

# ATS

## YDINTEKNIikka

SUOMEN  
ATOMITEKNILLINEN  
SEURA -

ATOMTEKNISKA  
SÄLLSKAPET  
I FINLAND ry



1/97, vol. 26

### Tässä numerossa

Ydinvoimalaitosten pitempi käyttöikä	1
RÉSUMÉ: Longer service life for nuclear power plants	2
Suomen ydinvoimaloiden käyttöluvut uusittavana	2
TVO:sta Olkiluodoksi: Uudistunut laitos uudella nimellä	5
Loviisan modernisointi on ympäristöinvestointi	8
Käyttölupahakemukset teettävät lujasti töitä	11
IVOn pääjohtaja Heikki Marttinen: Suomi on kahden erilaisen ydinvoimakulttuurin välissä	13
PIME'97: Pimeyden ytimestäkö?	16
Perämiehen paikalta	18
Suomalaisten nuorten ydininsinöörien excursio Ranskaan	19
Ranskalais-suomalainen seminaari paneutui painevesireaktoreihin	21
Ranskan ydinjätti EdF tuottaa ja tutkii	23
PHEBUS FP -koelaitteistolla simuloidaan vakavia onnettomuuksia	24
VULCANOlla ja AEROSTATilla tietoa sydämensulamisesta	26
Tricastin ja krokotiilit	28
Epäonninen Superphénix	29
Young Finnish nuclear engineers touring France	30
Jäsenpalsta	33

# ATS

## YDINTEKNIikka

1/97, vol. 26

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —  
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

VUODEN 1997 TEEMAT

### TOIMITUS

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

Erikoistoimittaja  
TkL Eija Karita Puska  
VTT Energia  
PL 1604, 02044 VTT  
p. (09) 456 5036  
eija-karita.puska@vtt.fi

Erikoistoimittaja  
DI Arto Isolankila  
Säteilyturvakeskus  
PL 14, 00881 Helsinki  
p. (09) 7598 8314  
arto.isolankila@stuk.fi

Erikoistoimittaja  
DI Olli Nevander  
IVO Power Engineering Oy  
01019 IVO  
p. (09) 8561 2613  
olli.nevander@ivo.fi

Erikoistoimittaja  
TkL Eero Patrakka  
Teollisuuden Voima Oy  
27160 Olkiluoto  
p. (02) 8381 3300  
eero.patrakka@tvo.tvo.elisa.fi

1/97  
Käyttöluvat ja käyttöikä

2/97  
Ydinjätehuolto

3/97  
Ydintekniikan  
kehitysnäkömät

4/97  
Ekskursio

### ILMOITUSHINNAT

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

### JOHTOKUNTA

Puheenjohtaja  
TKT Seppo Vuori  
VTT Energia  
PL 1604, 02044 VTT  
p. (09) 456 5067  
seppo.vuori@vtt.fi

Varapuheenjohtaja  
Tkt Ilari Aro  
Säteilyturvakeskus  
PL 14, 00881 Helsinki  
p. (09) 7598 8296  
ilari.aro@stuk.fi

FK Anneli Nikula  
Energia-alan Keskusliitto ry  
FINERGY  
PL 21, 00131 HELSINKI  
p. (09) 6861 6222  
anneli.nikula@finergy.fi

Rahastonhoitaja  
DI Virpi Korteniemi  
Lappeenrannan Teknillinen  
Korkeakoulu  
PL 20, 53851 Lappeenranta  
p. (05) 621 2781  
virpi.korteniemi@lut.fi

DI Tapio Saarenpää  
Teollisuuden Voima Oy  
27160 Olkiluoto  
p. (02) 8381 4312  
tapio.saarenpää@tvo.tvo.elisa.fi

Sihteeri  
DI Vesa Tanner  
VTT Kemiantekniikka  
PL 1404, 02044 VTT  
p. (09) 456 6354  
vesa.tanner@vtt.fi

DI Olli Nevander  
IVO Power Engineering Oy  
01019 IVO  
p. (09) 8561 2613  
olli.nevander@ivo.fi

### 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,  
e-mail: liisa.hinkula@vtt.fi

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

### TOIMIHENKILÖT

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

Ekskursios sihteeri  
DI Jaakko Pullinen  
IVO Power Engineering Oy  
01019 IVO  
(09) 8561 4123  
jaakko.pullinen@ivo.fi

ISSN-0356-0473



Jorma Aurela

## YDINVOIMALAITOSTEN PITEMPI KÄYTTÖIKÄ

*Uusien ydinvoimalaitosten rakentaminen on vaikeutunut lähes kaikissa länsimaissa viimeisen kymmenen vuoden aikana. Nykyisten laitosten arvo on noussut entisestään uusien jäädessä suunnitelmiksi. Suomessa molemmat voimayhtiöt tähtäävät nyt voimalaitosten pitkään, lähes kahden sukupolven mittaiseen käyttöikänsä.*

*Teollisuuden Voima Oy ja Imatran Voima Oy jättivät käyttölu-pahakemuksensa viime joulukuussa. TVO kirjaa hakemukseensa, että laitoksilla olisi käyttöikä vielä 40 vuotta vuodesta 1998 eteenpäin. Tällöin Olkiluoto 1 saavuttaisi 60 vuoden käyttöiän. IVO esitti vaati-mattomammin Loviisalle suunnitelluksi käyttöiäksi 45 vuotta.*

*Helmikuun 8. päivänä vietettiin Loviisa 1:n 20-vuotispäiviä, ja kolmen muun suomalaisen ydinvoimalaitoksen vuosipäivät seuraavat. Teo-riassa tällaiset vuosipäivät ovat myönteistä julkisuutta, ja Loviisan "Avoimen portin" päivän tapahtumat tukevat väitettä — laitoksella vieraili lähes 4000 vierasta, ja päivän saama huomio oli ydinvoimalle edullista. TVO:lla ollaan saavutettu samankaltainen menestys avoi-milla ovilla. Come and see-projekteilla on ollut menestystä myös ulkomailla. Näin tiedotuksessa voidaan uudella suhtautumisella saa-vuttaa aivan uudenlaisia voittoja.*

*Ydinjäteratkaisut kypsyivät vuonna 1996 toteutusvaiheeseen (ATS Ydintekniikka 2/97:n teema). Posiva aloittaa tänä vuonna ympäristö-vaikutusten arviointimenettelyt (YVA) korkea-aktiiviselle ydinjätteelle neljällä paikkakunnalla. Loviisassa julkinen keskustelu räjähti tammi-kuussa käyntiin, kun paikkakunta otettiin mukaan loppusijoituksen loppukilpailuun. Viime vuoden lopulla julkistettu esiselvitys osoitti Loviisan rapakivigraniitin hyväksi finalistiksi.*

*Ensi vuonna molempien voimayhtiöiden vähä- ja keskiaktiivisten jät-teiden loppusijoituslaitokset ovat käytössä ydinenergialain mukaisilla käyttöluvilla. Näiden ydinlaitosten käyttöajat ulottuvat 2050-luvulle, jolloin jokainen nyt ydinvoiman parissa työskentelevä on eläkkeellä.*

*Suomalaisen ydinvoiman tekniikka on kypsää, mutta ei vanhentunutta. Näin se voi kestää yli nykyisen ydinvoimalle kriittiset, poliittiset ilmastonvaihtelut, joista Ruotsin viimeisin esimerkki on vaikeimmin ymmärrettävissä. Viimeistään 2000-luvulle tultaessa logiikka muuttaa lähes päästöttömän ydinvoiman kilpailutilannetta sille edulliseen suun-taan. Nykyisten ydinvoimaloiden pidemmällä käyttöiällä taataan suo-malaiset valmiudet ensi vuosituhanella.*

DI Jorma Aurela työskentelee turvallisuusinsinöörinä Loviisan voimalaitoksella ja hän on ATSYdintekniikan päätoimittaja, p. (019) 550 3070; E-mail: jorma.aurela@ivo.fi

## RÉSUMÉ: LONGER SERVICE LIFE FOR NUCLEAR POWER PLANTS

*The construction of new nuclear power plants has become more difficult in almost all the Western countries during the past ten years. The value of the existing plants has increased further, as new plant designs have remained on the drawing board. In Finland, both of the power companies aim today at a long service life of almost two generations.*

*Teollisuuden Voima Oy (Industrial Power Company Ltd; TVO) and Imatran Voima Oy (IVO) submitted their applications for operating licences in December 1996. TVO registered in its application that the plants would have 40 years of operation after the year 1998. In such case, TVO 1 would reach the service life of 60 years, while IVO has a more modest targeted service life of 45 years for its plants.*

*On 8 February, Loviisa 1 celebrated its 20th anniversary, and the three other Finnish power plants will follow soon. In theory, such anniversaries are good publicity, and the events arranged during the "Open house" day at Loviisa support this theory: almost 4,000 people visited the plant, and the attention paid to nuclear power was advantageous. TVO has reached similar success during its "Open house" days, and the "Come and see" projects arranged in other countries have also been successful. The new attitude adopted by the communication people can result in entirely new victories.*

*The maturation of nuclear waste technologies to reach the implementation phase is particularly significant in the*

*nuclear power engineering (the theme of ATS Ydintekniikka 2/97). In 1997, Posiva will start environmental impact assessments (EIA) on high-level operating waste at four localities. At Loviisa, for example, the public debate exploded in January 1997, after Loviisa had been accepted to the finals of the final disposal at the end of 1996, as the preliminary site investigations proved that rapakivi granite is a good finalist.*

*At the beginning of 1998, both of the power plants will have a repository for intermediate and low-level wastes in operation with operating licences in accordance with the Nuclear Energy Act. The service lives of these nuclear plants extend to the 2050s, and at that time everyone working on nuclear power today will be retired.*

*The Finnish nuclear power is a mature structure, and it may be able to withstand the critical political climate of today. The situation in Sweden is one of the latest cases that are most difficult to understand in view of nuclear engineering. In the 2000s at the latest, the logical thinking will change the competitive position of the nearly emission-free nuclear power to be more favourable to nuclear power. The lengthened service life of the nuclear power plants of today will guarantee that Finns will be prepared for the situation of the following millennium.*

**Jorma Aurela**

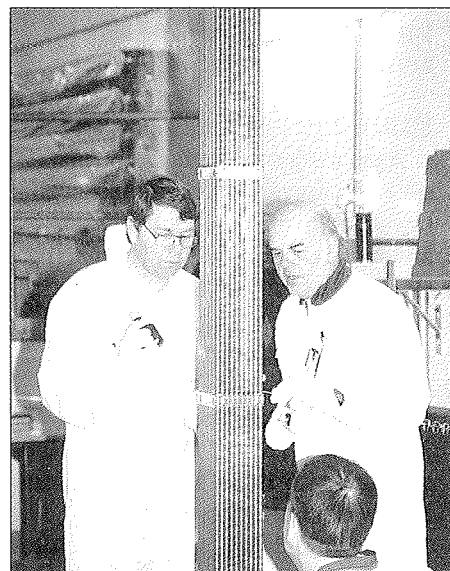
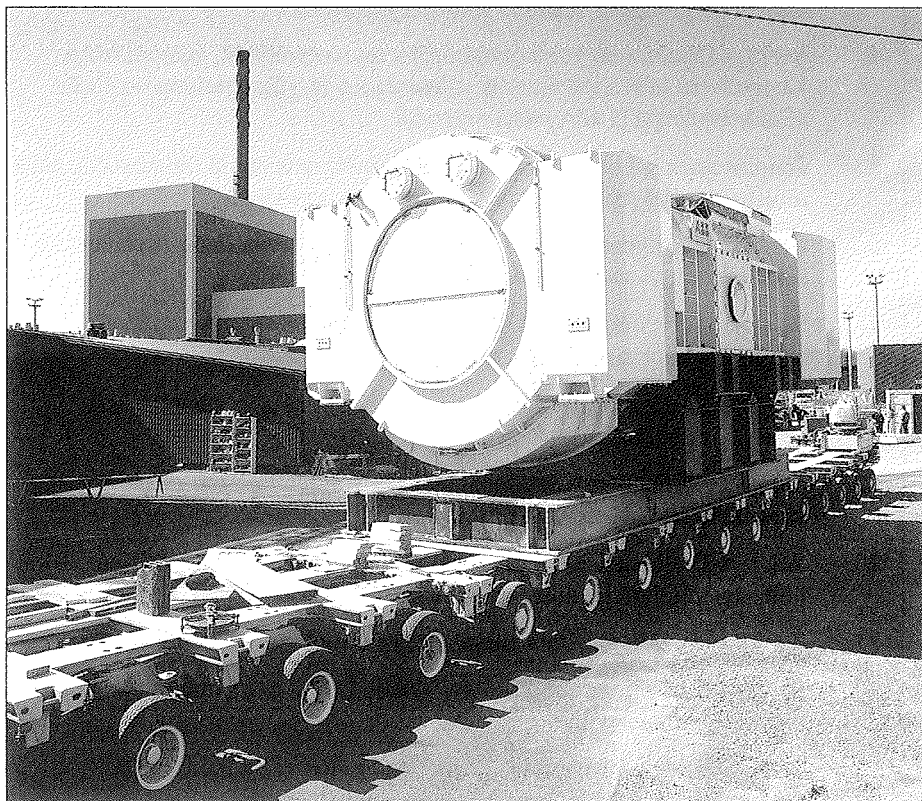
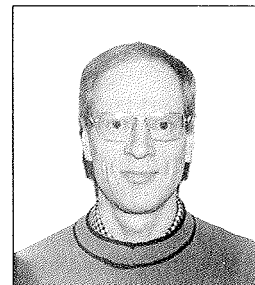
*Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten nykyiset käyttöluvut ovat voimassa ensi vuoden loppuun asti. Teollisuuden Voima Oy on jättänyt uutta lupaa koskevan hakemuksen valtioneuvostolle. Lupaa haetaan korotetulle 2 500 MW:n nimellislämpöteholle vuoden 1998 alusta vuoden 2018 loppuun. Imatran Voima Oy on jättänyt käyttöluvahakemuksen, johon sisältyy lämpötehon korotus 1 500 MW:iin ja jätteiden käsittelyyn liittyviä hankkeita. Hakemusten käsitteilyä hoitaa kauppa- ja teollisuusministeriö.*

**V**altioneuvosto on myöntänyt Olkiluodon voimalaitoksen nykyisen käyttöluvan 15.12.1988. Lupa on voimassa vuoden 1998 loppuun asti. Lupa kattaa molemmat voimalaitosyksiköt sekä käytetyn polttoaineen, keskiaktiivisen jätteen ja matala-aktiivisen jätteen välivarastot, eli kaikki Olkiluodon ydinlaitokset lukuunottamatta voimalaitosjätteen loppusijoitustilaa eli VLJ-luolaa, jolla on erillinen vuoden 2051 loppuun asti voimassa oleva käyttöluva.

Käynnissä olevaan voimalaitosyksiköiden modernisointihankkeeseen sisältyy nimellistehon korotus. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksellä nimellistehon korotuksen edellyttämä ydinenergiain mukainen lupakäsittely voidaan hoitaa nykyisen käyttöluvan uusimisen yhteydessä.

Korotetun tehon käyttö on tarkoitus aloittaa vuoden 1998 huoltoseisokkien jälkeen, ja siksi tavoitteeksi asetettiin uutta nimellistehoa vastaavan käyttöluvan saaminen ennen kyseisiä seisokkeja. Koska lupakäsittelyyn täytyy varata aikaa vuoden verran, tuli lupahakemus

# SUOMEN YDINVOIMALOIDEN KÄYTTÖLUVAT UUSITTAVANA



jättää vuoden 1996 lopussa, eli vuotta aikaisemmin kuin siinä tapauksessa, että tehonkorotusta ei olisi suunniteltu tehtäväksi.

## Lupahakemus edellytti laajoja selvityksiä

Hakemuksen laatimisessa tiedettiin tarvittavan monen henkilön työpanosta. Lisäksi Säteilyturvakeskus edellytti varsin laajoja turvallisuusselvityksiä käyttölupahakemuksen yhteydessä. Siksi asiakirjojen laatimistyö aloitettiin syksyllä 1995 tekemällä työnjakoa ja aikataulua koskevat suunnitelmat.

Käyttölupahakemusta tehtäessä edellistä hakemusta käytettiin mahdollisimman paljon mallina. Ydinenergia-asetus ei ollut vielä ilmestynyt, vaan oli valmiste-

luvaiheessa, kun edellistä hakemusta tehtiin. Siksi valmista lähtökohtaa ei kaikilta osin ollut käytettävissä. Asetus määrittelee käyttölupahakemuksen ja sen liitteiden minimisisällön.

Hakemuksessa käytetään ensi kertaa virallisesti voimalaitosyksiköiden uusia nimiä Olkiluoto 1 ja 2.

Ydinenergialain tarkoittamaa käyttölu-paa haetaan kaikille niille Olkiluodon ydinlaitoksille, jotka nykyinenkin lupa kattaa. Voimalaitosyksiköiden osalta lupaa haetaan nimellislämpöteholle 2500 MW. Nykyisessä luvassa nimel- listeho on 2160 MW. Lupaa haetaan vuoden 1998 alusta vuoden 2018 lop- puun. Haetun lupajakson loppu on määräytynyt siitä, että laitossyksiköiden suunniteltu toiminta-aika, johon esimer- kiksi ydinjätehuollon suunnitelmat

*Tehonkorotus on merkittävässä osassa käyttölupaprosessissa. Tehon korottami- sen on osaltaan tehnyt mahdolliseksi kehittyvä polttoainetekniikka ja laitok- sen komponenttien, kuten generaattorien tehon nosto.*

perustuvat, on 40 vuotta. Vuodet tulevat Olkiluoto 1:n osalta täyteen vuoden 2018 lopussa.

Tähänastisten käyttökokemusten ja muun tietämyksen perusteella laitossyksi- köiden tekninen käyttöikä on merkittä- västi pitempi. Modernisointihankkee- seen sisältyvien toimenpiteiden ja jatku- van kunnossapidon avulla varmistetaan, että teknistä käyttöikää on jäljellä mo- lemmilla laitossyksiköillä vähintään 40 vuotta vuodesta 1998 eteenpäin.

Nykyisessä käyttöluvassa on kvantitatiiv- isia ehtoja, jotka koskevat laitossyksi- köillä ja jätteiden välivarastoissa säilytettävän käytetyn polttoaineen ja voimalaitosjätteen määrää. Nämä ehdot esitetään pidettäväksi ennallaan.

Hakemus jätettiin valtioneuvostolle/ KTM:lle 18.12.1996 ja Säteilyturvakeskukselle tiedoksi samana päivänä. Käsittely jatkuu siten, että KTM ilmoittaa hakemuksen vireällöolosta, asettaa sen nähtäväksi ja pyytää siitä lausunnot. Saatuaan kaikki tarpeelliset lausunnot KTM vie hakemuksen valtioneuvoston käsittelyyn lupapäätöstä varten.

### **Ympäristövaikutukset arvioitiin tarkoin**

KTM:n 2.10.1995 tekemän päätöksen mukaan modernisointihankkeeseen on siihen sisältyvän tehonkorotuksen takia sovellettava ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA) annetun lain mukaista menettelyä.

Modernisoinnin ympäristövaikutusten arviointiohjelman TVO jätti yhteysviranomaisena toimivalle KTM:lle 23.2.1996. KTM antoi ohjelmasta lausuntonsa 11.6.1996. Ympäristövaikutusten arviointiselostuksen TVO jätti 1.11.1996 KTM:lle, joka pyysi selostuksesta lausunnot. Lausuntojen antamiseen varattu aika on päättynyt, ja viimeisenä vaiheena YVA-menettelyssä on yhteysviranomaisen lausunto arviointiselostuksesta.

YVA-lain mukaan hanketta koskevasta lupapäätöksestä on käytävä ilmi, miten arviointiselostus ja siitä annettu yhteysviranomaisen lausunto on otettu huomioon. Käyttölupapäätöksen lisäksi päätös vesiluvasta on sellainen, että siinä pitää ottaa huomioon modernisointihankkeen YVA. TVO on jättänyt Länsi-Suomen vesioikeudelle hakemuksen Olkiluodon voimalaitoksen vesiluvan muuttamisesta kattamaan korotetun nimellislämpötehon.

### **Loviisa hakee lupaa myös jätelaitokselle**

Imatran Voima Oy on jättänyt Loviisan voimalaitoksen käyttölupahakemuksen viime vuoden lopulla. Myös Loviisan hakemus on tehty voimalaitosyksiköiden korotetulle 1500 MW:n nimellisteholle.

Loviisan hakemukseen sisältyy nykyisten ydinlaitosten lisäksi käytetyn polttoaineen välivaraston suunnitteilla oleva

## **Olkiluodon käyttölupahakemukseen liitettiin seuraavat asiakirjat:**

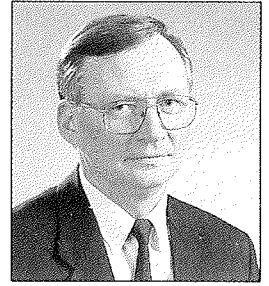
1. Teollisuuden Voima Oy:tä koskeva kaupparekisteriote
2. Jäljennös Teollisuuden Voima Oy:n yhtiöjärjestyksestä ja osakseluettelosta
3. Selvitys ydinlaitoksen sijaintipaikan ja sen lähiympäristön asutuksesta ja muista toiminnoista sekä kaavoitusjärjestelyistä
4. Selvitys Olkiluodon ydinvoimalaitoksella tuotettavien, käsiteltävien, käytettävien tai varastoitavien ydinainesten ja ydinjätteiden laadusta sekä kertyneistä ja kertyvistä määristä
5. Pääpiirteinen selvitys teknisistä toimintaperiaatteista ja ratkaisuksista, sekä muista järjestelyistä, joilla turvallisuus on varmistettu
6. Selvitys laitoksen suunnittelussa noudatetuista turvallisuusperiaatteista sekä arvio periaatteiden toteutumisesta
7. Selvitys toimenpiteistä Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ympäristö-  
rasituksen rajoittamiseksi
8. Selvitys Teollisuuden Voima Oy:n organisaatiosta ja käytettävissä olevasta asiantuntemuksesta
9. Selvitys Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ydinjätehuollon menetelmistä, suunnitelmista ja kustannuksista
10. Selvitys Teollisuuden Voima Oy:n rahoitusasemasta, rahoituksen hoitosuunnitelma ja tuotannollinen suunnitelma
11. Teollisuuden Voima Oy:n tilinpäätösasiakirjat vuosilta 1987–1995.
12. Selvitys siitä, miten Teollisuuden Voima Oy on noudattanut voimassa olevan käyttölupan ehtoja
13. Selvitys tärkeimmistä muutoksista Olkiluodon voimalaitoksella voimassaolevan käyttöluvan myöntämisen jälkeen
14. Selvitys tärkeimmistä Olkiluodon voimalaitoksen modernisointiin sisältyvistä toimenpiteistä
15. Voimassa oleva käyttölupa

laajennus, nestemäisten voimalaitosjätteiden varaston yhteyteen rakennettava kiinteytyslaitos ja rakenteilla oleva voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitos.

Loviisassakin nykyinen käyttölupa on voimassa ensi vuoden loppuun asti. Uudeksi lupajaksoksi haetaan vuoden 1998 alusta 10 vuotta voimalaitosyksiköille, vuoden 2050 loppuun käytetyn polttoaineen välivarastoille ja vuoden 2055 loppuun voimalaitosjätteen loppusijoituslaitokselle ja kiinteytyslaitokselle.

**DI Eero Schultz on Teollisuuden Voima Oy:n turvallisuustoimiston säteilyturvallisuusjaoksen päällikkö, p. (02) 8381 3230.**

# TVO:sta Olkiluodoksi: UUDISTUNUT LAITOS UUDELLA NIMELLÄ



*Modernisointihankkeen lähtökohtana on, että laitosyksiköillä on vielä 15 vuoden hyvien käyttökokemusten jälkeen runsaasti käyttöikää jäljellä. Laitoksen kehittämistä jatketaan ja tavoitteiksi on asetettu laitosyksiköiden turvallisuusominaisuuksien tarkistaminen ja tarvittaessa parantaminen, tuotantokyvyn nosto, elinikä rajoittavien tekijöiden kartoitus ja tarvittaessa eliminointi sekä oman henkilökunnan asiantuntemuksen syventäminen ja tuottavuuden lisääminen.*



*TVO:n laitosten uudet nimet ovat Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2.*

Modernisointihankkeen osaprojekteihin on nimetty kaikkiaan yli sata TVO-laista, joskin lähes kaikki TVO-laiset joutuvat työtehtävissään osallistumaan laitosyksiköiden modernisointiin. Kaikille projekteihin osallistuville järjestettiin kahden päivän TVO:lle sovitettu projektikoulutus.

Modernisoinnin toteutuksen seuranta on ollut tiukasti yhtiön johdon seurannassa. Niinpä hanketta johtava johtoryhmä ja koordinoiva hankeryhmä ovat kokoontuneet lähes kuukausittain.

KTM:n ja STUK:n viranomaisseuranta on ollut tiivistä. Etenkin STUK:n kanssa on läpikäyty turvallisuusanalyyskejä ja eri aihepiireihin liittyviä ennakkotarkastusaineistoja. Tässä yhteydessä on lähtökohtana käytetty uusille laitoksille tehtyjä YVL-ohjeita.

Laitosyksiköiden modernisointi aloitettiin alustavilla selvityksillä vuoden 1993 lopulla. Vuosina 1994 ja 1995 tehtiin perus- ja toteutussuunnitelu. Alustava turvallisuusseloste laadittiin pääosin vuonna 1994 ja lopullinen turvallisuusseloste vuosina 1995/96. Vuoden 1996 loppuun mennessä on tehty lähes kaikki merkittävät laitehankintasopimukset. Muutosten toteutus sekä koekäyttö aloitettiin vuosihuoltoseisokissa Olkiluoto 1 -laitosyksiköllä. Eräänä muutoksena oli myös laitosyksiköiden nimen vaihto Olkiluoto 1 ja 2:ksi.

## Osaprojektit hallitaan hankekäsikirjalla

Modernisointihanketta käynnistettäessä jaettiin toteutus yli 30 osaprojektiin. Eri osaprojektien yhdenmukaiseksi hallinnoimiseksi luotiin kaikille yhteinen hankekäsikirja, jota hankekoordinaattorit ovat hankkeen kuluessa edelleen kehittäneet. Käsikirja sisältää projektikuvausten lisäksi ohjeistot kaikista tärkeimmistä projektitoiminnoista.

## Tarvittavat selvitykset pääosin tehty

Laitosyksiköiden käyttöluvut ovat määrääkäsia ja nykyinen käyttöluva päättyy vuoden 1998 lopussa. Joulukuussa 1996 TVO on jättänyt uuden käyttöluvahakemuksen. Käyttöluvaa on haettu korotetulle tehotasolle, 2500 MW<sub>th</sub>. Tehonkorotushankkeeseen on sovellettu YVA- eli ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Niinpä TVO onkin jättänyt KTM:lle ensin YVA-ohjelman ja sittemmin marraskuussa 1996 YVA-selostuksen. Tavoitteena on saada uusi käyttöluva korotetulle tehotasolle vuoden 1998 alussa, hyvissä ajoin ennen vuosihuoltoseisokkeja, jolloin viimeiset tehonkorotukseen liittyvät muutostyöt toteutetaan.

Laitosyksiköiden turvallisuuden varmistamiseksi on tehty mittavat turvallisuusselvitykset ja niiden perusteella on toteutettu lukuisia joukko toimenpiteitä, joilla laitosyksiköiden turvallisuutta parannetaan entisestään.

Vuoden 1994 aikana tehtiin alustava turvallisuusseloste työnimeltään USAR, joka toimitettiin STUK:lle vuoden 1995 alkupuolella. Syksyllä 1995 aloitettiin modernisoitujen laitosyksiköiden turvallisuusselosteen (MFSAR) tekeminen. Turvallisuusseloste valmistui vuoden 1996 lopussa ja toimitettiin STUK:lle hyväksyttäväksi vuoden viimeisenä päivänä.

Lopullisessa turvallisuusselosteessa huomioitiin myös viranomaisten alustavaan turvallisuusselosteeseen tekemät huomautukset. Turvallisuusselosteessa on uusittu kokonaan yleinen osa aihekohtaisine raportteineen. Tällöin on uusittu kaikki onnettomuus- ja transientianalyysit. Työ on laajuudeltaan useita satoja henkilötyökuukausia ja se on tehty yhteistyössä alkuperäisen laitostoimittajan, nykyisen ABB ATOMin kanssa. Laitosta on verrattu nykyisiin uusille laitoksille asetettuihin vaatimuksiin ja harkittu tapauskohtaisesti laitosmuutosten tarve.

## Turvallisuutta arvioitu PSAlla

Modernisoidun laitoksen turvallisuus on arvioitu myös todennäköisyyspohjaisesti UPSA-projektissa. STUK:lle on toimitettu joulukuussa 1996 tason 1 PSA, jossa on arvioitu sydänvauriotaajuudeksi  $5 \cdot 10^{-6}$ /reaktorivuosi, mikä on alhaisempi kuin vastaava arvo ennen modernisointihanketta. Tason 2 PSA, joka on suojarakennuksen todennäköisyyspohjainen turvallisuusarvio, on niinikään pääosin toimitettu STUK:lle joulukuun lopussa. Näiden lisäksi on myös laitosyksiköiden maanjäristyskestoisuus arvioitu todennäköisyyspohjaisella menetelmällä.

Laitosyksiköillä tehtiin jo 1980-luvun lopussa vakaviin onnettomuuksiin liittyviä muutoksia. Näiden muutosten osalta ollaan ohjeistoa ja laitteistoa kehittämässä uusimman tietämyksen mukaiseksi. Varaudutaan mm. alkalomaan suojarakennus tarvittaessa ja pienennetään paineenalaisen reaktorisydämen puhkisulamisen todennäköisyyttä entisestään. Vakavien onnettomuuksien osalta seurataan ja osallistutaan kansainväliseen kehitystyöhön.

Säteilyannosten pienennysmahdollisuuksia on edelleen selvitelty sekä käyttötekniisin menetelmin että rakenteellisilla muutoksilla laitoksella.

Vuoden 1995 alussa tapahtuneen suppoilmion perusteita on selvitetty ja laitosyksiköiden jäähdytysveden sisäänottorakenteissa on toteutettu muutoksia, joilla ehkäistään suppon muodostuminen. Lämpimän veden kierrätyksellä pystytään tarvittaessa nostamaan sisään otettavan jäähdytysveden lämpötilaa 0,3 °C:lla. Toisaalta jäähdytysveden sisäänottokanavaan on asennettu rakenteita, joilla pyritään estämään lämmön pois haihtumista.

Edelleen on tehty elinikäselvityksiä seuraaville vuosille ja alustavasti kartoitettu mahdollisuuksia korvata merivesijärjestelmät laitosyksiköiden sisällä välipiireillä, joissa käytetään täyosuolanpoistettua jäähdytysvettä.

Vuoden 1996 seisokit ajoittuivat tavanmukaisesti touko/kesäkuulle. OL2:lla suoritettiin polttoaineenvaihtoseisokki, jonka kestoksi tuli vajaat 11 vuorokaut-

ta. OL1:llä sensijaan tehtiin modernisointiin liittyen monia merkittäviä muutostöitä normaalien huoltotöiden lisäksi. Seisokki toteutui likimain suunnitellusti 20 vuorokaudessa.

## Reaktoriturvallisuus paranee

Reaktorilaitoksella parannettiin ylipainesuojaukskapasiteettia asentamalla primääripiiriin kaksi uutta varoventtiiliä ohjausputkistoinen ja automatiikkoinen. Venttiilit poikkeavat rakenteeltaan ja toimintaperiaatteeltaan aiemmista venttiileistä, jolloin järjestelmän yhteisvika-kestoisuus paranee huomattavasti. Näillä toimenpiteillä on merkittävä pienentävä vaikutus sydänvauriotaajuuteen. Venttiileille on asetettu erittäin ankarat toiminnalliset vaatimukset. Toiminta ensimmäisen käyttövuoden aikana on ollut moitteetonta.

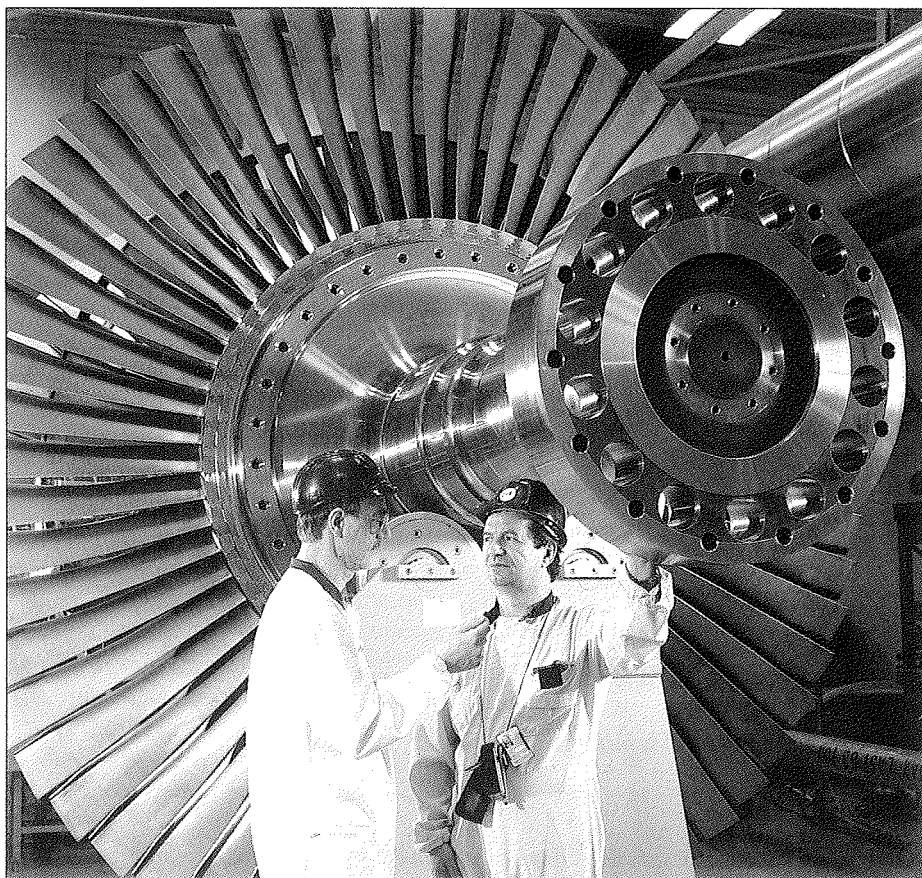
Jälkilämmönpoistokapasiteettia on kasvatettu lisäämällä levylämmönvaihtimiin lisää lämmönsiirtolevyjä. Tehokkuusmittauksissa ovat jäähdytyspiirit toimineet etukäteislaskelmien mukaisesti. Vastaava muutos on aloitettu OL2:lla käytön aikana osajärjestelmittäin.

Reaktorin pääkiertopumppujen sähkökäytöt uusitaan ikääntymisen tuoman epäkäytettävyyden ehkäisemiseksi. Vuoden 1996 seisokissa asennettiin yhdelle pumpulle OL1:llä koemielessä uudet taajuusmuuttajat ja sen rinnalle pyörivä huimamassa, jolla voidaan pääkiertopumput ajaa sähkökatkotilanteessa reaktorisydämen asettamien dryout-marginaalivaatimusten mukaisesti alas.

Reaktorille tulevan lauhde/syöttöveden puhdistusta tehostetaan asentamalla suodattimiin uudentyyppisiä suodatinsauvoja. Tulokset ovat olleet odotettuaakin parempia, ja projekti etenee kaikkien suodattimien modifioinnilla vuoden 1998 seisokkeihin mennessä.

Laitoksen toiminta ja turvallisuus varmistetaan monivaiheisella koekäytöllä. Kullekin muutettavalle järjestelmälle tehdään järjestelmäkohtaisia kokeita, joilla varmistetaan yksittäisen järjestelmän suoritusarvot ja toiminta käyttöohjeiden mukaisesti. Järjestelmäkohtaisten





*Turbiinilaitoksen hyötysuhdetta parannetaan modernisoimalla matalapaineturbiinien (4 kappaletta/yksikkö) sisäosat. Kokonaishyöty on noin 20 MW/laitos.*

tuun generaattoriin tehdään vielä takuuna vuoden 1997 huoltoseisokissa rakenteellisia parannuksia värinäongelmien eliminoinemiseksi.

Olkiluoto 1:llä aloitettiin myös lauhduttimien eroosiosuojauksen parannus. Tässä muutoksessa korvataan lauhduttimen uloimmat titaaniputket paremmin eroosiota kestäväällä materiaalilla, SMO654. Tavoitteena on saada kaikki reunaputket vaihdettua viimeistään vuoden 1998 seisokeissa.

### **Automaatio nykyaikaistetaan**

Modernisoinnin yhteydessä aloitetaan myös automaation uusinta ohjelmoitavalla tekniikalla toteutetuksi. Vuoden 1996 seisokissa asennettiin OL1:lle reaktorisydämen valvontajärjestelmään koekäyttöön nykyisen järjestelmän rinnalle kaksi uutta detektoria. Lopullisesti vanhat järjestelmät korvataan OL1:llä 1997 ja OL2:lla 1998 seisokeissa.

OL1:llä vaihdettiin turbiiniautomaatio ABB Advant -pohjaiseksi ohjelmoitavaksi automaatiojärjestelmäksi. Järjestelmän mekaanisessa osuudessa on ollut venttiiliasennon osoitusongelmia, jotka ovat aiheuttaneet toimintahäiriöitä. Asennonosoittimet vaihdetaan 1997 seisokissa toisentyypiksi.

Latauskoneen automaatio uusitaan molemmilla laitosyksiköillä. Tavoitteena on automaatioasteen kasvatus ja toimintavarmuuden parannus uudella ohjelmoitavalla tekniikalla toteutettuna. Työ aloitettiin OL1:llä jo vuoden 1995 syksyllä ja OL2:lla syksyllä 1996. Viimeiset muutostyöt molemmilla laitosyksiköillä toteutettiin vuoden 1997 alussa.

kokeiden jälkeen tehdään laitoskohtaisia yhteistoiminta- ja häiriökokeita, joilla varmistetaan kaikkien järjestelmien toiminta laitoksen osana erilaisissa häiriötilanteissa.

Koekäytön yhteydessä laitosyksiköiden tehotasoa korotetaan portaattain tavoitteena lopullisen tehotason saavuttaminen vuoden 1998 vuosihuoltoseisokkien jälkeen. Edellytyksenä koekäytön etenemiselle on kokeiden raportointi ja viranomaisten hyväksyntä.

Oleellisenä osana koekäyttöä on pitkäaikainen laitoksen toiminnan seuranta alkuperäistä korkeammalla tehotasolla. Tällä koekäytöllä saadaan tietoa hitaasti tapahtuvista ilmiöistä eri olosuhteissa ja laitoksen toiminnasta todellisten häiriötilanteiden yhteydessä. Tulokset raportoidaan määrävälein viranomaisille.

Toistaiseksi koekäyttöä on suoritettu OL1:llä 105 %:n tehotasolla vuoden 1996 vuosihuoltoseisokin jälkeisten häiriökokeiden hyväksynnän jälkeen. Tulokset ovat olleet hyväksyttäviä, ja esimerkiksi tuorehöyryn kosteus on odotetusti lievästi noussut. Seuraavassa

huoltoseisokin tarkastuksissa saadaan tietoa kohonneen virtausnopeuden vaikutuksista laitoksen järjestelmiin.

### **Turbiinilaitoksesta lisää tehoa**

Turbiinilaitoksella tehdään muutoksia, joilla mahdollistetaan paitsi korotettu tehotaso niin myös parannetaan hyötysuhdetta. Vuonna 1996 korkeapaineturbiini avarrettiin OL1:llä mahdollistamaan koekäyttö yli 100 %:n teholla. Avarrus lopulliselle tehotasolle tehdään vuonna 1998. Matalapaineturbiinissa vaihdettiin sisäosat kahteen matalapainepesään. Tällä muutoksella laitosyksikön hyötysuhde parani siten, että laitosyksikön nettoteho lisääntyi noin 10 MW:lla. Vuonna 1997 vaihdetaan OL1:llä lopuissa kahdessa turbiinissa sisäosat. Toteutusvuodet OL2:lla ovat 1997 ja 1998.

OL1:llä vaihdettiin myös generaattori OL2:lta poistettuun ja modifioituun generaattoriin. Ensimmäisen käyttövuoden aikana generaattori on toiminut moitteettomasti. OL2:lla 1994 vaihdet-



*Turbiinaautomaatio uusittiin OL1:llä vuoden 1996 polttoaineenvaihtoseisokissa.*

Laitosyksiköiden häiriökestoisuuden parantamiseksi korotetulla tehotasolla osittainen pikasulkutoiminto varmenneetaan. Osittaisen pikasulun varmennus toteutetaan molemmilla laitosyksiköillä 1997.

Reaktorin sammutus varmistetaan tietys- sä ATWS-tilanteessa toteuttamalla reaktoripaineen pakkoalaspuhallus erittäin matalasta reaktorin veden pin- nasta. Työ toteutetaan molemmilla laitosyksiköillä 1998.

Sähköpuolen suuret muutostyöt aloite- taan OL1:llä 1997 ja OL2:lla 1998. Kyseessä ovat päämuuntajan, generaat- torikatkaisijan ja relesuojauksen vaihto sekä putkikiskon vahvistus.

### **Jätteiden käsittelyä tehostetaan**

OL2:lle on asennettu uudet separaattori- ja dekanterilaitteet, joilla voidaan puhdistaa kaikki uloslaskettavat vedet. Sama muutos on OL1:llä viimeistelyvai- heessa ja on käytössä hyvissä ajoin ennen vuosihuoltoa 1997.

OL1:llä on rakennettu reaktorialtaan vedelle varastosäiliö, jossa teräsvuoraus- työt ovat menossa. Allas otetaan käyt- töön vuosihuollossa 1997. Vastaava lisäys tehdään OL2:lla vuotta myöhem- min.

Muutoksilla nestemäisten päästöjen määrä pienenee 10 %:lla lopputuloksen ollessa noin 1 % sallitusta päästöstä. Kiinteiden jätteiden tilavuuden pienen- nystä on tehostettu entisestään hankki- malla jätetynnyreiden kokoonpuritus- ja putkistonpaloittelulaitteisto.

**DI Jukka Kangas** on Teollisuus- den Voima Oy:n voimalaitostek- niikan yksikön päällikkö, p. (02) 8381 4100.

matran Voima Oy:n Loviisan ydin- voimalaitoksella on juuri vietetty ensimmäisen reaktorin käynnistämi- sen 20-vuotisjuhlallisuuksia. Näiden vuosien aikana on Suomeen syntynyt mittava määrä arvostettua ydinvoima- osaamista. Parhaana osoituksena tästä ovat korkealuokkainen turvallisuus, huippuluokkaa olevat tuotantoluvut sekä kyvykäs ammattikunta, jonka osaaminen on kysyttyä maamme rajojen ulkopuo- lellakin. Tämähän me jo tiedämmekin.

Ei ole kuitenkaan itsestäänselvyys, että näin tulee jatkumaan. Tulevaisuus asettaa monia haasteita, joita ei ole syytä aliarvioida. Ydinvoiman yleistä hyväksyttävyyttä testattiin eduskunnassa muutamia vuosia sitten, ja kuten muis- tamme, työsrakaa kyllä riittää. Ydinvoi- ma on myös perinteisesti tuotu esille taloudellisesti edullisena sähköntuotan- tomuotona. Näin epäilemättä onkin, mutta kriittisiä mielipiteitä asiasta kuulee nykyisin yhä useammin.

Ydinvoimaosaamisen suotuisaan kehi- tykseen on osaltaan vaikuttanut alan suhteellisen vähäinen henkilöstön vaihtu- vuus. Näin ei kuitenkaan voi jatkua loputtomasti, vaan tietämyksen siirto nuoremmille on vääjäämättä edessä. Jotta ydinalalle saadaan kyvykästä ja innostunutta väkeä jatkossakin, sen pitää kyetä tarjoamaan visioita ja arvoja, jotka nuoret voivat tuntea omakseen.

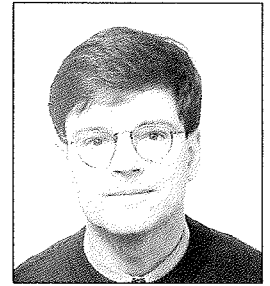
Edellä olen tuonut esille kovia haasteita vastattavaksi ydinvoima-alalle. Molem- mat ydinvoimayhtiöt Suomessa ovat käynnistäneet mittavat modernisointi- hankkeet, joiden tavoitteena on tukea esitettyjen tavoitteiden saavuttamista.

### **LOMO tarjoaa haasteita nuorille**

Loviisan modernisointi- ja tehonkorotus- projektia (LOMO) edelsi lähes vuoden mittainen esiselvitysten jakso. Saatujen hyvien tulosten kannustamana IVOssa tehtiin keväällä 1995 päätös toteutus- projektin käynnistämisestä.

Kun Loviisan voimalaitoksella projektin hankevastaavaksi nimetyn Erkki Kami- sen kanssa aloimme kokoamaan projek- tiorganisaatiota, oli keskeisenä ajatukse- na saada mukaan nuoria ja innokkaita

# LOVIISAN MODERNISOINTI ON YMPÄRISTÖINVESTOINTI



*IVO modernisoi Loviisan ydinvoimalaa 200 miljoonalla markalla, ja samalla korottaa sen tuotantokapasiteettia lähes 100 MW. Tavoitteena on varmistaa laitoksen turvallinen ja taloudellisesti kannattava käyttö pitkälle tulevaisuuteen. Käyttölupaa haetaan korotetulla 1500 MW:n reaktoriteholla alkaen 1998 alusta. Hankkeesta tehdyn ympäristövaikutusten arviointiselostuksen (YVA) perusteella voidaan puhua ympäristöinvestoinnista, kun verrataan ympäristövaikutuksia hankkeen toteuttamatta jättämiseen. Ydinvoimaosaamisen siirtämisessä nuoremmille sekä alalla työskentelevien motivoinnin ja tulevaisuudenuskon kannalta on hankkeella aivan erityinen tilaus.*

tekijöitä kasvamaan todellisiksi ydinvoiman asiantuntijoiksi. Asetelma muistutti Loviisan rakentamisen aikoja, mutta tällä kertaa meillä oli vanhojen konkareiden tuki ja tietämys käytössämme.

Sopiva sekoitus tuoretta innostusta ja vanhaa kokemusta on osoittautunut toimivaksi konseptiksi. Nuoremmat ovat kokeneet vastuulliset tehtävät mielenkiintoisina ja haasteellisina. Samalla kokeneempien asiantuntijoiden kiinteä mukanaolo on tuonut toimintaan ydinvoima-alalle ominaista rauhallista harkintaa.

Projekti on mittavin Loviisan voimalaitoksen rakentamisen jälkeen toteutettu hanke. Henkilöstön asiantuntemus on voitu jälleen todeta korkealuokkaiseksi, mutta samalla on törmätty pienen maan rajallisiin resursseihin. Laitoksen käyttöön, kunnossapitoon ja perusparannuksiin riittävät organisaatiot ovat useilla erityisalueilla varsin ohuita. Tämä on asettanut omia haasteitaan töiden tehokalle ja tarkoituksenmukaiselle suunnittelulle. Osaltaan tässä on auttanut projektin jakaminen 10 osa-alueeseen, joilla kullakin on hyvin itsenäinen vastuu sovittujen kokonaisraamien puitteissa.

Ydinturvallisuutta ja koekäyttöjä kokonaisuutena projektissa arvioidaan ja valvotaan erillisissä koordinoitiryhmissä, joissa on asiantuntijaedustus tarvittavilta osa-alueilta. Laajoja kokonaisuuksia ja kiperiä erityiskysymyksiä pohditaan usein myös projektin tuki- ja valvontaryhmässä, jonka jäsenet edustavat kattavaa joukkoa yrityksen linjaorganisaation vastuuhenkilöitä.

## LOMOn osaprojektit

1. Käyttöluvat
2. Muut lupa-asiat (mm. YVA ja vesilupa)
3. Turva-analyysit ja perustietohallinta
4. Loviisan FSAR ja YVL-ohjeet
5. PSA (erityisesti taso 2 uutena)
6. Turbiinien modernisoinnit
7. Sähköjärjestelmät
8. Reaktori ja polttoaine
9. Prosessijärjestelmät ja automaatio
10. Käyttöönotto ja ohjeiden muutokset

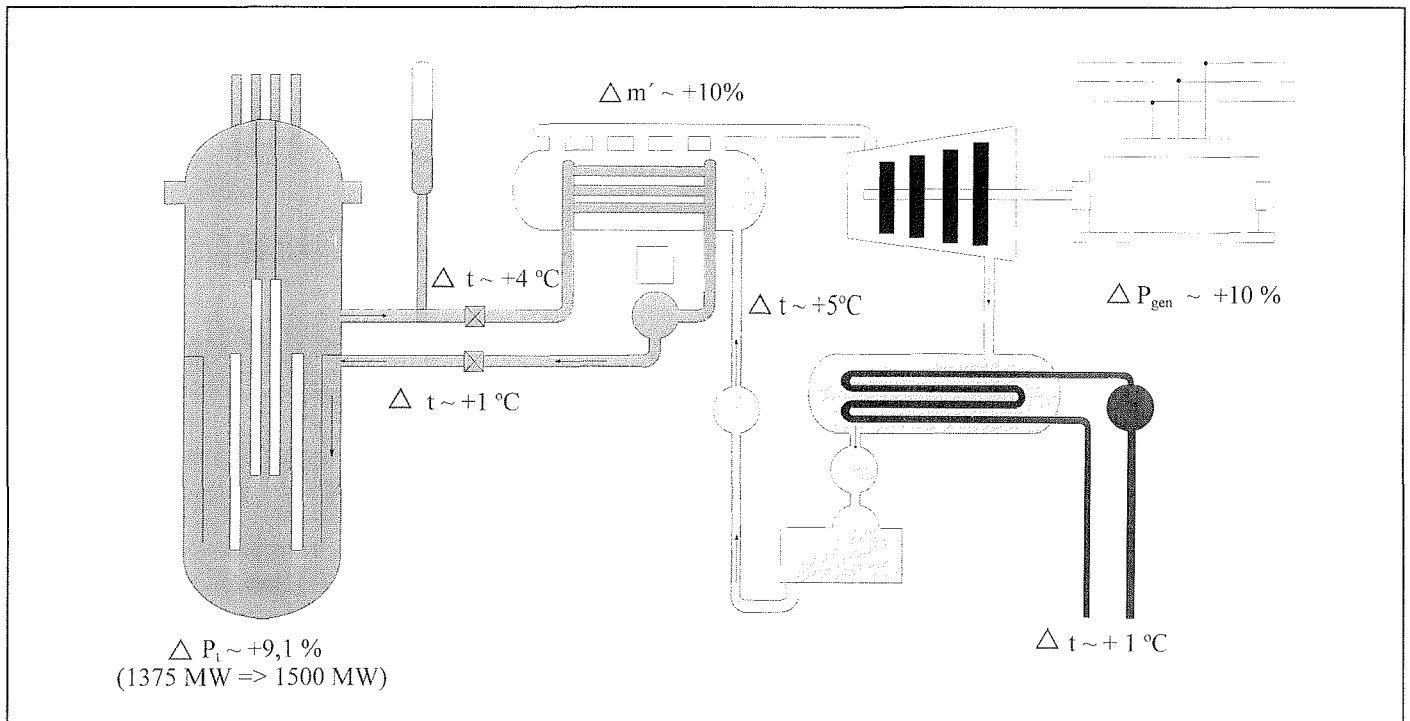
Hankkeen yleisiä tavoitteita sivusin jo alussa. Käytännön toiminnassa tarvitsemme kuitenkin työkaluiksi konkreettisia elementtejä, jotka kiteytän seuraavasti:

- ydinturvallisuuden varmistaminen hyödyntämällä alan uusin tietämys
- varmistaa laitoksen pitkä käyttöikä laitteistoja modernisoimalla
- turvata toiminnan taloudellinen kannattavuus mm. tuotantokapasiteettia lisäämällä
- huolehtia toiminnasta aiheutuvista jätteistä yleisesti hyväksyttävällä tavalla.

## Turvallisuus varmistetaan syvällisellä osaamisella

Laitoksen reaktoritehon korottamiseen ja käyttölupien uusimiseen liittyen on ydinturvallisuutta tarkasteltu useista eri lähtökohdista. Konkreettisimmin tämä on näkynyt turva-analyysijä tehtävien asiantuntijoiden mittavana työpanoksena. Työhön on osallistunut useita organisaatioita kuten IVO Power Engineering Ltd, VTT, LTKK sekä tietysti Loviisan voimalaitos.

Turvallisuusanalyysit ovat oivallinen keino tarkastella erilaisia häiriö- ja onnettomuusskenaarioita sekä arvioida niiden seurauksia. Turvallisuus paranee konkreettisesti, kun opimme aiempaa syvällisemmin ymmärtämään kokonaisuuteen vaikuttavia osatekijöitä ja niiden riippuvuuksia. Juuri tässä uskon hankkeella olevan erityistä merkitystä, kun opimme aiempaa paremmin painottamaan turvallisuuden kannalta oleellisia asioita.



Loviisan voimalaitosprosessin pääparametrien muutokset tehoa korotettaessa.

Erialaista lähestymistapaa turvallisuusajattelussa ja ympäristön huomioon ottamiseen hankkeessa edustavat mm:

- eri tarkoituksiin tehdyt turvallisuusarviot
- YVL-ohjeiden systemaattinen läpikäynti
- laitoksen turvaselosteen läpikäynti ja tarvittaessa päivitys
- tason 2 PSA:n tekeminen
- hankkeen ympäristövaikutusten arvioiminen (YVA)

Kun ydinvoimalaitoksen perussuunnitelu on kohdallaan, laitoksesta pidetään hyvää huolta ja turvallisuusvaatimusten kehittymiseen suhtaudutaan vakavasti, on laitoksen käyttöikä lähinnä taloudellinen kysymys. Loviisan laitoksen arvioidaan lähestyvän vasta elinikänsä puoliväliä. Niinpä mittavat turbiinien, generaattoreiden, päämuuntajien ja useiden muiden keskeisten laitteiden modernisoinnit tässä yhteydessä ovat luonnollisia. Samalla tietysti otetaan huomioon tehon korottamisesta aiheutuvat lisävaatimukset.

### Tuotantokapasiteettia lisää kymmenys

Lähes kolme vuotta on kulunut siitä, kun Loviisan reaktoreiden lämpötehon korottamista alettiin selvittämään. Tämän vuoden alussa oli edetty niin pitkälle, että koekäytöt 103 %:n reaktoriteholla aloitettiin molemmilla laitosyksiköillä. Saadut kokemukset ovat vastanneet hyvin suunnitelmia ja turbiiniprosessin on todettu asettuneen jopa aiempaa parempaan toimintapisteeseen, mistä osoituksena on parantunut hyötysuhde. Tavoitteena on vielä tämän vuoden aikana nostaa reaktorien tehoa vaiheittain 1500 MW:iin eli noin 9 % verrattuna alkuperäiseen 1375 MW:n tehoon.

Reaktoritehon korottaminen toteutetaan polttoaineen tehojakaumaa tasoittamalla, eikä näinollen polttoaineen nykyisiä maksimipalamia ja lineaaritehoja tarvitse ylittää. Virtausmäärät primääripiirissä säilyvät ennallaan, joten jäähdytteen lämpötilan nousu reaktorissa kasvaa tehonkorotusta vastaavasti. Turbiinipuolella lisääntyvä teho siirretään tuorehöyryn massavirtaa kasvattamalla paineen pysyessä ennallaan. Mereen lisääntynyt lauhdelämpö siirretään samalla periaatteella kuin primääripiirissä eli

jäähdytysvesivirtauksen pysyessä ennallaan kohoaa jäähdytysveden ulostulolämpötila noin asteella.

Tuotantokapasiteetti kasvaa myös turbiinien modernisoinnin yhteydessä paremman termisen hyötysuhteen myötä. Laitoksen yhteenlasketun sähkötehon arvioidaan kasvavan kaikkiaan lähes 100 MW eli noin 10 % alkuperäisestä.

### Radioaktiiviset jätteet jäävät Suomeen

Tämän vuoden alusta lähtien tulee uuden lain mukaan ydinvoimalaitoksen kaikista radioaktiivisista jätteistä huolehtia pysyvästi maamme rajojen sisäpuolella. Tämä merkitsee IVOn kohdalla käytetyn polttoaineen kuljetusten loppumista Venäjälle.

Loviisaan on suunnitteilla käytetyn polttoaineen välivaraston laajennus sekä nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitos. Voimalaitoksen alle kallioon louhittu loppusijoitustila on valmis vastaanottamaan vähä- ja keskiaktiivisia voimalaitosjätteitä, joita syntyy laitoksen käytöstä sekä radioaktiivisia aineita sisältävien järjestelmien huolloissa ja korjauksissa.

## Ympäristövaikutukset arvioidaan huolella

Imatran Voima Oy jätti viime vuoden lopussa kauppa- ja teollisuusministeriölle käyttölupahakemuksen koskien Loviisan voimalaitoksen käyttöä korotetulla reaktoriteholla sekä lupaa käyttää voimalaitosjätteiden loppusijoitustilaa. Voimalaitosyksiköiden käyttölupaa haetaan 10 vuodeksi eteenpäin. Lupaa voimalaitosjätteiden loppusijoitustilan käytölle haetaan lähtien laitoksen koko suunniteltuna toiminta-aikana syntyvistä jätekertymistä.

Loviisan modernisointihankkeista valmistui viime vuoden lopulla ympäristövaikutusten arviointiselostus (YVA), jossa tuodaan yksityiskohdissaan esille mitä vaikutuksia hankkeella tai sen toteuttamatta jättämisellä on ympäristölle. Selostuksen lukemista voi myös suositella oppikirjaksi jokaiselle, joka on kiinnostunut Loviisan ja sen ympäristön luonnontilasta ja ekologisista ominaispiirteistä.

YVA-selostuksessa hankkeen merkittävimmäksi negatiiviseksi ympäristövaikutukseksi todetaan mereen johdettavan jäähdytysveden lämpötilan nousu nykyisestä noin yhdellä asteella. Hankkeen toteuttamatta jättämisen sitävastoin arvioidaan vuosittain lisäävän maamme rikkidioksidipäästöjä pahimmillaan 960 tonnia, typenoksidipäästöjä 340–1 300 tonnia sekä hiilidioksidipäästöjä 320 000–700 000 tonnia.

Näistä lähtökohdista on oikeutettua puhua merkittävästä ympäristöinvestoinnista maamme tulevaisuuteen. Samalla se edustaisi kaivattua, nykyistä pontevampaa lähestymistapaa julkiseen ydinvoimakeskusteluun. Valitettavan usein me tekniikan ihmiset olemme altavastaajia omalla ammattialueellamme. Voisimme esiintyä myös kiinnostusta herättävinä aloitteentekijöinä kestävä kehityksen tiellä.

DI Aarno Keskinen työskentelee IVO PE:n projektipäällikkönä, p. (09) 8561 2535; E-mail: aarno.keskinen@ivo.fi

Hannu Koponen

# KÄYTTÖLUPAHAKEMUKSET TEETTÄVÄT LUJASTI TÖITÄ

*Voimayhtiöiden esittämien käyttölupahakemusten turvallisuusarviointi on kuluvana vuonna Säteilyturvakeskuksen merkittävimpiä työkohteita. Ydinvoimalaitoksia koskevan kokonaisarvion lisäksi on arvioitava esitettyjen tehonkorotusten hyväksyttävyyttä. Varsinaisten reaktorilaitosten lisäksi arvioitavana ovat Hästholmenilla ja Olkiluodossa olevat muut ydinlaitokset. Hakemusten käsittely aiheuttaa suuren työpanoksen myös Säteilyturvakeskuksen yhteydessä toimivalle ydinturvallisuusneuvottelukunnalle.*

**Y**dinenergialaissa esitetään ydinenergian käytön perusedellytykset. Laissa esitetään myös ne edellytykset, joiden täytyminen on ydinlaitoksen käyttölupaan myöntämisen ehtona. Yksityiskohtaisia turvallisuutta koskevia vaatimuksia laissa ja asetuksessa ei kuitenkaan ole, vaan sitovat turvallisuusmääräykset esitetään valtioneuvoston päätöksissä. Nyt Imatran Voima Oy:n ja Teollisuuden Voima Oy:n esittämien hakemusten käsittelyn kannalta keskeiset päätökset ovat:

- VNP ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä (395/91)
- VNP ydinvoimalaitosten turvajärjestelyjä koskevista yleisistä määräyksistä (396/91)
- VNP ydinvoimalaitosten valmiusjärjestelyjä koskevista yleisistä määräyksistä (397/91)
- VNP ydinvoimalaitosten voimalaitosjätteiden loppusijoituksen turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä (398/91).



*Loviisa 1:n paineastian hehkutus kesällä 1996 mahdollisti laitoksen käyttööden pidentämisen.*

Näitä turvallisuusmääräyksiä täsmentävät STUK:n julkaisemat YVL-ohjeet. VNP-määräysten voimaantulon jälkeen YVL-ohjeet on uudistettu keskeisiltä osiltaan. Ne ovat hyvin ajan tasalla käyttölupahakemusten käsittelyäkin ajatellen.

Ydinenergia-asetus säätelee puolestaan tarkoin, mitä asioita on ydinlaitoksen käyttölupahakemukseen ja sen liitteisiin sisällytettävä. Lisäksi asetusta edellyttää, että tietyt turvallisuutta koskevat selvitykset toimitetaan suoraan STUK:lle.

## Käyttölupin uudistamista koskeva yleissuunnitelma

STUK teki vuoden 1996 alussa Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten käyttölupien uudistamista koskevan suunnitelman, jossa käsiteltiin erityisesti käyttölupahakemuksiin liittyviä turvallisuus selvityksiä. Suunnitelma toimitettiin Imatran Voima Oy:lle ja Teollisuuden Voima Oy:lle, jotka ottivat sen huomioon valmistellessaan käyttölupahakemuksia.

Turvallisuustason säilymistä edellytetään tarkasteltavan seuraavien tekijöiden pohjalta: laitoksen fyysinen tila, turvallisuusanalyysit, laitteiden ja rakenteiden kelpoistaminen, ikääntymisen hallinta, laitoksen käyttökokemukset, muilta laitoksilta ja turvallisuustutkimuksista saadut opetukset, laitosohjeisto, organisaatio ja johtamiskäytäntö, ihmisten työsuorituksiin vaikuttavat tekijät, ympäristön säteilytilanne sekä valmius- ja turvajärjestelyt. Pohjana tässä oli tuore IAEA:n ohje 50-SG-O12, Periodic Safety Review of Operational NPP's.

YVL-ohjeiden vaatimusten täyttymistä koskevassa selvityksessä edellytettiin tarkasteltavan erityisesti uusimpien YVL-ohjeiden periaatteita. Myös tehonkorotushankkeet edellytettiin otettavaksi huomioon.

Ydinjätehuoltoa koskevissa selvityksissä oli luonnollisestikin mahdollista nojautua monelta osin erikseen tehtyyn työhön.

### Hakemusten turvallisuusarviointi on käynnissä

Imatran Voima Oy on hakenut käyttöluovia Loviisa 1 ja 2 -laitosyksiköille korotetulla 1 500 MW nimellislämpöteholla, laitosyksiköihin kuuluville ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisille rakennuksille ja varastoille laajennuksineen sekä voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitokselle. Teollisuuden Voima Oy on puolestaan hakenut käyttöluovia Olkiluoto 1 ja 2 -laitosyksiköille korotetulla 2 500 MW nimellislämpöteholla, käytetyn polttoaineen välivarastolle sekä keski- ja matala-aktiivisten jätteiden välivarastoille.

Kauppa- ja teollisuusministeriö on pyytänyt voimayhtiöiden käyttöluulahakemuksista STUK:n lausuntoja.

STUK:lle toimitettujen selvitysten tarkastaminen on mittava työ. Erityisesti turvallisuusselosteiden ja PSA:n tarkastaminen sisältää laitosten tehonkorotushankkeiden johdosta monia uusia näkökohtia ja edellyttää myös vertailuanalyysointia. Runsaasti pohdittavaa antavat myös turvallisuuden säilymisarvio ja YVL-ohjeiden vaatimusten täyty-

## Käyttöluulahakemukseen vaadittavat selvitykset

**Ydinenergia-asetus edellyttää, että seuraavat selvitykset on toimitettava STUK:lle ydinlaitoksen käyttöluulahakemuksen yhteydessä:**

- lopullinen turvallisuusseloste
- todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi
- käytön laadunvarmistusohjelma
- turvallisuustekniset käyttöehdot
- määräaikaistarkastusten yhteenveto-ohjelma
- selvitykset turva- ja valmiusjärjestelyistä
- selvitys ydinmateriaalivalvonnasta
- johtosääntö
- ympäristön säteilyvalvonnan ohjelma.

**Näiden lisäksi edellytettiin seuraavat selvitykset:**

- turvallisuustason säilymistä koskeva arvio
- selvitys siitä, kuinka voimassaolevat määräykset ja YVL-ohjeet täytetään
- ydinjätehuoltoa koskevat selvitykset.

**Todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin osalta STUK edellytti tason 2 PSA-selvityksiä.**

## Käyttöluvan valmistelun päävaiheet

- hakemusten yhteydessä toimitettujen selvitysten tarkastaminen
- tarkastukset laitospaikoille
- lausuntojen ja niiden liitteiden valmistelu
- ydinturvallisuusneuvottelukunnan käsittely

misen arviointi. Myös ydinjätehuoltoa ja -laitoksia koskevien selvitysten tarkastaminen vaatii ison työpanoksen.

Turvallisuusarviointi edellyttää myös tarkastuksia laitospaikoille. Voimayhtiöiden laadunvarmistuksen tehokkuutta on tarkoitus arvioida erityisesti tehonkorotushankkeiden ja muutostöiden osalta. Varsinaisen lausunnon ja siihen liittyvien turvallisuusarvioiden laatiminen ajoittuu ensi syksyyn.

STUK:n tarkoituksena on esittää hakemuksista lausuntopyyntö ydinturvallisuusneuvottelukunnalle, kun tarvittavat turvallisuusarviot on tehty. Tätä ennen

neuvottelukunnalle järjestetään kuitenkin katsauksia keskeisistä turvallisuusasioista. Tällaisia aiheita ovat esimerkiksi tehonkorotusten hyväksyttävyyden, PSA, vakavat onnettomuudet ja ydinjätehuolto.

**FM Hannu Koponen** on Säteilyturvakeskuksen ydinturvallisuusosaston apulaisjohtaja,  
p. (09) 7598 8377;  
E-mail: hannu.koponen@stuk.fi

# IVOn pääjohtaja Heikki Marttinen: SUOMI ON KAHDEN ERILAISEN YDINVOIMAKULTTUURIN VÄLISSÄ

*Kauppätieteen maisteri Heikki Marttinen aloittaa Imatran Voiman pääjohtajana 1.4.1997 nykyisen pääjohtajan Kalevi Nummisen siirtyessä eläkkeelle. Perinteisesti IVOn pääjohtajat ovat kasvaneet tehtävänsä talon sisällä ja heillä on ollut vahva tekninen osaaminen. 50-vuotias Heikki Marttinen tuli IVOn reilut kolme vuotta sitten, ja hänen vahvimpia puoliaan ovat talous ja kansainväliset yritysostot. Myllykoski Oy:n palveluksesta IVOn siirtynyt Marttinen ehti toimia 20 vuotta metsäteollisuuden parissa.*

**A**TS Ydintekniikka esitti muutamia ydinvoimaan liittyviä kysymyksiä tulevalle Suomen suurimman ydinvoimaosuuden haltijalle.

**Mitkä ovat kokemuksesi ydinvoimasta? Oletko vierailut ydinvoimalaitoksilla?**

Olen luottavainen ja positiivinen ydinvoiman suhteen. Ensimmäisen kerran vierailin ydinvoimalassa, Loviisassa, 1980-luvun alussa. Myöhemmin olen käynyt siellä mm. amerikkalaisen New York Times -lehden ylimmän johdon kanssa. Vierailuillani olen saanut laitoksesta hyvin positiivisen kuvan. IVOn ja koko Suomen laitosten toiminta on mielestäni hyvänä esimerkkinä koko maailmalle. Teollisuuden Voima Oy:n laitoksilla Olkiluodossa en ole vielä ehtinyt vieraillla. USAssa Mainessa olen tavannut paikallisen ydinvoimalaitoksen johtoa, itse laitoksen sisällä en ole kuitenkaan käynyt.



*Heikki Marttinen, Imatran Voiman pääjohtaja 1.4.1997 alkaen.*

**Millaisia odotuksia sinulla on Suomen ydinvoimalaitoksille ja ydinvoima-alalla työskenteleville?**

Kun puhutaan prosessien ja voimalaitosten toimivuudesta ajatellaan ensi sijassa koneita ja laitteita ja ennen kaikkea tekniikkaa. Kaikissa pitkälle automatisoiduissa prosesseissa kuitenkin ihmiset ovat ne, jotka huolehtivat prosessien ja siis koko laitoksen toimivuudesta. Monimutkaisetkin prosessit ovat ihmisten kehittämiä. Henkilöstön ja ihmisten työn merkitys on tärkeää järjestelmän toimivuuden kannalta. Prosessit vaativat huolenpitoa, kunnossapitoa ja johtamista.

Laitosten käytettävyys on hyvä, kun ihmiset ovat ammattitaitoisia ja tekevät työnsä hyvin. Jotta innostus ja motivaatio jatkuisi yhtä hyvänä kuin tähän asti, on tärkeää hoitaa motivaatiota, varsinkin kun ollaan pitkään samoissa tehtävissä saman laitoksen palveluksessa. Toivoisin, että voitaisiin nykyistä enemmän saada aikaan sisäistä työkiertoa ja muuta työn elävöittämistä. Ihmiset eivät ole kolikkoautomaatteja, hyväkään palkka ei tyydytä, jos työ muuten on yksitoikkoista ja köyhää. Pitäisi parantaa viihtyvyyttä ja antaa kehittymismahdollisuuksia. Työstä pitää saada myös henkistä ja sosiaalista tyydytystä.

*Työntekijöiden motivaatiosta huolehtiminen on erityisen tärkeää toimialoilla, joilla työntekijät ovat pitkään samoissa tehtävissä. Ihminen ei ole kolikkoautomaatti; pelkästään hyvä palkka ei tyydytä, jos työ on muuten yksitoikkoista, pohdiskelee pääjohtaja Marttinen.*

**Loviisan ydinvoimalaitos on IVO:n omistama. Miten se mielestäsi soveltuu IVO-yhtiöiden kokonaisuuteen?**

Loviisan voimalaitosyksiköt ovat IVO-yhtiöiden peruspilareita. Vaikka IVO on nyt levittäytynyt liiketoimissaan jakeiluun ja siten kuluttajien suuntaan, ovat energiantuotanto ja -siirto kuitenkin edelleen perusliiketoimintaamme. Loviisan yksiköt antavat IVOlle erityisen hyvät lähtökohdat kilpailuun Suomessa ja Pohjoismaissa.

**Onko ydinvoimalaitoksen omistaminen eduksi vai haitaksi IVO:n listautumiselle ja pörssi-yhtiöroolille?**

En usko, että ydinvoimalaitoksen omistaminen on listautumiselle haitaksi, kun ydinvoimalaitos on teknisesti hyvässä kunnossa, käy hyvin, hoidetaan tehokkaasti ja on kustannuksiltaan kilpailukykyinen. Enemmän haittaa ydinvoimalle on ollut naapurimaissamme käydyistä keskusteluista. Venäjän tilanne ja naapurimaittemme tapa käydä ydinvoimakustelua ja hoitaa ydinvoima-asioita, on yleisesti haitaksi ydinvoimalle. Suomi on kahden erilaisen ydinvoimakulttuurin välissä. Suomi on hoitanut aina asiansa hyvin. Ydinvoima on tärkeä osa perusbisnestä, IVO:n arvo olisi alhaisempi ilman ydinvoimaa.

Tulee helposti tunne, että monet suomalaiset ajattelevat, että vain suomalainen tapa tehdä jotakin on hyvä ja että se on ainoa oikea tapa hoitaa asioita. Muualla esimerkiksi USA:ssa ja Kaakkois-Aasiassa on hyvin erilainen tapa hoitaa asioita, mutta kuitenkin tehokas. Aina on muistettava, että on myös muita vaihtoehtoja. Hyviä tuloksia voidaan saavuttaa monenlaisilla järjestelmillä ja työskentelytavoilla.



**Mitä ajattelet ydinvoimalaitosten käyttäjästä? Onko Loviisan laitokselle suunniteltu 45 vuoden käyttöaika mielestäsi realistinen?**

Kesällä, kun vierailin laitoksella ja tutustuin myös paineastian lämpökäsittelyyn, tulin vakuuttuneeksi siitä, että nykyisin löytyy tehokkaita tapoja jatkaa laitoksen elinikää ja parantaa laitoksen käytettävyyttä. Modernisointikeinot tulevat jatkossa kehittymään ja lisääntymään. Uskon, että laitosten käyttöiät tulevat pitenemään. Ydinvoimalaitoshan on valtava investointi. Muun muassa siksi on taloudellisesti viisasta pidentää elinikää teknisesti järkevillä keinoilla.

**Entä ydinjätteet ja niistä huolehtiminen. Oletko itse huolissasi ydinjätteistä?**

En ole huolissani ydinjätteistä. Luotan suomalaisen tapaan käsitellä ydinjätteitä. Meillä on näissä asioissa hyvä osaaminen ja korkea moraalit. Ydinjätteen käsittely on alusta pitäen ollut mukana kuvioissa. Meidän kallioperä on hyvä sijoituspaikka, kun paikka on oikein valittu.

Ydinjäteviestinnässä ollaan ehkä aika urautuneita. Viestinnällä ja lobbauksella voitaisiin saada aikaan parempaa tietämystä, ymmärtämystä ja hyväksyntää. Uskon, että tulee ilmenemään halukkuutta ydinjätteen sijoituspaikaksi.

**Millaisena näet ydinvoiman roolin maailmanlaajuisesti? Onko se todella keino hillitä kasvihuoneilmiötä vai entistä rajumman ja ympäristöä kuormittavan kasvun keskeinen väline?**

Maailmassa käytetään sähkön ja lämmön tuotannossa hyvin paljon fossiilisia polttoaineita. Pitäisin fossiilisten polttoaineiden käyttöä suurena ongelmana kasvihuoneilmiön ja yleensä ilmansuojelunäkökohtien vuoksi. Ydinvoima tarjoaa tässä mielessä hyvän ja tehokkaan vaihtoehdon. Myös siinä mielessä, että yksiköt ovat aika suuria niin, ettei niitä tarvitse joka niemen notkoon rakentaa.

Muutenkin olisi hyvä nähdä, kun ajatellaan maan energia-asioita eri voimalaitokset tietyillä hierarkiatasoilla: olisi valtakunnalliset, isot perusvoimalaitokset kuten hiili- ja ydinvoimalat, alueelliset laitokset kuten pienet vesivoimalat ja erilaiset biomassavoimalat ja paikalliset vaikkapa hakkeella toimivat laitokset. Ne eivät poissulje toisiaan vaan täydentävät.

**Mikä tekisi ydinvoimasta auringonlaskun alan?**

Ydinvoima ei tule olemaan auringonlaskun ala. Kun mietitään vaihtoehtoja siihen, että meidän tulee turvata maapallon väestön energian saanti ja kun katsotaan kysynnän ja tarjonnan tasapainoa näkisin, että ydinvoimalla ja sen hyvällä hallinnalla luodaan tulevaisuudessa ratkaisuja energiapulmiin. Sen avulla voidaan vähentää myös muiden energiamuotojen haittoja.

Itselläni on kaksi tyttärettä, jotka ovat tulossa työelämään. He ovat miettineet näitä asioita omista näkökulmistaan. Ilman isän ohjausta molemmat kannattavat ydinvoimaa. He ovat ajattelevia ja valveutuneita nuoria. Tähän osittain perustan sen, että ydinvoimalla on mielestäni vankka tulevaisuus Suomessa ja maailmanlaajuisesti.



**Onko uuden ydinvoimateknologian aikaansaaminen uusien investointien elinehto OECD-maissa? NykYTEknologia näyttää menestyvän vielä uusissa kasvutalouksissa.**

Ydinvoimateknologiassa on vielä paljon kehitettävää. Esimerkiksi IVOn säätiö on myöntänyt apurahoja ydinvoimatutkimukselle. Mielestäni on tärkeää tutkia tulevaisuuden tapoja tehdä sähköä myös ydinvoimalla. IVOn pitää olla mukana valvutuneesti tutkimuksessa. Pitää myös harkita mahdollisuuksia investointeihin.

**Suuri yleisö ja sen mukana monet poliittiset päättäjät suhtautuvat kielteisesti tai ainakin epäluuloisesti ydinvoimaan, ydinvoimalaitoksiin, ydinjätteisiin ja säteilyyn. Miten itse hankkisit paremman maineen ja hyväksyttävyyden ydinvoimalle?**

Tämä on kyllä iso kysymys. Nyt täytyy muistaa se, että Suomeen rakennettiin ydinvoimalat 1970-luvulla, kun oli valtava teollinen kehitys ja oli noususuhdanne. Elintasomme on noussut työttömyydestä huolimatta sellaiselle tasolle, jossa ihmisillä ei ole huolta tulevaisuudesta. Asiat hoituvat ja ihmiset pärjäävät.

Koko ydinvoimaviestintä ja lobbaus pitäisi miettiä aika tavalla uusista lähtökohdista. Nyt tulisi kertoa ymmärrettävällä tavalla vuoden 2000 ihmisille,

miksi ydinvoima on järkevä vaihtoehto sähköntuotannossa. Miehetän ovat olleet ydinvoiman kannalla. Nuoret ja erityisesti naiset ovat olleet huomattavasti empiväisempiä.

Viestinnän ja tavan, jolla se hoidetaan pitäisi lähteä niitten ihmisten maailmasta ja lähtökohdista, jotka tietoa tarvitsevat — ei siis teknisesti orientoituvasta ydinvoimamaailmasta. Tarvitaan ehkä enemmän psykologiaa, taitoa viestiä, taitoa siirtää tietoa ymmärrettävässä muodossa ja sitä kautta muokata maaperää.

Tämä on haaste, joka on otettava reilusti vastaan. Hommiin pitää valjastaa sellaisia ihmisiä, jotka kykenevät toteuttamaan prosessin. Ehkä näitä asioita olisi pitänyt ajatella enemmän edellisellä lobbauskierroksella. Mielipiteen muokkaaminen on pitkä prosessi. Jos muutama kuukausi ennen päätöksentekoa tehdään mielipiteen muokkaamistyötä, se ei välttämättä onnistu. Työtä pitää tehdä kaiken aikaa.

Ymmärrän kyllä, että kielteisen päätöksen jälkeen, on ollut vaikea aloittaa mitään. Takki tyhjenty. Tuoreessa muistissa on ollut tehty työ ja siihen hukkaan menneet rahatkin. Uuden alun ottaminen on kohtalaisen ponnistuksen takana.

Mutta missä määrin maaperän muokkaaminen kuuluu vielä yrityksille ja missä määrin alan etujärjestöille, on uusi kysymys. Maailma on nyt erilainen. Keskusjärjestöjen kuten Finergyn tulisi

lähteä liikkeelle ja saada oikeat, objektiiviset asiat esille kaikilla foorumeilla. Yrityksille ydinvoima on taloudellinen päätös. Se ei enää ole yhteiskunnallinen, energiapoliittinen kysymys. Ydinvoima on ennen kaikkea bisneskysymys yrityksille.

**Tyttärenesi näkemyksestä ydinvoimaan kerroit jo. Mitä mieltä on vaimosi? Entä ystävät ja naapurit, tiedätkö heidän näkemyksensä ydinvoimasta?**

Vaimokin on kannattaja. Koko perhe on itse muovannut mielipiteensä, omaani en ole koskaan markkinoinut. Kun viides ydinvoimala oli vireillä, juttelimme monet kerrat ydinvoima-asioista perheen kesken. Keskustelut on käyty hyvin vapaista lähtökohdista. Vanhempi tytär valmistuu opettajaksi, jotka tutkimusten mukaan ovat hyvin kriittisiä ydinvoiman suhteen. Hän ottaa reippaasti myönteistä kantaa. Samoin nuorempi tytär, joka opiskelee kansainväliseksi liikenneiseksi Saksassa.

Ystävien ja naapurien kanssa on myös monesti keskusteltu ydinvoimasta. Erityisesti lankomies, joka on koulutukseltaan ydinfyysikko, mutta toimii vaihtoehtoisten energiamuotojen kehittäjänä, on ollut kiintoisa keskustelukumppani. Mielestäni ei pidä olla fanaattinen minkään energiaratkaisun suhteen. Sillä ei voiteta mitään. Semmoiseen ei nykyajan yhteiskunnassa ole varaa. Pitää miettiä vaihtoehtoja ja pyrkiä parhaaseen. Ydinvoimaa on kehitettävä niin, että se on vahvasti mukana energiantuotantovaihtoehtojen joukossa ja toivottavasti se vetää tulevaisuudessa usein pitemmän korren. Mutta sen pitää olla sitten hyvää!

## VTT Teollisuusfysiikka

VTT Kemiantekniikan ydintekniikan tutkimus on vuoden 1997 alusta organisoitu omaksi tutkimusalueekseen nimeltään TEOLLISUUSFYSIKKA. Tutkimuspäällikkönä toimii FT Rolf Rosenberg.

Teollisuusfysiikka on jaettu kolmeen tutkimusryhmään, joiden nimet ja ryhmäpäälliköt ovat seuraavat:

Prosessifysiikka	TkT Pertti Koukkari
Ydinjätetutkimus	TkT Arto Muurinen
Ydintekniikka	TkL Antero Tiitta

Teollisuusfysiikan toiminnasta kerrotaan lähemmin ATS Ydintekniikka-lehden numerossa 2/97.

KM Marke Heininen-Ojanperä on IVO-yhtiöiden tiedottaja ja ATS Energiakanavan varapuheenjohtaja, WIN Nordenin puheenjohtaja sekä WIN Globalin Executive-ryhmän jäsen, p. (09) 8561 6265.

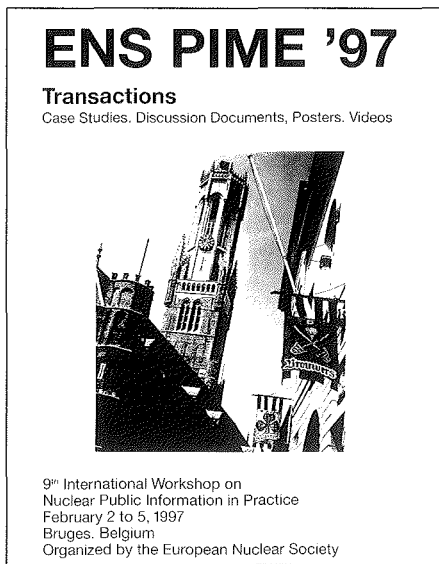
# PIME'97: PIMEYDEN YTIMESTÄKÖ?

*Lyhenne PIME tulee sanoista Public Information Materials Exchange, ja kyseessä on vuodesta 1988 lähtien järjestetty vuosittainen ydinvoima-alan tiedottajien tapaaminen. PIME '97 järjestettiin 1.-5.2.1997 Bruggessa Belgiassa. Mukana oli noin 160 pääosin ammattimaista ydinvoima-alan tiedottajaa lähinnä ydinvoimaa käyttävistä maista. Mukana oli kuitenkin myös muutamia osanottajia ydinvoimaa yhtenä vaihtoehtona harkitsevista Aasian maista, kuten Thaimaasta ja Vietnamista.*

**K**okouksen aluksi oli sunnuntaina järjestetty vierailu Doelin ydinvoimalaitokselle (4 painevesireaktoria, sähkötehoa yhteensä 2800 MW) ja ydinvoimalaitoksen yhteydessä toimivaan vierailukeskukseen. Pikavierailu itse voimalaitokseen oli tavanomainen ja generoitu jonotusaika vierailijamäärään — yksi bussilastillinen — nähden yllättävän suuri.

Mielenkiintoisin osa vierailusta oli Doelin voimalaitoksen yhteydessä toimiva ympäristölaboratorio, joka järjestää koululuokille kurseja. Lapset ottavat näytteitä esimerkiksi voimalaitoksen ympäristöstä ja analysoivat ne.

Laitoksen suurin vetonaula on 33 kilometrin pyöräilyreitti voimalan ympäristössä. Pyöräreitti on suunniteltu yhteistyössä paikallisten vihreiden kanssa. Kauniina kesäviikonloppuina kaikki sadat ilmaiset hyväkuntoiset polkupyörät ovat käytössä, ja reitin loppuksi voimalaitos kustantaa info-keskuksessa jokaiselle virvoitusjuoman. Suosituin virvoitusjuoma on kuulemma olut.



## Länsimaista ammattitiedottajia, idästä insinöörejä

Itse kokouksessa länsimaiden osalta näkyvimmissä roolissa olivat tiedotusalan ammattilaiset, joista useat olivat uransa aikana markkinoineet menestyksellisesti myös muita energia-alan tuotteita kuten öljyä tai hiilivoimaa. Itä-Euroopan tiedottajat taas olivat taustaltaan pääosin insinöörejä.

Suomalaisista kokousosanottajista näkyvimmin olivat esillä Antti Ruuskanen ja Marke Heininen-Ojanperä IVOsta. Antti Ruuskanen oli mukana paneelissa, jossa pohdittiin tarvitaanko ydinvoimalle uutta asialistaa. Marke Heininen-Ojanperä piti esitelmän aiheesta "Olemmeko valmiit uuden aallon noustessa". Marke lunastikin paikkansa tunnustettujen filosofien joukossa.

Toinen istunnon "filosoittiaäneenpuhujia" oli eteläafrikkalainen Mark Lloyd. Hän kertoi muiden mielenkiintoisten seikkojen ohessa sen, kuinka Etelä-Afrikan uusi demokraattisesti valittu parlamentti oli lähes ensi töikseen päättänyt sulkea Koebergin ydinvoima-

lan, mutta asiallisen tiedotuksen ja keskustelujen jälkeen parlamentti perui päätöksensä.

Saksalainen Otto Wildgruber suositteli kokousosanottajille pistäytymistä Greenpeacen kotisivuilla, jotka ovat hänen mukaansa oiva esimerkki siitä, kuinka kotisivut tulisi järjestää. Lisäksi Marke Heininen-Ojanperä oli Anneli Nikulan sijasta panelissa, joka pohti kysymystä mitä opittiin tavasta, jolla Tshernobylin onnettomuuden kymmenvuotispäivään liittyvä tiedotus hoidettiin eri maissa. Marke esitti myös lyhyesti Energia-alan keskusliiton tilaaman Jyväskylän yliopistossa tehdyn tutkimuksen tulokset Tshernobylin kymmenvuotispäivän tiimoilla Suomessa ilmestyneistä lehti-uutisista ja artikkeleista.

Kokouksesta oli omistettu kokonainen aamupäivä ranskalaisten ydinvoimatiedottamiselle. Tiedotustoiminta on ollut varsin menestyksekkästä. Ranskan ydinvoimaohjelman volyyymistä johtuen on tiedotustoiminnankin volyyymi luonnollisesti aivan eri luokkaa kuin muissa maissa. Ranskalaiset näyttivät painottavan omassa tiedottamisessaan nimenomaan sitä, että asiantuntijoiden ja voimalaitosten johtohenkilöiden on pystyttävä vastaamaan luotettavasti, asiallisesti ja ennenkaikkea ymmärrettävästi kaikeskantasoiisiin yleisön ja toimittajien kysymyksiin.

Mielenkiintoinen havainto oli, että kaikissa kokouksessa esitetyissä niin idässä kuin lännessäkin tehdyissä tutkimuksissa yleisö piti kaikkein luotettavimpana tietolähteenä tiedemiehiä ja kaikkein epäluotettavimpana poliitikkoja.

## Kiinnostavia korrelaatioita

Ulkopuolisena voisi tehdä varsin rohkeita johtopäätöksiä ydinvoiman hyväksyttävyyden sekä yleisön ja asiantuntijoiden kanssa käydyn dialogin korrelaatioita. Ranskassa on massiivinen ydinvoimaohjelma, ja ydinvoiman hyväksyttävyyden varsin korkea. Ranskalaisilla on vireää tiedotustoimintaa, jossa painopiste on asiantuntijoiden kouluttamisessa vastaamaan kaikenlaisiin kysymyksiin. Ranskalaisilla on myös erittäin vireä nuorten toiminta, josta esimerkkinä ranskalaisten delegaation parikymmentä nuorten verkoston jäsentä.

Toinen esimerkki hyvästä tiedotustoiminnasta on Ruotsi, jossa tiedotus näyttää jätetyn pääosin naisten harteille. Aktiivisella, asiantuntevalla ja yleisöä kunnioittavalla tiedotustoiminnalla on kuitenkin saatu kansalaisten asenteet muuttumaan positiivisemmiksi jo "häviyssä" tilanteessa.

Päinvastaisena esimerkkinä pitäisin Saksaa, jossa ydinvoimapuoli on sotkeutunut täysin lainopillisiin kuvioihin ja kaivautunut taistelupoteroihin ja kavahtaa Greenpeacen jokaista elettä ja pitää taistelua jo hävittyinä pelkän Greenpeace-nimen kuullessaan. Saksalaisen delegaation koostumus: liuta tummapukuisia viiden-kuudenkymmenen välillä olevia herrasmiehiä, ei ainuttakaan nuorta eikä ainuttakaan minkään ikäistä naista. Porukka ei luonut ainkaan ulkoisesti eikä esiintymättömyydellään mitenkään dynaamista vaikutelmaa. Varsinkin, kun kokouksen aikana esitettiin useita esimerkkejä siitä, kuinka totuudenmukaisella ja nopealla tiedottamisella ydinvoima-ala on saanut sanomansa uutiskanavien läpi Greenpeacen kilpailevan materiaalin asemesta.

Maallikkona olisin odottanut länsi-Euroopan tiedottajilta aktiivisempaa osallistumista nimenomaan postereihin ja muuhun aulassa esille olleeseen materiaaliin. Nyt ainut virtuaalitodellisuussovellus tuli tsekeiltä ja kirjallinen esitemateriaali oli myös Uranium Instituutin julkaisuja lukuunottamatta suurelta osin itäeurooppalaista. Kokouksen jälkeen asiaa hämmästellessäni kuulin, että kyseessä oli kuitenkin nimenomaan tiedottajien keskinäinen tapaaminen,

jossa tärkeintä on keskustella ja tavata ihmisiä.

## Oletko valmis vuoropuheluun?

Otsikoiden tarkoitus on tunnetusti ärsyttää lukija tekstin kimppuun. Mitä siis opimme PIME'97 -kokouksesta? Kokouksen ydinsanomana voinee hyvin kiteyttää lainaamalla vapaamuotoisesti Colin Duncanin loppuyhteenvettoa: ydinvoiman on oltava hyväksyttävää yhteiskunnalle. Tätä ei saavuteta painotamalla kustannuksia, ympäristöä, teknisyttä tai turvallisuutta, vaan todellisen vuoropuhelun avulla syntyvän ymmärryksen kautta. Hän painotti, että vuoropuhelu on epämukavaa ja vie aikaa: Onko yrityksesi valmis siihen?

Olennaista on tapa, jolla asiat sanotaan. On kommunikointi yhteiskunnan kanssa kokonaisuutena. Kommunikointia ei saa jättää pelkästään ammattilaisten harteille, vaan koko yrityksen on osallistuttava siihen. Duncanin mukaan kokouksen alussa keskustellun uuden asialistan nimi on dialogi — vuoropuhelu.

Uusi "asialista" on määriteltävä ensin yritysten sisällä ennenkuin yrittää määrittellä sitä ulkopuolella. On testattava johtokuntien ja yrityksessä johtavassa asemassa olevien sitoutuminen uuteen asialistaan eli vuoropuheluun. Olemmeko valmiit?

TkL Eija Karita Puska on VTT Energian turvallisuusanalyysiryhmän erikoistutkija ja tämän lehden erikoistoimittaja, p. (09) 456 5036; E-mail: eija-karita.puska@vtt.fi

## GUERILLOT'N KIRJOITAJASTIPENDIT VUODELTA 1996

*ATS:n vuosikokouksessa 26.2.1997 jaettiin stipendit vuoden 1996 parhaille ATS Ydintekniikka-lehden kirjoittajille. Lisäksi tämän numeron ranskan-kävijät saivat erityiset kunniakirjat kirjoituksistaan. Heidän Ranskan-projektiaan tuettiin myös 10 000 markalla.*

Viime vuoden tapaan stipendien jaon mahdollisti ATS:n Guerillot'n säätiöltä vuonna 1996 saama tuki. Stipendien saajat valitsi Seuran johtokunta ATS Ydintekniikan toimituksen ehdotusten perusteella. Seuraavassa palkinnon saajat ja palkintoperusteet:

Rainer Salomaa, 4 000 mk, kirjoitus "Koulutus ja tutkimus: turvallisen ydinenergian kivijalka" 3/96, Rainer Salomaa on eräs Seuran kivijaloista, ja vaikka hän on kirjoittanut aiheesta ennenkin, on mukaan saatu piristävää omaa näkemystä mielenkiintoisella tavalla.

Tapani Larm, 3 000 mk, kirjoitus "Miten nuoret insinöörit ja teknikot valmentautuivat ydinvoimalaitoksen ohjaajiksi" 3/96, kirjoitus oli elävää historiaa, ja harvinaisen mukaansa tempaava.

Jyrki Peltonen, 3 000 mk, kirjoitus "Nykykäsitys Tshernobylin reaktori-onnettomuudesta" 1/96, itsenäistä ajattelua sisältävä terävä katsaus Tshernobylin onnettomuuden syiden nykykäsityksestä.

Kunniamaininnat saavat seuraavat ATS:n Young Generationin Ranskan-kävijät, joiden kirjoitukset ovat tässä lehdessä:

Maria Helle  
Ari Julin  
Virpi Korteniemi  
Sixten Norrman  
Toni Piponius  
Tomi Routamo  
Vesa Tanner  
Minna Tuomainen  
Eero Virtanen  
Jukka Ylijoki

# PERÄMIEHEN PAIKALTA

**K**un kolme vuotta sitten ryhdyin hoitamaan ATS:n puheenjohtajan tehtävää, se tapahtui tilanteessa, jossa eduskunta oli puolisen vuotta aikaisemmin hylännyt voimayhtiöiden hakemuksen Suomen viidenneksi ydinvoimalaksi. Tilanne ei ollut kovin rohkaiseva ydintekniikan alalla työskentelevien kannalta, estihän eduskunnan päätös alan eteenpäin menon Suomessa, mihin oli jo ehtinyt toivo viritä. Samalla huononivat näkymät alan jälkikasvun varmistamiseksi, kun ydintekniikan houkuttelevuus kärsi kolauksen opiskelijoiden silmissä. ATS:n johtokunta pohti näitä näkymiä syksyn 1993 kuluessa ja kiteytti johtopäätöksensä ATS:n toimintastrategiaksi, joka julkaistiin ATS Ydintekniikan numerossa 1/94.

Kuinka on käynyt Suomen ydinvoimalle? Suomen ydinvoima voi hyvin: Loviisan ja Olkiluodon voimalaitokset ovat toimineet moitteetta ja taanneet Suomen pysymisen käyttökerrointilastojen kärjessä. Voimayhtiöissä ei myöskään ole jääty sormi suussa ihmettelemään, vaan molemmilla laitospaikoilla on käynnistetty mittavat modernisointiprojektit, jotka takaavat laitosten säilymisen edelleen uuden veroisina. Myös lisätehoa on luvassa useita satoja megawattia.

Modernisointihankkeet varmistavat samalla asiantuntemuksen säilymisen ja edelleen kehittymisen sekä voimayhtiöiden että viranomaisten ja tutkimuslaitosten puolella. Alan aktiviteettia lisää ydinjätehuollon kulminaatiopisteen lähestyminen ja siitä johtuvat monipuoliset ja laajavaikutteiset toimenpiteet.

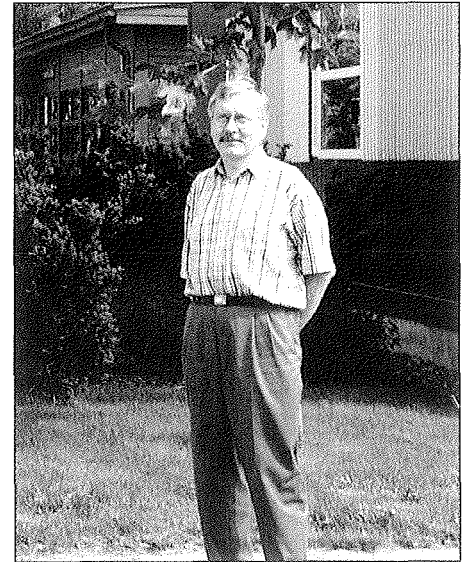
Entä miten ATS:n toimintastrategia on toteutunut? Osittain hyvin, osittain vähemmän hyvin, kuten etukäteen saattoikin arvata. Hyvin on toteutunut tavoite varmistaa ATS:n toiminnan perusta: jäsenmäärä ja talous. Henkilöjäsenten lukumäärä on pysynyt vakaana noin 600:ssa ja kannatusjäsenten määrä on saatu nousemaan 20:een — tästä kiitos kaikille mukana olleille ja mukaan tulleille. Jäsenmaksujen lisäksi on saatu

taloudellista tukea eri tahoilta niin riittävästi, että tärkein ja näkyvin toimintamuoto, ATS Ydintekniikan julkaiseminen, on pystytty turvaamaan. ATS Ydintekniikka on säilyttänyt korkean tasonsa ja pystynyt koko ajan uudistumaan, niin että jäsenille on voitu tarjota uutta ja mielenkiintoista luettavaa. ATS Ydintekniikan päätoimittajat ja toimituskunta ovat tehneet uhrautuvaa työtä, jonka määrän tietää vain asioita läheltä seurannut.

ATS:n jäsenistö on ollut aktiivisesti mukana edistämässä ydinvoiman käyttöä vaikuttamalla asenteisiin omassa ympäristössään. Tämä erittäin pitkäjänteinen toiminta voi tapahtua monella tavoin, yksin ja yhdessä. Erityinen kiitos kuuluu Energiakanavalle, joka on jo vuosia tehnyt arvokasta työtä. Yhtä hyvin monet muutkin ovat olleet tätä sarkaa kyntämässä, kukin omalla tavallaan. Ei sovi unohtaa, että ydinvoiman käyttö on hyvin pitkälle poliittinen asia, joka ratkeaa asenteiden ja tunteiden varassa — hyvä esimerkki tästä on Ruotsin nykyinen ydinvoimatilanne uhkaavine Barsebäckin sulkemisineen.

Nuori polvi on osoittanut kiitettävää mielenkiintoa ATS:n toimintaan ja ollut aktiivisesti mukana eri tilaisuuksissa. Myös ATS:n taholta on pyritty ottamaan nuoret huomioon tilaisuuksien ohjelmisissa ja esiintyjissä. ATS:llä ei kuitenkaan ole esitettävänä muodollisia saavutuksia Ruotsin "Young generation"-malliin. Ainakin osasyynä tähän on se, ettei Suomessa ole vielä ryhdytty palkkaamaan alalle nuorta väkeä kuin yksittäistapauksina. Olisi toivottavaa, että kaikki alan organisaatiot aktivoituisivat jälkikasvun turvaamisessa. Uskon, että ATS:n jäsenet ovat omalta osaltaan yrittäneet tuoda huolet esille ja vaikuttaa niiden ratkaisuun.

Uusi ydinvoima tuntuu nyt verraten kaukaiselta. Onkohan käynyt niin, että alan nykyinen henkilöstö on sopeutunut tilanteeseen ja tähyää jo eläkepäiviin? Mikään virallinen taho ei ole käynyt markkinoimaan viidettä ydinvoimalaa.



Suurin mielenkiinto asiaan tuntuu olevan eduskunnassa, mikä ehkä onkin oikein ja kohtuullista, koska eduskunta edellisen hankkeen tyrmäsi ja ilman eduskuntaa ei uusikaan hanke käynnisty. Mielenkiintoista on havaita, että vastaiskukin on tullut nopeasti ja vieläpä samalta taholta kuin viime kerralla. Pelkään, etten erehdy kovin paljon, jos veikkaan ydinvoiman uuden tulemisen vaativan oleellisia muutoksia energiantuotantoympäristöön, esimerkiksi ympäristönsuojelun kannalta.

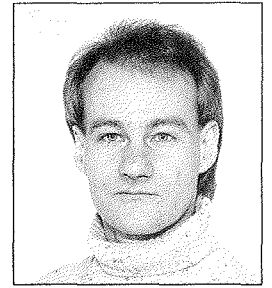
On jo tainnut käydä selville, että nykyisen henkilöstön korvaaminen on Suomen ydinvoima-alan keskeisiä haasteita keskipitkällä tähtäimellä. ATS yhdysiteenä voimayhtiöiden, viranomaisten, tutkimuslaitosten ja korkeakoulujen välillä on eräs sopivista foorumeista asian edistämiseksi. Tässä on yksi haasteista, jotka odottavat uutta puheenjohtajaa ja johtokuntaa. Menestystä ja onnea heille!

Lopuksi minulla on miellyttävä tehtävä kiittää kaikkia niitä henkilöitä, jotka omalla panoksellaan ovat kuluneina vuosina osallistuneet ATS:n toimintaan.

Toivon voivani jatkossakin olla teihin yhteydessä ATS Ydintekniikan välityksellä.

TkL Eero Patrakka on Teollisuuden Voima Oy:n kehityspäällikkö ja tämän lehden erikoistoimittaja, p. (02) 8381 3300.

# SUOMALAISTEN NUORTEN YDININSINÖÖRIEN EXCURSIO RANSKAAN



*Ranska on johtava ydinvoimavaltio Euroopassa; sen sähköstä tuotetaan yli 70 % ydinvoimalaitoksissa. Muista Euroopan maista poiketen myös uusia laitoksia rakennetaan koko ajan. Tällä hetkellä tuotantokäytössä on 56 ydinreaktoria, joista suurin osa on painevesireaktoreita, mutta joukkoon mahtuu myös yksi hyötöreaktori. Joulukuussa 1996 joukko suomalaisia nuoria ydin-alalla toimivia insinöörejä kävi tutustumassa toimintaan Ranskassa.*



Joulukuun 1996 alussa ryhmälle suomalaisia nuoria ydintekniikan alalla toimivia insinöörejä tarjoutui tilaisuus lähteä tutustumaan ranskalaisiin kollegoihin ja sikäläisiin tutkimus- ja tuotantolaitoksiin. Mukana matkassa olivat Vesa Tanner VTT Kemiantekniikasta, Sixten Norrman, Toni Piponius ja Jukka Ylijoki VTT Energiasta, Tomi Routamo ja Maria Helle IVO:lta, Virpi Korteniemi, Minna Tuomainen ja Eero Virtanen LTKK:sta ja Ari Julin STUK:sta. Lisäksi "vanhempina" nuorina mukana olivat Nora Kalso Association Franco-Finlandaise pour la Recherche Scientifique et Technique, Timo Haapalehto KTM ja Christine Sarrette LTKK.

Sunnuntai-illana 1. joulukuuta keräänyimme Helsinki-Vantaan lentoasemalle jokainen enemmän tai vähemmän heränneenä tarkoituksena lähteä viikoksi Ranskaan. Muutaman tunnin lennon ja lyhyehkön Kööpenhaminan lentoasemaan tutustumisen jälkeen laskeuduimme Lyonin Satolasin kentälle. Siellä meitä oli vastassa ryhmä Societe Fran-

caise D'Énergie Nucleaire (SFEN) nuoria jäseniä. Saatuamme ajoneuvot allemme suunnistimme pienelle "sight-seeing" kierrokselle Lyoniin. Parhaan yleissilmäyksen kaupungista saa, kun kiipeää Fourvièren kukkulalle ja katselee alla avautuvaa kaupunkia Notre Dame de Fourvière -kirkon viereltä. Nautittuamme hieman virvokkeita läheisessä caféssa lähdimme suunnistamaan kohti Grenoblea, joka oli ensimmäinen varsinainen vierailukohtemme.

## Laitoksia herkkujen kera

Maanantain ja tiistain vietimme Grenoblessa CEAn (Commissariat à l'Énergie Atomique) järjestämässä colloquiumissa, jonka aiheena oli painevesilaitosten turvallisuus (ei mikään suppea aihe!). Colloquiumista on kerrottu muualla tässä lehdessä tarkemmin. Maanantai-illana osallistuimme CEAn järjestämille päivällisille erittäin hienossa linnassa lyhyen matkan päässä Grenoblen keskustasta. Päivällisellä tarjottiin muiden

*Ryhmämme tutustumassa Ranskan "luomu"-tuotteisiin.*

muassa ranskalaista herkkua etanoita, jotka maistuiivat yllättävän hyvin kaikille suomalaisille osanottajille. Tiistai-illana colloquiumin päätyttyä tapasimme Grenoblessa ydintekniikkaa opiskelevia nuoria — jälleen päivällisen merkeissä.

Keskiviikkoamuna käänsimme automme nokan kohden etelää ja CEAn Cadarachen tutkimuskeskusta. Matkalla huomasimme, että vuorilla oli aivan upea (laskettelu) keli, ja muutamille taisi tulla mieleen jättää loput matkasta tekemättä ja siirtyä rinteeseen. Mutta saavuimme kuitenkin kaikki onnellisesti perille, ja juuri sopivasti lounasaikaan. Koska edellisenä päivänä oli Pariisissa joku räjäyttänyt pommin metrossa, olivat turvajärjestelyt keskuksen alueelle mentäessä tiukat.



*Ja taas pöydän ääreen...*

Lopulta meidät kuitenkin päästettiin sisälle. Nautittuamme erinomaisesta lounaasta siirryimme tutustumaan PHEBUS-koelaitteistoon. Illalla tapasimme jälleen paikallisia nuoria — tietysti päivällisellä — Aix-en-Provençassa. Torstai-aamupäivän olimme vielä Cadarachessa tutustumassa heidän koetointaansa VULCANO ja AEROSTAT -koelaitteistoilla.

Jälleen erinomaisen lounaan jälkeen hyppäsimme autoihimme ja lähdimme kaahailemaan Rhone-joen laaksoa pohjoiseen päin. Muutaman tunnin kuluttua saavuimme Tricastiniin, jossa toimii Eurodifin omistama uraanin rikastuslaitos. Portilla koimme yllätyksen: salkoon oli jostakin löydetty Suomen lippu. Laitos sinänsä on iso. Jo pelkkä prosessin ylläpito vaatii neljän 900 MWa sähköä tuottavan voimalaitoksen koko tuotannon.

Tutustuttuamme laitokseen jatkoimme matkaamme Rhonen laaksoa pohjoiseen kohti Lyonia. Matkaan tuli kuitenkin pieni mutka. Ministeriötä edustava jäsenemme esitti, että tekisimme pieniä hankintoja, kun kerran satuimme olemaan viinin tuotantoseuduilla. Ja niinpä autoihimme ilmaantui yllättäen punaista "mehua" sisältäviä lasipulloja. No vihdoon pääsimme kuitenkin Lyoniin ja löysimme hotellimme. Osa ryhmästä lähti etsimään päivällistä ja löysikin sopivan paikan läheisestä kauppakeskuksesta.

Perjantai-aamuna 6. joulukuuta, jolloin Suomi oli heräilemässä itsenäisyyspäivän aamuun, pienen aamulenkin jälkeen saavuimme Eléctricite de Francen tutkimuskeskukseen SEPTENiin. Siellä tutustuimme SIPA-simulaattoriin. EDF:n tarjoaman lounaan jälkeen hyppäsimme autoihimme ja suunnistimme Creys-Malvilleen tutustumaan Superphéixiin. Heti ensi silmäyksellä paikasta syntyi myönteinen kuva: jostakin oli täälläkin salkoon löydetty Suomen lippu. Illalla Lyoniin palattuamme tapasimme päiväl-

## Kiitokset

Kursiolle osallistujat haluavat kiittää erinomaisista järjestelyistä Timo Haapalehto, Nora Kalso ja Christine Sarrettea sekä Ranskasta Pierre Louis Chometonia ja SFENin nuoria jäseniä.

Matkaamme tukivat Suomen Atomiteknillinen Seura, Association Franco-Finlandaise pour la Recherche Scientifique et Technique ja tietysti kunkin osallistujan työnantaja: Imatran Voima Oy, VTT, Säteilyturvakeskus ja Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, joita haluamme kiittää.

lisellä — tietysti — Pierre Louis Chometonin, joka organisoii meidän vierailuamme Ranskassa, ja Lyonissa opiskelevia nuoria. Miellyttävän illan päätteeksi eräät halusivat lähteä kaupunkia katsastamaan.

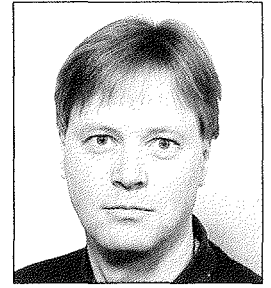
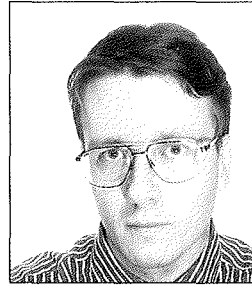
## Vapaalla kulttuuria ja jouluostoksia

Luantain ohjelma olikin sitten lähinnä kulttuuria, sekä ei-kaupallista että kaupallista. Aluksi tutustuimme Lyonin vanhaan kaupunkiin, joka on erittäin miellyttävä ja mielenkiintoinen paikka. Tosin nautintoamme himmensi hieman kaupungin yllä leijailut sumu ja liki negatiiviset lämpötilalukemat. Lounaan jälkeen saimme valita museoiden ja kaupallisen toiminnan välillä. Koska joulukuu oli tulossa, osalle ryhmästä oli annettu koto-Suomesta ohjeet, miten tulee toimia, jos ostosten tekemiseen jää aikaa. Niinpä sitten osa lähti tutustumaan silkinteon historiaan, osa toisen maailmansodan vastarintaliikkeen toimintaan ja muut kaupungille ostoksille. Illalla olikin sitten jälleen päivällinen ja sen jälkeen muutamat olut "paikallisessa" englantilaisessa pubissa.

Sunnuntai-aamun valjetessa aloimme pakkailta tavaroitamme viimeisen kerran. Lentomme lähti takaisin Suomeen päin iltopäivällä, joten jälleen ministeriön edustaja ehdotti tutustumista paikallisiin viinin tuottajiin ja tuotteisiin — siis Lyonin kolmanteen jokeen. Niinpä sitten ajelimme jonkin matkaa Saone-joen varrella pohjoiseen päin ja löysimmekin ihan mukavaa nautiskeltavaa. Kuitenkin kello tikitti kohden lentomme lähtöaikaa ja niinpä me käänsimme automme keulan jälleen kohden Lyonin Satolasin lentokenttää. Muutaman tunnin lennon ja tällä kertaa vähän pidemmän Kööpenhaminan lentokenttään tutustumisen jälkeen saavuimme Helsinkiin vähän puolen yön jälkeen. Siitä jokainen jatkoi matkaansa kotiansa kohti.

DI Eero Virtanen toimii tutkijana Lappeenrannan teknillisellä korkeakoululla energiatekniikan osaston ydinvoimatekniikan laboratoriossa, p (05) 6212377; E-mail: eero.virtanen@lut.fi

# RANSKALAIS-SUOMALAINEN SEMINAARI PANEUTUI PAINEVESIREAKTOREIHIN



**S**eminaari oli jatkoa vuonna 1994 Lappeenrannassa järjestetyille vastaavanlaiselle seminaarille. Suomalaisia osanottajia oli ekskursio-laisten lisäksi VTT:ltä ja Lappeenrannan teknilliseltä korkeakoululta. Pääosa ranskalaisista osallistujista oli CEA:sta (Commissariat à l'Énergie Atomique).

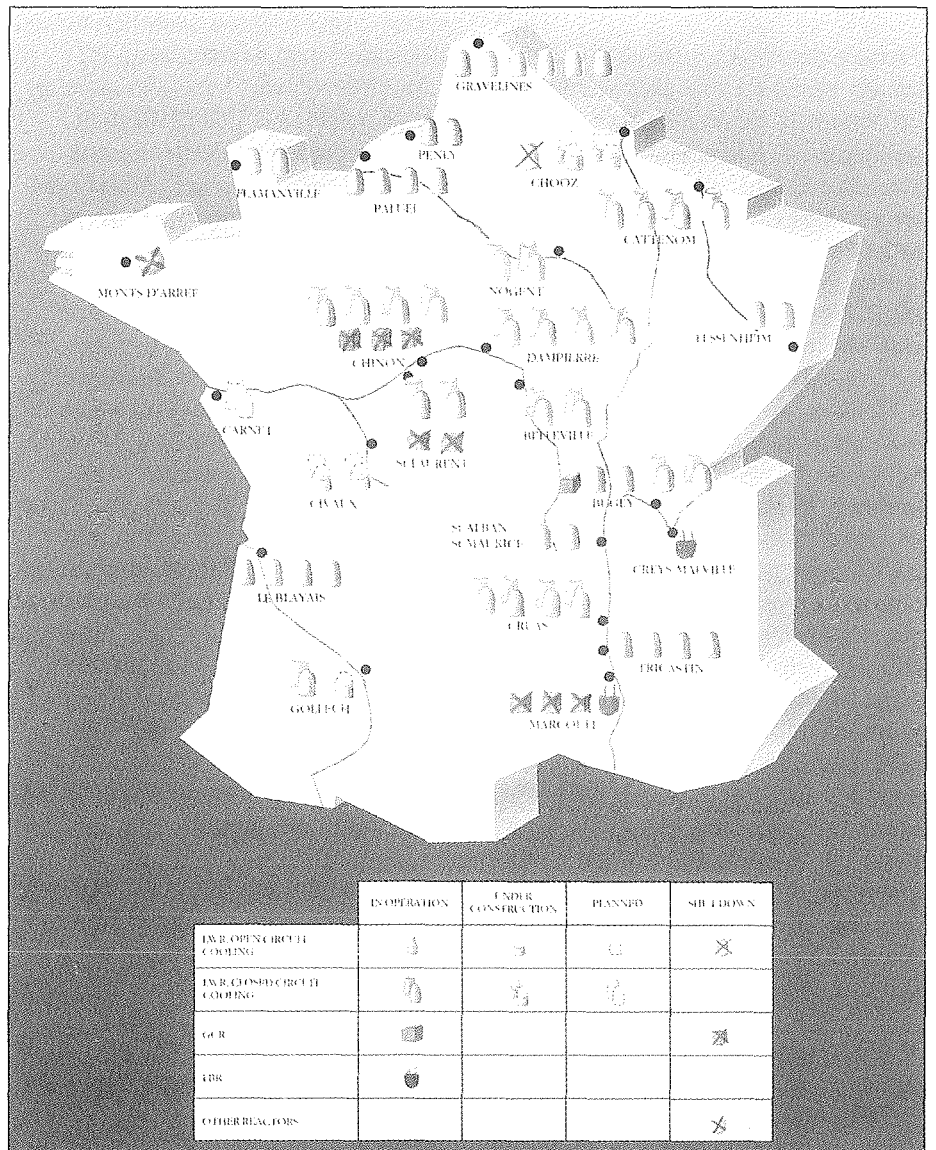
Tiedonvaihto tapahtui esitelmien ja keskustelun muodossa. Seminaarin esitelmät oli jaettu kolmeen ryhmään: termohydraulinen laskenta, VVER-tyyppisten voimaloiden erityiskysymykset ja vakavat reaktorionnettomuudet. Termohydrauliikkaosuudessa esiteltiin Ranskassa ja Suomessa kehitettyjä laskentaohjelmistoja ja niillä suoritettujen laskujen tuloksia.

## Vertailtiin ranskalaisia ja suomalaisia ohjelmistoja

CATHARE on Ranskassa kehitetty tietokoneohjelmisto, jolla voidaan simuloida erityisesti painevesireaktorien käyttäytymistä erilaisissa onnettomuustilanteissa. Useassa esitelmässä käsiteltiin CATHARE:en kehitettävää kolmidimensioista kaksifaasivirtausmallia. Erityisesti reaktorin paineastiassa ja suojarakennuksessa esiintyvä virtausilmiöitä, joita ei normaalisti käytettävillä yksiuotteisilla virtausmalleilla pystytä kuvaamaan. Mallilla on simuloitu paineastiaa suuren jäähdytteenmenetysonnettomuuden aikana ja erilaisia suojarakennusta ja vakavia reaktorionnettomuuksia kuvaavia koelaitteistoja melko hyvin tuloksin.

CATHAREn tärkeimmän käynnissä olevan kehitysprojektin tavoitteena on uusi simulaattoritarkoituksiin soveltuva ohjelmaversio, joka laskee reaaliajassa ja jossa on samat fysikaaliset mallit kuin analyyseissa käytettävässä versiossa. Tähän asti simulaattoreissa on käytetty

*Nuorten Insinöörien ekskursion Ranskaan alkoi Grenoblessa. Siellä osallistuimme ranskalais-suomalaiseen seminaariin, jonka aiheena oli painevesireaktoreiden turvallisuus. Tilaisuuden tarkoitus oli välittää tietoa kummankin maan ydinenergiaturvallisuuden tutkimustoiminnasta sekä ylläpitää ja edistää samalla alalla toimivien henkilöiden ystävyysuhteita. Kahden päivän aikana kuultiin esityksiä termohydraulisista ohjelmista ja niiden sovelluksista sekä vakavien onnettomuuksien tutkimustoiminnasta.*



Ranskan ydinvoimalaitospaikkakunnat.

jonkin verran yksinkertaistettuja malleja. Laskentanopeutta pyritään kasvattamaan kehittämällä ratkaisualgoritmeja ja hyödyntämällä rinnakkaisprosessointia. Myös laskentamallien fysikaalista tarkkuutta on tarkoitus kehittää.

Suomessa kehitetystä APROS-prosessi-simulointiohjelmistosta oli yleisesitys, jossa tuotiin esille ohjelmiston soveltuvuus moniin eri käyttötarkoituksiin (esimerkiksi laitoksen suunnittelu, optimointi, turvallisuusanalyysit ja koulutus). Useissa esityksissä kerrottiin APROSilla suoritetuista laskuista. APROSia on käytetty laajasti Loviisan ydinvoimalan tehonkorotukseen liittyvissä turvallisuusanalyysissä. Toinen sovelluskohde on uuden sukupolven reaktorien passiivisen hätäjähdytysjärjestelmän simuloiminen PACTEL-koelaitteiston simulointimallin avulla.

Termohydrauliikka- ja neutroniikkalaskennan välillä on voimakas vuorovaikutus erityisesti, jos reaktorissa tapahtuu kiehumista. Seminaarissa esiteltiin Suomessa kehitettyjä ohjelmistoja (esimerkiksi HEXTRAN), joissa termohydrauliikka ja neutroniikka ratkaistaan samanaikaisesti iteratiivisella menetelmällä. Neutroniikkamalli voi olla joko yksi- tai kolmiulotteinen.

VTT:llä kehitetty kaksifaasivirtauksien mallinnusmenetelmä SFAV perustuu virtauksen jakamiseen kahteen alivirtaukseen. Vesi-höyryvirtauksessa toinen alivirtaus kuvaa vettä, jonka seassa on höyrykuplia, ja toinen höyryä, jonka joukossa on vesipisaroihin. Perinteisissä virtausmalleissa kuvataan vesi ja höyry erillisinä faaseina. Uuden määrittelyn etuna on, että alivirtauksien välinen vuorovaikutus on helpompi kuvata kuin faasien rajapinta. SFAV-mallinnuksen yhteydessä on kehitetty uusi virtausyhtälöiden ratkaisumenetelmä PLIM, jolla pystytään ratkaisemaan tarkasti suuria gradientteja sisältäviä virtauksia. Perinteiset ratkaisumenetelmät pyöristävät usein huomattavasti ratkaistavien suureiden teräviä muutoksia.

VVER-tyyppisten ydinvoimaloiden osuudessa esiteltiin sekä suomalaisten (LTKK) että ranskalaisten (IPSN ja Framatome) suorittamia laskuja, joiden aiheena oli VVER-440 ja VVER-1000-laitosten turvallisuusanalyysit. Yhden

esityksen aiheena oli hätäakusta virtaavaan veteen liunneen tyypin mahdollisen kerääntyminen primääripiiriin. Suuret määrät tyypeä primääripiirissä voivat haitata luonnonkiertoa. Laskentatulosten lisäksi esiteltiin PACTEL-koelaitteiston lähitulevaisuuden koesuunnitelmia. Kokeilla on tarkoitus tutkia VVER-laitosten ja passiivisten hätäjähdytysjärjestelmien käyttäytymistä.

### **Koelaitteistoilla vakavien onnettomuuksien kimppuun**

Vakavien onnettomuuksien aihepiiristä oli kaksi esitystä Suomesta. Ensimmäisessä esiteltiin Imatran Voiman COPO-koelaitteistoilla tehtyjä kokeita. Niiden avulla tutkitaan paineastian ulkopuolista jäähdytystä, jolla pyritään pitämään sulanut sydän reaktoriastian sisäpuolella. Koelaitteet ovat mittakaavassa 1:2 kaksikulotteisia viipaleita Loviisan ellip-tisestä (COPO I ja COPO II-Lo) ja AP600:n puolimpyrännmuotoisesta (COPO II-AP) pohjasta. Kokeissa mitataan sydänsulaa kuvaavan aineen ja seinämän välisen lämmönsiirron jakaumaa.

Toisessa suomalaisessa esityksessä kerrottiin IVO:n VICTORIA-kokeista. Laitteisto on lineaarisessa suhteessa 1:15 skaalattu malli Loviisan suojarakennuksesta, jolla voidaan tutkia erilaisia suojarakennusilmiöitä kuten jäälauhduttimien vaikutusta suojarakennuksen käyttäytymiseen, lämmönsiirtoa suojarakennuksesta ulkopuolisella ruiskutuksella, vedyn (kokeissa helium) sekoittumista suojarakennuksessa ja aerosolien käyttäytymistä. Esityksessä kerrottiin erityisesti uudesta vedyn hallintamenetelmään liittyvästä koesarjasta, joka on osana vakavien onnettomuuksien hallintastrategian tutkimusta.

Vakavien onnettomuuksien tutkimusohjelma on hyvin laaja Grenoblen tutkimuskeskuksessa ja alueella sijaitsee useita koelaitteistoja. BALI on samantapainen koelaitteisto kuin Suomen COPO, eli sillä tutkitaan lämpövuon jakaumaa reaktoriastian pohjassa, kun pohjan oletetaan olevan täynnä sydänsulaa. SULTAN-laitteiston avulla tutkitaan paineastian ulkoseinän ulkopuolista jäähdytystä, jolla pyritään estämään

paineastian puhkeaminen reaktorin sulaessa. Koetuloksia hyödynnetään CATHAREN kolmidimensioisen virtausmallin kehittämisessä. Käytännössä laite on lämmitetty teräslevy ja sen kyljessä oleva vesikanava. Koelaitteisto voidaan kallistaa eri asentoihin. CORINE-laitteistolla tutkitaan sydänsulan leviämistä suojarakennuksessa eri olosuhteissa ja käyttäen eri simulanteja. BILLEAU-koelaitteistolla tutkitaan höyryrähdyksiä.

Ranskalaiset esittelivät myös useita käytössä olevia vakavien onnettomuuksien laskentaohjelmia, joiden kelpoistamisessa kokeelliset tulokset muodostavat tärkeän osan. TOLBIAC-ohjelmalla simuloidaan sulaneen sydänmateriaalin termohydraulista käyttäytymistä, kun se on reaktoriastian sisäpuolella tai levinnyt sen ulkopuolelle. Kehitteillä olevalla THEMA-ohjelmalla voidaan simuloida sulaneen materiaalin käyttäytymistä, kun se leviää painovoiman vaikutuksesta ja samalla jäähtyy.

Varsin laaja kehitysprojekti on vakavien onnettomuuksien eri vaiheita simuloivien ohjelmien yhdistäminen yhteen kokonaisuuteen, ESCADRE-ohjelmaan. Tarkoituksena on saada modulaarinen ja joustava laskentaympäristö, jolla voidaan simuloida vakavan onnettomuuden kulkua eri vaiheiden läpi. Samanlainen integroitu laskentaohjelma, ASTEC, on kehitteillä yhteistyössä saksalaisen GRS:n kanssa.

Vakavan onnettomuuden alkuvaiheen ilmiöitä, kuten polttoainesauvojen pullistuminen, puhkeaminen ja sulaminen, kemialliset reaktiot ja fissiotuotteiden vapautus, voidaan simuloida ICARE2-koodilla. Ohjelmaa ollaan myös yhdistämässä CATHAREen, jolloin suuren jäähdytteenmenetysonnettomuuden laskenta voi ulottua aina sydämen sulamiseen asti.

Yksi esitys käsitteli CABRI-reaktorissa suoritettuja kokeita, joissa tutkittiin suuren palaman polttoainesauvojen käyttäytymistä ja kestävyyttä nopeissa reaktiivisuustransienteissa. Mittaustuloksia käytetään polttoaineen käyttäytymistä kuvaavan SCANAIR-ohjelman kelpoistamiseen.



Kokouksen yhteydessä oli myös järjestetty tutustumiskäynnit CEA:n termohydrauliseen tutkimukseen liittyvään BETHSY-koelaitteistoon sekä vakavien onnettomuuksien tutkimukseen liittyviin koelaitteistoihin SULTAN ja CORINE. BETHSY kuvaa Framatomen 900 MW:n ydinvoimalaa. Eri komponenttien korkeudet vastaavat oikeaa laitosta ja tilavuudet on skaalattu suhteessa 1:100. Laitteistolla suoritetaan kokeita, joiden avulla pyritään ymmärtämään eri onnettomuustilanteissa tärkeitä fysikaalisia ilmiöitä ja kelpoistamaan onnettomuus-analyysieihin käytettäviä simulointiohjelmiä.

Kokouksessa saatiin monipuolinen kuva suomalaisten ja ranskalaisten toiminnasta ydinvoimaturvallisuuden alueella. Vastaavanlaista yhteistyötä kannattaa jatkaa tulevaisuudessakin.

Eero Virtanen

## RANSKAN YDINJÄTTI EDF TUOTTA JA TUTKII

*Électricité de France käyttää kaikkia Ranskan ydinvoimalaitoksia, joko yksin tai yhteistyössä muiden kanssa (Creys-Malville). Tällä hetkellä tuotantokäytössä on 56 reaktoria ja kolme on rakenteilla. EdF:llä on myös ydinvoimalaitosten käyttöön liittyvää tutkimustointia. Yksi tutkimuskeskuksista on SEPTEN (Service Etudes et Projets Thermiques et Nucléaires), joka sijaitsee Lyonin vieressä Villeurbannessa.*

**P**erjantaiamun valjetessa heräilimme pikkuhiljaa hotellissamme Lyonissa ja aloimme valmistautua seuraavaan vierailukohteeseen. Lyhyen aamulenkin jälkeen saavuimme Électricité de Francen tutkimuskeskukseen SEPTENiin (Service Etudes et Projets Thermiques et Nucléaires). Taas kerran ovella alettiin kysellä passia yms. Tästä tarkastuksesta selvityämme astuimme sisään rakennukseen, joka itsessään on jo varsin omalaatuinen. Rakennuksen keskellä on viisi kerrosta korkea avoin tila — tietysti tila on katettu lasilla — ja alakerrassa on pieni puutarhan tapainen, joka tekee paikasta aika viihtyisän.

Isäntämme vierailulla oli François Poizat, joka työskentelee SIPA-projektissa. Tervehdykset vaihdettuamme isäntämme kertoi jotakin yleistä SEPTENistä; esimerkiksi siellä työskentelevien insinöörien lukumäärä on noin 400. SEPTENistä löytyy tietoa ja tietämystä kaikilta ydinvoimalaitoksiin liittyviltä aloilta: instrumentointi ja ohjausjärjestelmät, reaktorifysiikka, termohydrauliikka jne. Myös laitosten käyttöhenkilökuntaa koulutetaan SEPTENissä. Vierailumme pääasia olikin tutustuminen SEPTENissä sijaitsevaan SIPA-simulaattoriin.

### Saimme "leikkiä" mini-SIPALLA

SIPA (Simulateur Post-Accidentel) on simulaattori, joka kykenee simuloimaan hyvin laajan skaalan erilaisia onnettomuuksia/transienteja. Simulaattorin kehitystyössä ovat olleet mukana CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique), EdF ja Thomson. Simulaattoria kehitettäessä on tavoitteena ollut työkalu, jota voitaisiin käyttää paitsi käyttöhenkilökunnan myös kriisiryhmien koulutukseen ja onnettomuusanalyysien tekemiseen.

Pohjana SIPAssa on CATHARE-SIMU, joka on CATHARE1-systeemianalyysi-ohjelmasta kehitetty versio. Ohjelman laskentanopeutta on nostettu jonkin verran, jotta transienttien simulointi tapahtuisi reaaliajassa. Tällä hetkellä "suuria" SIPA-simulaattoreita on käytössä kaksi: toinen SEPTENissä ja toinen IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire) käytössä Fontenay-aux-Rosesissa lähellä Pariisia. Näillä pystytään simuloimaan sekä 900 MWn että 1300 MWn painevesilaitoksia.

Tulevaisuudessa tarkoituksena on vaihtaa SIPAn termohydrauliikkaosaksi CATHARE2-ohjelman versio, jolloin muun muassa saadaan sekundaaripiiri mallinnettua kuusiyhtälömallilla. Nykyisessä CATHARE-SIMUssa sekundaari-  
piiri on mallinnettu kolmeyhtälömallilla.

DI Jukka Ylijoki työskentelee tutkijana VTT Energian prosessisimulointiryhmässä,  
p. (09) 4565083;  
E-mail: jukka.ylijoki@vtt.fi

DI Sixten Norrman työskentelee tutkijana VTT Energian turvallisuusanalyysiryhmässä,  
p. (09) 4565034;  
E-mail: sixten.norrman@vtt.fi

Lisäksi suunnitelmissa on laajentaa CATHAREN käyttöä myös kiehutusvesilaitoksien analysointiin, jolloin myös SIPAsta saataisiin markkinoille BWR-versio.

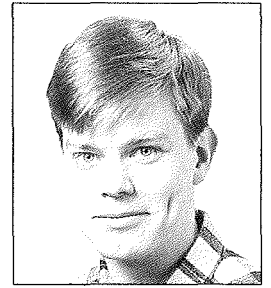
Me emme päässeet "leikkimään" isolla SIPAlla, koska sillä oli juuri menossa koulutusta. Sen sijaan kokeilimme mini-SIPAn toimintaa. Tämä toimii kolmessa työasemassa (SUN Sparcstation), jotka ovat yhteydessä keskenään. Käyttöä vaikeutti hieman se, että kaikki tekstit olivat kuvaruuduilla ranskankielisiä. Mutta kyllä pienen onnettomuuden aikaansaaminen onnistui siitä huolimatta. Jotkut jopa yrittivät saada aikaan Three Mile Islandin onnettomuutta vastaavaa tilannetta.

Hyvän lounaan jälkeen hyvästelimme isäntämme ja lähdimme suunnistamaan kohti seuraavaa vierailukohdetta.

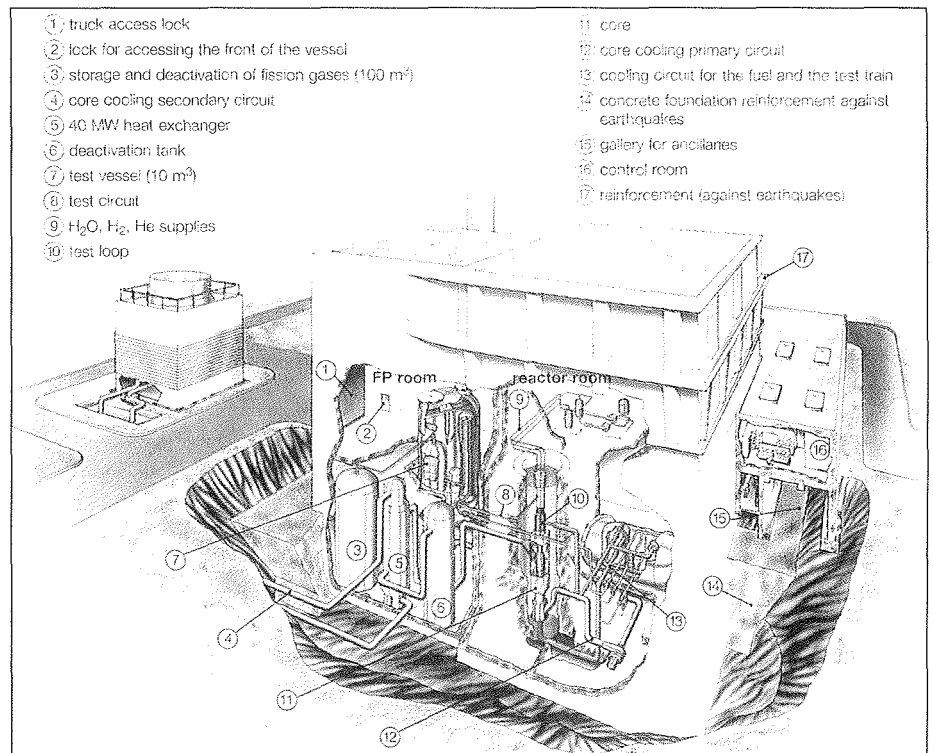
DI Eero Virtanen toimii tutkijana Lappeenrannan teknillisellä korkeakoululla energiatekniikan osaston ydinvoimatekniikan laboratoriossa, p (05) 6212377; E-mail: eero.virtanen@lut.fi

*Tomi Routamo*

# PHEBUS FP -KOELAITTEISTOLLA SIMULOIDAAN VAKAVIA ONNETTOMUUKSIA



*ATS:n ja Suomalais-Ranskalaisen Teknillistieteellisen Seuran järjestämällä Nuorten Insinöörien vierailulla Ranskassa pääsimme tutustumaan CEA:n Cadarachen tutkimuskeskuksessa sijaitsevaan PHEBUS FP -koelaitteistoon. Laitteistolla tutkitaan painevesireaktorin polttoaineen vaurioitumista vakavissa reaktorionnettomuuksissa ja fissiotuotteiden vapautumista vaurioituneesta polttoaineesta sekä niiden kulkeutumista primääripiirissä ja käyttäytymistä suojarakennuksessa.*



*PHEBUS FP -koelaitteisto.*

**P**HEBUS FP -ohjelma on kevytvesireaktoreiden vakavien onnettomuuksien kansainvälinen tutkimusohjelma. Tämän kokonaisuudessaan noin miljardin Ranskan frangin koeohjelman päärahoittajia ovat ranskalainen IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire) ja EU-komissio, jota projektissa edustaa Italiassa sijaitseva JRC Ispra (Joint Research Centre), kumpikin 30 %:n osuudella. Ranskalaisen voima-

yhtiön EDF:n (Electricité de France) osuus rahoituksesta on 25 %, ja lopusta 15 %:sta vastaavat japanilaiset NUPEC ja JAERI, korealainen KAERI, yhdysvaltalainen NRC sekä kanadalainen COG. Euroopan Unioniin liittymisen myötä Suomikin on päässyt osalliseksi koetulosten analysoimisesta ja hyödyntämisestä.

Koehjelman tarkoituksena on tutkia reaktorisydämen vaurioitumista vakavissa reaktorionnettomuuksissa, fissiotuotteiden vapautumista sydäimestä sekä fissiotuotteiden käyttäytymistä primääripiirissä ja suojarakennuksessa. Kokeista saatavaa tietoa on tarkoitettu käyttäen erityisesti vakavia onnettomuuksia kuvaavien tietokoneohjelmien kelpoistamiseen ja kehittämiseen.

Itse PHEBUS FP -koelaitteisto koostuu kolmesta pääosasta: käyttösydäimestä säteilytettävän polttoaineen ympärillä, fissioteitepiiristä sekä säteilytyksen aikana käytettävästä paineistetusta polttoaineen jäähditysvesipiiristä.

Fissioteitepiirissä reaktorisydäntä kuvaa metrin korkuinen polttoaineniippu, jossa on 20 polttoainesauvaa ja yksi absorbaattorisauva nipun keskellä.  $UO_2$ :n kokonaismassa nipussa on noin 10,5 kg, ja absorbaattorisauva koostuu hopeasta (80 %), indiumista (15 %) ja kadmiumista (5 %). Polttoaineniippu on sijoitettu koereaktoriin, jossa sitä voidaan säteilyttää neutroneilla fissioiden ja tarvittavan fissioteiteesisällön aikaansaamiseksi. Reaktori on instrumentoitu mm. lämpötilan, paineen, virtausten ja neutronivuon mittaamista varten.

Kokeen aikana reaktorin alaosaan voidaan syöttää vesihöyryä sekä lauhuttomia kaasuja, mm. vetyä. Reaktorista virtaus johdetaan painevesireaktorin primääripiiriä kuvaavaan putkistoon. Tämän piirin rakennetta voidaan muuttaa eri kokeiden välillä, ja sillä voidaan simuloida esimerkiksi höyrystimen lämmönvaihdinputkia. Tässä koelaitteiston osassa tarkastellaan mm. fissioteiteiden depositiota ja kemiallista koostumusta primääripiirissä.

Primääripiiriä kuvaavan putkiston jälkeen fissioteitepiirissä on vielä painevesireaktorin suojarakennusta kuvaava  $10\text{ m}^3$ :n säiliö. Siinä tutkitaan suojarakennukseen vapautuneiden fissioteiteiden käyttäytymistä, mm. aerosolihiukkasten pitoisuuden muutoksia kaasutilasessa, hiukkasten depositiota suojarakennuksen pinnoille ja jodin kemiallista käyttäytymistä. Säiliön tilavuussuhde todelliseen suojarakennuksen kokoon on sama kuin polttoaineen määrä koenipussa, eli noin 1:5000.

Skaalauksesta aiheutuu se, että pinta-alojen suhde tilavuuteen on paljon suurempi kuin todellisessa suojarakennuksessa. Niinpä esimerkiksi säiliön seinät on pyritty tekemään niin neutraaleiksi kuin mahdollista, jotta pintavaikutukset eivät korostuisi liikaa kokeiden aikana. Seinien vaikutusta suojarakennusolosuhteissa tarkastellaan erillisillä lauhdutinputkilla, jotka on sijoitettu säiliön keskelle.

### Suunnitteilla kuusi koetta

PHEBUS FP -koehjelmaan sisältyy kaikkiaan kuusi koetta. Näistä ensimmäinen, FPT0 tehtiin joulukuussa 1993. Tässä kokeessa käytettiin tuoretta polttoainetta, ja tarkoituksena olikin lähinnä varmistaa mittalaitteiden ja koelaitteiston käyttäytymistä kokonaisuutena. Muissa kokeissa käytetään tehoreaktorissa pitkään säteilytettyä polttoainetta (palama noin 23 GWd/tU). Kokeissa tutkitaan sydämen vaurioitumista pääosin matalassa paineessa.

FPT0-kokeessa tarkasteltiin sydämen vaurioitumista ja fissioteiteiden vapautumista tuoreesta polttoaineesta. Lisäksi simuloitiin primääripiirin vuotoa kylmästä haarasta ja fissioteiteiden pidätymistä höyrystimeen. Suojarakennusilmioista yhtenä kiinnostuksen kohteena oli jodin kemiallinen käyttäytyminen ja siirtyminen sumppiveden ja kaasutilan välillä.

Polttoaineniippua oli säteilytetty ennen koetta noin yhdeksän vuorokauden ajan, jotta saatiin tuotettua riittävästi fissioteiteita koetta varten. Kokeessa syötettiin höyry-vetyseosta polttoaineniipun alaosaan, millä saatiin polttoaineen suojuvuoren zirkonium hapettumaan höyryn vaikutuksesta, mikä synnytti lisää vetyä.

Kokeen aikana saavutettu enimmäislämpötila on arvioitu noin  $2\,900\text{ °C}$ :ksi polttoaineniipun yläosassa. Primääripiiriä kuvaavassa putkistossa depositiota tutkittiin  $700\text{...}150\text{ °C}$ :n lämpötiloissa. Suojarakennussäiliön paine oli noin 2 bar ja sumppiveden lämpötila  $90\text{ °C}$ . Lisäksi sumppiveden pH oli puskuroitu 5:ksi.

FPT0-kokeen tulokset olivat jokseenkin erilaisia kuin oli kuviteltu ennen koetta. Mm. sydämen vaurioituminen eteni suunniteltua pitemmälle, ja myös fissioteiteiden käyttäytyminen poikkesi odotetusta. Tuoreessa polttoaineessa fissioteiteiden (mm. cesiumin) määrä on kuitenkin selvästi pienempi kuin pitkään säteilytetyssä polttoaineessa, joten kovin pitkälle meneviä päätelmiä ei liene syytä tehdä tämän kokeen perusteella.

Toinen koe, FPT1 suoritettiin vuoden 1996 kesäkuussa. Lähes 31 kuukauden aika kahden ensimmäisen kokeen välillä oli paljon suunniteltua 15 kuukautta pitempi, koska mm. fissioteitepiirin kunnostamiseen ja testaamiseen tarvittava aika aliarvioitiin. FPT1-kokeessa mittauksia oli parannettu ja lisätty FPT0-kokeeseen verrattuna.

Ryhmämme vieraillessa Cadarachessa ei laitteiston dekontaminointia ollut vielä tehty, vaan se oli määrä suorittaa vierailuamme seuraavalla viikolla. Myöskään kovin paljon mittaustuloksia ei vielä ollut analysoitu, mutta tässä kokeessa fissioteiteiden käyttäytyminen oli lähempänä odotettua kuin FPT0:ssa. Kokeen tuloksista kuultaneen tarkemmin vielä tämän kevään aikana.

FPT2-kokeessa (kuten FPT0:ssa ja FPT1:ssä) tarkastellaan sydänvaurion aikaista vaihetta sekä erityisesti helposti haihtuvien fissioteiteiden (I, Cs, Te) käyttäytymistä. Edellisistä kokeista poiketen sydänalueella on kuitenkin suhteellisen vähän höyryä vetyyn verrattuna. Näin saadaan aikaan pelkistävä ympäristö edellisten kokeiden hapettavien olosuhteiden sijasta.

Ennen FPT2:a aiotaan kuitenkin suorittaa koe FPT4 suunnilleen vuoden 1998 puolivälissä. Siinä pyritään kuvaamaan pirstoutuneen polttoaineen (debris) käyttäytymistä sekä sydämen sula-altaan muodostumista. Alkutilanteen debris saadaan aikaan poistamalla osa polttoaineen suojuvuoresta. Tarkoituksena on tutkia lievästi ja heikosti haihtuvien fissioteiteiden vapautumista sula-altaasta sekä helposti haihtuvien fissioteiteiden vapautumista korkeissa lämpötiloissa. Tässä kokeessa fissioteiteita ei kuitenkaan johdeta primääripiiriputkistoon eikä suojarakennussäiliöön, vaan

polttoainenipusta vapautuvat aineet suodatetaan heti reaktorin jälkeen myöhempää analysointia varten.

Toiseksi viimeinen koe, FPT5 on tarkoitettu sen tutkimiseen, mikä on ilman saannin vaikutus sydämen vaurioitumiseen. Ilman syötöllä saadaan aikaan erittäin hapettavat olosuhteet sydänaluelle. Tässä kokeessa polttoainenuippu eroaa edellisistä kokeista siten, ettei siinä ole lainkaan absorbaattorisauvaa.

Viimeinen koe, FPT3 on toistaiseksi jätetty avoimeksi. Vaihtoehtoiksi on tarjolla mm. jonkin aikaisemman kokeen uusiminen, sydänvaurio korkeassa paineessa tai koe joko kiehumisvesireaktorin tai kehittyneen kevytvesireaktorin polttoaineella.

Koska PHEBUS FP -koelaitteessa käsitellään erittäin radioaktiivisia aineita, on laitteen instrumentointia jouduttu karsimaan vuotoriskien pienentämiseksi. Sen vuoksi mm. suojarakennusta kuvaavan säiliön ilmiöistä ei saada riittävän yksityiskohtaista tietoa. Niinpä Cadarachen alueelle ollaan parhaillaan rakentamassa täsmälleen PHEBUS FP:n suojarakennuskomponenttia vastaavaa laitteistoa, joka instrumentoidaan huomattavasti paremmin kuin PHEBUS FP -laitteistossa. Laitteistolla on tarkoitus luoda täsmälleen samanlaiset olosuhteet suojarakennusta kuvaavaan säiliöön kuin PHEBUS FP -kokeissa.

Kokonaisuudessaan PHEBUS FP -kokeista saadaan valtava määrä tietoa, jonka käsittely ja analysointi on monimutkaista. Myös kokeiden suunnittelu ja valmistelu turvallisuusvaatimuksineen ja viranomaisvelvoitteineen vie suhteellisen pitkän ajan. Kokeiden monimutkaisuutta kuvaa hyvin se, että FPT1-koe oltiin lähellä keskeyttävä liian aikaisin, jolloin polttoaineen vaurioituminen ei olisi edennyt niin pitkälle kuin olisi haluttu.

DI Tomi Routamo työskentelee suunnitteluinsinöörinä IVO Power Engineering Oy:n Turvallisuus- ja polttoainetoimistossa pääaiheenaan fissiotuotteiden käyttäytyminen, p. (09) 8561 2475; E-mail: tomi.routamo@ivo.fi

Maria Helle

## VULCANOLLA JA AEROSTATILLA TIETOA SYDÄMENSULAMISESTA

*Vaatimukset varautua vakaviin reaktorionnettomuuksiin lisääntyivät merkittävästi TMI-2 ja Tshernobyl-onnettomuuksien jälkeen. Kiristyneiden vaatimusten seurauksena vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimusta on lisätty huomattavasti eri puolilla maailmaa. Tutkimuksen tavoitteena on ymmärtää onnettomuuden aikaisia ilmiöitä ja olosuhteita, koska tällöin on mahdollista vaikuttaa onnettomuuden kulkuun ja oleellisesti vähentää radioaktiivisten aineiden vapautumista ympäristöön.*

**Y**ksi merkittävimmistä vakaviin reaktorionnettomuuksiin, sydämensulamisonnettomuuksiin keskittyneistä tutkimuskeskuksista sijaitsee Cadarachessa, jossa saimme Nuorten Insinöörien Vierailulla tutustua mm. VULCANO- ja AEROSTAT-koelaitteisiin.

Paineastian ulkopuolella tapahtuvan sydänsulan jäähdytyksen onnistuminen riippuu siitä, leviääkö sydänsula riittävän ohueksi kerrokseksi (enintään noin 15 cm). Tällöin syntyvä jälkilämpö voidaan siirtää sulan pinnalta joko säteilylämmönsiirtona, tai kiehumalämmönsiirtona johtamalla sulan päälle vettä. Myös useimpien suunniteltujen sydänsiappareiden toiminta perustuu sydänsulan tasaiseen ja riittävän tehokkaaseen leviämiseen. VULCANO-ohjelman (Versatile UO<sub>2</sub> Lab for Corium ANALyses and Observations) tarkoituksena on tutkia sydänsulan leviämistä ja jäähtymistä paineastian ulkopuolella.

Ohjelman alullepanija on CEA/DRN (Nuclear Reactor Division) ja yhteistyökumppaneina ovat ranskalaisyrietykset EdF ja FRAMATOME, sekä useat CEA:n asiantuntijat.

**VULCANO E-30 -kokeet tehdään oikeilla sydänmateriaaleilla**

Leviämiskokeita on tehty aikaisemmin simulanttimateriaaleilla. VULCANOsta tekeekin erityisen mielenkiintoisen se, että koeohjelmassa on tarkoitus käyttää oikeita sydänsulamateriaaleja (köyhdytetty UO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Zr, Fe, ...). Oikeiden materiaalien käyttö asettaa kuitenkin tiettyjä rajoituksia, joten simulanttimateriaaleilla tehtäviä leviämiskokeita tarvitaan jatkossakin ilmiön ymmärtämiseksi.

Koeohjelman ensimmäisessä osassa kokeet tehdään pienen mittakaavan koelaitteella VULCANO E-30, jossa sulan määrä on 30–100 kg. Tällä on tarkoitus testata valittujen menetelmien ja instrumenttien soveltuvuutta. Lisäksi voidaan tutkia sulan ominaisuuksia sekä sydänsiappareihin suunniteltujen materiaalien soveltuvuutta.

Koelaitteen keskeisin osa on "sulatusuuni". Useiden tutkittujen tekniikoiden joukosta on valittu sulatusmenetelmä, jossa jauhemainen materiaali syötetään pyörivään pesään. Jauhe sulaa pesään ohjattavien plasmakaarien synnyttämän lämpösäteilyn vaikutuksesta. Sulatusuunin alla sijaitsee leviämistila, joka on päällystetty suoja-aineella (MgO- tai ZrO<sub>2</sub>-tiilillä). Sula valutetaan ulos sulatusuunista kallistamalla uunia ja ohjataan leviämistilaan.

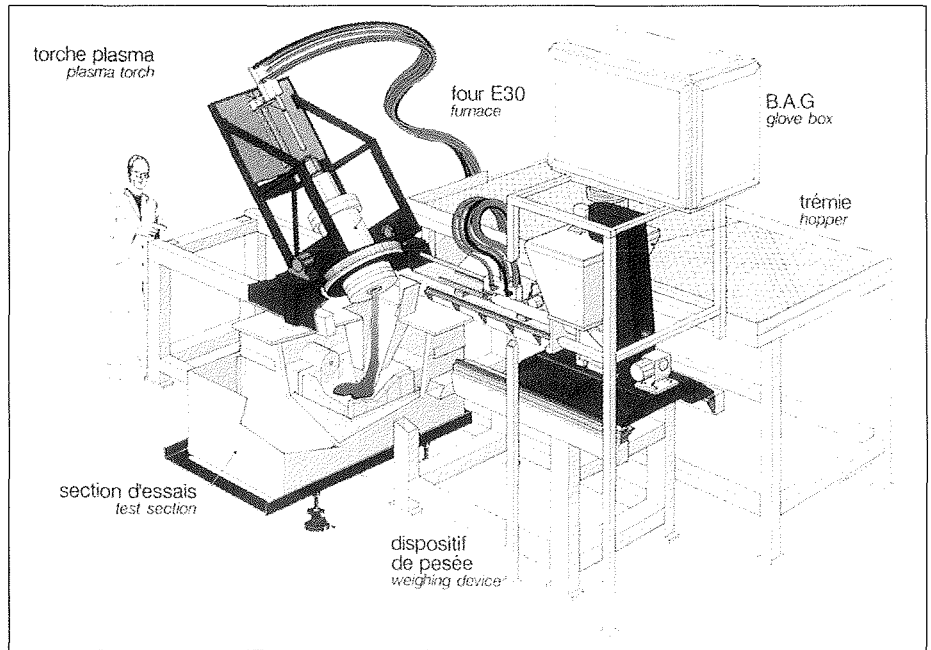


Sulatusmenetelmän etuna on, että sillä pystytään sulattamaan suuria määriä aineita, joiden koostumus vaihtelee. Menetelmän haittapuolena on sulan saama kulmaliikemäärä, pyörimisliike jatkuu vielä putoamisen aikana. Lisäksi hankaluutena on sulan epätasainen kuumeneminen, sulan sisälle muodostuu lämpötilagradientteja.

E-30:llä ei voida tutkia veden johtamista sulan päälle. Tarkoituksena on tehdä kokeita sekä ilman jälkilämmön simuloimista että jälkilämmön simuloinnin kanssa. Jälkilämmön tuottoa simuloidaan lämmittämällä sulaa induktiivisesti.

Erityistä huomiota on kiinnitetty instrumentointiin. Tarkoituksena on mitata mm. materiaalien sulattamiseen käytettyä tehoa, sulan lämpötilaa sekä pinnalta että keskeltä, kiinteän kuorikerroksen ja koko levinneen materiaalin paksuutta, sulan leviämisenopeutta, säteilemällä siirtyvää lämpövoita, pohjakerroksen syöpymissyvyyttä sekä vapautuvien kaasujen määrää ja koostumusta. Radioaktiivisten päästöjen rajoittamiseksi koelaitte on sijoitettu suojattuun huoneeseen.

Vuonna 1994 tapahtuneen onnettomuuden vuoksi koeohjelma on viivästynyt alkuperäisestä aikataulusta. Toistaiseksi on tehty muutamia kokeita ilman  $UO_2$ :a. Tarkoituksena on tehdä koe oikeilla materiaaleilla vielä vuoden 1997 aikana. Koeohjelman toisessa osassa tehdään varsinaiset kokeet käyttäen suuren mittakaavan koelaitetta VULCANO-E500, jossa sydänsulan määrä voi vaihdella 500 kg:sta yli tuhanteen kiloon. Näissä kokeissa sulan päälle voidaan johtaa vettä tai tutkia sulan leviämistä määrässä reaktorikuopassa.



Koelaitteen keskeisin osa on "sulatusuuni".

### AEROSTAT-kokeilla tutkitaan aerosolien vaikutusta

Paineastian puhjetessa sydänsula voi joutua kosketuksiin reaktorikuopassa olevan betonin kanssa, jolloin suojarakennukseen vapautuu suuri määrä aerosoleja. AEROSTAT-kokeiden tarkoituksena on selvittää muodostuvan aerosolipilven vaikutusta sydänsulan emittoimaan lämpösäteilyyn. Tuloksia voidaan hyödyntää mm. suunniteltaessa ns. kuivia sydänsieppareita. Lisäksi kokeiden tarkoituksena on lisätä yleistä koelaitteen sydänsulan ja ympäristön välisestä säteilylämmönsiirrosta laskentaohjelmien kehitystä ja validointia varten.

Noin 2 kiloa oikeita sydänmateriaaleja (köyhdytetty  $UO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $Zr$  ja  $Fe$ ) sulatetaan ja pidetään 3000 K:n lämpötilassa induktiivisesti (lämmittimen teho 150 kW). Aerosolit syntyvät sydänsulan ja sulan alle sijoitetun piidioksidikerroksen välisessä vuorovaikutuksessa.

Sula asetetaan suojarakennukseen, jonka korkeus on 1,5 metriä ja halkaisija 1 metri. Suojarakennuksen atmosfääriä säädellään (maksimilämpötila 160 °C, maksimipaine 5 bar), ja se voi koostua joko eri kaasuista (ilma, argon) tai ilman ja vesihöyryn kylläisestä seoksesta. Myös tyhjiön käyttö on mahdollista. Suojarakennuksen seinämät pidetään

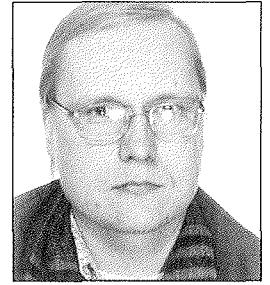
vakiolämpötilassa 160 °C. Sulanäytteen yläpuolelle voidaan asettaa heijastava levy, joka simuloi reaktorikuopan yläpuolella olevaa paineastiaa.

Instrumentointi perustuu sulanäytteen pintalämpötilaa mittaavaan infrapuna-pyrometriin, suojarakennuksen sisällä oleviin termopareihin, laser-doppler nopeusmittariin sekä aerosolien kokoa ja konsentraatiota mittaavaan laitteeseen. Myös aerosolien depositiota suojarakennuksen pinnoille analysoidaan.

Ensimmäiset alustavat tutkimukset AEROSTAT-kokeista tehtiin jo vuonna 1992. Koska AEROSTAT- ja VULCANO-koelaitteet sijaitsevat lähekkäin, vuonna 1994 tapahtunut onnettomuus viivästytti myös AEROSTAT-kokeita, ja ensimmäinen koe tehtiin vasta syyskuussa 1995.

DI Maria Helle työskentelee IVO Power Engineering Oy:ssä suunnitteluinsinöörinä erikoisalanaan vakavat reaktorionnettomuudet, p. (09) 8561 2599; E-mail: maria.helle@ivo.fi

# TRICASTIN JA KROKOTIILIT



*Ranska tuottaa noin 75 prosenttia sähköstään ydinvoimaloilla, jotka käyttävät polttoaineenaan rikastettua uraania. Luonnonuraanin U-235 -pitoisuus on noin 0,7 prosenttia. Tämä pitoisuus ei riitä normaalin kevytvesireaktorin toiminnalle, sillä vaadittava rikastusaste on tyypillisesti 3–4 prosenttia. Vierailukohteemme, Eurodif-yhtymän omistama Georges Bessen laitos Tricastinissa, on yksi merkittävimmistä uraanin rikastuslaitoksista koko maailmassa.*



**T**ricastin sijaitsee Rhônen laaksossa Kaakkois-Ranskassa reilut sata kilometriä Lyonista etelään. Alueella työskentelee yli 5000 ihmistä erilaisissa ydinpolttoainekiertoon liittyvissä tehtävissä. Rikastuslaitoksen lisäksi siellä sijaitsee mm. rikastusprosesseihin erikoistunut tutkimuslaitos, ydinpolttoainetehdas, uraani-heksafluoridi konversiolaitos, nikkeli/kromipinnoitetehtas sekä Tricastinin ydinvoimala, joka tuottaa kaiken rikastuslaitoksen tarvitseman sähkön.

Georges Bessen laitos käyttää uraanin rikastukseen kaasudiffuusio menetelmää, jossa uraani-isotooppien U-235 ja U-238 erottaminen tapahtuu kaasufaasissa erittäin pienireikäisen diffuusioseinämän avulla. Luonnonuraania ei sentään jouduta höyrystämään, vaan rikastukseen käytetään uraaniheksafluoridikaasua ( $UF_6$ ), joka kaasuuntuu jo noin 60 °C lämpötilassa.

Kumpaakin uraani-isotooppia sisältävillä  $UF_6$ -molekyyleilla on sama liikeenergia, minkä johdosta hieman kevyemmät U-235:stä ja F-19:sta koostuvat molekyylit törmäävät useammin



*Nuoret insinöörit Georges Bessen laitoksen portilla (yläkuva). Koko alueen laajuus on 250 ha. Alakuvassa keskellä näkyvässä neljässä rakennuksessa ovat 1400 diffuusoria, joissa uraanin rikastus tapahtuu.*

diffuusioseinämään ja läpäisevät sen todennäköisemmin kuin U-238:aa sisältävät molekyylit.

## Iso on kaunista ja laserilla valoisa tulevaisuus

Rikastuslaitoksessa on 1400 diffuusio-modulia, jotka koostuvat diffuusiosasta, lämmönsiirtimestä ja kompres-

sorista. Moduulit on jaettu 70 kaskadiin, joissa kussakin on siis 20 rikastusmodulia. Suurimmat moduulit painavat 150 tonnia ja ovat 23 metriä korkeita. Tämän kokoisten moduulien sijoittaminen vie valtavasti lattiapinta-alaa ja rakennuskuutioita. Välimatkat laitoksella ovatkin sen verran pitkiä, että työntekijät liikkuvat useimmiten polkupyörillä.

UF<sub>6</sub>-kaasu ohjataan kunkin kaskadin keskiosaan ja U-235:n suhteen rikastunut kaasu johdetaan kaskadin toiseen päähän köyhtyneen osan kaasusta jatkaessa matkaa vastakkaiseen suuntaan. Kuudesta tonnista luonnonuraania saadaan rikastettua noin yksi tonni 3,25 % uraania, jolloin jäljelle jää 5 tonnia 0,20 % uraania.

Maksimikapasiteetilla toimiessaan laitos tarvitsee noin 3 000 MW sähkötehoa ja pystyy tuottamaan rikastettua uraania noin sadalle 900 MWe ydinvoimalaitosyksikölle. Maapallolla on noin 400 reaktoria ja kaikkien rikastuslaitosten kapasiteetti riittää yhteensä noin 500 ydinreaktorin tarpeisiin. Ylikapasiteetin johdosta hintakilpailu on kovaa ja polttoaineen hinta pysyy alhaalla. Georges Bessen rikastuslaitos pitää valttikortteinaan korkeaa laatua, kokemusta ja hyviä suhteita Ranskan johtavaan sähköyhtiöön EdF. Tulevaisuudessa laserin käyttöön perustuvien rikastusprosessien odotetaan valtaavan alaa kaasudiffuusiosta ja Tricastinin "ydinlaaksossa" ollaan ajan hermolla tässäkin asiassa.

### Krokotiileilla lokoisat oltavat

Laitoksen kuluttama sähköenergia muuntuu pääosin UF<sub>6</sub>-kaasun lämpöenergiaksi kompressoreissa. Kaasu jäähdytetään lämmönsiirtimissä, joista jäähdytykseen käytetty vesi johdetaan Rhône-joen lämmitykseen jäähdytystornien välityksellä.

Osansa lämmöstä saavat myös kymmenet kasvihuoneet ja alueella sijaitseva Ranskan ainoa krokotiilifarmi. Ympäristöstä otetaan jatkuvasti näytteitä, joista mitataan mm. radioaktiivisuus ja fluori-pitoisuus. Mittaustulokset julkaistaan kuukausittain, jolloin ympäristön asukkaat voivat varmistua krokotiilien elinympäristön turvallisuudesta.

DI Ari Julin on Säteilyturvakeskuksen tarkastaja ja hänen pääasiallisena tehtäväkenttäänään ovat todennäköisyyspohjaiset turvallisuusanalyysit (PSA), p. (09) 7598 8363; E-mäil: ari.julin@stuk.fi

Minna Tuomainen

## EPÄONNINEN SUPERPHÉNIX



*"Youngster"-joukkomme Ranskan matkan viimeinen vierailukohde oli Superphénix, maailman suurin hyötöreaktori. Reaktorin maine ei ole kaikkein parhaimpia, sen käyttöhistoria koostuu erilaisista teknisistä ongelmista, suunnitelluista ja suunnittelemattomista seisokeista sekä laitoksen käyttöä rajoittaneista viranomaismääräyksistä. Vuonna 1994 annetun käyttöluvan perusteella laitos muutettiin tutkimusreaktoriksi sähkön tuotannon jäädessä toiselle tilalle. Tällä hetkellä reaktori on pysäytetty ensimmäistä latausseisokkia varten, jossa sydäntä muutetaan uusien määräysten mukaisesti kuluttamaan plutoniumia sen tuottamisen sijasta.*

Rhønen varrella Etelä-Ranskassa sijaitsevan reaktorin omistaja ja käyttäjä on kansainvälinen NERSA, jonka suurin osakas on ranskalainen EdF. Toiseksi suurin osuus on italialaisella ENELillä, ja kolmantena on kansainvälinen SBK. Viimeksimainittuun kuuluu yrityksiä Saksasta, Alankomaista, Belgiasta sekä Isosta-Britanniasta.

Superphénix on nopean hyötöreaktorin prototyyppi, sähköteholtaan 1 240 MW. Ensimmäisen kriittisyyden reaktori saavutti syyskuussa 1985, ja valtakunnan verkkoon se kytkettiin ensimmäisen kerran tammikuussa 1986. Laitoksen käyttöhistoria koostuu alasajoista ja seisokeista, joihin ovat olleet syynä sekä tekniset ongelmat että poliittiset päätökset.

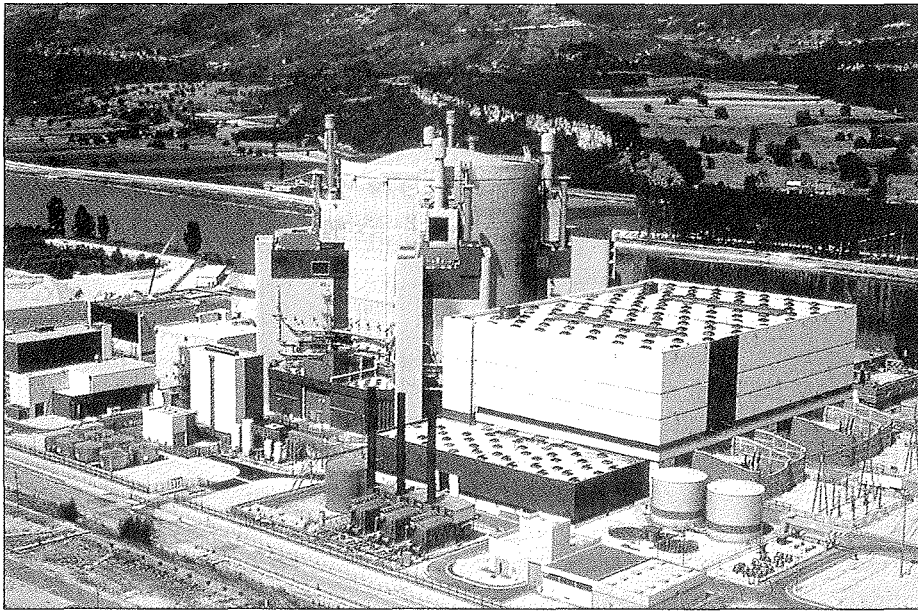
Kymmenvuotisen toimintansa aikana reaktori on ollut tehokäytössä noin neljän vuoden ajan. Vuonna 1990 laitos jouduttiin sulkemaan primääripiirin natriumin likaantumisen vuoksi. Seisokin oli tarkoitus kestää vain puoli vuotta, mutta se venyi kaiken kaikkiaan neljän vuoden mittaiseksi. Syy viiväs-

tyksiin oli pääasiassa viranomaismääräyksissä. Kun laitos oli valmis käynnistettäväksi vuonna 1992, seisokin kestänyt yli kaksi vuotta, viranomaiset antoivat määräyksen, jonka mukaan yli kaksi vuotta käytöstä poissa ollut laitos tulee lisensoida kuin uusi.

### Laitoksen käytössä jatkuvasti ongelmia

Vuonna 1994 reaktorin uudelleen käynnistämiseksi saatiin lupa, aluksi käyttö kuitenkin sallittiin vain 30 %:n tehota-solla. Lisäksi reaktorin rooli muutettiin tehoreaktorista tutkimusreaktoriksi, jota voitaisiin käyttää myös sähkön tuotantoon. Vaikka laitoksen käyttö ei nytkään sujunut aivan ongelmitta — laitos oli seisokissa lähes koko vuoden 1995 — helmikuussa 1996 viranomaiset myönsivät luvan nostaa teho 60 %:iin, ja lopulta 15.10.1996 90 %:iin, joka saavutettiin marraskuussa 1996.

Pitkään laitos ei tälläkään kertaa ehtinyt olla käynnissä, sillä se pysäytettiin tämän vuoden alussa ensimmäistä polttoainevaihtoseisokkia varten. Mikäli



*Yleiskuva Creys-Malvillen voimalaitoksesta.*

kaikki sujuu suunnitelmien mukaisesti, laitos käynnistetään seuraavan kerran kesäkuussa 1997.

Vierailun aluksi näimme reaktorin rakennusvaiheita esittelevän filmin, minkä jälkeen vuorossa oli laitoskierrros. Ajankohdan johdosta — perjantai-iltapäivä, sekä yleinen vapaapäivä, jonka syy tosin jäi ainakin kirjoittajalle epäselväksi — emme tavanneet kovin-kaan monta työntekijää, muun muassa simulaattorin esittely jäi väliin, koska henkilökuntaa ei ollut. Mutta kierros reaktorirakennuksessa oli perusteellinen ja kiinnostava, ja oppaanamme toiminut rouva oli sekä asiantunteva että asia- taan innostunut. Laitosta oltiin vierai- lumme aikana ajamassa ylös lyhyen huoltoseisokin jälkeen.

Superphénix on allastyypinen reaktori, jossa primäärijäähdytteenä toimii natrium. Primääripiiristä lämpö siirretään välipiiriin, joka myös käyttää natriumia kiertoaineena. Välipiiristä lämpö siirretään höyrystimissä veteen. Koko primääripiiri ja välipiirin lämmönvaihtimet on sijoitettu reaktoriastian sisään. Höyrystimet, joita on kaikkiaan neljä kappaletta, ovat kukin omassa rakennukses- saan suojarakennuksen ulkopuolella.

Natriumin käytössä on hyvät ja huonot puolensa. Natriumin lämmönsiirto- ominaisuudet ovat hyvät ja primääripiiri voi olla paineeton, mutta kemiallisesti

aktiivisena natrium vaatii suojakaasun käyttöä, sekä natrium-vesi- että natrium- ilma-reaktiot ovat varsin ei-toivottuja. Natrium myös aktivoituu neutronivuosa, ja siitä syystä välipiiri on välttämätön. Aktivoituminen myös vaikeuttaa primääripiirin huoltoa.

Reaktorin sydämessä on vielä alkuperäinen lataus. Hyötöreaktorin tarkoituksena on tuottaa uraanin isotoopista  $^{238}\text{U}$  fissiokelpoista plutoniumia  $^{239}\text{Pu}$ . Reaktori voi kuitenkin toimia myös plutoniumin kuluttajana. Superphénixin eräs päämäärä onkin uuden käyttöluvan mukaan kuluttaa plutoniumia sen tuottamisen sijaan. Tarkoitus on myös tutkia mahdollisuutta käyttää reaktoria ydinjät- teiden hävittämiseen.

DI Minna Tuomainen työskentelee ydintekniikan assistenttina Lappeenrannan teknillisellä korkeakoululla, p. (05) 621 2713; E-mail: minna.tuomainen@lut.fi

**D**estination: Lyon, France and there we were, 10 young engineers working in different fields of nuclear engineering early Sunday morning 1.12.1996 at Helsinki-Vantaa airport ready to start our one week journey to France and visit some of the “nuke sites“ there. After few hours the plane landed finally to the Lyon Satolas airport. There we enjoyed a nice welcome by the SFEN (French Nuclear Society) youngsters, a group of students studying technical subjects in three different schools at the Lyon region. We got the first glance of Lyon from the hill of a huge beautiful “Basilique“. The weather was clear, and so we were even lucky enough to see the Mont Blanc. After a nice cup of coffee we continued with two minivans towards Grenoble and the Alps for our first “technical“ visits of the tour.

### Colloquium on PWR safety

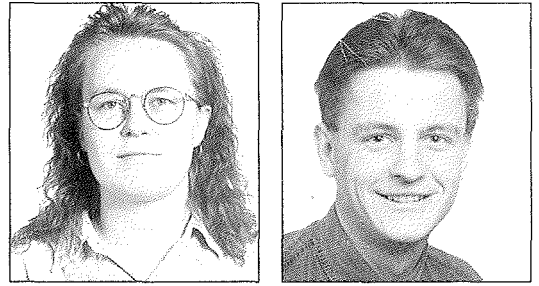
The next two days of the trip were dedicated to the French-Finnish Colloquium on PWR Safety, a two day seminar organised by CEA (Commissariat à l’Energie Atomique), at the CEA research centre in Grenoble. The Colloquium included seminar presentations on three different subjects: thermal hydraulic codes, VVER operational safety research activities and severe accidents.

Monday was dedicated to the use of different thermal hydraulic computer codes, especially the French CATHARE and the Finnish APROS codes, but also on applications in the field of neutronics calculations. Later on, representatives from both countries introduced some present studies and activities related to the Russian VVER type nuclear power plants, computer code analysis as well as experimental research. The item of the last session of the Colloquium was the severe accidents involving in-vessel retention, and simulations on the different phenomena during accidents.

In addition to the lectures we also visited some experimental facilities at the CEA research site in Grenoble. We saw first of all BETHSY, the integral test facility for PWR safety studies.



# YOUNG FINNISH NUCLEAR ENGINEERS TOURING FRANCE 1.-8.12.1996



*In early December 1996 a group of young Finnish nuclear engineers were given an opportunity to tour French nuclear installations and study the French nuclear research and production activities. The programme was biased on PWR safety and operational research aspects, but important lessons were learned also on nuclear fuel cycle and fast breeder technology.*

BETHSY is a joint programme of CEA, EDF (Electricité de France) and Framatome. The objectives of this programme were to understand different physical phenomena of PWRs, to contribute data for assessing computer codes like CATHARE and to validate physical assumptions of emergency operating procedures of the plants. Simulating the reference NPP of Framatome three loop PWR with 2775 MW<sub>th</sub> (900 MW<sub>e</sub>) the BETHSY facility itself is an impressive piece of equipment. The scaling factors of the facility compared to the reference NPP are 1:1 on elevations and 1:100 considering volumes. The core is constructed of 428 full length heater rods and is able to produce 3 MW. The operating pressure is 16,2 MPa on the primary side and 8 MPa on the secondary, to mention some parameters of the facility.

Also, we visited SULTAN and CORINE facilities, which have been constructed for analytical research of severe accidents. With the SULTAN facility studies of water cooling of a core catcher are performed. The other one, CORINE, is used for investigation of corium spreading.

On Monday evening we joined together with the other participants of the Colloquium for a dinner organised by CEA. The place was a wonderful small

castle up in one of the hills of Grenoble. And yes, we did eat snails, and survived from that, and with a great pleasure! On Tuesday evening our group met some students studying nuclear engineering in Grenoble. The students along with their teacher had organised another most enjoyable dinner for us.

## Touring the Nuclear Sites

On Wednesday morning we continued our tour towards Cadarache, another research site of CEA. The drive between Grenoble and Cadarache went along a mountain valley and we saw some beautiful sights of the Alps. In Cadarache, we were introduced to the severe accidents research of CEA. There, the people of IPSN (Institute for Nuclear Safety and Protection) introduced us first to the site and CEA/Cadarache organisation.

Later on, we were presented the PHEBUS FP programme, a joint programme of the CEA/IPSN, EDF, EU, Japan, USA, South Korea and Canada. This six test series programme, studying releases of radioactive fission products during severe accidents in PWRs, is devoted to the validation of the computer codes by producing experimental data for comparison. We were shown the actual PHEBUS test

reactor used for supply of neutrons for the experiments under the programme. The experiments are performed with the system of three main components. The test fuel bundle, the source of fission product release under investigation, is constructed of 20 fuel rods 100 cm high. The test circuit simulates the components of a PWR coming in contact with fission products, and the 10 m<sup>3</sup> tank simulates the reactor containment.

After spending a splendid evening with the young SFEN members in Aix-en-Provence and having a short sleep in a hotel there, we were back at the CEA site in Cadarache on Thursday morning. Now we were shown more of the CEA's severe accidents research, namely the facilities VULCANO and AEROSTAT. VULCANO is an impressive research effort for studying the core melt behaviour in a very severe accident situation. AEROSTAT was designed for research on aerosol behaviour in the case of extensive corium-concrete reaction in the containment. Knowing how difficult and time-consuming it is to do experimental research on phenomena like these we were thrilled to see the results and discuss the future plans of CEA in this field.

After an excellent lunch at CEA, we continued our trip up towards north. French highways were crowded as usually, but after a few hours and as many U-turns we made it to our next visit.

A valuable insight into the front end of the nuclear fuel cycle was given in Tricastin, where the young engineers' group visited the COGEMA uranium enrichment facility. Knowing that there exists only few facilities of this kind in the world, the group was eager to learn and ask questions about this huge

enrichment complex. The sheer size of the facility was a fascinating feature, not to mention the huge need for electricity, supplied by four PWR plants located right next to the enrichment plant. The visit had an important purpose: to enlarge the professional scope of the group to see the whole nuclear fuel cycle and to visualise the complexity and tremendous effort, which is being put into nuclear fuel manufacturing. This kind of insight into the origin of the nuclear fuel was certainly needed among our group, since the Finnish nuclear industry only covers the actual power production and waste disposal.

Impressed of the views we then finally continued our trip to Lyon. En route we of course visited one of the famous vineyards of the Rhone valley.

### **New Technology: SIPA and Superphenix**

On Friday morning we visited the SEPTEN division of EDF. There we were shown the SIPA simulator. We actually got a chance to run the French PWR as operator and to simulate the accident scenario of Three Mile Island. After lunch by EDF we continued to the second visit of the day. The highlight of the Fridays schedule was the visit to the Superphenix fast breeder reactor. A complete and up-to-date information package was received about this important and far-reaching project, which appears to be a combination of big science and energy production business. It remained unclear which one of these two aspects was the more important one, but is the question even meaningful?

It was refreshing to see that something totally new is being made and operated in the field of nuclear energy production, which today has a tendency to concentrate on improving and studying the behaviour of the old structures instead of thinking the whole concept all over.

After a long and memorable day it was time not for rest, but celebration: the Finnish independence day was celebrated with patriotism strengthened by a little bit of homesickness. An excellent

dinner was provided by SFEN and the French-Finnish friendship was toasted many times.

### **Conclusion in Lyon**

The last day of the visit was devoted to non-professional activities accompanied by Mr. Chometon from SFEN and the young nuclear engineers and students in Lyon. In the morning, during a sight seeing tour in the old part of Lyon, we saw the famous cathedral clock running with all the moving puppets. We also walked through the alley ways, the walkways or "traboules", inside and between the old houses built during hundreds of years. After this tour in the old part of this beautiful city some chose to see museums and others to perform some very important and highly standardised tourist work called shopping. In the evening we had our last dinner in Lyon containing a local pastry, a kind of pizza with different fillings, some wine and lot's of chatting and laughs. On Sunday, bit exhausted, but very rich on new impressive sights, fresh experiences, memories and friends, we left Lyon towards home.

### **Acknowledgements**

This study tour of ten young Finnish nuclear engineers was organised by Mr. Timo Haapalehto (ATS, Finnish Nuclear Society), Mrs. Nora Kalso (French-Finnish Association on Science and Technology) and Mr. Pierre Louis Chometon (SFEN, French Nuclear Society), as well as young members of SFEN. The journey was sponsored by ATS and French-Finnish Association on Science and Technology as well as our employers: Imatran Voima Oy (Finnish nuclear power utility), VTT (Technical Research Centre of Finland), STUK (Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety) and LTKK (Lappeenranta University of Technology). Special thanks to Nora, Timo and Mrs. Christine Sarrette for guiding us through the different sites!

Moreover we wish to thank the French Nuclear Society, which had put together a most interesting programme. One week is a short time to spend on such a large concept as the French nuclear programme, but anyhow we were given a good introduction to nuclear engineering activities in southern France. Above all we received an overwhelming amount of warm hospitality by SFEN members, our colleagues and nuclear engineering students in France.

**Virpi Korteniemi, MScTech**, is a laboratory engineer in Lappeenranta University of Technology, and she is the new treasurer of the Finnish Nuclear Society.

**Vesa Tanner, MScTech**, is a research scientist in the Nuclear Applications Group of VTT Chemical Technology, and he is the new secretary of the Finnish Nuclear Society.

### **How to contact us:**

**Virpi Korteniemi**  
Lappeenranta University of  
Technology,  
Department of Energy  
Technology,  
Nuclear Engineering Laboratory,  
P.O.BOX 20,  
FIN-53851 Lappeenranta,  
FINLAND  
Tel: +358 5 621 2781  
Fax: +358 5 621 2799  
Email: virpi.korteniemi@lut.fi

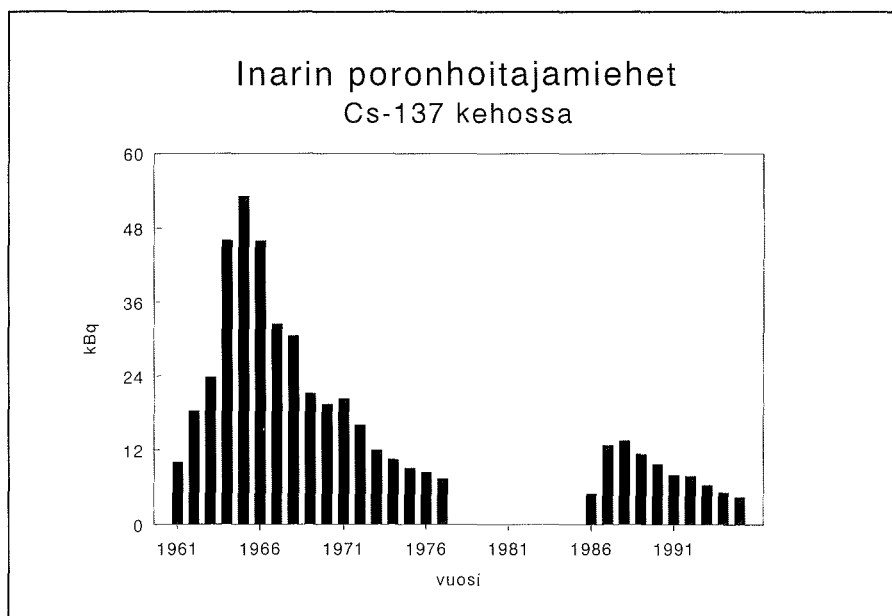
**Vesa Tanner**  
VTT Chemical Technology,  
Process Physics,  
Nuclear Applications Group,  
P.O.BOX 1404,  
FIN-02044 VTT,  
FINLAND  
Tel: +358 9 456 6354  
Fax: +358 9 456 6390  
Email: vesa.tanner@vtt.fi

# JÄSENPALSTA

ATS:N VUOSIKOKOUS 26.2.1997

Näytettiin ihmeitä

*ATS:n vuosikokous pidettiin 26.2. Helsingin Yliopiston Radiokeemian laitoksen tiloissa, isäntänä professori Timo Jaakkola uudessa upeassa rakennuksessa. Ensi numerossa on TkT Risto Harjulan juttu, joka kertoo eräästä laboratorion tutkimusalueesta ja sen sovelluksista. Ohessa kuva, jonka seuran jäsenet kokouksessa näkivät. Mitä erikoista siinä on?*



Inarin poronhoitajien kehon radiocesumpitoisuutta on mitattu liikuteltavaa kokokeholaskentajärjestelmää käyttäen vuodesta 1961 lähtien. Ydinasekokeet näkyvät selkeästi. Vielä vuonna 1977 tehtiin mittaukset, mutta sitten seurasi tauko. Vuoden 1986 huhtikuussa — juuri ennen Tshernobylin onnettomuutta — HYRL ja STUK aloittivat mittaukset uudelleen! Tällaista ajoitusta löytää tosielämästä harvoin.

JIA/IVO-Loviisa

SUOMEN  
ATOMITEKNILLINEN  
SEURA –

ATOMTEKNISKA  
SÄLLSKAPET  
I FINLAND ry



## Kannatusjäsenet

ABB Power Oy

Fintact Oy

IVO-yhtiöt

Kemira Oy, Energia

Mercantile-KSB Oy Ab

NAF Oy

Neste Oy

Perusvoima Oy

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PRG-Tech Oy

Rados Technology Oy

Saanio & Riekkola Oy

Siemens Oy

Soffco Oy Ab

Suomen Atomivakuutuspooli

Suomen Malmi Oy

Teollisuuden Voima Oy

VTT Energia

YIT-Yhtymä Oy