

Yleinen mielipide suhtautui odottavan varovasti ydinvoimaan. Siihen ladattiin melkoisia odotuksia, osin alan esittämien ylioptimististen arvioiden perusteella. Tekniikka oli uutta eikä siitä ollut kokemuksia. Yhteiskunnallinen päätöksenteko ei vastustanut ydinvoimaa ja sen rakentaminen koki parinkymmenen vuoden mittaisen rakettimaisen nousun.

Ydinvoima sai kuitenkin alusta alkaen vastaansa myös kritiikkiä. Vaikka alkuaikojen kritiikistä suurin osa oli tarkoitushakuista ja virheellisiin ja väärin argumentteihin nojaavaa, on jälkikäteenkin vaikea sanoa, miten siihen olisi pitänyt vastata. Ala oli tietynlaisen euforian vallassa, se uskoi asiaansa ja sen mukaisesti yritti vakuuttaa asiansa oikeudesta toistamalla kaikkia ydinvoiman hyviä puolia. Näin meneteltiin myös Suomessa.

Aika oli kuitenkin tietyllä tavalla kulkenut asiantuntija- ja myös virkavallan ohi. Viimeistään Vietnamin sodan aikana tiedonvälitys ja erityisesti televi-

sio sai keskeisen roolin mielipidevaikuttajana. Ajan henkeen kuului epäillä kaikkea ”viralliselta” taholta tulevaa tietoa. Tieto pyrittiin hakemaan suoraan sen lähteiltä ja välttämään se sellaisenaan yleisölle. Tiedotusvälineiden keskeinen kiristynyt kilpailu johti sensaatiohakuisuuteen taustojen antamisen kustannuksella. Tiedonvälityksen ääripäässä olivat todellinen tutkiva journalismi ja lööppien revittely. Neutraalin asiapitoisen uutisoinnin ja kommentoinnin rinnalle ja useasti jo sen ohikin tuli mielikuvilla operointi.

Tiedonvälityksen jakautunut luonne on näkynyt hyvin myös sille ulkoa annettussa informaatiossa. Ydinvoimasektorin informaatio on ollut valtaosaltaan joko puhtaasti ajankohtaista ja asiasisältöistä tietoa tai reaktiivista vastinetta useimmin vastustajien antamalle virheelliselle tiedolle. Asian luonteesta johtuen informaatio on pakosta ollut teknispitoista, osin vaikeasti ymmärrettävää — ja kiistämättä kuivakasta ja kaukana sensaatiohakuisuudesta. Erityistä huolta on pidetty siitä, että annettussa informaatiossa ei olisi virheitä.

*Ydinvoiman vastustuksessa huomion herättäminen on usein tärkeämpää kuin tosiasioiden kertaaminen. Näin luodaan mielikuvia. Kuvassa Greenpeace kiipeilee Imatran Voima Oy:n toimitalon seinällä vuonna 1993.*

Ydinvoiman vastustajat ovat estottomasti käyttäneet emotionaalisesti voimakkaasti vaikuttavaa ja sensaatiohakuista informaatiota välittämättä kovin paljon sen tarkasta totuudenmukaisuudesta. Niinpä voisi sanoa karkeasti jakaen vastustajien informaation suurelle yleisölle keskittyneen televisioon ja viikko-lehtiin ja ydinvoimasektorin sanoma-lehtiin ja joihinkin aikakauslehtiin. Jakoa voi myös huoletta luonnehtia medioiden luonteiden mukaisesti jaoksi faktaan ja fiktion. Yhteinen piirre kummallekin on ollut joitakin poikkeuksia lukuunottamatta kepeyden ja huumorin lähes täydellinen puute.

## **Ydinturmista puhuttua tunnepitoisille peloille**

Asiapitoinen ja kieltämättä hyvin teknillinen argumentointi sopivasti mielikuvilla höyrytettyä olisi ehkä aikaa myöten tehonnutkin suureen yleisöön ellei olisi sattunut kahta pahaa onnettomuutta: Harrisburgissa ja Tshernobylistä. Edellinen vielä myös hyödytti alaa arvaamattoman paljon, sillä se johti länsimaisten ydinlaitosten turvallisuustason uudelleen arviointiin ja olennaisiin parannuksiin laitosten tekniikassa. Kun onnettomuuden vaikutukset lisäksi rajoittuivat laitoksen sisälle ja vain laitteisiin, osoitti se ydinvoiman ympäristölleen turvalliseksi pahankin onnettomuuden sattuessa. Sitä tosiasiaa se ei kuitenkaan poistanut, että tekniikka osoitti myös haavoittuvuutensa, mistä ydinvoiman vastustajat olivat jatkuvasti varoittaneet.

Toisin on Tshernobylin laita. Onnettomuus oli suuren luokan katastrofi useasakin mielessä. Siinä toteutuivat useat pahimmat mahdolliset seuraukset, ja se paljasti uskomattoman määrän teknisiä, inhimillisiä, organisatorisia ja lainsäädännöllisiä heikkouksia. Ydinvoiman suosio laski romahdusmaisesti erityisesti

niissä Euroopan maissa, jotka saivat osansa säteilevästä laskeumasta. Vaikka ydinvoiman hyväksyntä jälleen kasvoi melko nopeasti onnettomuuden jälkeen, se on jäänyt pysyvästi alemmalle tasolle kuin ennen onnettomuutta.

Yhteiskunnallinen murros ei voinut olla vaikuttamatta valtakunnallisillakaan tasoilla. Poliittinen päätöksenteko tuli yhä herkemäksi äänestäjäkunnan mielipiteille, mikä esimerkiksi Ruotsissa johti kansanäänestykseen ydinvoimasta ja tietyllä tavalla avoimeen päätökseen siitä luopumisesta. Suomen eduskunnan kielteinen päätös hallituksen esitykseen viidennen ydinyksikön rakentamisesta on sekin yleisen mielipiteen voitto asiantuntijoiden esittämistä näkökantoista. Saamansa hakemuksen ja siitä pyytämiensä lausuntojen perusteella hallitus ei asiayllä olisi voinut myönteistä periaatepäätöstä evätä. Hakemus täytti lain edellytykset selvästi.

Eduskunnan kielteisen päätöksen taustalla ei ollut selviä ja kirkkaita faktoja, se käy ilmi niin valiokuntien lausunnoista kuin keskustelusta suuressa salissa. Mielikuviiin ydinvoimasta liittyy paljon irrationaalisia ja emotionaalisia tekijöitä, joihin tukea haetaan eettisin ja sosiaalisiin perusteisiin. Ydinvoima on joutunut myös paljolti symboliksi niille, jotka kokevat kielteiseksi nykyisen teollisuustuotannon perustuvan taloudellisen kasvun. Yhdistettynä mielikuviiin omien äänestäjien mielipiteistä nämä tekijät ratkaisivat varmasti usean kielteiseen päätökseen yhtyneen kansanedustajan kannan.

## **Onko ydinvoima mahdollinen avoimessa yhteiskunnassa?**

Ydinvoiman tulevaisuus on vähintäänkin epävarma. Lännen teollisuusmaissa ydinvoiman rakentaminen on ollut monistakin syistä lähes pysähdyksissä jo vuosikymmenen. Laitoksia on rakennettu ja rakennetaan lisää lähinnä Aasian voimakkaasti kehittyvissä maissa, taloudellisen kasvun ”tiikereissä”. Näissä maissa Japania lukuunottamatta kuitenkin vapaat kansalaisliikkeet ja jopa tiedonvälitys ovat ahtaalla ja ydinvoima taloudellis-hallinnollisen eliitin suosiossa. Yhteiskunnallinen murros niissä voi hetkessä muuttaa tilanteen. Vasta kehittä-

tyviltä mailta puuttuvat lähes kaikki ydinvoiman tarvitsemat edellytykset: ei ole taloudellisia resursseja, tarvittavaa infrastruktuuria, riittävää koulutus pohjaa eikä tarpeeksi suurta muuta tuotantokapasiteettia.

Näyttäisi siltä, että vain fossiilisiin polttoaineisiin kohdistuva voimakas rajoittava lainsäädäntö voisi elvyttää rakentamisen Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Tämä saattaa koskea myös vanhentuneiden laitosten korvaamista uusilla. Vastustus tulee kuitenkin olemaan entistä ankarampaa. Ellei rakentaminen elvy, on alalla uhkana koulutetun ja motivoituneen henkilöstön puute sekä rakentavassa teollisuudessa että voima-yhtiöissä.

Fissioon perustuvien ydinvoimalaitosten polttoainehuolto on turvattu useaksi vuosikymmeneksi. Uraanivarojen riittävyyden turvaavien hyötöreaktoreiden käyttöönotto on yhä prototyyppeasteella ja mahdollisesti siihen jääkin. Ydinvoimalla vaihtoehdot ovat vähissä.

## **Uusiin energialähteisiin olisi suhtauduttava myönteisesti**

Vaihtoehtona ydinvoimalle tarjotaan yhä yleisemmin uusiutuvia energialähteitä. Niillä ei ole ydinvoiman ja fossiilisten polttoaineitten tunnettuja rasituksia mutta ne omaavat niin muodikkaat eettiset ja sosiaaliset edut. Niiden vastustaminen on turhaa, sillä oman paikkansa ne täyttävät hyvin. Sen tekee myös ydinvoima.

Pystyäkseen säilyttämään tai jopa vahvistamaan osaansa yhteiskunnassa ydinvoimalla on vain yksi keino: laitosten on pystyttävä tuottamaan sähköä turvallisesti, luotettavasti ja taloudellisesti. Sitä kieltä ymmärtävät niin suuri yleisö, päättäjät kuin tiedotusvälineetkin. Virheisiin ei yksinkertaisesti ole enää varaa.

**DI Antti Hanelius,**  
p. (09) 428 753.

# HALLITSEMATTOMAT YDINREAKTIOT VALTASIVAT JULKISUUDEN



*Viidennen ydinvoimayksikön julkisuudessa synnyttämiä reaktioita on mahdoton hallita. Julkisuuden ydinreaktiot voimistuvat ja sammuvat selittämättömällä tavalla eikä niiden suuntaa tai lopputulosta voi viisainkaan insinööri ennakoida.*

**K**un eduskunta kolme vuotta sitten syyskuussa pisti äänin 107–90 viidennen ydinvoimalan odottamaan parempia aikoja, alkoi ydinvoiman kannattajien ja lobbareiden ankara itsetutkistelu ja syyttelykin. Mikä julkisuustaistossa meni pieleen. Miten voi olla mahdollista, että edulliseksi, puhtaaksi ja turvalliseksi todistettua uutta ydinvoimalaa ei saakaan rakentaa. Miksi kansanedustajat halusivat taas tehdä järjettömän päätöksen.

Ydinvoiman kannattajista valtaosa on varmaankin rationaaleja ihmisiä, joille järjenvastainen, voimakkaisiin tunteisiin perustuva toiminta on käsittämätöntä. On vaikea ymmärtää saati hyväksyä sitä, että julkisuustaistossa muotoutuvien poliittisten päätösten järkevyyttä ei mikään eikä kukaan pysty takaamaan. Järkevätkin ihmiset voivat demokraattisessa päätöksentekoprosessissa saada helposti aikaan järjettämiä kompromisseja. Ei siis mikään ihme, että eduskunta hölmöilee.

Nykyaikaisessa populistisessa gallup-demokratiassa poliittiset päätökset syntyvät usein suunnilleen seuraavan kaavan mukaan: Äänestäjät ovat jostain syystä jotain mieltä asiasta. Gallupkysely paljastaa mielipidejakauman. Seuraavien vaalien lähestymisen tiedostavat poliitikot toteuttavat kansan tahdon. Kaava sopii erityisen hyvin niin sanottuihin omantunnon kysymyksiin, joissa kansanedustajat ovat vapaita ryhmäkahleista. Erilaisia etuja kahmitta-



*Keväällä 1993 Eduskunta veti puoleensa monenlaisia kulkijoita.*

essa poliitikot toki uskaltavat päättää enemmistön tahdon vastaisestikin, kunhan enemmistö omista äänestäjistä pysyy tyytyväisenä.

## **Vaikutusta ei voi mitata**

Gallup-demokratiassa siis ratkaisee se, mitä mieltä ovat kansan syvät rivit. Keskiarvomielipiteen järveys tai järjettömyys on toisarvoista.

Miksi sitten kansan syvät rivit ovat ydinvoimasta sitä mieltä kuin ovat? Enemmistöhän vastustaa lisärakentamista ja on muutenkin tyystin toista mieltä kuin niin sanotut asiantuntijat, joilla pitäisi olla asiasta paras tieto ja oikeimmat näkemykset.

Vain mitättömän pienellä osalla gallupäänestäjistä on ydinvoimasta vähäisintäkään omakohtaista kokemusta tai esimerkiksi koulutuksen kautta hankittua

syvempää tietoa. Ydinvoimamielipiteet voivat siis perustua vain julkisuudessa ajeltuihin faktoihin ja näkemyksiin aiheesta. Se onkin jo kaikkea muuta kuin riidaton kysymys, miten uutisten, raporttien ja kiistakirjoitusten seassa kahlaava yleisö muodostaa näkemyksiään.

Helpointa olisi tietysti syyttää kansan ydinvoimapeloista tiedotusvälineiden toimittajia, joiden selvä enemmistö ainakin vuonna 1991 julkaistun Pentti Kiljusen tutkimuksen mukaan vastustaa ydinvoimaa. Manipuloiko ydinvoimaa vastustava toimittajakunta siis kansalaiset uskomaan väärää totuutta? Tuskin. Sosiologit, sosiaalipsykologit ja tiedotusoppineet rakentelivat takavuosina innokkaasti joukkotiedotuksen vaikutusteorioita. Näistä teorioista ja niiden testauksesta jäi käteen lähinnä se, että tietoinen vaikuttaminen on lähes mahdotonta. Yleensäkin joukkotiedotuksen vaikutustavat yleisöihinsä ovat kovin riidanalaisia.

### Finnish Parliament Rejects Plan for New N-Plant

Finland's parliament today voted "No" to the construction of a new nuclear power unit, following a long-running national debate on what has been a major domestic political issue.

The voting was 107 to 90, rejecting a decision taken by government ministers in February of this year to back the nuclear project in principle.

A government decision on the issue had been formally requested by Finland's three main power utilities, IVO, TVO and PEVO. Those companies, along with energy-intensive Finnish industries, had campaigned for the new nuclear unit to be built. They argued that increased nuclear capacity would be the best way - on economic and environmental grounds - to meet a growth in demand for electricity.

While many MPs supported the economic case in favour of the nuclear option, others called instead for increased use of domestic energy resources, such as wood and peat, for power generation.

Today's rejection by parliament means that a fifth nuclear power unit will not be built in Finland in the foreseeable future. Bids for a new 1000 to 1300-megawatt reactor unit had already been sought, and proposals were made by ABB Atom of Sweden, Atomenergexport of Russia, and NPI, the Siemens-Framatome German/French consortium.

The additional block was to have been built at the site of one of Finland's two existing two-unit nuclear power stations, Lovisa and Olkiluoto, which together supply one-third of the country's electricity. Unit 1 at Lovisa began commercial operation in 1977, and the first block at Olkiluoto did so two years later.

Source: PEVO

Editor/contact: Jack Ashton

Contact NucNet by fax: ++41/31/212758 or telephone: ++41/31/216111. Copyright by NucNet. THIS MATERIAL CAN BE FREELY REPRODUCED, BUT NUCNET MUST BE QUOTED AS THE SOURCE.

*Suomen ydinvoimapäätös oli uutinen myös maailmalla. Bernissä sijaitsevalla ydinvoiman uutistoimistolla oli uutisesta kaksi versiota, joista tämä lähetettiin joitakin minuutteja äänestyksen jälkeen.*

Koko vaikutusajattelun voi perustellusti kyseenalaistaa esimerkiksi väittämällä, että vastaanottaja aina viime kädessä tuottaa itse vastaanottamansa viestin!

Tämän väitteen pohjalta voi yrittää ymmärtää kansan syvien rivien kannanmuodostusta ilman, että esimerkiksi tarvitsisi ryhtyä mittailemaan ydinvoimamyönteisten ja ydinvoimakielteisten juttujen osuutta tiedotusvälineissä. Molempien puolien näkemyksiä on taatusti esiintynyt tiedotusvälineissä riittävästi.

### Tietoa ja huuhaata

Jos vastaanottaja tuottaa itse viestin, ratkaisevaa on se, millainen vastaanottaja on. Koska tästäkään aiheesta ei liene tieteellistä totuutta, täytyy arvailla.

Keskivertovastaanottajalla ei itsellään ole juuri edellytyksiä kriittisesti arvioida

ydinvoimasta lukemiaan tai kuulemiaan faktannäköisiä toteamuksia. Niinpä oikeat ja väärät faktat esimerkiksi säteilystä, saasteista tai onnettomuusriskistä ovat hänelle faktoina samanarvoisia. Uskottavuus ratkaisee.

Tässä kohtaa voi tietysti liittyä toimittajien haukkuihin. Heistäkään useimmilla ei riitä asiantuntemusta tai he ovat liian laiskoja kunnon lähdekritiikkiin. Tasa-puolisuuden nimissä on helpointa laskea läpi kaikki, myös pahimman lajin huuhaa — etenkin jos se sattuu istumaan hyvin omiin näkemyksiin.

Muistuu mieleen eräskin saksalainen "professori", jonka EVY Olli Tammi-lehdon johdolla raahasi joskus Tshernobylin jälkeisellä kaudella Suomeen saarnaamaan hyvin pienten säteilyannosten vaarallisuudesta.

Hän esitteli rajuja säteilykuolevuuslukuja. Niin rajuja että pienellä päänvaivalla ne oli maallikonkin helppo todeta pos-

kettomiksi. Jos nimittäin luvut olisivat pitäneet paikkansa, olisi 1960-luvun ydinkoekauden säteilyannoksilla suuri osa suomalaisista jo tuolloin kuollut säteilyn takia. Monessa tiedotusvälineessä ukon höpinät menivät ihan täydestä, olihan hän sentään "professori".

Vaikka siis ydinvoimaa vastustavat toimittajat mieluusti päästävätkin kaikenlaista huuhaata läpi, on yleisöille ollut tarjolla paljon oikeatakin tietoa. Ja myös poskettomia ydinvoimaa puoltavia juttuja. Yhdessäkin SAK:n ydinvoimallobbari Matti Putkonen vakuutti uuden voimalan luovan neljännesmiljoona uutta työpaikkaa. Joku kohtuus saisi sentään olla yltiöoptimismissakin.

Lehdistön viralliset pääkirjoituslinjat ovat edustaneet yleensä perusrationaalia ydinvoimamyönteistä linjaa.

### Tuntematon pelottaa

Keskivertovastaanottaja on muokannut omat ydinvoimaviestinsä enemmän tunteen kuin "tiedon" perusteella. Kun "tieto" on kovin ristiriitaista, sen jäsentämiseen tarvitaan tunnetta ja vahvaa näkemystä. Vahvin ja helpoimmin ruokittava tunne tässä yhteydessä on tieteenkin pelko.

Ydinreaktiot ja esimerkiksi säteily ovat asioita, jotka pyyhkäisevät korkealta tavallisen kuolevaisen ymmärryksen yli. Outo ja käsittämätön on vierasta ja pelottavaa. Erityisen hirveää on säteily, koska sitä ei voi nähdä ja se iskee siten salakavalasti.

Säteilyn takia kuoleminen on kammottavinta mitä voi kuvitella. Puukon pistoon, autokolarin uhrina tai vanhan kunnon sydäninfarktin kouristuksiin on sentään tutun turvallista kuolla. Näistä tapauksistahan saa päivittäin lukea lehdistäkin, ne ovat kouriintuntuvia ja ymmärrettäviä luonnollisia kuolemia. Säteilykuolemassa on jotain yliluonnollista, mahtako sen jälkeen päästä edes taivaaseen?

Tämänsävyinen luonnollinen pelko aiheuttaa sen, että iso osa vastaanottajista tuottaa julkisuudessa ajeltavista aineksista ihan toisia viestejä, kuin viestien alkuperäiset lähettäjät kuvittelevat lähettäneensä.

Kerran esimerkiksi Juhani Ikonen jutusteli televisiossa Pentti Sierilän kanssa tyyliin: "Pentti, onhan ydinvoima hyvää, kaunista, puhdasta, halpaa ja muutenkin taivaallista. Onhan?" "Kyllä Juhani. Kyllä se sellaista on". (Faktat olivat varmaankin tosia ja itsekin olin asioista suunnilleen samaa mieltä heidän kanssaan. Sehän se pahinta olikin.) Kaikessa vakuuttelussaan ohjelma ei vakuuttanut. Se alkoi kuulostaa uskontunnustukselta, mikä yleensä saa kaikki kriittiset ihmiset vastustamaan jo periaatteen vuoksi.

Reaktioherkkä ja säteilypelkoinen vastaanottaja tuotti taatusti moisesta keskustelusta itselleen vain sellaisen viestin, että äijät televisiossa valehtelevat härskisti palkkansa eteen. Pelkäävä on luonnollisesti epäluuloinen. Erityisen epäluuloinen hän on ydinvoima-asiantuntijoita kohtaan, koska heillähän on keskustelussa oma ydin reaktorissa.

Asiantuntijat ovat itsekin antaneet aihetta epäluuloihin. Epäilyttävää oli esimerkiksi se, että asiantuntijat innostuivat julkisesti haukkumaan grafiittihi-dasteisia reaktoreita vasta sen jälkeen, kun yksi niistä oli aiheuttanut katastrofin. Liekö johtunut ydinvoimapiirien keskinäisestä solidaarisuudesta vai ajan yleisestä suomettuneisuudesta, että Neuvostovoimaloiden erityisriskeistä ei kuulunut asiantuntija-arvioita ennen onnettomuutta. Jälkikäteisiin arvioihin tuli helposti selittely maku.

### Hallittujakin reaktiota

Julkisuuden hallitsemattomien ydinreaktioiden sekaan mahtui koko joukko erittäin hallittuja, poliittisin tai taloudellisin perustein laskelmoituja.

Aina sopivan hetken tullen julkisia välistävetoja tehnyt Neste saa ansiokseen sen, että epärealistiset kaasuhankkeet ovat kummitelleet jatkuvasti julkisessa väittelyssä oikeasti realististen perusvoimahankkeiden rinnalla. Kerran

Neste esimerkiksi teetti Teknisellä korkeakoululla tutkimuksen, joka hyvin mielikuvituksen logiikan kautta todisti uuden ydinvoimalan johtavan kasvaviin rikki- ja hiilidioksidipäästöihin.

Poliittisesti hyvin hallittuja ydinreaktioita toi julkisuuteen esimerkiksi tekniikan tohtori Markku Nurmi. Akateemisen oppiarvonsa ja korkean virka-asemansa arvovallalla hän "todisti" ydinsähkön kalliiksi ja samaan hengenvetoon hehkutti kovasti risu- ja turvevoiman puolesta. Turpeen ja risujen myyjät lienevät useimmiten hänen puoluetovereitaan, joten näkemys oli sikäli täysin looginen.

Jos uskoo julkisuuden vaikutusten hallitsemattomuuteen vastaanottajapääsä, ei näiden hallittujenkaan reaktioiden merkitystä pidä toki yliarvioida.

### Tarinalla ei ole opetusta

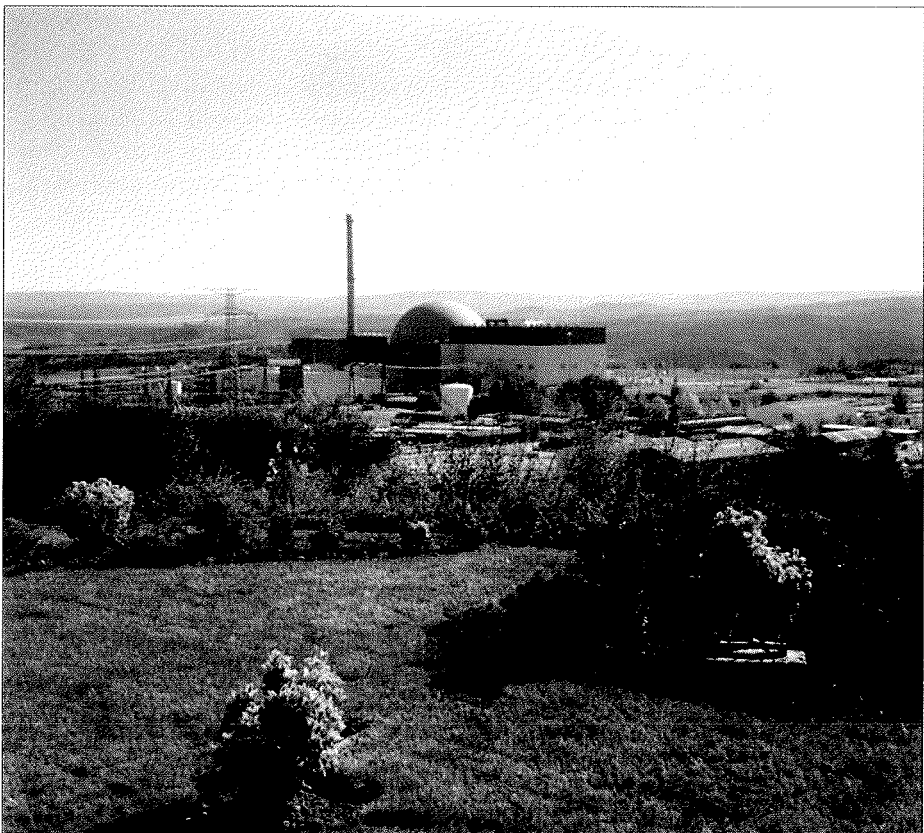
Viidettä yksikköä ympäröineestä julkisuudesta ei siis todennäköisesti voi oppia mitään, mikä auttaisi paremman

lopputuloksen saavuttamiseen seuraavalla kerralla. Niin kauan kuin ydinvoima on järkevin tapa lisäsähkön tuottamiseksi, asia nousee tietysti uudestaan ja uudestaan esiin. Järkevät, asiaan perehtyneet asiantuntijat eivät voi esittää muuta kuin parhaaksi tietämäänsä ratkaisua.

Koska julkisuuden ydinreaktiot ovat hallitsemattomia, ei ole myöskään sellaista luonnonlakia, joka väistämättä joka kerralla johtaisi väärään ratkaisuun. Ihmisten pelon aiheetkin saattavat ajan myötä sentään vähän vaihdella.

Uudestaan yrittäminen ehkä kannattaa-kin, seuraavalla kerralla voi tärpätä.

**Ismo Virta** on Talouselämä-lehden toimittaja, p. (09) 1488 0466.



*Tällainen Suomessa voisi olla, jos hanke viidennestä yksiköstä olisi toteutunut.*



# ATS:N KANNATUSJÄSENET

## ABB STÖMBERG VOIMANSIIRTO

**PL 59, 00601 Helsinki**  
**puh. (09) 5641, fax (09) 564 2552;**  
**yhteyshenkilö Reijo Tikkala**

## FINTACT OY,

**Hopeatie 1 B, 00440 Helsinki**  
**puh. (09) 503 2172, fax (90) 503 2175;**  
**yhteyshenkilö TkT Pauli Saksa**

Toiminta/tuotteet/palvelut: Fintactilaisen toiminta-ajatuksena on tarjota korkealuokkaista erityisalojen osaamista geotieteellisiin ja ympäristötekniisiin hankkeisiin. Olemme erikoistuneet geofysiikan, geologian, hydrologian ja pohjavesikemian tutkimusten suunnitteluun sekä maa- ja kallioperän kolmiulotteiseen mallintamiseen. Toimintamme sisältää kokonaistutkimukset ideoinnista ja hankesuunnittelusta geovisualisointeina aina seurantatutkimuksiin ja tietokantojen ylläpitoon saakka. Olemme mukana kallioperän tutkimuksissa ydinvoimalaitosten käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen. Ympäristöpuolella tutkimukset ja kunnostus saastuneelle maaperälle ja pohjavedelle sekä muut maankamaran ympäristötutkimukset ovat tärkeä osa yhtiön toimintaa. Fintact palvelee asiakkaitaan tehokkaasti ja joustavasti.

## IMATRAN VOIMA OY

**Malminkatu 16, 00019 IVO**  
**puh. (09) 85611, fax (09) 566 6235;**  
**yhteyshenkilö Antti Ruuskanen**

IVO-yhtiöt on suomalaisilla ja kansainvälisillä energiamaarkkinoilla toimiva konserni, johon kuuluu emoyhtiön Imatran Voima Oy:n lisäksi kymmeniä tytäryhtiötä. IVO-yhtiöt myy asiakkailleen sähköä ja lämpöä sekä energiajärjestelmiin, sähkönsiirtoon ja -jakeluun liittyviä tuotteita ja palveluja. Ympäristönsuojelu, energiansäästö sekä tutkimus- ja kehitystoiminta ovat oleellinen osa konsernin toimintaa. IVO-yhtiöt tuottaa energiaa kaikista edullisista energialähteistä. Ydinvoimaa tuotetaan Loviisassa 890 MW teholla. IVO omistaa Teollisuuden Voima Oy:stä 26,6 prosenttia, mikä vastaa 377 MW teho-osuutta Olkiluodon voimalaitoksesta. Lisäksi IVO omistaa Mellansvensk Kraftgrupp AB:n kautta Forsmarkin ydinvoimalaitoksesta 1 prosentin, mikä vastaa 30 megawatin teho-osuutta. IVO:n ruotsalaisella tytäryhtiöllä Gullspångs Kraft AB:llä on ydinvoimaa käytössään yhteensä 581 MW Oskarshamnin ja Forsmarkin voimalaitoksilta.

## KEMIRA OY

**Konsernihallinto**  
**PL 330, 00101 Helsinki**  
**puh. (09) 13211, fax (09) 694 6167**

## OY MERCANTILE-KSB AB

**PL 129, 00701 Helsinki**  
**puh. (09) 34501, fax (09) 3450 5685;**  
**yhteyshenkilö Jarmo Piippo**

Toimitamme ydinvoimalaitoksiin luotettavat ja turvalliset KSB:n syöttövesi-, lauhde-, merivesi- ja kierrätyspumput, KSB:n istukka-, luisti- ja takaiskuventtiilit, Bopp & Reutherin varoventtiilit sekä Kokonaisvaltaiset huolto- ja asennuspalvelut.

## NESTE OY

**Keskushallinto**  
**PL 20, 02151 Espoo**  
**puh. (09) 4501, fax (09) 450 4447**

## PERUSVOIMA OY

**Malminkatu 16, 00019 IVO**  
**puh. (09) 8561 560, fax (09) 8561 6029;**  
**yhteyshenkilö Juhani Santaholma**

Perusvoima Oy toimii omistajayhtiöidensä IVO:n ja TVO:n ydinvoimayhteistyön koordinoijana ja osaltaan ylläpitää osaamista ja tietotaitoa mahdollisia tulevia ydinvoimalaitoshankkeita varten. PEVO:n aktiivinen toiminta keskittyy toistaiseksi alan kansainvälisiin yhteyksiin.

## POHJOLAN VOIMA OY

**PL 49, 37101 Nokia;**  
**yhteyshenkilö Jukka Kiviluoto**

## POSIVA OY

**Annankatu 42 D, 00100 Helsinki**  
**puh. (09) 228 030, fax (09) 2280 3719;**  
**yhteyshenkilö Saila Aarnio**

Syvälle menevää osaamista.

## PRG-TEC OY

**Soukanniitty 15 A, 02360 Espoo;**  
**yhteyshenkilö Pekka Rouhiainen**

## RADOS TECHNOLOGY OY

**PL 506, 20101 Turku**  
**puh. (02) 468 4600, fax (02) 468 4601;**  
**yhteyshenkilö Simo Malkamäki**

RADOS Technology Oy valmistaa, myy ja huoltaa säteilymittauslaitteita ja -järjestelmiä mm. ydinvoimateollisuuden, väestönsuojelun ja sairaaloiden tarpeisiin. Tärkeimmät tuotelinjat ovat elektroniset dosimetrit, kontaminaatiomittarit ja aluevalvontajärjestelmät.

## INSINÖÖRITOIMISTO SAANIO & RIEKKOLA OY

**Laulukuja 4, 00420 Helsinki**  
**puh. (09) 566 6500, fax (09) 566 3354;**  
**yhteyshenkilö Reijo Riekkola**

Ydinjätteiden loppusijoitustekniikka, kalliotutkimusten ohjelmointi ja tulostus, kalliotilojen yleis- ja rakenne- suunnittelu, kalliorakennussuunnittelu ja rakennusgedogia, kalliomekaniikka ja mallinnus.

## SIEMENS OSAKEYHTIÖ

**PL 60, 02601 Espoo**  
**puh. (09) 51051, fax (09) 5105 3860;**  
**yhteyshenkilö Jaakko Toppila**

Ydinvoimalaitokset, konventionaaliset voimalaitokset, höyry- ja kaasuturbiinit, ympäristöteknologia, huolto- ja revisio- palvelut, tarkastukset, ydinvoimalaitosten polttoaineet

## SOFFCO OY AB

**Karapellontie 11, 02610 Espoo**  
**puh. (09) 596 033, fax (09) 596 726;**  
**yhteyshenkilö Simo Brummer**

Turbiinit ydin-, höyry-, kaasu- ja vesi- voimalaitoksille, generaattorit, SJ-, KJ- ja MJ sähkölaitteet.

## SUOMEN ATOMIVAKUUTUSPOOLI

**Bulevardi 10, 00120 Helsinki**  
**puh. (09) 680 1632;**  
**yhteyshenkilö Kristian Stenius**

## SUOMEN MALMI OY

**PL 10, 02921 Espoo**  
**puh. (09) 852 4010, fax (09) 8524 0123;**  
**yhteyshenkilö Esko With**

## TEOLLISUUDEN VOIMA OY

**27160 Olkiluoto**  
**puh. (02) 83 811, fax (02) 8381 2109;**  
**yhteyshenkilö Jukka Malila**

Teollisuuden Voima Oy on pääosin teollisuuden omistama voimayhtiö. Yhtiön tarkoituksena on rakentaa ja käyttää suurvoimalaitoksia sekä tuottaa osakkailleen sähköenergiaa omakustannushintaan. Yhtiö omistaa kaksi ydinvoimalaitosyksikköä. TVO I valmistui vuonna 1978 ja TVO II vuonna 1980. Teollisuuden Voima Oy osallistui 45 prosentin osuudella vuonna 1994 valmistuneeseen Meri-Porin hiilivoimalaitokseen ja saa vastaavan osuuden laitoksen tuottamasta sähköstä.

## VTT ENERGIA

**PL 1604, 02044 VTT**  
**puh. (09) 4561, fax (09) 456 5000;**  
**yhteyshenkilö Lasse Mattila**

VTT Energia on voimayhtiöiden ja ydinennergian käyttöä valvovien viranomaisten vaativien tutkimustoimeksiantojen tärkeä toteuttaja. Koordinoimme myös kansallisia reaktoriturvallisuuden, ydinjätehuollon ja fuusioteknologian tutkimusohjelmia. Reaktoriturvallisuuden alueella kehitämme ja sovellamme laskentamenetelmiä sekä teemme lämpö- ja virtausteknisiä kokeita häiriö- ja onnettomuusanalyysien suorittamiseksi uusimpien turvallisuus- ja suorituskykyvaatimusten mukaisesti. Ydinpoltoaineen käytön suunnittelua varten meillä on ajanmukaiset ohjelmistot lataussuunnitteluun ja turvallisuusmarginaalien määrittämiseen. Ydinjätehuollon alueella käytössämme ovat kattavat loppusijoituksen turvallisuusanalyysien ja yksityiskohtaisten pohjavesivirtausten laskentamenetelmät. Ydinfuusion alueella teemme omaa perustutkimusta ja osallistumme EU:n fuusio-ohjelmaan.

## YIT-YHTYMÄ OY

**Teollisuuspalvelu**  
**Kairakatu 1, 26100 Rauma**  
**puh. (02) 555 580, fax (02) 5555 850;**  
**yhteyshenkilö Heikki Hiedo**

## YIT-YHTYMÄ OY

**YIT Service**  
**PL 54, 01511 Vantaa**  
**puh. (09) 81 811, fax (09) 8181 3876;**  
**yhteyshenkilö Heikki Hiedo**

Venttiilihuolto, venttiilivaraosat, kone- ja laiteasennukset ja putkistot.

# ONNITTELEMME 30-VUOTIASTA SUOMEN ATOMITEKNILLISTÄ SEURAA



**FINTACT**  
GEOINVESTIGATION AND  
MODELLING SERVICES

**Fintact Oy**

Hopeatie 1 B, 00440 Helsinki  
puh. 09-5032172, fax 09-5032175



**LTKK**

**LTKK**

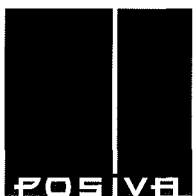
Energiatekniikka/Ydintekniikka  
PL 20, 53851 Lappeenranta  
puh. 05-62111, fax 05-6212799



Pumput  
Venttiilit

**Oy Mercantile-KSB Ab**

PL 129, 99701 Helsinki  
puh. 09-34501, fax 09-34505685



**Posiva Oy**

Annankatu 42 D, 00100 Helsinki  
puh. 09-22803762, fax 09-22803719



**Rados Technology Oy**

PL 506, 20101 Turku  
puh. 02-4684600, fax 02-4684601



**Securitas Tekniikka Oy**

Elimäenkatu 30, 0020 Helsinki  
puh. 09-77521, fax 09-7752350



**STV SECURITAS OY**

**STV Securitas Oy**

Elimäenkatu 30, 00520 Helsinki  
puh. 09-77521, fax 09-7752210

SÄHKÖVALTUUSKUNTA



**Sähkövaltuuskunta**

Lönnrotinkatu 4 B, 00120 Helsinki  
puh. 09-6689200, fax 09-66892015



**VTT Automaatio**

PL 13002, 02044 VTT  
puh. 09-4561, fax 09-4566475

Valokuvat:

Tämän julkaisun kuvitukseen osallistui suuri määrä yksityisiä henkilöitä ja yhteisöjä. Toimitus kiittää kaikkia kuvittajia.

Kannen suunnittelu:

Keijo Westerberg

SUOMEN  
ATOMITEKNILLINEN  
SEURA –

ATOMTEKNISKA  
SÄLLSKAPET  
I FINLAND ry



## Kannatusjäsenet

ABB Strömberg Voimansiirto

Fintact Oy

IVO International Oy

Kemira Oy Konsernihallinto

Oy Mercantile-KSB AB

Neste Oy Keskushallinto

Perusvoima Oy

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PRG-Tec Oy

Rados Technology Oy

Saanio & Riekkola Oy

Siemens Osakeyhtiö

Soffco Oy Ab

Suomen Atomivakuutuspooli

Suomen Malmi Oy

Teollisuuden Voima Oy

VTT Energia

YIT-Yhtymä Oy

