



ATS

YDINTEKNIikka

SISÄLTÖ

ESPANJA

Viva energia nuclear en España	1
ATS 25 vuotta	2
Lausunto ATS:n 25-vuotisjuhlan kunniaksi järjestetystä lehdistötilaisuudesta	3
Mitä vaatii ydinvoiman uusi tuleminen?	4
ATS:n ulkomaan opintomatka Espanjaan	6
Yleiskatsaus Espanjan ydinenergiaan	8
Vierailukohteet	13
Shelving of the Swedish Nuclear Phase-out Policy	22
Tarve ja mahdollisuudet parantaa Itä-Euroopan maiden ydinvoimalaitosten turvallisuutta	25
Working in Finland	27
Työssä Englannissa	28
Lyhyesti maailmalta	30
English abstracts	
Special issue: Spain	32

ATS

YDINTEKNIikka

4/91, vol. 20

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

TOIMITUS

Päätoimittaja
DI Heikki Raumolin
Perusvoima Oy
PL 138, Malminkatu 16
00101 Helsinki
P. 90-60906017

Erikoistoimittaja
FK Osmo Kaipainen
Teollisuuden Voima Oy
Fredrikinkatu 51—53
00100 Helsinki
P. 90-605022

Erikoistoimittaja
DI Jorma Aurela
Imatran Voima Oy
PL 23
07901 Loviisa
P. 915-550576

Erikoistoimittaja
DI Kirsti Tossavainen
Säteilyturvakeskus
PL 268
00101 HELSINKI
P. 90-708 2388

Toimitussihteeri
DI Pertti Salminen
Teollisuuden Keskusliitto
PL 220, Eteläranta 10
00131 Helsinki
P. 90-180 9233

JOHTOKUNTA

Pj. TKT Rainer Salomaa
TKK/Teknillisen fysiikan laitos
Otakaari 2
02150 Espoo
P. 90-4513199

Vpj. DI Klaus Kilpi
VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio
Lönnotinkatu 37
00180 Helsinki
P. 90-648931

Rh DI Anna-Maija Kosonen
VTT/Metallilaboratorio
PL 26
02151 Espoo
P. 90-4566858

Siht. DI Jussi-Pekka Palmu
Imatran Voima Oy
PL 112
01601 Vantaa
P. 90-5084562

Jäs. DI Leif Blomqvist
Säteilyturvakeskus
PL 268
00101 Helsinki
P. 90-70821

Jäs. DI Jorma Kotro
Imatran Voima Oy
PL 112
01601 Vantaa
P. 90-5082416

Jäs. TkL Eero Patrakka
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
P. 938-3811

TOIMIHENKILÖT

Yleissihteeri
DI Petra Lundström
Imatran Voima Oy
PL 112
01601 Vantaa
P. 90-5085422

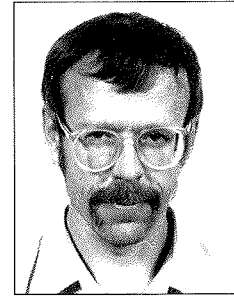
Kans.väl.yhteyks.siht.
DI Klaus Kilpi
VTT/Ydinvoimatekniikan lab.
Lönnotinkatu 37
00180 Helsinki
P. 90-648931

Ekskursios sihteeri
DI Jorma Aurela
Imatran Voima Oy
PL 23
07901 Loviisa
P. 915-550576

ATS-Info puheenjohtaja
DI Antti Hanelius
Suomen Voimalaitosyhdistys ry.
Lönnotinkatu 4 B
00120 Helsinki
P. 90-602944

TkT Rainer Salomaa on TKK:n teknillisen fysiikan laitoksen va. professori ja ATS:n puheenjohtaja. Puh. 90-451 3199.

Rainer Salomaa, TKK



Viva energia nuclear en España!

Tänä vuonna ATS:n ulkomaan opintomatka suuntautui Espanjaan, jossa seuralaiset edellisen kerran retkeilivät melkein päivälleen kymmenen vuotta sitten. Osallistujat olivat uusia, mutta eräitä taattuja vierailukohteita oli yhteisiä edellisen opintomatkan kanssa. Espanjan laaja ydinvoimateollisuus tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden perehtyä alan koko kenttään uraanikaivoksista erityyppisiin voimaloihin. Kuten tuntamaton ekskursionisti totesi: ”Matka kesti viikon mutta kokemuksia karttui vuoden edestä”.

Espanjan ydinvoimaloiden laajaa kirjoa edusti kaksi aivan erityyppistä laitosta, Vandellos-1 sekä Trillo-1. Vandellos-1:n turpiin hallin palo vuonna 1989 on luokiteltu vakavaksi ydinvoimalatapatumaksi. Tulipalon jälki oli silmännähtävästi pahannäköistä, mutta hallin rakenteet eivät olleet vaurioituneet. Mammuttimainen kaasujäähdytteinen grafiittimoderoitu reaktori oli monelle ensikokemus. Trillo-1 vuorostaan oli moderni, juuri revision vuoksi alasajettu painevesilaitos — hyvin samankaltainen kuin mitä Suomeen on tarjottu.

Ydinvoimatekniikan tutkimuksen ja koulutuksen makupaloja saimme Ciematissa, Tecnatomissa sekä Madridin teknisessä korkeakoulussa. Ydintekniikan tutkimuskeskuksen Ciematin ja kotoisen VTT:mme välillä on monia yhtymäkohtia. Alan koulutukseen liittyvät ongelmat ovat monessa suhteessa samoja kuin Suomessa kuten niiden ratkaisemiseen käytettävät keinotkin.

Espanjan ydintekniikkaan oli pürrut lama. Apeahko mieliala johtui keväällä tehdystä moratoriopäätöksestä: ei uutta ydinvoimaa ennen vuotta 2000. Energiatarpeen ihmeläkkeeksi tarjottiin algerialaista ja marokkolaista maakaasua. Ydinvoimabisnes on tiukkaa Espanjassakin. Uraanin matalat maailmanmarkkinahinnat ovat pakottaneet tuotantoprosessien uusimiseen; polttoainevalmistuksen ylikapasiteetin vuoksi hintakilpailu on kovaa; ydinvoimaloiden komponenttivalmistus on supistunut ratkaisevasti.

Espanjan ydintekninen seura on malliesimerkki ENS:n seurojen joukossa. Toiminta on erittäin aktiivista ja resurssit kateutta herättävät. Huomattavana seuran rahasampona, lukuisan kannatusjäsenjoukon ohella, on konferenssitoiminta. Varsinaiseen yleisövalistamiseen seura ei ole panostanut. Jäsenkunnalle jaettava informaatioaines sitävastoin oli hyvin korkeatasoista. Seura on vireästi osallistunut myös alan ammatilliseen koulutus- ja kehittämistyöhön. Seuran sihteeri Manuel Casanova oli kiitettävästi hoitanut yhteydet espanjalaisiin vierailukohteisiin.

Mielenkiintoisesta ohjelmasta ja reippaista opintomatkailijoista huolimatta kunnan opintoretki jää torsoksi ilman uupumatonta ekskursionistiä. Espanjan retkellä Jorma ”Ivan the smalltalk” Aurela piti rauvaisella otteellaan aikataulut kurissa ja kevensi pitkät bussimatkat lähes huomaamattomiksi ammattioppaan taidoillaan kertoen erittäin kiintoisasti ajoista, tavoista ja paikoista. □

ATS YDINTEKNIikka (20) 4/91

ESPANJA

Vuoden 1992 numeroiden teemat ovat:

- No. 1 Ydinvoima ja asenteet
dead-line 31.1.
- No. 2 Turvallisuuden arviointi
dead-line 30.4.
- No. 3 Säteily
dead-line 15.8.
- No. 4 Yhdysvallat

Vuosikerran tilaushinta muilta kuin
ATS:n jäseniltä: 200 mk

Ilmoitushinnat: 1/1 sivua 2000 mk
1/2 sivua 1400 mk
1/3 sivua 1000 mk

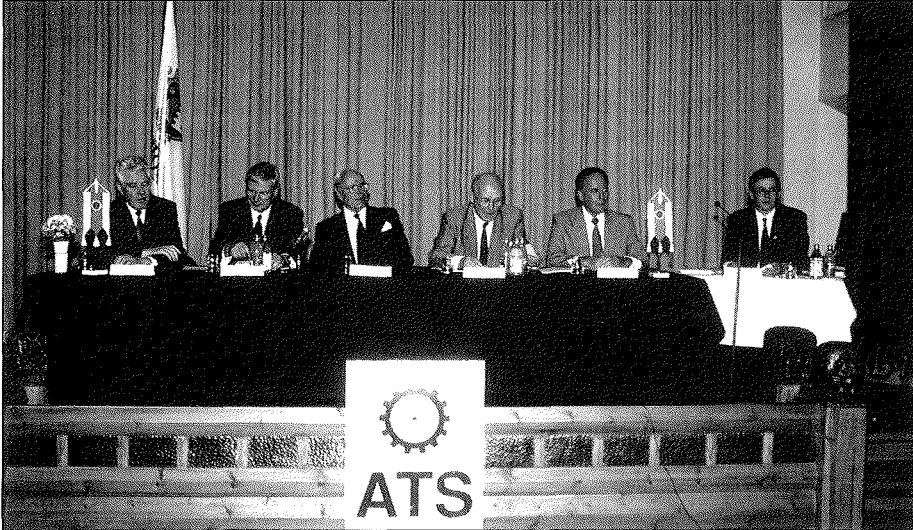
Toimituksen osoite:

ATS Ydintekniikka
c/o Pertti Salminen
Teollisuuden Keskusliitto
Eteläranta 10, PL 220
00131 Helsinki
p. 90-180 9233
telefax 90-180 9209

Lehdessä julkaistut artikkelit edustavat kirjoittajien omia mielipiteitä, eikä niiden kaikissa suhteissa tarvitse vastata Suomen Atomiteknillisen Seuran kantaa.

ISSN-0356-0473

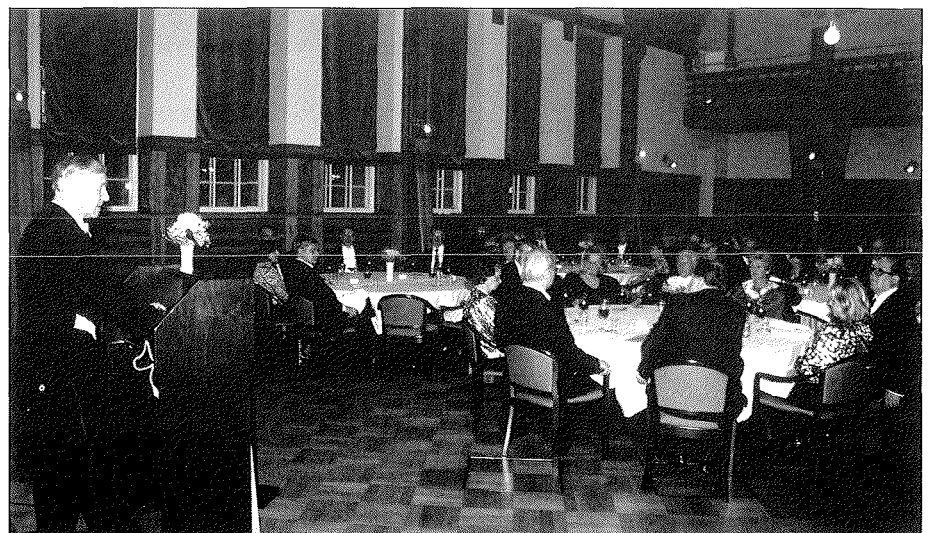
ATS 25 vuotta



ATS:n 25-vuotisjuhlaa vietettiin 4.10.1991 Lord-hotellissa. Iltapäiväseminaarin avasi ATS:n puheenjohtaja, professori Rainer Salomaa, ENS:n tervehdyksen esitti pääsihteeri Peter Feuz ja erittäin mielenkiintoisen seminaariesitelmän piti professori Pekka Silvennoinen. Seminaarin päätti historiapaneeli, johon osallistuivat vuorineuvos Pentti Alajoki, vuorineuvos Kalevi Numminen, suurlähettiläs Paul Gustafsson, teollisuusneuvos Ilkka Mäkipentti ja toimitusjohtaja Magnus von Bonsdorff. Eri-nomaisena puheenjohtajana toimi rutinoitunut ATS-aktivisti Juhani Santaholma. Yleisö osallistui aktiivisesti keskusteluun, alla on äänessä akateemikko Erkki Laurila.



Iltajuhlaan osallistui noin 70 ATS:n jäsentä. Juhlapuheen piti ATS:n kunniajäsen akateemikko Pekka Jauho. Puheen keskeinen sanoma oli tradition siirto ydinasiantuntijapioneereilta seuraavalle sukupolvelle. Iltajuhlassa kutsuttiin ATS:lle kaksi uutta kunniajäsentä: professori emeritus Jorma K. Miettinen ja professori Antti Vuorinen.



Lausunto ATS:n 25-vuotisjuhlan kunniaksi järjestetystä lehdistötilaisuudesta 4.10.1991

European Nuclear Society on 23 Länsi- ja Itä-Euroopan maan ydinteknillisten seurojen keskusorganisaatio. Se edustaa noin 20 000 ydinvoima-alan asiantuntijan ja ammattilaisen etuja ja näkemyksiä. Vaikkakin yhdistyksen ensisijaisena tehtävänä on teknillisen ja tieteellisen informaation vaihto jäsenten kesken, sen piirissä on vahvasti havaittu, että sen tulee yhä enenevässä määrin osallistua objektiiviseen ydinvoimatiedottamiseen suurelle yleisölle.

ENS käyttää eräänä tiedottamistapanaan lausuntoja ja julkilausumia, jotka on tarkoitettu viestinnän vastaaville ja tiedotusvälineille. Sallinette tässä esittää keskeiset viestit kolmesta ENS:n tärkeimmästä hiltain julkaistusta julkilausumasta.

1. Presidenttimme Jean van Dievoet'n vastikään antaman lausunnon mukaan radioaktiivisen jätteen, koskien kaitentyyppistä radioaktiivista jätettä, varastointi ja loppusijoittaminen on tämän päivän tekniikalla ja osaamisella mahdollista suorittaa turvallisesti. Ongelmat eivät ole teknillisiä, vaan poliittisia.
2. ENS:n heinäkuussa pidetyssä vuosikokouksessa Brysselissä vastavaliittu presidentti Colette Lewiner totesi lausunnossaan ydinenergian kustannuksista, että ydinvoimalla tuotettu sähkö on useimmissa Euroopan maissa ja myös muualla maailmassa taloudellisesti edullisempaa muihin energian tuotantomuotoihin verrattuna. Toisena ydinvoiman tärkeänä etuna mainittakoon, että vähentämällä hiilidioksidipäästöjä ilmakehään ydinenergia edistää luonnonsuojelua.
3. ENS:n vuonna 1990 tekemässä selvityksessä ydinvoiman mahdollisuuksista pienentää hiilidioksidipäästöjä on laskettu, että jos Euroopassa ydinvoiman käyttö lopetettaisiin vuoteen 2010 mennessä, kuten monet vaativat, kivihiililaitosten välttämättä lisääntyvästä



European Nuclear Societyn pääsihteeri Peter Feuz.

määrästä johtuen Euroopan sähkön- tuotannon hiilidioksidipäästöt lisääntyisivät nykyisestä 2 200 miljoonasta 5 250 miljoonaa tonniin vuodessa, eli karkeasti ottaen 2,5-kertaisiksi. Näin ollen ydinvoimat tuotannon lakkauttaminen vaikuttaisi rajusti ilmakehän hiilidioksidimäärän lisääntymiseen.

Toisaalta jos Eurooppa kaksinkertais- taiti ydinvoimat tuotantonsa seuraavan 20 vuoden aikana, voitaisiin Euroopan sähköt tuotannon hiilidioksidipäästöt leikata vuoteen 2010 mennessä 55 % nykytasosta, eli päästöt laskisivat 2 200 miljoonasta tonnista 1 420 miljoonan tonnin tasolle. Ranska on jo osoittanut mahdolliseksi saavuttaa tä- mänsuuntainen tavoite.

Suomen ydinvoimalaitosten käyttöko- kemukset ovat eräät maailman par- haista. Maassanne käydään keskuste- lua parhaillaan viidennen ydinvoima- lan rakentamisesta. Suomalaiset ajat- televat järkevästi — tulisi olla aivan ilmeistä, että ydinvoiman edut, varsin- kin jos tarkastellaan maailmanlaajuis- ta hiilidioksidiongelmaa, painavat huomattavasti enemmän kuin sen hai- tat. Siksi Suomen valinta ilmeisesti on viides ydinvoimala. □

Tohtori Peter Feuz on European Nuc- lear Societyn (ENS) pääsihteeri.

Mitä vaatii ydinvoiman uusi tuleminen?

ATS:n 25-vuotisjuhla osuu ajankohtaan, jolloin moni lausunnonvalmistelija selvittää omaa ja yhteisönsä suhtautumista uuteen ydinvoimalahankkeeseen. Mitä etuja ydinenergia tarjoaa, minkä edellytysten vallitessa se on riittävän turvallinen energiamuoto, mikä riskitaso on hyväksyttävissä ja kuinka suhtautua niihin epävarmuuksiin, jotka arvioihin liittyvät, koskivatpa nämä arviot sitten taloudellisuutta, turvallisuutta, tarjoutuvia työpaikkoja tai suuren työmaan läheisyydestä aiheutuvia kiusoja.

Alalla työskenteleville, siis meille tavallisille ATS:n jäsenille, ydinvoimakeskustelussa ovat varmaankin korostuneet juuri ulkopuolisen maailman taholta tulleet paineet, kysymykset ja käsitykset. Vilkas julkinen mielipiteenvaihto on ohittanut tarpeen ja ehkä myös vähentänyt tarmoa kysyä, mitä uusi hanke vaatii meiltä itseltämme ammattiryhmänä, tiedon ja taidon haltijoina, tullakseen hyväksytyksi ja onnistuakseen ylipäänsä.

Huipputekniikkaa

Kun nykyisiä ydinvoimaloitamme käynnistettiin, kielenkäytössä oli tapana erottaa ydinenergia ns. tavanomaisista energialähteistä. Ydinvoimatekniikka oli kiistämättä sen ajan huipputekniikkaa, high techiä. Nyt taas korostamme ehkä liiankin usein ja sitä etuna pitäen, että ydinvoimatekniikka on tavanomaistunut tultuaan laajamittaiseen käyttöön. Sehän on monilta osin aivan samaa tekniikkaa kuin mikä tahansa muukin lauhdevoimala.

Huipputekniikan vastakohtaksi miellettyjä tavanomaisia tuotantolaitoksia on kuvattu eräissä yhteyksissä "savupiiputeollisuutena". Vaikka ydinvoimalassa onkin piippu, ydinteknologia tulee silti käsittää huipputekniikaksi. Olkoonkin, että ydinreaktori on periaatteessa vain sintrattuja uraanidioksidisauvoja vesiastiassa. Valtoimeen tehontuottoon jälkilämpöineen liittyy kuitenkin poikkeuksellisen suuria säätö-, tarkkuus- ja materiaalivaatimuksia sekä turvallisuusriskejä. Ydinvoimala on suunniteltava ja sitä on käytettävä huipputekniikan kriteerein.

Kysymyksellä siitä, onko ydinenergia alana huipputekniikkaa vai ei, ei tietenkään ole itseisarvoa. Vastaukseen liittyy kuitenkin joitakin tärkeitä seurannaisuuksia henkilöstön tason kannalta. Alalla on varsin vähän väkeä. Kyvykästä nuorta polvea saadaan innostumaan ydintekni-



kasta vain, mikäli se mielletään tietoon perustuvana tekniikkana, jossa järki näyttelee pääosaa. Oikea teknologian tason assosiaatio on tärkeää myös alalla toimiville, joiden omaehtoinen tiedon jano ja tiedon haku ovat tehokkaan ja turvallisen käytön edellytys.

Tiukentuneet turvallisuusvaatimukset

Kokemuksista oppia ottaen ja kehittyvän teknologian suomien uusien mahdollisuuksien myötä Suomessakin on päädytty tiukentamaan turvallisuuskriteereitä. Emme käytännössä vielä tosin täysin tiedä, kuinka vaikeata vaatimukset on saada toteutetuiksi. Mutta vastaava kehitys muualla on antanut piristävän ruiskeen ydinvoimaloiden jatkokehitystyölle. On vaikeaa, ja itse asiassa turhaakin, pyrkiä määrittelemään, missä kulkee varsinaisen "vanhan" ja "uuden" jatkokehitetyn kevytvesireaktorin raja. Eri valmistajat ovat siirtyneet tai siirtymässä versiosta toiseen useiden osittaisparannusten kautta. Kehityksessä turvallisuus käy ennen kaikkea muuta.

Uusissa kevytvesireaktoreissa on varauduttu alun pitäen sydämen sulamiseen. Tavoitteeksi on asetettu vakaviin seuruuksiin johtavan radioaktiivisten aineiden päästötodennäköisyyden pitäminen

alle 10^{-6} vuotta kohti. Liikuttaessa 10^{-6} pinnassa arvioihin liittyy verraten suuri suhteellinen virhemarginaali. Viime aikoina on tullut esiin, että eri asiantuntijaryhmät voivat päätyä saman ydinvoimalan PSA:ssa poikkeaviin arvioihin, jopa niin että lopputulokset poikkeavat toisistaan arvioitua virhemarginaalia enemmän.

Turvajärjestelmät on mitoitettava konservatiivisesti virhemarginaalit huomioonottaen. Kaikkein hypoteettisimpienkin onnettomuusketjujen hallinnassa on pyrittävä siihen, että reaktorisydämen vaurioituminen ei etenisi reaktoripaineastian puhkeamiseen asti. Koska tätä ei kuitenkaan vielä voida osoittaa suurella varmuudella, on varmistettava, ettei tankin pettäminen aiheuta paineiskua suojarakennukseen. Pitkäaikainen suojarakennuksen ylipaine on voitava purkaa, vetyräjähdykset on estettävä ja sulansula on jäähdytettävä, jotta se ei polttaisi suojarakennusta puhki.

Sydämen sulamista ja suojarakennuksen kestävyttä kuvaavat mallit kaipaavat vielä lisää kehittelyä ja tuekseen kokeita. Vaikka esimerkiksi sula onnistuttaisiin pitämään tankissa, vapautuneet fissiotuotteet joutuvat pääkiertopiiriin ja saattavat kertyä lämmönvaihtimien putkiin, jotka voivat pettää. Fissiotuotteet ohittaisivat näin suojarakennuksen, mitä ei taas voida hyväksyä.

Luontainen turvallisuus

Turvallisuuden parantamiseksi korostetaan luontaisten ja passiivisten, luonnonlakien perusteella itsestään toimivien turvallisuustekijöiden ja -järjestelmien osuutta. Tavoite on itsestäänselvyys, mutta tiedossani ei vielä ole yhtään luvitusta-pausta, jossa ns. passiivisuus olisi olennaisesti yksinkertaistanut konstruktiota nykyisessä tai niitä lähellä olevissa reaktoreissa.

Paljon puhutaan aivan uudesta kevytvesi-reaktorista, joka perustuisi uusiin suunnittelukriteereihin. Esimerkiksi amerikkalaisessa AP-600:ssa käytettäisiin reaktorin hätäjähdytykseen painovoimaista veden syöttöä ja jälkilämmön poistoon luonnonkiertoa. Turvallisuusjärjestelmät voisivat toimia vuorokausia ilman ulkopuolista sähköä ja teräsuojarakennuksen jähdytys toimisi ulkoilman luonnonkierrolla. Itse en pidä muuten sitä hyvänä ratkaisuna tässä mallissa, että reaktorissa olisi vain kaksi jähdytyspiiriä.

Luonnonkiertoon perustuva ”jatkokehitys” on monessa suhteessa paluuta vanhaan. Suoraviivainen keino turvallisempaan ja yksinkertaisempaan konstruktiioon on välttää suuria tehotehyyksiä ja korkeita lämpötiloja ja paineita sekä tyytyä pieneen laitoskokoan. Tästä on esimerkkinä 1970-luvun suomalais-ruotsalainen lämmitysreaktorihanke SECURE.

”Uusi” on mainonnan avainsanoja. Toisaalta ”uuden” ja mahdollisesti paremman ennakoitu tulo on usein vain hyvä tekosyy lykätä hankalia päätöksiä. Niin on laita myös ”uuden” ydinvoimateknologian suhteen. Uuden tulemisesta saadaan näyttö aikaisintaan ensi vuosikymmenellä. Ja senkin jälkeen voidaan vielä päätyä rakentamaan sarja koelaitoksia. Suomen kannalta ydinvoiman uusi tuleminen merkitsee nykyisenkaltaisia kevytvesireaktoreita. Muu on jossittelua.

Vaikka uusi reaktori toimisikin jo sinänsä hyvin tunnetulla neutronien hidastumisalueella sekä totutuissa lämpötiloissa ja paineissa — mikä ei ollut vielä nähtävissä kun ensimmäisiä laitoksia tilattiin — ja vaikka polttoaine ja rakennemateriaalit ovatkin käyneet jo tutuiksi, ydinvoimalan käytön ja polttoainehuollon vähättely rutiinitoiminnaksi olisi suuri virhe. Itse uskon, että alan tärkeimmässä edelläkävijä-

maassa, nimittäin Yhdysvalloissa, ydinvoima menetti eturivin paikkansa uusien laitosten varteenotettavana vaihtoehtona lähinnä siksi, että siellä tekniikka jätettiin liian pikaisesti käyttöorganisaatioiden vastuulle. Tieteen kärki viihtyi paremmin 1940- ja 50-lukujen sensaatiomaisten innovaatioiden luoman euforian ja big science- glamourin lumoissa. Vankka tuki tieteellisistä lähtökohdista on kuitenkin välttämätöntä niin voimayhtiöille kuin turvallisuusviranomaisillekin.

Ydinjätteet

Ydinjätteet ovat osa ydinenergian käyttöä. Jotta ydinenergian uusi tuleminen olisi laajassa mitassa mahdollista, on pidettävä huolta siitä, että tämä jo vanhan polven reaktoreihin liittyvä velvoite hoidetaan. On osoitettava riittävän yksikäsitteisesti, että jätteet ovat eristettävissä luonnosta hautaamalla ne syvälle kallio-perään. Vaikka jätehuoltoketjua ei olekaan toteutettu teollisessa mitassa, on arvioitavissa, että sen riskialtimpia vaiheita lienevät käytetyn ydinpolttoaineen käsittely ja kapselointi. Vain jo olemassa-olevaa tekniikkaakin käyttäen jätteistä koituvan riskin odotusarvo on ainakin kertaluokkaa pienempi kuin mitä reaktorionnettomuuksista koituu.

Ydinjätehaudasta ei pahimmassakaan tapauksessa aiheutuisi reaktorionnettomuuksien kaltaisia suuria kertavaikutuksia. Välittömien säteilyn aiheuttamien terveysvaikutusten syntyminen on miltei mahdotonta. Suuronnettomuuteen verrattavia tuhoja voisi kuvitella seuraavan vain meteoriitin törmäämisestä ydinhuudan päälle tai erittäin voimakkaista maanjäristyksistä sen kohdalla. Tällöin kuitenkin säteilyllä olisi kuviteltavissa olevan verraten pieni vaikutus kokonaisvahinkojen kannalta.

Jätehuollon turvallisuudelle on vaikea löytää selvää turvallisuuskriteeriä, joka ottaisi huomioon geologien käsittelemät aikavälit, joihin liittyy maanjäristysten ja meteoriittien ohella useampien jääkausien vaikutukset. Arvioihin liittyvät suuret epävarmuudet tulee pyrkiä ottamaan huomioon konservatiivisin alkuolettauksin. Pitkällä aikavälillä jätteistä aiheutuva säteilyannos on valtaosin kuitenkin peräisin taas jätteen sisältämästä uraanista ja sen luonnollisten hajoamisketjujen tytärytimistä.

Ydinvoima ja yleinen mielipide

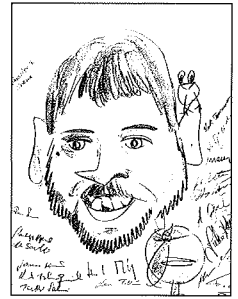
Sopuoinnussa yhteiskuntamme toimintaperiaatteiden kanssa päätöksentekijät ottavat ydinvoima-asiassa huomioon suuren yleisön suhtautumisen ja sen takana olevat sosiaaliset ja psykologiset näkökohdat. Näin on, vaikka ydinvoiman turvallisuus ei juuri riipukaan siitä, kuinka se pärjää galluptilastoissa.

Ydinvoiman parissa työtään tekevän ainoa mahdollisuus muovata julkista mieltä on tehdä työnsä kunnolla. Arkitodellisuus on ydinenergian paras puolesta-asi Suomessa. Silloinkin, ja ehkä juuri silloin, kun arkeen kuuluu putkirikkejä tai hiekkaa on muuten rattaissa. Tiedotusvälineiden ylilyönnit tulevat ja menevät. Ne heijastuvat pitkän päälle vain siinä, että suuri yleisö luottaa entistä vähemmän kohutoimittajiin. Hyvä työ, hyvin toimivat ydinvoimalat sekä viranomaisten ja voimayhtiöiden avoimuus ovat viime kädessä paras keino ydinvoiman hyväksyttävyyden voittamiseksi.

ATS:n piirissä on kuitenkin syytä korostaa, ettei logiikka pelaa kääntäen. Vaikka yleisön ja päätöksentekijöiden suhtautuminen ydinvoimaan onkin tullut myönteisemmäksi, yleisön hyväksyminen ei sinänsä lisää laitosten turvallisuustasoa. Niin organisaatioiden kuin yksilönkään tasolla ei ole varaa olla itseriittoinen ja omahyväinen tai menettää valppautta. Paitsi, että säilytämme viileän kriittisyyden omissa keskuudessamme, meidän on luotettava omaan asiantuntemukseemme ulkomaisten laitostoitimittajien työtä arvioi- dussamme. Omaan alaamme samaistune- nakin eettisen asenteemme on oltava rik- kumaton.

Uusi ydinvoimalaprojekti olisi iso hanke, joka ei kuitenkaan saisi viedä huomiota vanhoistakaan ydinvoimaloista. Sitä vaaraa tuskin on, sillä meillä on ollut riittävästi, ehkä liiankin kanssa aikaa valmis- tautua uuteen hankkeeseen. Hankittu kokemus, tieto ja taito saivat siitä arvoisensa haasteen. Tietoon tehdyn investoinnin olisi tuotettava korkonsa. □

Professori Pekka Silvennoinen on VTT:n energiatekniikan tutkimus- osaston johtaja. Puh. 90-456 4140.



ATS:n ulkomaan opintomatka Espanjaan 20.—26.10.1991

Suomen Atomiteknillisen Seuran ulkomaan opintomatkan kohteeksi oli tänä vuonna valittu Espanja. Näin siksi, että Seuran perinteisiin kuuluu vierailulla kymmenen (10) vuoden välein eräällä espanjalaisella uraanikaivoksella. Espanjan pitkistä etäisyyksistä johtuen matkakohteet oli valittu paralleelilta 41°, joka lävistää Barcelonan. On sitten toinen asia, että espanjalaiset isäntämme ovat keksineet siroitella matkan varrelle voimalaitoksia, kaivoksia ja polttoainetehtaita pääkaupungista puhumattakaan...

Matka onnistui hyvin, kiitos Espanjan Seuran (SNE) lähes sataprosenttisesti onnistuneiden järjestelyiden. Suunnittelussa oli soruttu äärimmäisyyteen, sillä ohjelma oli hieman liian tiukka. Tosin osasyynä tiukkuuteen on espanjalaisten lähes paranoidinen ateriominen, joka erään vuorokauden aikana söi meiltä seitsemän (7) tuntia — ruokapöydässä istumista. Tosin siinä sivussa vähän sivistyttiinkin, ja ryhmä piirretti puheenjohtajastaan ja ekskursiosihteeristään karrikatyyrit.

Yllätyimme positiivisesti saadessamme valokuvata molemmilla laitoksilla sekä kaikissa muissakin kohteissa lukuunottamatta polttoainetehtästä. Vandelloksen laitoksen avoimuus kertoo vuoden 1989 ikävästä tapahtumasarjasta antoi myös oppia, joka jäi matkalaisten mieleen. Näinkö sinänsä yksinkertaisista asioista se voi olla kiinni?

Matkat sujuivat mukavasti bussilla, vaikka kilometrejä tuli yli 1500! Viihtyvyyden takasi bussin hyvä varustelu, luotettava kuljettaja sekä aika ajoin suoritettavat huoltotoimet. Joukostamme löytyi myös eri alojen tietäjiä, jotka kertoivat meille muille matkan eri kohteista ja Espanjasta yleensä. Puheenjohtajan fuusiosta ja alkeishiukkasista pitämä pienen esitelmä on varmasti jäänyt kaikkien kuulijoiden mieleen.

Jotta kaikki ei kuulostaisi hymistelyltä, on kai myönnettävä, että kilometrejä olisi voinut olla vähemmän. Ja vapaa-aikaa olisi voinut olla enemmän. Ehkä kulttuuriakin, vaikka tutustuimmekin El Escorialiin, Filip II:n taruhoiteiseen linnaan — ja monet tottakai Pradon museoon... Li-



Ekskursiolaiset ryhmäkuvassa Vandelloksen sisäkäynnin luona.

säksi jotkut näkivät Madridissa eräänä iltana itse näyttelijä Viktorias Abrilin, joka yhdessä ohjaaja Pedro Almodovarin kanssa juhli pääkadulla elokuvansa ensi-iltaa suunnattomassa kenkämobiilissa (filmin nimi Tajones Lehanos viitanee kenkiin). Mutta kun näiden opintomatkojen tarkoitus on oppia ydinasioita, ja tällöin liika fissio on pahasta.

Perimmäisenä syynä jonkin matkan on-

nistumiseen tai onnistumattomuuteen on matkustava ryhmä. Tällä kerralla matkailaiset muodostivat niin fuusiogeenisen (tautofonian välttämiseksi homogeenisen korvike) ja mutkattoman ryhmän, että uskaltaa helposti todeta, että tämä matka oli onnistunut. Opimme niin Espanjan energiatilanteesta kuin tuon ikivanhan maan kulttuurista. Lukekaa itse, kyllä sen insinöörien jäyhästäkin kynäilystä havaitsee. □



MATKAOHJELMA

- 20.10. Lento Barcelonaan
Yöpyminen Barcelonassa
- 21.10. Ajo Tarragonaan
Vandelloksen ydinvoimalaitos
Yöpyminen Siguenzassa
- 22.10. Trillon ydinvoimalaitos
Espanjan Siemensin tarjoama illallinen
Yöpyminen Madridissa
- 23.10. TECNATOM ja sen tutkimuskeskus
Madridin teknillisen korkeakoulun fuusioinstituutti
Suomen ja Espanjan atomiteknisten seurojen yhteistapaaminen
Yöpyminen Madridissa
- 24.10. CIEMAT-ydinteknologiainstituutti
Yöpyminen Ciudad Rodrigossa
- 25.10. ENUSAn uraanikaivos
ENUSAn Juzbadon polttoainetehtäs
Yöpyminen Madridissa
- 26.10. Lento Suomeen

OSANOTTAJAT

Aurela Jorma	Imatran Voima Oy, Loviisa
Blomqvist Kurt	Teollisuuden Voima Oy, Olkiluoto
Granroth Mauri	Imatran Voima Oy
Höglund Randolph	VTT/Ydinvoimatekniikan lab.
Kalin Juha-Matti	Teollisuuden Voima Oy, Olkiluoto
Kariluoto Juha	Imatran Voima Oy, Loviisa
Konsi Jarmo	Säteilyturvakeskus
Kopiloff Pauli	Säteilyturvakeskus
Lösönen Pekka	Imatran Voima Oy
Malinen Markku	Teollisuuden Voima Oy
Nikula Anneli	Imatran Voima Oy
Ojala Ari	Imatran Voima Oy
Pöllänen Lauri	Teollisuuden Voima Oy
Salminen Pertti	Teollisuuden Keskusliitto
Salomaa Rainer	TKK/Teknillisen fysiikan laitos
Savikoski Alpo	Imatran Voima Oy, Loviisa
Taivainen Olli	Teollisuuden Voima Oy, Olkiluoto
Tossavainen Kirsti	Säteilyturvakeskus
Virtanen Juha	Imatran Voima Oy



DI Jorma Aurela toimii Loviisan voimalaitoksella turvallisuusinsinöörinä ja hän on ATS:n ekskursionssihteeri, puh. 915-550 3040.

ATS:n viiri jaettiin tavan mukaan isännille.

Matka taittui mukavasti linja-autolla, ruokailua emme todella unohtaneet Espanjassa ja vapaa-aikaa jäi lähes pelkästään yömyssyihin hotellihuoneissa.

Yleiskatsaus Espanjan ydinenergiaan

ESPAJAN ENERGIATILANNE JA YDINENERGIAN ASEMA

Pauli Kopiloff, Säteilyturvakeskus
Pertti Salminen, Teollisuuden Keskusliitto

Espanjassa toteutettava energiapolitiikka perustuu vuonna 1984 hyväksytyyn kansalliseen energiaohjelmaan (National Energy Plan, PEN). Vaikka ohjelmaa on myöhemmin tarkistettu, ovat sen perustavoitteet säilyneet alkuperäisinä. Keskeiset tavoitteet ovat energiahuollon monipuolisuuden ja varmuuden lisääminen, energiansäästö ja energiajärjestelmän joustavuuden parantaminen. Euroopan energiasisämarkkinoiden muodostuminen tuo myös muutostarpeita energiatalouteen. Muun muassa vaatimukset energiamonopolioiden purkamisesta, energian hinnoittelun vapautuminen ja ympäristövaikutusten vähentämiseen liittyvät määräykset vaikuttavat olennaisesti Espanjan energiahuoltoon lähivuosina.

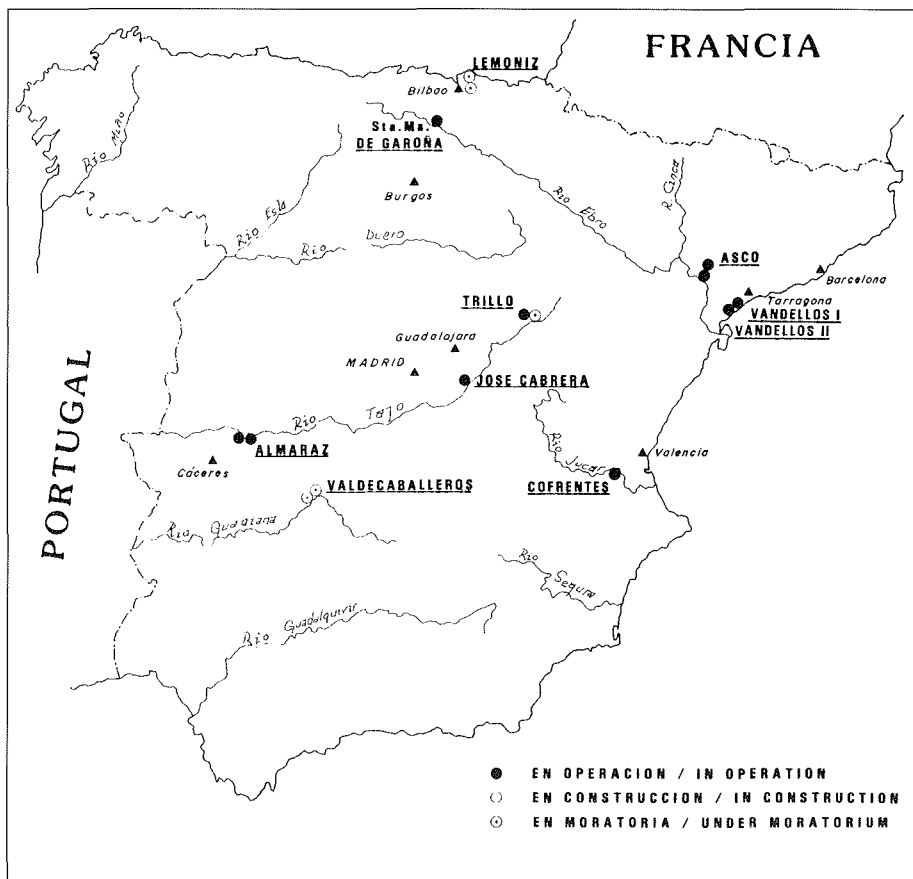
Espanjan energian kokonaiskulutus oli 86,4 Mtoe eli 2,2 ekvivalenttista öljytonnia (toe) asukasta kohti vuonna 1989. Vastaavat luvut Suomessa olivat 29,8 Mtoe ja 6,0 toe/asukas. Käytetyistä polttoaineista keskeiset ovat öljy 53 %, hiili 23 %, uraani 17 % ja maakaasu 5 %. Energian kokonaiskulutus on kasvanut 1980-luvulla keskimäärin noin 2,5 prosenttia vuodessa.

Espanjan sähköhuolto on monipuolista

Sähköä kulutettiin Espanjassa 146 TWh eli 3800 kWh asukasta kohti vuonna 1989. Vastaavat luvut Suomessa olivat 59,9 TWh ja 12000 kWh/asukas. Sähkön tuotannossa tärkeimmät energialähteet ovat hiili 41 %, uraani 39 %, vesivoima 13 % ja öljy 6 %. Kuitenkin vuosi 1989 oli tavanomaista huonompi vesivuosi. Normaalinä vuonna vesivoiman osuus on reilusti yli 20 % ja vastaavasti hiilen osuus runsaat 30 %. Sähkön kulutus kasvoi noin 3,5 prosenttia vuodessa 1980-luvulla.

Espanjassa on myös teollisuuden vastapainevoimaa. Vuoden 1990 lopussa vastapainevoimakapasiteetti oli lähes 1000 MW.

Espanja käy sähkökauppaa Ranskan ja Portugalin kanssa. Sillä on vuosina 1994 ja 1995 alkavat 10 vuoden sopimukset Ranskan kanssa 1000 MW:n perusvoiman ostosta Ranskasta ja 1000 MW:n huippukuorman myynnistä Ranskaan. Lisäksi Ranska myy Espanjan kautta 300 MW perusvoimaa Portugaliin.



Espanjan ydinvoimalaitokset.

Kielteinen kanta energiaveroihin

Espanjalaiset olivat sitä mieltä, että heidän energiaohjelmansa ja EY:n komission ehdottama strategia hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi sopivat hyvin yhteen. Tämä johtuu siitä, että strategiassa heikommien kehittyneille Välimeren maille, kuten Espanjalle, sallittaisiin vielä hiilidioksidipäästöjen kasvua. Toisaalta taas Belgian, Hollannin, Saksan ja Tanskan tulisi vastaavasti vähentää päästöjään.

EY:n strategiassa esitettiin energiaveroihin sen sijaan Espanjan hallitus on ottanut selkeän kielteisen kannan.

Käytännössä sähkön tarpeen kasvu tyydytetään 1990-luvulla kaasulla ja hiilellä. Erityisesti hiilen asema on vahva, koska ammattiyhdistysliike valvoo hiilialan työntekijöiden etuja muun muassa vastustamalla kaasun käytön lisäämistä.

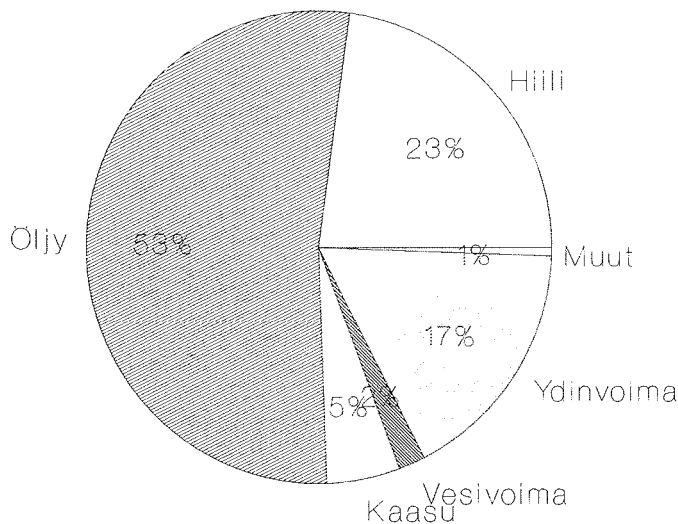
Espanja panostaa ydinenergia-tutkimukseen

Espanjan valtio panosti energiatutkimukseen noin 60 miljoonaa dollaria vuonna 1990. Tästä fissioon perustuvan ydinenergian tutkimukseen käytettiin 51 % ja fuusioenergian tutkimukseen lähes 5 %.

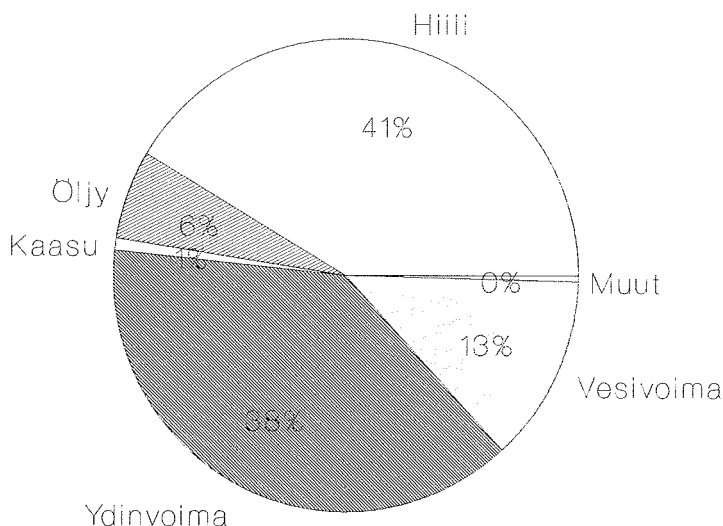
Keskeiset ydinenergia-alan tutkimuskohteet ovat ydinvoimaa tukevan teknologian kehittäminen, turvallisuuden parantaminen ja polttoainekierto. Kevytvesireaktoreiden kehitystyön rahoitusosuus oli vain vajaa 4 %.

Muita tärkeitä energia-alan tutkimuskohteita ovat hiilen tuotantoon, kuljetukseen ja polttoon liittyvä tutkimus 13 %, sähkövoiman tuotannon ja siirron tutkimus 17 % sekä uusiutuvien energialähteiden tutkimus 13 %. Uusiutuvista energialähteistä erityisesti biomassan energiakäytön tutkimukseen panostetaan. Sen rahoitusosuus on noin 7 %.

Espanjan energian kokonaiskulutus vuonna 1989, yhteensä 86,4 Mtoe



Espanjan sähkön kulutus vuonna 1989, yhteensä 145,6 TWh



Espanjan ydinvoimalaitokset

Laitos	Reaktorityyppi ja toimittaja	Bruttoteho MWe	Käyttöönottovuosi
Jose Cabrera	PWR, W	160	1968
Santa Maria de Garona	BWR, GE	460	1971
Almaraz 1	PWR, W	930	1981
Almaraz 2	PWR, W	930	1983
Asco 1	PWR, W	930	1983
Asco 2	PWR, W	930	1985
Cofrentes	BWR, GE	974	1984
Vandellos 2	PWR, W	992	1988
Trillo 1	PWR, KWU	1041	1988
Trillo 2	PWR, KWU	1041	moratoriassa
Valdecaballeros 1	BWR, GE	975	moratoriassa
Valdecaballeros 2	BWR, GE	975	moratoriassa
Lemoniz 1	PWR, W	930	moratoriassa
Lemoniz 2	PWR, W	930	moratoriassa

PWR = painevesireaktori, BWR = kiehuvesireaktori
W = Westinghouse, GE = General Electric, KWU = Kraftwerk Union

Yli kolmasosa sähköstä tuotetaan ydinvoimalla

Ydinenergian osuus Espanjan sähköntuotannosta oli 38,7 % vuonna 1990. Sähkö tuotetaan yhdeksällä reaktoriyksiköllä, joiden yhteenlaskettu nettosähköteho on 6986 MW. Laitosten käyttökerroimet ovat parantuneet vuosien kuluessa ja ne ovatkin kansainvälisessä vertailussa huomattavasti keskitasoa parempia. Vuonna 1990 laitosten keskimääräinen käyttökerroin oli 84,1 %.

Ydinenergian määrään ei ole tulossa muutoksia lähivuosina. Vandellos 1 -laitosyksikön turbiinilaitoksen tulipalo loka-kuussa 1989 aiheutti sähkön tuotantototehoon 500 MW:n pudotuksen. Alustavat selvitykset Vandellos 1 -laitosyksikön käytöstäpoistolle on tehty. Tulosten perusteella näyttää siltä, että laitosyksikkö puretaan.

Vuonna 1984 tehdyllä poliittisella päätöksellä asetettiin lähes kaikki rakenteilla tai käyttöönottoaiheissa olleet laitosyksiköt moratorioon. Tämä merkitsi laitosten rakentamisen tai käyttöönoton keskeyttämistä. Moratoriopäätöstä jatkettiin tänä vuonna vuoteen 2000 asti. Päätös kieltää myös tulevaisuudessa nykyisiin turvajärjestelmäratkaisuihin perustuvien ydinvoimalaitosten rakentamisen. Tämä tarkoittaa sitä, että mahdollisesti rakennettavien laitosten turvajärjestelmien on perustuttava passiivisiin ratkaisuihin.

Päätös ei tiukkuudestaan huolimatta ole täysin ydinvoimavastainen, vaan se edellyttää myös ydinenergian huomioonottamista Espanjan tulevaisuuden energiaratkaisuissa ja velvoittaa seuraamaan ydinenergian käytön kehitystä Euroopassa sekä osallistumaan passiivisilla turvajärjestelmillä toteutettavien laitosratkaisujen kehittelyyn.

Matkan aikana säteilyturvakeskuksen Jarmo Konsin mittaamat säteilyarvot, mikroSv/h:

— Helsinki, maa pinta	0,13
— lentokone Helsinki—Tukholma (n. 8 km)	1,32
— lentokone Tukholma—Barcelona (n. 10 km)	2,80
— Vandellos I, ulkona	0,21
— Vandellos I, sisällä max.	3,90
— Vandellos I, laitosalueen ulkopuolella	0,14
— Siguenza, Parador (vanha linna) sisällä	0,28
— Trillo I, sisä, ulkop., max.	0,16
— ENUSA, uraanikaivos, ulkoalueet max.	0,40
— ENUSA, uraanikaivos, lopputuotehalli	1,42
— ENUSA, uraanikaivos, näyte	2,60

ESPANJAN YDINVOIMAPROJEKTEISTA VIISI MORATORIOSSA

Ari Ojala, IVO

Tällä hetkellä Espanjassa on viisi ydinvoimaprojektia moratoriossa, eli niiden rakentaminen on keskeytetty poliittisin päätöksin. Vuonna 1984 alkanutta moratoria päätettiin jatkaa tänä vuonna julkaistussa energiastategiassa (PEN) aina vuoteen 2000 asti. Moratorio on maksanut Espanjalle viime vuoden loppuun mennessä 23 miljardia Suomen markkaa (vuoden 1991 rahassa).

Tarkasti ottaen moratoriolla tarkoitetaan tilatun ydinvoimalaitostoimituksen tai rakennusvaiheessa olevan ydinvoimaprojektin tilaa, joka on seurausta poliittisesta päätöksestä keskeyttää uusien laitosten rakentaminen. Jos laitos on ollut kaupallisessa sähköntuotannossa ja sen käyttö lupa on evätty, ei voida puhua moratoriossa olevasta laitoksesta.

Vuoden 1984 kansallisen energiastategian mukaan viisi osittain rakennettua noin 1000 megawatin ydinvoimalaitosyksikköä — Lemoniz-1 ja -2, Trillo-2 sekä Valdecaballeros-1 ja -2 — päätettiin asettaa moratorioon.

Tuolloin myös Vandellos-2 ja Trillo-1 -laitokset olivat rakennusvaiheessa, mutta edellisistä poiketen niiltä ei evätty rakennus- eikä käyttö lupaa. Tämä päätös oli ensisijaisesti poliittinen, sillä sekä laitosten turvallisuus- että rakennusvaihe huomioon ottaen Valdecaballerosin laitosyksiköt olisivat olleet paras vaihtoehto.

Korot ja ylläpito 23 miljardia

Rahoitukseensa moratoriosta aiheutuvat kustannukset Espanjan valtio perusti vuonna 1984 rahaston, jolla valtio korvaa ydinvoimalaitosten omistajayhtiöille investointien korot. Rahasto rahoitettiin nostamalla sähkön hintaa. Tällä hetkellä tämä lisähinta on 3,54 % Espanjan koko sähkön myynnistä. Vuosina 1984—90 tämä maksu toi rahastoon 12 miljardia Suomen markkaa.

Tämä ei kuitenkaan riitä kattamaan kokonaan rahoituskustannuksia eikä myöskään ylläpitokustannuksia, joilla omistajayhtiöt varautuvat mahdolliseen projektin jatkamiseen. Esimerkiksi Valdecaballerosin laitoksilla on vuodesta 1984 lähtien pyritty suojelemaan tehtyjä investointeja ja jäädyttämään tilanne sellaiseksi, että jo tehtyjen töiden lisensointi on mahdollista ja uudelleen rakentaminen voidaan aloittaa mahdollisimman nopeasti myönteisen päätöksen syntyessä.

Jäädyttämistilanne on maksanut omistajayhtiöille 11 miljardia, joten moratorion kokonaiskustannukset ovat nousseet 23 miljardiin Suomen markkaan vuoden 1990 loppuun mennessä.

Teollisuus- ja energiaministeriön laatiman kansallisen energiastategian mukaan Espanjan sähköenergian tarve kasvaa keskimäärin 3.5 % vuosittain ja vuonna

2000 uuden kapasiteetin tarve olisi noin 6500 MW. Osa tästä katetaan teollisuus- ja energiaministeri Mr. Claudio Aranzadin allekirjoittamalla sopimuksella, jonka mukaan maakaasua tuodaan tulevaisuudessa Algeriasta. Maakaasuputken Algeriasta Marokon kautta Espanjaan on arvioitu maksavan noin 5,4 miljardia Suomen markkaa. Putkea pitkin saatavalla kaasulla voidaan tuottaa noin 1300 MW. Tarvitavat laitosinvestoinnit olisivat noin 4 miljardia Suomen markkaa.

Toisaalta esimerkiksi Valdecaballerosin yksiköiden, sähköteholtaan yhteensä 1950 MW, valmiiksi rakentamisen on arvioitu maksavan 11,7 miljardia Suomen markkaa. Tuotettu sähkö on myös kilpailukykyinen vertailussa kivihiilen kanssa. On arvioitu, että jos Valdecaballerosin yksiköt rakennettaisiin loppuun ja niitä käytettäisiin tarvittavan sähköenergian kattamiseen, niin Espanjan koko sähköenergian hinta alenisi n. 2 %.

Omistajayhtiöt pessimistisiä

Tällä hetkellä omistajayhtiöt ovat erittäin vaikeassa tilanteessa, koska ei ole varmuutta siitä, kuka jatkossa maksaa moratoriosta aiheutuvat kustannukset.

Omistajayhtiöillä on käytännössä kaksi vaihtoehtoa: joko neuvotella viranomaisen kanssa projektien täydellisesti lopettamisesta ja kohtuullisista korvauksista tai vaihtoehtoisesti tyytyä moratoriopäätökseen, kunnes kansan mielipide muuttuu positiivisemmaksi ydinvoimaa kohtaan. Tällä hetkellä n. 70 % väestöstä vastustaa ydinvoimaa.

Mielipiteiden hitaan muuttumisen vuoksi omistajayhtiöt ovat ilmoittaneet olevansa ensimmäisen vaihtoehdon kannalla. Lemonizin yksiköiltä, joista toinen on 97-prosenttisesti valmis ja toinen 57-prosenttisesti, on jo alettu myydä komponentteja pois esimerkiksi Ascon ja Almarazin laitoksille. Tämä on konkreettinen todiste siitä, että omistajayhtiöt suhtautuvat pessimistisesti moratoriossa olevien laitosten tulevaisuuteen.

YDINVOIMALLA EI OLE YLEISÖN KANNATUSTA ESPANJASSA

Anneli Nikula, IVO

Espanjassa on yhdeksän ydinvoimalaitosta ja niiden osuus Espanjan sähköntuotannosta on 39 %, mutta suuresta osuudesta huolimatta ydinvoiman käyttö ei suuren yleisön mielestä ole hyväksyttävää. Matkan aikana saimme useassa kohteessa kuulla, että mielenosoitukset ydinvoimaa vastaan ovat lähes säännöllisiä, jokavuotisia tapahtumia. Vireillä ja rakenteilla olleet ydinvoimahankkeet jäädytettiin vuonna 1984 (moratorio) eikä päätöksiä uusista ydinvoimalaitoksista tehdä ennen vuotta 2000.

Espanjassa tehdään samoja kyselytutkimuksia ydinvoiman hyväksyttävyydestä kuin muissakin EY-maissa, mutta edellisestä tutkimuksesta oli jo useampi vuosi ja sen tulokset eivät välttämättä päde tämän päivän tilanteeseen. Sain mielikuvan, että Espanjassa ei Suomen tapaan yliopistotasolla tutkita ydinvoiman hyväksyttävyyttä. Voi tietysti olla, että moratorio on vaikuttanut asiaan. Yhtiöillä, viranomaisilla eikä lehdistöllä ole tässä vaiheessa mielenkiintoa seurata yleisön mielipiteitä. Moratoriosta on tarkemmin kerrottu toisaalla tässä lehdessä.

Yli puolet vastustaa

Matkan aikana emme onnistuneet saamaan selviä prosenttilukuja, kuinka paljon on jyrkästi ydinvoimaa vastaan, kuinka paljon hyväksyy ja mikä on epävarmojen osuus. Arviot vaihtelivat eri paikkakunnilla. Trillon ydinvoimalaitoksella arvioitiin, että puolet espanjalaisista vastustaa ja puolet kannattaa ydinvoimaa. ENUSAN polttoainetehtaan johtajan arvio oli sama kuin Espanjan atomiteknillisen seuran sihteerin Manuel Casanovan; noin 70 % vastustaa ja 30 % hyväksyy tai heillä ei ole kantaa ydinvoimaan.

Manuel Casanova arvioi, että suurin osa kansasta vastustaa ydinvoimaa tietämättä, että ydinvoimalla tuotetaan sähköä. Ydinvoima liitetään useimmiten Hirosiman ydinpommiin ja ydinaseisiin. Espanjassa tehdyn selvityksen mukaan oppikirjojen antama kuva ydinvoimasta on hyvin negatiivinen. Koululaisille tulevat ydinreaktioihin liittyvät asiat tutuiksi ydinaseista, saastumisesta, säteily sairauksista jne. Säteilyyn liittyvistä myönteisistä asioista, kuten lääketiede ja sähköntuotanto, ei yleensä oppikirjoissa kerrota.

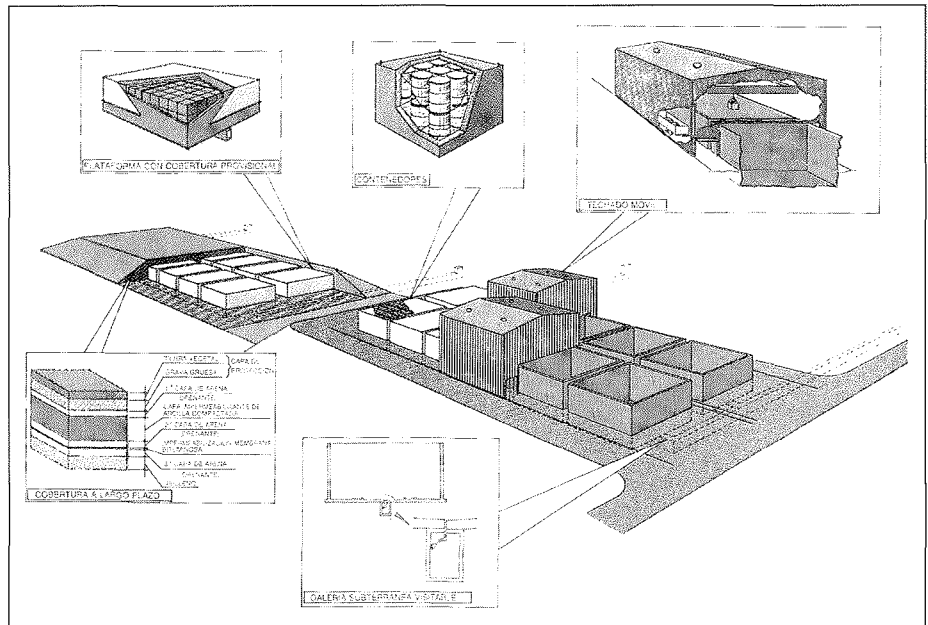
Mielenosoituksia Vandellosissa ja Juzbadon polttoainetehtaalla

Vierailuamme edeltävänä päivänä oli Vandellosin ydinvoimalaitoksella ollut mielenosoitus laitosta ja yleensä ydinvoimaa vastaan. Joukko vastustajia halusi muistuttaa ydinvoimalaitoksella kaksi vuotta aikaisemmin sattuneesta tulipalosta ja siksi mielenosoitus oli ajoitettu samaksi päiväksi. Meille kerrottiin, että paikkakuntalaisista erikoisesti matkailu-alalla olevat vastustavat ydinvoimaa, koska he pelkäävät sen vaikuttavan kielteisesti turismiin.

Ensimmäiset mielenosoitukset Vandellosin laitosta vastaan olivat olleet jo Tree Mile Islandin onnettomuuden aikoihin. Laitos oli järjestänyt kaupungintalolla tiedotustilaisuuden, jossa oli kerrottu Harrisburgin onnettomuuden syitä. Eri aiheisiin liittyviä tiedotus- ja kyselytilaisuuksia on sen jälkeen järjestetty useita.

Juzbadon polttoainetehtaalla oli ollut mielenosoitus vierailuamme edeltävällä viikolla. Se oli suunnattu ydinvoimaa

El Cabrilin loppusijoitusperiaate. Lähde: Revista de la Sociedad Nuclear Espanola, International issue, Diciembre 1990.



vastaan yleensä, ei niinkään polttoainetehdasta vastaan. Ydinvoimaa vastustavat järjestävät mielenosoituksen joka vuosi samaan aikaan ja siihen kuuluu ydinvoimavastaisten mielipiteiden esittämisen lisäksi laulaminen ja marssiminen läheisestä kylästä polttoainetehtaalle.

Trillon ja kaivoksen lähiasukkaat myönteisiä

Samoin kuin Suomessa myös Espanjassa on huomattu, että ydinvoimalaitospaikkakunnilla asukkaat ovat keskimääräistä myönteisempiä ydinvoimalle. Tämä piti paikkansa myös kaivoksen lähellä asuviin ihmisiin. Ciudad Rodrigon uraanikaivoksella myönnettiin, että pelkkä tieto säteilystä tai uraanin louhinnan vaikutuksista ei yksin ratkaise, vaan kaivoksen antamat työpaikat lisäävät myönteistä suhtautumista ydinvoimaan.

Trillon ydinvoimalaitoksella meille kerrottiin, että lähiasukkaat "lähes hinkuvat" lisää ydinvoimaa. Tähän voi vaikuttaa paitsi se, että useat saavat työtä voimalaitoksesta, myös avoin tiedottaminen. Trillon vierailukeskuksessa käy vuosittain yli 15 000 henkilöä tutustumassa Espanjan energiahuoltoon, ydinvoimaan, polttoainekiertoon ja Trillon voimalaitokseen. Kaikenkaikkiaan yli 100 000 henkeä oli jo ehtinyt ennen meitä tutustua vierailukeskuksessa olevaan näyttelyyn.

Trillon vierailukeskuksen näyttely oli erittäin monipuolinen ja hyvin rakennettu. Tutustuminen alkoi ydinenergian historiasta ja ytimen rakenteesta jatkuen uraanin louhinnan ja polttoaineen valmistuksen kautta ydinvoimalaitoksen tarkkaan kuvaukseen. Kävijä saa myös tietoja Espanjan muista voimalaitoksista ja niiden tuottamasta sähkömäärästä sekä uusiutuvista energialähteistä ja niiden mahdollisuuksista. Näitä eri asioita kuvattiin monen diashown ja pienoismallin avulla. Vierailukeskuksessa työskentelee päätömisena kolme henkilöä ja päivittäin vierailukeskuksessa käy 1–2 ryhmää.

Trillon ydinvoimalaitoksen lähellä asuviin on pidetty läheisiä kontakteja yli 10 vuoden ajan. Noin 30 kilometrin säteellä asuville, 30 000 ihmiselle, postitetaan kuukausittain ydinvoimalaitoksen toiminnasta kertovaa uutislehtää.

Trillon ydinvoimalaitoksella saatu mieluinen yleisön myönteisestä suhtautumisesta ydinvoimaan hieman himmeni, kun voimalaitoksesta lähtiessämme näimme muutaman rakennuksen seinässä tekstit: "No nuclear".

ESPANJAN YDINJÄTEHUOLTO

Lauri Pöllänen, TVO

Ekskursioiden yhteydessä tulivat myös Espanjan ydinjätehuoltoasiat jossain määrin esille, vaikka Espanjan radioaktiivisten jätteiden huolto-yhtiössä ENRESAssa ja keski- ja matala-aktiivisten jätteiden varastointi- ja loppusijoituspaikalla El Cabrilissa ei vierailtukaan. Tietoja tähän raporttiin oli kuitenkin hankittava myös muualta alan lähdemateriaalista.

Espanjan ydinjätteet syntyvät pääasiassa ydinvoimalaitoksissa, joissa niitä on toistaiseksi pääsääntöisesti välivarastoitettu ennen loppusijoitusta. Käytetyn polttoaineen osalta kullakin laitoksella on omat vesiallasvarastonsa, mutta yhteistä keskusvarastoa on suunniteltu. Poikkeuksen muodostaa Vandellós I:n muista laitoksista poikkeava polttoaine, joka lähetetään jälleenkäsiteltäväksi Ranskaan. Vierailimme tämän tulipalon takia toimintansa lopettaneen laitoksen käytetyn polttoaineen käsittely- ja välivarastossa, joka vaikutti normaalilta asianmukaiselta vesiallasvarastolta. Ennen Ranskaan lähettämistä polttoaine-elementistä poistetaan sen keskellä oleva grafiittiosa. Käytetyn polttoaineen, kiinteätyn jälleenkäsittelyjätteen ja muun alfa-aktiivisen jätteen loppusijoitustavaksi suunnitellaan haudataa syvälle maanpinnan alapuolelle graniitti-, suola- tai savimuodostumaan. Paikanvalintatutkimukset ovat käynnissä siten, että useita mahdollisia paikkoja valittaneen vuoden 2000 paikkeilla ja loppusijoituslaitos voisi aloittaa toimintansa 2020-luvulla. Trillon laitoksella vierailtaessa kävi ilmi, että laitospaikka oli ollut esillä jonkinlaisena loppusijoituspaikkana, mutta laitokseen myönteisesti suhtautuva paikallinen väestö ja, yllättävää kyllä, myös laitoksen työntekijät olivat vastustaneet voimakkaasti asiaa. Loppusijoitusta oli kyllä esitelty kiitettävästi laitoksen vierailukeskuksessa. Vaikutelmaksi ekskursiolta jäi, että korkea-aktiivisen

jätteen loppusijoittaminen saattaa olla Espanjassa vaikeampaa kuin Suomessa yleisön hyväksynnän kannalta.

Myös keski- ja matala-aktiivisia ydinjätteitä välivarastoidaan suurimmaksi osaksi ydinvoimalaitoksilla ja polttoainetehtaalla, mutta toukokuusta 1989 lähtien näitä jätteitä on voitu myös kuljettaa ENRESAn omistamaan El Cabril -varastokeskukseen, joka sijaitsee maanpinnalla Sierra Albaranassa 130 km:n päässä Madridista. Muualta kuin ydinvoimalaitoksilta peräisin olevien keski- ja matala-aktiivisten radioaktiivisten jätteiden varastointi aloitettiin siellä vanhassa uraanikaivoksessa jo vuodesta 1961 lähtien. Paikalle on rakenteilla näiden jätteiden loppusijoituslaitos, joka perustuu maanpintahautaukseen. Joulukuussa 1989 alkaneiden rakennustöiden arvioidaan valmistuvan vuoden 1991 loppuun mennessä ja laitoksen käytön alkavan vuoden 1992 puolivälissä. Laitoksen kapasiteetti tulee olemaan 35000 m³ 0,22 m³:n tynnyreitä. Vertailun vuoksi mainittakoon Suomeen Olkiluotoon valmistuvan VLJ-luolan kapasiteetti, joka on vastaavalla tavalla ilmaistuna 8400 m³. Suunniteltua aktiivisuussisältöä, joka olisi hyvin mielenkiintoinen tieto, ei mainittu käsillä olevissa El Cabrilin esitelyissä julkaisuissa. Laitosta on tarkoitettu sulkevan jälkeä 300 vuotta, jonka jälkeen ei tarvittaisi minkäänlaisia säteilysuojellisia rajoituksia.

Ydinvoimalaitosten ja tutkimusreaktorien käytöstäpoistamista kuten myös uraanikaivosjätteiden stabilisointia käsitteleviä suunnitelmia on laadittu. Lopullinen käytöstäpoistosuunnitelma vanhalle Andújarin U₃O₈-rikastusmyllylle valmistui vuonna 1988. Vandellós I:n käytöstäpoisto on myös lähiaikoina edessä. Laitoksen reaktorisydäntä ei ole vielä tyhjennetty käytetystä polttoaineesta, vaan polttoai-

neen annetaan jäähtyä ilmeisesti 15 vuotta ranskalaisen jälleenkäsittelylaitoksen täyden kapasiteetin takia. Laitos siirtyy ENRESA:n omistukseen polttoaineen poistamisen jälkeen.

Edellä mainittu Espanjan radioaktiivisten jätteiden huolto-yhtiö ENRESA (Empresa Nacional de Residuos RadioActivos, S.A.) on vastuussa radioaktiivisten jätteiden huollosta Espanjassa. Yhtiön omistavat teknologia-, energia- ja ympäristötutkimuksen keskus CIEMAT ja kansallinen energiainstituutti INI. Sen toiminnot määritellään yleisessä radioaktiivisten jätteiden suunnitelmassa (PGRR), joka on vuosittain toimitettava hyväksyttäväksi teollisuus- ja energiainisteriöön (MIE).

MIE on viranomainen, joka julkaisee mm. loppusijoitukseen liittyviä lakeja ja säännöksiä myöntäen myös lupia. Ydinturvallisuusneuvosto (CSN) neuvoo MIE:tä ydinturvallisuus- ja säteilyluojueluoissa. CSN valvoo ydinlaitoksia.

MIE ja CSN vastaavat siten suurinpiirtein Suomen kauppa- ja teollisuusministeriötä ja säteilyturvakeskusta. ENRESA taas on Ruotsin ydinjätehuolto-yhtiön SKB:n tapainen mutta julkisen vallan omistama yhtiö. Valtiollinen CIEMAT, joka tavallaan vastaa Suomen VTT:tä, on vastuussa ydinalan tutkimus- ja kehitystyöstä ENRESAa ja MIE:tä tukien. Myös yksityisessä yhtiössä TECNATOM S.A.:ssa teetätetään ydinjätealan selvityksiä. Ydinjätehuollon kustannukset kerätään pieniltä jätteen tuottajilta suorina maksuina ja ydinvoimalaitosyhtiöiltä tuotun sähkön suhteessa.

ESPANJAN ATOMITEKNILLINEN SEURA

Kirsti Tossavainen, Säteilyturvakeskus

Espanjan Atomiteknillinen Seura, *Sociedad Nuclear Espanola*, on perustettu vuonna 1974 ja se toimii ammatillisena yhdyssiteenä Espanjassa ydinteknologian parissa työskentelevien henkilöiden ja organisaatioiden välillä. Seurassa on noin 1100 henkilöjäsentä ja 70 yhteisöjäsentä. Seuran toiminta jakautuu kolmen teknisen komitean alueelle: *Program Committee*, *Editorial Committee* ja *Technical Committee*.

Seuran toiminta on hyvin laajaa ja vilkasta kaikkien kolmen komitean toimialueella. Vuodesta 1976 lähtien seura on järjestänyt vuosittain laajan ydinenergia-alan kokouksen. Se pidetään yleensä lokakuussa ja joka vuosi eri paikkakunnalla. Tänä vuonna kokous oli pidetty Palma de Mallorcalla. Nämä vuosittaiset tilaisuudet ovat muodostuneet huomattavaksi ydinenergia-alan tapahtumaksi. Ta-



Viirin luovutus Espanjan seuralle.

vallinen osanottajamäärä on noin 600, ja kokouksessa pidetään lukuisia esityksiä ydinenergiaan liittyvistä teknisistä, taloudellisista ja sosiaalisista kysymyksistä. Kokouksen yhteydessä järjestetään myös alaa koskeva näyttely, jossa on nykyisin ollut noin 30 näytteilleasettajaa. Kävijöitä näyttelyssä oli esimerkiksi viime vuonna noin 5000.

Lisäksi seura järjestää kolme kertaa vuodessa jäsenistölle tarkoitettua kokouksen, jossa käsitellään yksityiskohtaisesti jotain tiettyä aihetta. Aiheina ovat olleet mm. Espanjan ydinvoimalaitoksista saadut kokemukset, ydinvoima ja yleinen mielipide sekä ydinvoimalaitosten käytöstäpoisto. Luennoitsijat ovat espanjalaisia asiantuntijoita ja kokouksiin osallistuu yleensä noin 100 seuran jäsentä.

Seura järjestää myös säännöllisin välein kansainvälisiä konferensseja yhteistyössä European Nuclear Society ja American Nuclear Society kanssa. Konferenssien yhteydessä on myös näyttely.

Seura julkaisee kuukausittain ilmestyvää lehteä *Nuclear Espanola*, jonka levikki ulottuu Espanjan lisäksi Etelä-Amerikkaan. Kerran vuodessa julkaistaan eng-

lannin kielellä kansainväliseen levitykseen tarkoitettu numero, jossa on sekä alkuperäisartikkeleita että mielenkiintoisimpia edellisen numeron jälkeen espanjaksi julkaistuja artikkeleita.

Toiminnastaan ja Espanjan ydinenergiatilanteesta seura julkaisee vuosittain kertomuksen, joka jaetaan maksutta jäsenistölle. Kertomuksessa on mm. laitoskohtaiset esittelyt. Kertomus on espanjankielinen.

Seura laatii myös ohjeita, jotka on tarkoitettu käytännön ohjeiksi Espanjan ydinenergiateollisuudelle. Ohjeita tehdään kahdeksalta eri alueelta (mm. palosuojelu, maanjäristykset, säteilysuojelu, kunnossapito, testaukset, ydinjätteet).

Suomen Atomiteknilliseen Seuraan verrattuna Espanjan seuran puitteet ovat huomattavasti suuremmat. Seuran toiminta onkin järjestetty aivan eri pohjalle kuin Suomessa. Laaja toiminta perustuu osaltaan lukuisiin sponsoreihin ja kaupallisella periaatteella järjestettyyn konferenssi- ja näyttelytoimintaan. Seuran julkaisut sisältävät runsaasti mainoksia. Seuralla on oma toimisto Madridissa sekä kaksi vakituista työntekijää. □

Vierailukohteet

VANDELLOS 1, TURPIINIPALOSSA VAHINGOITTUNUT KAASUJÄÄHDYTTIEN REAKTORI

Kurt Blomqvist, Olli Taivainen, TVO

Ensimmäisenä vierailukohteena oli Tarra-
gonassa, Välimeren rannalla sijaitseva
luonnonuraa käyttävä grafiittihidastein
kaasujäähdytteen reaktori, Vandel-
los 1, jossa 19.10.1989 raivonnut öljypalo
vaurioitti pahoin toista turpiinilinjaa ja
eräiltä osin myös reaktorin turvajärjestel-
miä. Onnettomuuden jälkeen laitosta
ajettiin ehjäksi jääneellä turbogeneraatto-
rilla vielä 9 kk:n ajan, kunnes Espanjan
hallitus päätti sulkea laitoksen. Alueella
toimii edelleen yksi PWR, Vandellos 2.

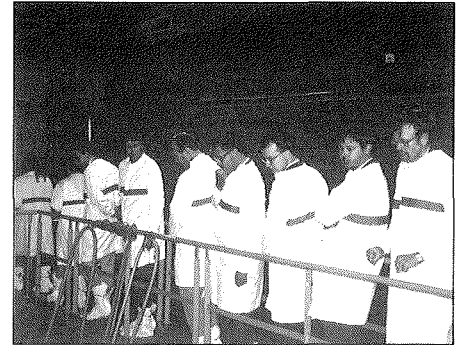
Vandellos 1 on ranskalaisvalmisteinen lai-
tos, joka otettiin käyttöön v. 1972 ja ehti
tuottaa 17 käyttövuoden aikana 53 TWh
sähköä. Sen suunniteltu sähköteho on
500 MW(e) ja terminen teho 1750 MW.
Höyrystimen eroosiokorroosion vuoksi
laitosta käytettiin v. 1976 lähtien 400
MW(e):n teholla.

Reaktori koostuu betonisesta paineastias-
ta, sydäimestä ja sen alla olevasta höyrys-
timestä. 29 barin paineessa olevaa CO₂

kaasua kierrätetään ylhäältä alas, jolloin
lähtölämpötilaltaan 230 °C oleva kaasu
lämpenee sydämen läpi kulkiessaan 400
°C:een. Tuotetun höyryn lämpötila on
390 °C ja paine 33,6 baria. Sydän koos-
tuu 3072 polttoainekanavasta ja 135 sää-
tösauvakanavasta. Yhteen polttoaineka-
navaan mahtuu päällekkäin sijoitettuna
15 kpl 54 cm pitkä polttoaine-elementtiä.
Rakenteeltaan polttoaine-elementti on
hyvin erikoinen. Elementin keskellä on
moderaattorina toimiva grafiittitanko,
jota luonnonuraanipolttoaine (10,3 kg)
ympäröi. Polttoaine on kapseloitu
Mg/Zr-kuorella, jossa on lämmön-
siirtoa edistävä rivoitus. Kaiken kaikkiaan
sydämeen mahtuu 43000 kpl tällaisia
polttoaine-elementtejä. Polttoaineenvai-
hto tapahtuu ylhäältä käsin jatkuvana la-
tauksena käytön aikana. Myös säätösau-
vatoiminnot tapahtuvat ylhäältä käsin.

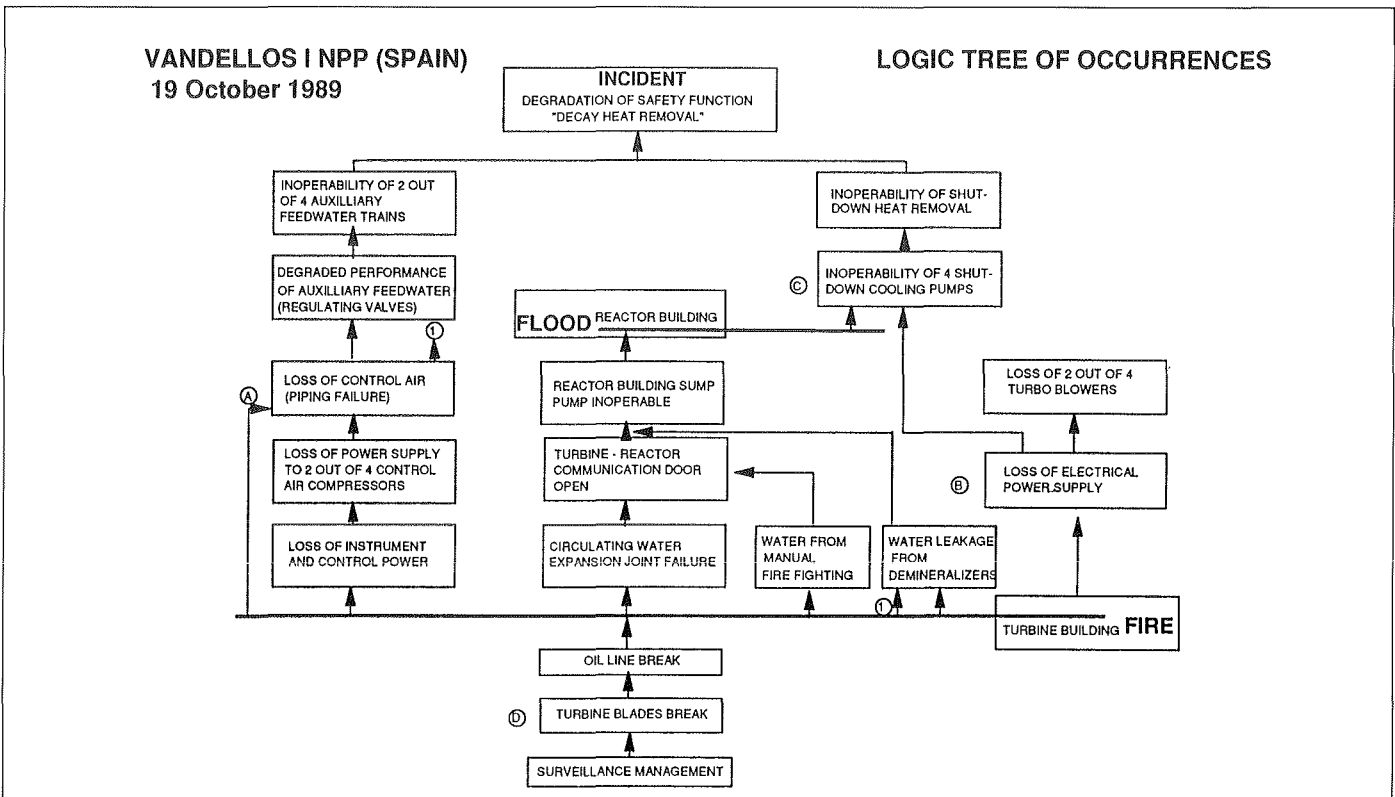
Vandellos 1:sen turbiinilaitoksen tulipalo

Illalla 19. lokakuuta 1989 oli laitos 400

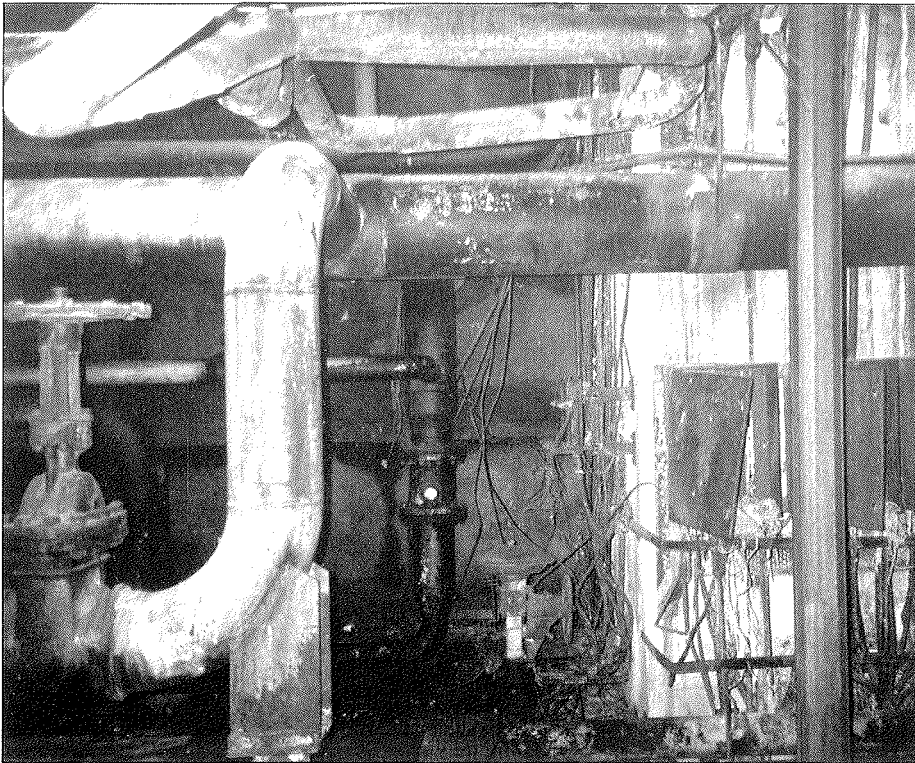


Polttoainealtaan reunalla.

MW tehoajossa. Klo 21:39 havaittiin
päävalvomossa olevasta laitoksen proses-
sietokoneesta 180 μ tärinää 2. turbogene-
raattorissa (hälytysraja on 120 μ), ja
samalla tuli automaattinen pikasulku 2.
generaattorilla. Samaan aikaan turbiini-
laitoksen valvoja näki joukon salaman
kaltaisia valoilmioita. Turbiinilaitoksen
valvoja antoi käskyn, että reaktori pysäy-
tettäisiin käsin. Valvoja näki turbiinival-
vomon tasolta, että tuli ympäröi korkea-
paineturbiinia ja generaattoria. Turbiini-
valvomo on turbiinikellarissa molempien



Tapatumien kulku Vandellos 1:n tulipalossa.



Pahoin palanutta putkistoa ja sähköjohtoja.

turbiinien välissä. Palokunta hälytettiin klo 21.40.

Turbiinisiipiä oli katkennut, ja tämä aiheutti tärinän. Tärinä oli niin voimakas, että höyry- ja voiteluöljyputket korkeapaineturbiinille katkesivat, ja höyry sekä öljy pääsivät turbiinirakennukseen. Kukaan ei pysäyttänyt öljypumppua, ja sen takia kaikki voiteluöljy pääsi turbiinirakennukseen. Samanaikaisesti tuli vuoto generaattoriin ja vety pääsi ulos. Vety sytytti öljyn palamaan. Tuli levisi korkeapaineturbiinin ympärille ja turbiinilaitoksen kellariin.

Tuli tuhosi sähkökaapeleita ja instrumentteja, ja sen seurauksena menetettiin monien tärkeiden komponenttien sähkönsyöttö ja mittaukset, esim. kaksi neljästä reaktorin jäähdytykseen kuuluvasta turbopuhaltimesta jäi ilman sähkönsyöttöä. Turbopuhaltimia käytetään hätäjähdytykseen. Varavoiradeselit sijaitsivat turbiinirakennuksessa, ja sieltä tuleva sähkönsyöttö häiriintyi myös.

Jäähdytysvesipumpun ja turbiinilauhduttimen välillä oleva joustava kumipalje paloi puhki ja vesi tulvi turbiinikellariin. Turbiinikellarin ja reaktorirakennuksen alakerran välillä on ovi, joka oli auki, ja sen seurauksena vesi pääsi myös reaktorirakennukseen. Tulva reaktorirakennuksessa ja sähkönsyötön menetys aiheuttivat sen, että alasajoon tarvittavat neljä jäähdytyspumppua eivät olleet käytettävissä.

Epäselvästi ja huonosti määritellyt tarkastusrutiinit ja menetelmät lienevät syy onnettomuuteen.

TRILLO I

Juha Kariluoto, Alpo Savikoski, IVO

Trillon voimalaitos sijaitsee Trillon kaupungissa Guadalajaran provinssissa noin 90 km Madridista koilliseen Rio Tajoin varrella. Laitos on KWU:n ja espanjalaisen suunnittelufirman Empresarios Agrupadosin yhteistyönä suunnittelema 1041 MW painevesilaitos. Laitospaikalle on suunniteltu myös toinen laitosyksikkö, mutta Espanjassa vallitsevasta ydinvoiman vastaisesta ilmapiiristä johtuen on Trillo II projekti Moratoriossa.

Rakennusprojekti

Trillo I projektin lähtölaulus ammuttiin, kun KWU:n ja paikallisen voimayhtiön UNION ELECTRICAN välillä syyskuussa 1975 solmittiin aiesopimus laitoksen rakentamisesta. Rakennuslupa hankkeelle saatiin syyskuussa 1979, kriittisyys saavutettiin ensimmäisen kerran toukokuussa 1988 ja kaupallisessa käytössä Trillo I on ollut kolmen latausjakson ajan elokuusta 1988 lähtien.

Projektina Trillo I oli KWU:lle poikkeava siinä mielessä, että laitosta ei toimitettu avaimet-käteen-periaatteella. Espanjalaisen asiakkaan vaatimuksesta hyvin suuri osa projektista oli sälytetty espanjalaisen teollisuuden hoidettavaksi, ja noin 85 % kokonaisinvestoinnista onkin kotimaista alkuperää.

Vuosihuolto 1991

Voimalaitoksen vuosihuolto alkoi 21.10.1991, ja sen kesto oli arvioitu 60

Trillo I:n tekniset tiedot

KWU Painevesireaktori		
Terminen teho (brutto)	3027	MW _{th}
Sähköteho (brutto)	1041	MW _e
Primääripiirin paine	158	bar
Primäärijäähdytteen virtaus	15857	kg/s
Primäärijäähdyte reaktoriin T _{in}	292.9	°C
Primäärijäähdyte reaktorista T _{out}	325.7	°C
Uraanin määrä	93900	kg
Vaihtolatauksen väkevyys	3.2	%
Polttoainementtejä	177	kpl
Polttoainesauvoja/elementti	236	kpl
Säätösauvaelementtejä	52	kpl
Säätösauvoja/elementti	20	kpl
Höyrykehittimiä	3	kpl
Höyrynpaine	68.6	bar
Turbogeneraattori	1	kpl
Turbogeneraattorin pyörimisnopeus	3000	rpm

Laitoksen käytön tunnuslukuja

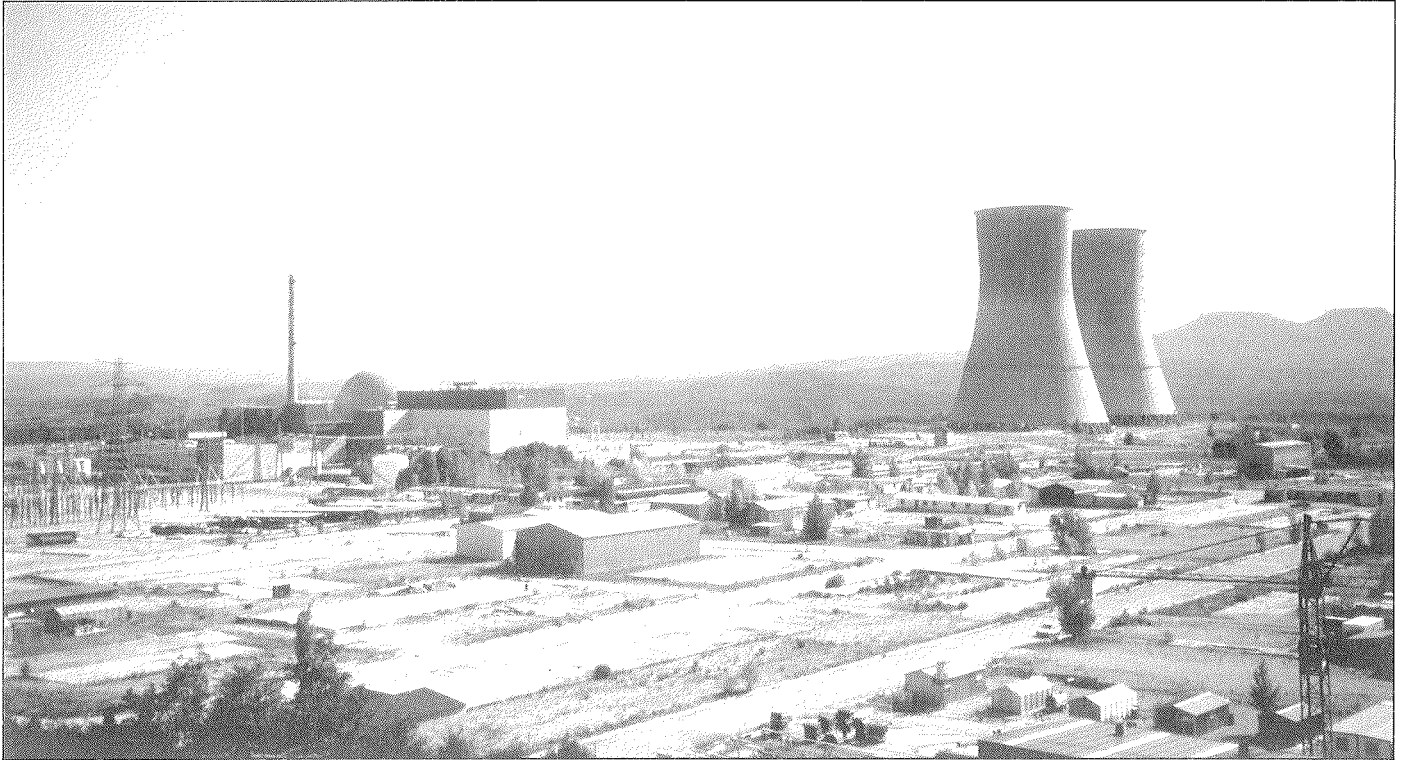
	Jakso 3 (1990—1991)	Keskiarvo
Käytettävyys	94.77 %	85.16 %
Käyttökerroin	91.61 %	80.58 %

vuorokautta johtuen mittavasta turbiinimuutoksesta. Normaali vuosihuollon kesto on n. 30 vuorokautta.

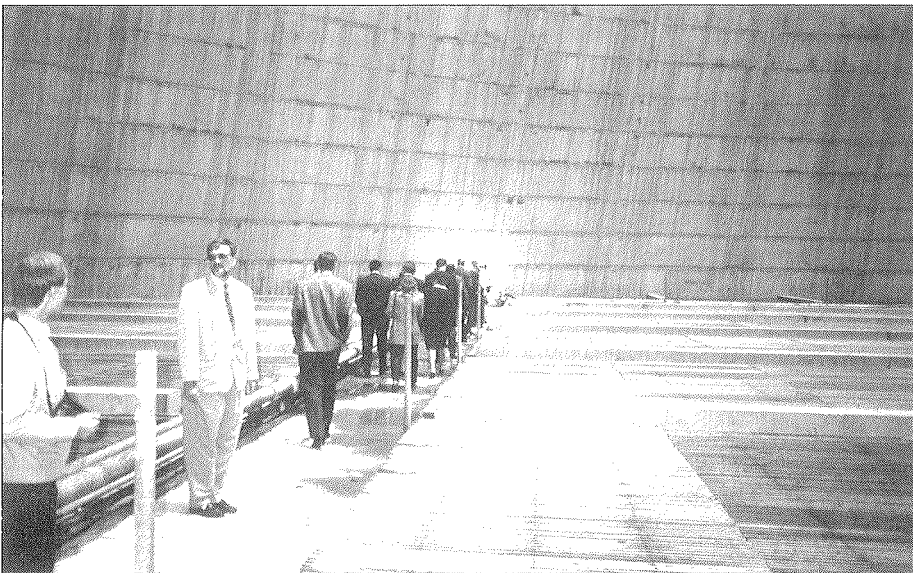
Vuosihuollon suurin työ on turbiinin kolmen matalapainepesän sisärakenteen uusiminen. Voimalaitos on alkuaan suunniteltu tuottamaan 1041 MW:a sähkötehoa, mutta kolmen käyttöjakson aikana oli saavutettu vain 1015 MW:n sähköteho. Matalapainepesien ja roottorien uusinnalla pyritään nostamaan laitoksen sähköteho suunnitellulle tasolle. Muutostyön tekee KWU omalla kustannuksellaan. Motiivi: "Takaa sen minkä tekee".

Muita isoja takuutöitä vuosihuollossa oli tuubivuotoja aiheuttaneen irtokappaleen poisto höyrystimestä ja yhden pääkiertopumpun korjaustyö.

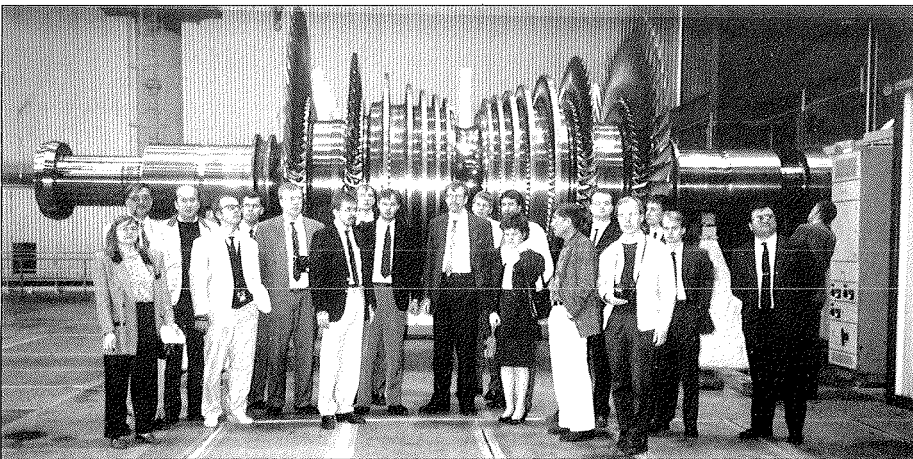
Voimalaitoksen sekundääripuolelle ja valvomoon suuntautunut tutustumiskäynti osoitti selvästi, että laitos oli rakennettu saksalaisella täsmällisyydellä. Redundantisuuden toteuttaminen 4*50 %:n järjestelmällä helpottaa ennakkohuoltoa käynnin aikana. Negatiivisena asiana voidaan mainita, että kolmen käyttöjakson aiheuttamat jäljet näkyvät paikoitellen liiankin voimakkaina.



Trillon voimalaitos.



Jäähdytystornin sisälläkäynti oli monille uusi kokemus.



KWU:n toimittama uusi turbiini.

TECNATOM

*Randolph Höglund, VTT,
Mauri Granroth, IVO*

Tecnatom, S. A. sijaitsee parikymmentä kilometriä Madridin keskustasta. Tämä yksityinen yhtiö perustettiin vuonna 1957, jolloin sen tehtävät lähinnä liittyivät Espanjan ensimmäisen ydinvoimalaitoksen, José Cabreran, suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöönottoon. Vuodesta 1972 se on ollut Espanjan suurimpien yksityisten voimayhtiöiden omistama ja toiminut insinööripalvelutoimistona niin ydin- kuin muidenkin voimaloiden käyttöönottoon ja käyttöön liittyvissä kysymyksissä. Erikoisaloina ovat laitosten käyttöhenkilökunnan koulutus simulaattoriyöskentelyn avulla sekä ennako- ja määräaikaistarkastukset. Tecnatomilla on hallussaan toinen Espanjan kahdesta Cray-tietokoneesta.

Firman henkilökunta kasvoi 1970-luvulla ja 1980-luvun alkupuolella melko nopeasti, mutta on viime vuosina pysynyt suunnilleen vakiona. Vuonna 1990 Tecnatomin palveluksessa oli 465 henkilöä, joista 42 % oli akateemisen tutkinnon ja 18 % alemman tutkinnon (”medium degree”) suorittaneita. Ensin mainitun ryhmän osuus on ollut jatkuvasti nousussa. Yhtiön tulot myydyistä palveluista on suuruusluokkaa 30–40 M\$ vuodessa.

Tecnatomin rakennuksessa (johon muutettiin vuonna 1979) on täysimittaiset simulaattorit sekä BWR- että PWR-reaktorin ohjaajien ja pääohjaajien ja tulevien kouluttajien koulutusta varten. Myös fossiililaitosten henkilökuntaa koulutetaan, mutta pienemmällä ”basic principles”-simulaattorilla. Espanjan omien ohjaajien lisäksi on kursseilla käynyt ainakin belgialaisia (Doel), brasilialaisia,

italialaisia (Caorso, Trino), meksikolaisia (Laguna Verde) ja sveitsiläisiä (Leibstadt) oppilaita. Alkuperäinen simulaattoritointaja on Singer-Link ja referenssilaitoksina ovat toimineet Cofrentes (975 MWe BWR, General Electric) ja Lemo-nitz (930 MWe PWR, Westinghouse), mutta koska jälkimmäinen laitos on mo-ratoriossa, otetaan lähikuukausien aikana sen tilalle käyttöön samantyyppinen Al-maraz, joka on käynnissä. Reaktorifysi-kaalisia ja termohydraulisia malleja ol-laan myös vaihtamassa uudenaikaisem-piin. TMI aiheutti aikanaan joitakin muutoksia, Tshernobyl sen sijaan ei.

Ohjaajien ja vuoropäälliköiden koulutuk-sen ensimmäinen vaihe kestää 1,5 vuotta, johon sisältyy 180 tuntia simulaattorihar-joituksia. Tämän jälkeen he saavat tutus-tua omaan reaktoriinsa työskentelemällä laitoksella 48 viikkoa. ”Kertausharjoit-us” on 16 viikon pituinen (60 tuntia si-mulaattoritöitä) ja viimeinen vaihe on taas koulutusta laitoksella (8—12 viik-koa), joten koko koulutus vie noin 3 vuotta. Jatkossakin annetaan lisäkoulut-tusta simulaattorilla vuosittain.

Tecnatom antaa koulutusta myös säteily-suojelun ja turvallisuustekniikan aloilla, konsulttiapua erilaisissa simulaattoripro-jekteissa ja muissa alaan kuuluvissa tek-nillisissä kysymyksissä.

ATS:n retkikunnalle esiteltiin ensin luen-tosalissa yhtiön historiaa, organisaatiota ja toimintaa, jonka jälkeen yksi ryhmä sai tutustua simulaattoreihin ja toinen tarkastustoimintaan. ”Laitoskiertos” jäi kuitenkin ajanpuutteen vuoksi melko ly-hyeksi, varsinkin PWR-valvomon osalta.

Osa TECNATOMin erikoistumista on ydinvoimalaitosten määräaikaistarkastus-ten suorittaminen. Toiminta kohdistuu kaikkiin Espanjan ydinlaitoksiin käsittäen tarkastusten suunnittelun, suorittamisen ja tulosten analysoinnin. Laitos on päte-vöitetty myös tarkastuslaitteiden kvalifi-oinnin, metrologisen tarkastuksen ja ka-libroinnin suorittamiseen.

Tarkastusmenetelmien päälajeina ovat pyörrevirta- ja ultraäänitarkastus, pinta-tarkastusmenetelmät sekä tiiveystarkas-tusmenetelmät. Käytettävät määräaikaistarkastusohjelmat tarkastusmenetelmiseen pohjautuvat ASME-koodiin.

Tarkastukset kohdistuvat pääosiltaan reaktoripaineastioiden sisä- (PVR) ja ulko-pinnoilta (BVR) suoritettaviin volymetri-siin tarkastuksiin sekä höyrystintuubien ja turpiiniakseleiden eheystarkastuksiin. TECNATOMilla on hallussaan kaikkien tarkastuskohteidensa täysmittaiset kalib-rointikappaleet referenssivikoineen, sisäl-täen mm. reaktoripaineastian pääyhteitä ja seinämänkappaleita hitsisaumoineen, turpiiniin akseleita.

TECNATOM suorittaa ainetarikkomat-tomien tarkastusten lisäksi myös rikkovaa koestusta, mm rakenneaineiden kemiallis-ta analysointia, vetokokeita yms. Myös laitteiden toimintakokeet sisältyvät T:n tuoteohjelmaan.

ESPANJAN FUUSIOTUTKIMUKSESTA

Rainer Salomaa, TKK

Jotta fuusioreaktori toimisi, on fuusio-polttoaine kuumennettava korkeaan läm-pötilaan sekä pidettävä koossa niin kau-an, että fuusioreaktioissa ehtii energiaa vapautua riittävästi. Fuusioreaktorin hy-yyttä voidaan yksinkertaisesti mitata polttoaineen lämpötilan T , tiheyden n ja (energian) koossapitoajan t tulon ntT avulla. Fuusiotulolla on kaksi kynnyksar-voa: alempi arvo vastaa tilaa, jossa ener-gian tuotto ja kulutus ovat yhtäsuuret (Lawsonin kriteeri), ja ylempi tilaa, jossa fuusioreaktioissa vapautuva reaktiolämpö pystyy kompensoimaan lämpöhäviöt ja polttoaineen ulkoinen kuumennus voi-daan katkaista (polttoaineen syttymisehto). Helpoimmin Lawsonin kriteeri ja syttymisehto on toteutettavissa vedyn kahden raskaan isotoopin deuteriumin ja tritiumin seoksella.

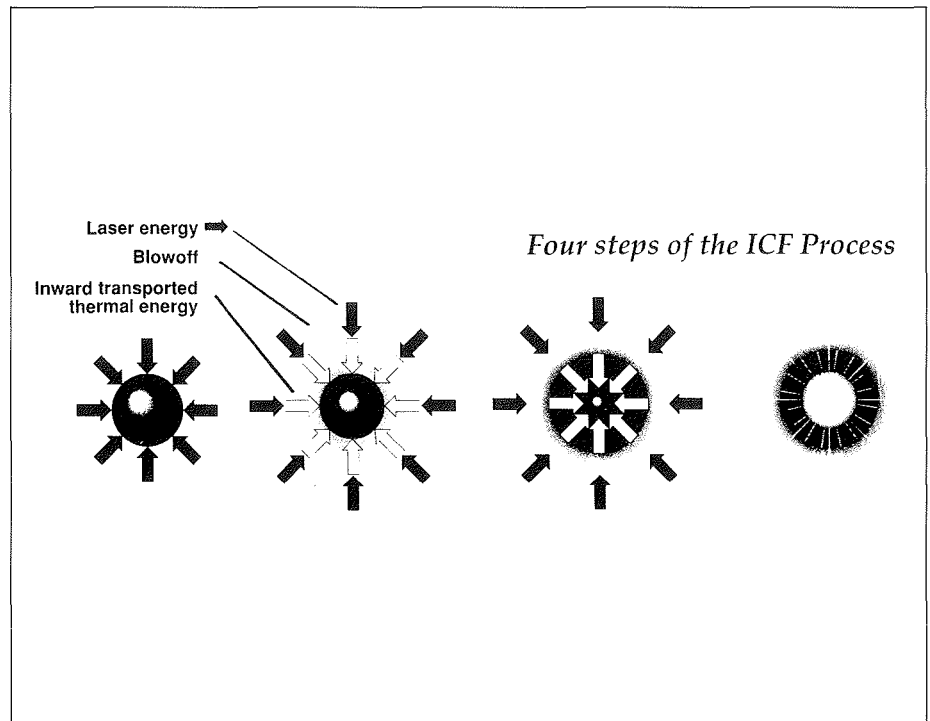
Kyllin suuri fuusiotulon ntT arvo voi-daan saavuttaa kahdella eri menetelmällä. Magneettiseen koossapitoon perustuvissa laitteissa kuuma, plasmamuodossa oleva polttoaine vangitaan suljettuihin ’mag-neettisiin pulloihin’, joista tehokkain ny-kyinen laite on tokamak. Magneetikent-tien voimakkuus asettaa tiheydelle ylära-jan jolloin koossapitoajan t on oltava kyllin pitkä — sekuntien luokkaa. Aineen hitauteen perustuvassa inertiaalikoossa-pidossa polttoaine kuumennetaan hyvin no-peasti ja annetaan sen jälkeen vapaasti hajota. Hajoaminen kestää vain miljardis-osa sekunnin, jolloin ongelmaksi jää mi-

ten puristaa polttoaine noin tuhatkertai-seen tiheyteen verrattuna kiinteään aineen tiheyteen. Kummassakin menetelmässä polttoaineen lämpötilaksi riittää noin sata miljoonaa astetta.

Inertiaalikoossapidossa polttoaine sulje-taan pieneen onttoon lasipalloon, poltto-ainepellettiin, jonka halkaisija on muuta-man millimetrin luokkaa. Pelletti kuu-mennetaan jätinpulssilasereilla, joiden pulssin huipputeho on 100 000 GW ja kesto vajaa nanosekunti. Polttoainepellet-ti räjähtää sisäänpäin, jolloin radiaalisesti sisäänpäin etenevät iskuaallot puristavat deuterium-tritium seoksen tiheyden valta-vaksi ja sytyttävät pallon keskiosassa fuusioreaktiot. Reaktoririntama alkaa sen jälkeen räjähdysmäisesti edetä keskusta ulospäin. Pelletin pienen massan vuoksi räjäytys voidaan tehdä umpinaisessa kammiossa, jota ympäröivään vaippaan reaktiotuotteet pysähtyvät ja josta lämpö otetaan talteen.

Sekä magneettiseen että inertiaalikoossa-pitoon perustuvat parhaat fuusiolaitteet ovat aivan Lawsonin rajan tuntumassa. Kummankin menetelmän tieteellinen to-teutettavuus on siten nykynäkemyksen mukaan kiistaton.

Päinvastoin kuin USA:ssa ja Japanissa, EY-maiden fuusiotutkimus on lähes yksin-omaan keskittynyt magneettiseen koossa-pitoon ja erityisesti tokamak-reaktoreihin.



Four steps (left to right) lead to the creation of a miniature star through the Inertial Confinement Fusion process. First, energy from the driver (laser or particle beams or X-rays derived from these beams) rapidly heat the surface of the fusion target, forming a surrounding plasma envelope. Second, the fuel is compressed by rocket-like blowoff of the surface material. Third, with the final driver pulse, the fuel core reaches 1000 times the original density of the deuterium-tritium fuel (equivalent to 20 times the density of lead). Fourth, thermonuclear burn spreads rapidly through the compressed fuel, yielding many times the driver input energy.

CIEMAT

Jarmo Konsi, STUK

Inertiaalikoossapidon poliittisena ongelmana on, että se toimii kuten miniatyyri-kokoinen ydinpommei. Erona vetypommiin on, että fuusiopolttoaine sytytetään laser- tai hiukkassuihkuilla eikä fissio-räjähteellä. Analogioista johtuen osa tutkimustuloksista on julistettu salaisiksi. Tiedemiespiireissä klassifioinnin merkityksestä on pitkään kiistelty ja eräs tulosten julkistamista vaatinut keskushahmo on Madridin teknillisen korkeakoulun fuusiotutkimuskeskuksen johtaja prof. Guillermo Velarde. Lokakuussa 1988 Madridissa käydyn laseralan konferenssin yhteydessä laadittiin "Madridin manifesti", jossa vaadittiin laserfuusiotutkimuksen deklassifioimista.

Prof. G.M. Velarde ja prof. J. M. Aragones esittelivät meille inertiaalikoossapitoa koskevaa fuusiotutkimusta DENIMissä (Instituto de Fusion Nuclear, Universidad Politecnica de Madrid). Kokeellista toimintaa ei ole, mutta ryhmä on kiinteässä yhteistyössä Osakan yliopiston, Los Alamosin ja Livermoren, sekä Max-Planck-instituutin ja Limeil'n kokeellisten tutkimusryhmien kanssa. Pääaktiviteetti on mikroräjähdytysten hyvin laaja ja yksityiskohtainen numeerinen simulointi. Simuloinneissa on tutkittu sekä laserfuusiota, että raskaiden ionisuihkujen avulla tehtyjä mikroeksplasioita. Ryhmän vakaumus on, että fuusioreaktori on toteutettavissa inertiaalikoossapitoon perustuen.

EY-maana Espanja osallistuu aktiivisesti myös Euratomin viralliseen fuusiotutkimusohjelmaan. Pääkohde on luonnollisesti eurofuusion lippulaiva JET-tokamak Culhamissa, johon seuran jäsenet tutustuivat vuoden 1989 ekskursioiden yhteydessä. Oma magneettifuusion tutkimusta tehdään Ciematissa, jossa on pienikokoinen tokamak TJ-I. Ciematiin on suunnitella hieman suurempi torsatronityyppinen laite TJ-II. Erityisesti suuret kansainväliset fuusiohankkeet nielevät kuitenkin niin paljon varoja, että pieniin tieteellisiin peruskokeisiin ei tahdo jäädä resursseja. Vuonna 1989 Espanja sijoitti Ciematin kautta magneettiseen fuusiotutkimukseen noin 62 henkilötyövuotta ja 737 miljoonaa pesetaa. DENIMin panostus inertiaalikoossapitoon on noin kaksikymmentä vakituista henkilöä sekä likimain saman verran jatko-opiskelijoita.

Espanjalaiset ovat tarmokkaasti paneutuneet suuriin eurooppalaisiin tutkimushankkeisiin, joihin mm. JET ja CERN kuuluvat. Teknisen osaamisen taso oli kunnioitustaherättävä. Mietityttämään jäi miten Suomeen saataisiin tutkimuskeskuksiin ja korkeakouluihin takaisin se hienomekaniikan ja elektroniikan osaaminen, joka monien taloudellisten ja tutkimuspoliittisten mallistusten aikana osittain tuhoutui. Osaajat kun siirtyivät muihin tehtäviin.

CIEMAT, energian, ekologisen ympäristön ja teknologian tutkimuskeskus (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), on Espanjan valtion teollisuus- ja energiainisteriön (Suomen KTM:tä vastaava) alaisena. Keskukseen aktiviteetteina on ohjattu energiaongelmien ratkaisuja ottamalla huomioon erityisesti vaihtoehtoisten energialähteiden kehittäminen.

CIEMAT:issa on kokonaishenkilömäärä 1400 ja vuosibudjetti 300 milj. FIM.

Keskusta johtaa neuvosto, jossa presidenttinä on D. Victor Pérez Pita ja varapresidenttinä (samalla keskuksen toimitusjohtajana) D. José Angel Azuara Solis. Neuvostossa on edustajia mm. eri ministeriöistä, ENUSA:sta (kansallinen uraaninyhtiö), ENRESA:sta (kansallinen radioaktiivisten jätteiden yhtiö) ja ydinturvallisuusneuvostosta.

Keskukseen suuntalinjoina ovat turvallisuuden ja käytettävissä olevien keskeisten energiamuotojen lisääminen, ihmisen elämänlaadun parantaminen lisäämällä ympäristötutkimusta, uusiutuvien energiamuotojen kehittäminen sekä fuusion tutkiminen.

Mainittakoon mm. kirjaston palveluista seuraavaa: 31 000 teosta, 250 000 raporttia, 750 000 mikrokorttia ja 500 aikakauslehteä.

Puolet keskuksen tuloista tulee erilaisista tilaustutkimuksista.

Tehtävien toteuttamiseksi CIEMAT on jaettu instituutteihin:

- ydinteknologiainstituutti (johon erityisesti tutustuimme),
- perustutkimusinstituutti,
- uusiutuvien energioiden instituutti ja
- säteily- ja ympäristöekologiainstituutti.

Lisäksi on instituutti, joka vastaa koulutuksesta sekä aktiviteeteista ja aiheista, jotka sopivat CIEMAT:in tutkimusten piiriin.

Voidakseen ottaa tehtäväkseen kaikki annetut tutkimukset, CIEMAT:illa on myös erillisiä tutkimuskeskuksia:

- Moncloa (Madrid), joka on pääkeskus ja jossa on tärkeimmät ja uudenaikaisimmat tutkimuslaitokset,
- Luvia (Soria), joka on omistautunut metsävarojen energiätutkimukseen,
- Almerian aurinkokenttä (Taberna), joka on Euroopan suurin aurinkolämpöä tutkiva tutkimuskeskus.

Ydinteknologiainstituutti

Instituutissa työskentelee n. 270 henkilöä jakaantuen neljään eri osastoon (joilla kullakin on parhaillaan menossa oma "nimikko"-ohjelmansa; näiden ohjelmien lisäksi on myös muita aktiviteetteja):

- minerallurgiset prosessit
- materiaalirakenteet
- turvallisuusteknologia ja
- radioaktiivisten jätteiden teknologia.

Espanjassa tällä hetkellä käynnissä olevat yhdeksän ydinvoimalaitosta ovat eri tyyppiä; tämä tuo myös CIEMAT:ille erilaisia ongelmia ratkottavaksi. Ydinteknologiainstituutin organisaatio uudistettiin neljä vuotta sitten vastaamaan paremmin nykyistä tilannetta.

Minerallurgisten prosessien osastolla työskennellään mineraalikäsitteilyä, nesteyttämisteknologian ja myös todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin parissa. Viimeksimainittu alue käsittää riskkejä sekä ydinvoiman että muun teollisuuden piirissä; erityisesti esillä ovat inhimilliset tekijät.

Yhteistyötä on mm. ENUSA:n, TECNATOM:in ja IAEA:n kanssa.

Materiaaliosastolla tutkitaan mm.:

- jäädytteen ja materiaalirakenteen välistä vuorovaikutusta PWR-laitosten primääri- ja sekundääripiireissä; höyrygeneraattorien ja niiden jännityskorroosiota on tutkittu erilaisissa projekteissa (PICI-I ja -II; PICI-II:sen tutkimuksiin on osallistunut myös eräs tutustumiskohteistamme, TECNATOM),
- BWR-laitosten matalajännityksen aiheuttamaa raerajakorroosiota,
- terästen haurautta,
- säteilyn vaikutusta materiaalirakenteeseen,
- gammatermometria.

Edellä olevia tutkimuksia varten on osaston käytössä laitteistoja ja järjestelmiä, jotka simuloivat BWR- ja PWR-ympäristöä. Osastolle kuuluvat myös NDT-tehtävät. Yhteistyötä harrastetaan mm. EPRIn, KWU:n ja KfK:n puitteissa.

Yhtenä projektina on PWR-laitosten höyrygeneraattorituubitutkimus. Tutkimuksessa selvitetään nikkelpohjaisten seosten käyttöä tuubimateriaalina ja lähinnä jännityskorroosiosäröähtiä primääripiirissä sekä erityyppisiä sekundääripiirin ongelmia johtuen kemiallisista vaikutuksista.

Tutkimuksessa on pyritty simuloimaan laitteistolla, instrumentoinnilla ym. primääri- ja sekundääripiirejä. Primääripiirin IGSCC:tä varten on kuusi autoklaavia, joihin jokaiseen tulee oma kiertopiirinsä ja joissa siis voidaan testata materiaaleja primääripiiriolosuhteissa.

Turvallisuusteknologiaosastolla tutkitaan:

- onnettomuusanalyysikokeita, joissa on kansainvälistä yhteistyötä mm. CEA:n kanssa onnettomuustilanteista, missä vapautuu fissiotuotteita,
- aerosolien käyttäytymistä; aerosolien tuottamista ja säilyttämistä varten on käytössä ns. LACE-laitteisto,

- onnettomuusanalyysijä,
- diagnostiikkatekniikkaa mm. lämpötila- ja painesensorien avulla ja
- geologisia analyysejä.

Osaston tutkimustyö on kiinteässä yhteydessä ydinturvallisuusviranomaiseen ja ydinvoimalaitoksiin, joiden kummankin henkilöitä CIEMAT:in henkilöstön lisäksi osallistuu tutkimuksiin.

Jäteteknologiaosastolla työskennellään matala- ja keskiaktiivisten jättekysymysten parissa kahdessa eri yksikössä; korkea-aktiivisten jätteiden tutkimusta hoitaa yksi yksikkö. Lisäksi on ydinvoimalaitosten dekontaminointiin ja purkamiseen erikoistunut yksikkö.

Ydinteknologiainstituutti julkaisi v. 1989 yhteensä 150 teknillistä tiedotetta ja 31 kongressijulkaisua.

Perustutkimusinstituutti

Instituutin henkilömäärä on n. 140. Tehävänä on huolehtia tutkimuksesta ja kehityksestä seuraavilla alueilla:

- termoydinfuusio
 - kokeellinen hiukkasfysiikka
 - säteilyfysiikka, joka sisältää ionisoivan säteilyn metrologian
 - atomifysiikka ja laser.
- Lisäksi on vielä teknillinen yksikkö.

Termoydinfuusio-osaston aktiviteetti on osa Euroopan yhteisön fuusio-ohjelmaa, Euratom-CIEMAT yhteistyösopimuksen mukaisesti. Tämän yhteistyön perusteella CIEMAT ottaa osaa myös fuusioteknologiaohjelmaan eristysmateriaalien alueella ja JET:iin (Joint European Torus).

Kokeellisen hiukkasfysiikan puolella on toimitettu yhteistyössä mm. CERNin puitteissa.

Säteilyfysiikan osastolla on tutkittu mm. radioaktiivisuutta, beta-gamma metrologiaa, radiologiaa ja termoluminenssia.

Teknillinen yksikkö palvelee instituutin muita osastoja; esim. suunnittelu-yksikkö suunnittelee ja työpaja valmistaa erilaisia tutkimuslaitteita osastojen käyttöön.

Uusiutuvien energioiden instituutti

Henkilömäärä, n. 140, on jakautunut neljään yksikköön:

- aurinkoenergiayksikkö
- biomassayksikkö
- tuulienergiayksikkö ja
- menetelmät + muut energiat-yksikkö.

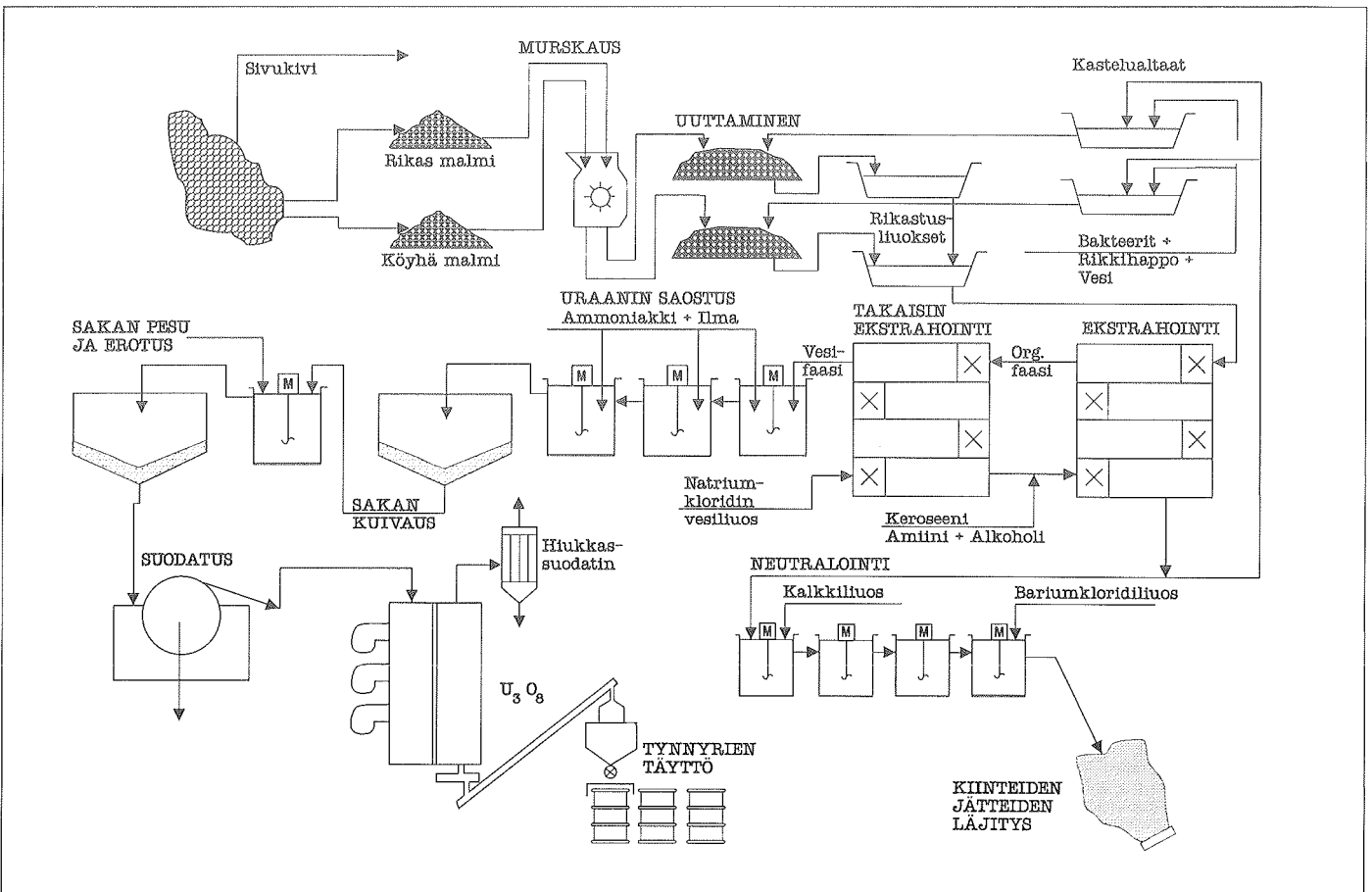
Aurinkoenergiayksikkö tutkii sekä matala- ja keskilämpötiloja että korkealämpötiloja. Viimeksimainitusta on alussa mainittu erillisprojekti meneillään. Projektissa on Euroopan suurin aurinkoenergiaa tutkiva tutki-

muskeskus sijoitettu Tabernaan, Almerian kaupungista n. 40 km:n päähän. Alueella on tutkimuksia varten seuraavia laitteistoja:

- Torniaurinkoasema (lämpöteho 7 MW), joka on varustettu höyrysäiliöllä (500 °C/100 bar); tämä tuottaa 1,2 MW sähköenergiaa turbogeneraattorista. Asemalla on myös 12 MWth:n energia-kapasiteetti lämpövarastossa, joka muodostuu kahdesta sulatussuolalla täytetystä tankista. Torni on 80 m korkea ja siinä on myös korkealämpötilaluoppi keraamisella säiliöllä, joka tuottaa ilmaa 1000 °C/10 bar. Tornissa suoritetaan myös materiaalin testausta korkeissa lämpötiloissa.
- 4 MWt:n kapasiteetilla oleva keskussäiliösystemi, joka sallii testauksia aina 2,5 MWt/m² asti.
- Hajautettu kokoojasysteemi, joka on jaettu kahteen parabolimuotoiseen kokoojakenttään kaksiakselisella keskiönnillä, ja yhteen kokoojakenttään yhdellä akselilla; nämä yhdessä tuottavat höyryä sähköntuotantoa varten muihin sovelluksiin.

Tutkimusalueet:

- keskussäiliöosien kehitys
- sähköntuotantojärjestelmät
- paraboliasian' kehitys
- keski- ja korkealämpötilaprosessit
- materiaalien testaus
- aurinkokemia.



Prosessin kulku Enusan uraanikaivoksella.

ENUSAN URAANIKAIVOS CIUDAD RODRIGOSSA

Anneli Nikula. IVO

Matkan viimeisenä päivänä vierailimme valtion yhtiön, ENUSAN (Empresa Nacional del Uranio SA), omistamalla uraani-kaivoksella Ciudad Rodrigossa. Kaivos toimittaa Espanjan ydinvoimalaitoksille vuosittain noin 250 tonnia uraanirikastetta, "yellow cakea" eli U_3O_8 :aa. Tämä on noin viidesosa Espanjan yhdeksän ydinvoimalaitoksen käyttämästä vuosittaisesta U_3O_8 -määrästä, noin 1200 tonnista. Tuotantojohtaja Jose-Miquel Rios Mitchell kertoi, että kaivoksen vuosituotanto nostetaan 1000 tonniin ensi vuoden kuluessa. Kiertokäynnin aikana näimme, että rakennustyöt tätä varten olivat täydessä vauhdissa.

Ciudad Rodrigon prekambriin kallioperä on suomalaisen kallioperään verrattuna nuorta, "vain" 360 miljoonaa vuotta vanhaa. Se kuuluu geologiseen muodostumaan, joka ulottuu Portugalista Keski-Eurooppaan. Uraani esiintyy kalliiossa olevissa raoissa ja halkeamissa, joissa se on sitoutunut lukuisiin eri mineraaleihin. Uraani on melko lähellä maan pintaa, noin 90 % on 70 ylimmässä metrissä.

Valtio perusti ENUSAn vuonna 1973 pääasiassa kaivostoiminnan aloittamiseksi Salamancan maakunnassa Ciudad Rodrigo-kaupungin läheisyydessä. Silloin uraanirikastetta arvioitiin saatavan esiintymästä kaikkiaan noin 5200 tonnia. Kaivos aloitti toimintansa vuonna 1974 ja myöhemmin tehtyjen selvitysten perusteella uraanivaranto on arvioitu uudeelleen; rikastetta arvioidaan saatavan yli 32 000 tonnia.

Vierailuajankohtana työntekijöiden määrä oli noin 600 eli rakentamisesta johtuen yli kaksinkertainen normaalimäärään, 250:een, verrattuna.

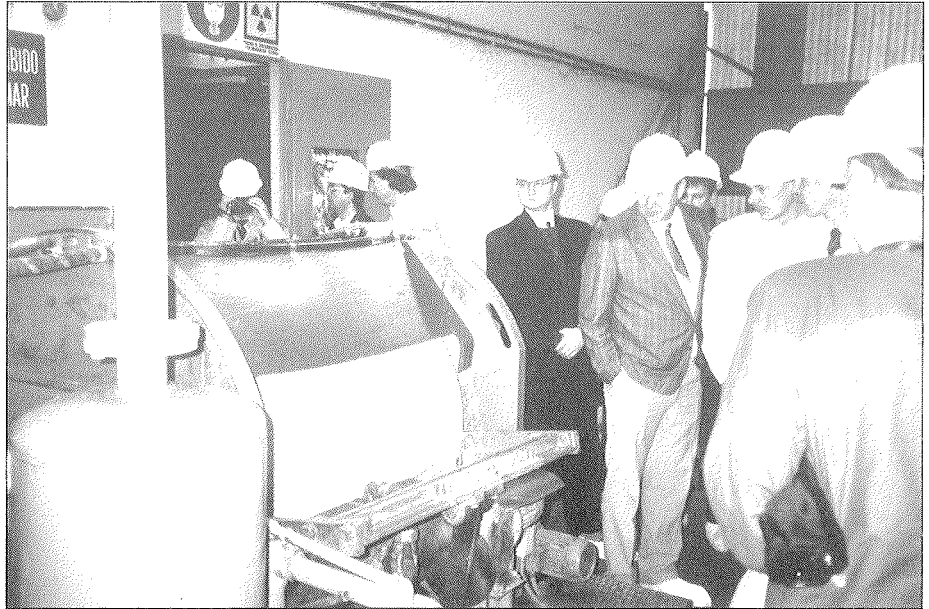
Kannattavuussyistä tuotantoa nostetaan

Uraanin pitoisuus vaihtelee esiintymän eri osissa, keskimääräinen pitoisuus on 600 ppm eli 0,6 promillea. Noin 250 tonnin yellow caken saamiseksi louhitaan vuosittain noin 3,5 miljoonaa tonnia kiveä. Tulevaisuudessa kallioulouhinnan määrä nostetaan yli 15 miljoonaa tonniin vuodessa ja siitä saadaan vastaavasti uraanirikastetta noin tuhat tonnia.

Tuotannon nostamisen syyksi Jose-Miquel Rios Mitchell kertoi uraanin halvan maailmanmarkkinahinnan. Uuden 240 miljoonaa markkaa maksavan tuotantolinjan avulla voidaan tuottaa uraanirikastetta nelinkertainen määrä työntekijää kohden. Uudella tuotantotasolla uraanin uskotaan riittävän Ciudad Rodrigossa yli 30 vuodeksi. Oman maan tuotannon lisäksi Espanjan ydinvoimalaitokset ostavat uraanirikastetta Nigeristä.

Uraani talteen monien vaiheiden kautta

Ennen louhimista otetaan alueelta runsaasti näytteitä, joista määritetään uraa-



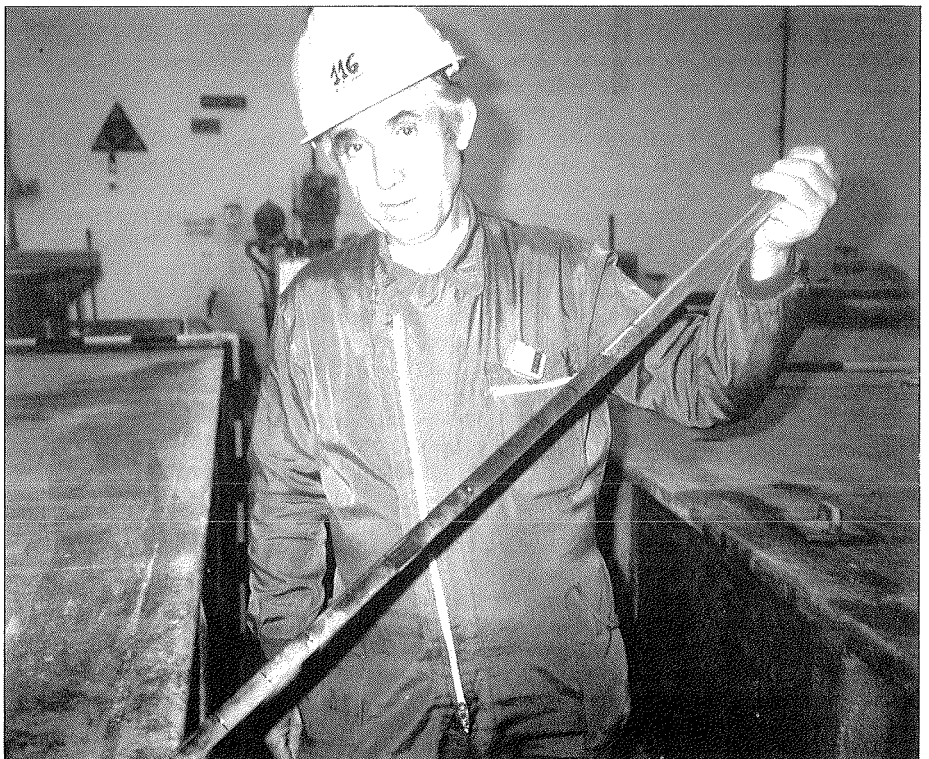
Kuvassa prosessin loppuvaiheessa suodatusrumpu.

nipitoisuus rikkaimpien esiintymien löytämiseksi. Räjähdytysten jälkeen louhe kuormataan ja kuorma-auto ajetaan radioaktiivisuusmittaukseen. Mittaustuloksen perusteella kuljettajalle sytty liikennevalot punainen, keltainen tai vihreä, ja kuljettaja tietää minne kallioulouhe kuljetetaan. Punainen merkitsee korkeaa uraanipitoisuutta, vihreä sivukiveä, joka hyljätään ja keltainen on näiden väliltä.

Louhe murskataan alle 10 cm:n palasiksi ja murske kasataan muovikalvon päälle noin 7 metriä korkeiksi laakeiksi kasoik-

si. Uraani liuotetaan murskatusta malmista ruiskuttamalla kasojen päälle bakteeripitoista laimeaa rikkihappoliuosta. Rikkihappoa käytetään noin 2 kg mursketonnia kohti. Bakteerien käyttö on vähentänyt tarvittavan happomäärän yhteen viidenteentoistaosaan aikaisemmin käytetystä määrästä.

Nyt käytössä olevilla menetelmillä malmista saadaan talteen noin 75 % uraanista. Uudessa menetelmässä malmi murskataan useisiin fraktioihin ennen liuottamista ja uraanista saadaan talteen yli 90 %.



Uraanin saostusaltaista otetussa näytteessä näkyvät selvästi eri kerrokset.



Sateinen uranikaivos.

Liuttamisprosessin jälkeen uraania on keskimäärin gramma litrassa. Uraania sisältävä rikkihappoliuos kerätään altaisiin ja johdetaan edelleen rikastusprosessiin. Uraani erotetaan epäpuhtauksista ja konsentroidaan peräkkäisten nesteuttojen avulla. Happoliuksesta uraani uutetaan ensiksi orgaanisilla liuottimilla (keroseniin, tertiääriamiiniin ja alkoholin seos) ja sen jälkeen pois orgaanisesta faasista natriumkloridin ja rikkihappoliuoksen avulla. Uraanin pitoisuus on uuttojen jälkeen noin 30 g/l. Sen jälkeen uraani saostetaan ammoniakkin avulla, sakka erotetaan, pestään ja kuivataan.

Kuivattu tuote pakataan tynnyreihin kuljetettavaksi väkevöintilaitokselle. Kaivokselta lähtevässä tuotteessa on noin 90 % U_3O_8 :aa ja 10 % epäpuhtauksia. Tynnyrissä on noin 400 kg tuotetta ja tynnyrilisen saisi Ciudad Rodrigosta arviolta noin 100 000 markalla. Yeollow cake lähtee kaivokselta konversiota ja väkevöintiä varten joko Yhdysvaltoihin, Neuvostoliittoon tai Ranskaan ja palaa sieltä takaisin ENUSAn polttoainetehtaalle.

Ympäristö on otettu huomioon

Kaivoksen ympäristössä ei voinut havaita metsä- tai muita tuhoja, kuten uranikaivosten toiminnasta on usein annettu ym-

märtää. Näimme perustamisvaiheessa olevia liuotusaltaita ja niiden muovittamista. Viranomaismääräykset ovat tarkkoja, että happoinen uraaniliuos ei saa joutua harhateille. Se on myös kaivoksen etu — tuotanto ei pienene.

Prosessivesiin jää uraania ja ne kerätään erilliseen prosessiin, jossa uraani otetaan talteen. Prosessivesistä talteen otetun uraanirikasteen määrä on noin 20 tonnia vuosittain eli lähes 10 % tuotannosta, joten se on kannattavaa myös taloudellisesti.

Puolet happoliuoksista kierrätetään ja toinen puoli neutraloidaan kalkilla ja liuokset kerätään saostusaltaisiin. Neutraloinnin lisäksi liuoksia dekontaminoidaan niihin jääneistä luonnon radioaktiivisuuksista muun muassa bariumsaostuksella. Sakat otetaan talteen ja vedet johdetaan samoin kuin puhdistetut prosessivedetkin säännösteltyyn purkualtaaseen. Sieltä poisto vesistöön, läheiseen jokeen, tapahtuu hallitusti noudattaen ydinturvallisuusviranomaisen asettamia määräyksiä. Päästöjä tarkkaillaan ja vesistön varrella on kahdeksan mittausasemaa radioaktiivisuuksien mittaamiseksi.

JUZBADON POLTTOAINETEHDAS

Pekka Lösönen, IVO

Tehtaan omistaa ENUSA (Empresa Nacional del Uranio S.A.). ENUSA on kokonaan Espanjan valtion omistama yhtiö, jonka toiminta keskittyy kolmeen pääosaan:

- uranikaivostoiminta yhtiön omistamalla kaivoksella Ciudad Rodrigon lähellä
- uraanin hankinta
- polttoaine.

Polttoainejakson toiminta on jaettu neljään osaan:

- laadunvarmistus
- engineering-toiminta, latausten laskeminen reaktoreille ja lupakäsittely sekä polttoaineasiantuntemuksen ylläpito ja kehittäminen
- polttoaineen valmistus
- kaupallinen osasto.

Tehtaalla oli tiukat turvatoimet ja esimerkiksi valokuvaus oli kokonaan kiellettyä. Vierailu oli kuitenkin onnistunut sillä isännät olivat asiantuntevia ja vieraanvaraisia.

Tehtaan historia ja toimitukset

Polttoaineen valmistuksen historia Espanjassa ulottuu vuoteen 1974, jolloin solmittiin yhteistyösopimus Westinghousen (W) ja General Electricin (GE) kanssa teknologian siirrosta Espanjaan. Espanjalaiset lähetettiin oppiin USA:han ja 1980

aloitettiin tehtaan rakentaminen Juzbadoon. Vuonna 1985 oli jo päästy niin pitkälle, että ensimmäiset neljä nippua toimitettiin Juzbadon tehtaalta Ascon voimalaitokselle (Westinghousen 930 MW PWR). Samana vuonna toimitettiin kokonainen täydennyserä Confrontesin BWR:lle (975 MW, GE). Kaiken kaikkiaan tehdas on toiminut vuoden 1991 elokuuhun mennessä 1482 nippua kiehuvesilaitoksille ja 1385 nippua painevesilaitoksille. Laitokset ovat olleet kaikki espanjalaisia lukuunottamatta Sveitsissä sijaitsevaa Leibstadtin laitosta, jonne toimitettiin 72 nippua vuonna 1989. Tehdas on valmistanut polttoainetta ainoastaan GE- ja W-tyyppisille reaktoreille. Neuvotteluja on käyty polttoaineen valmistuksen aloittamiseksi myös Trillon saksalaista konstruktoria (KWU) olevalle 1041 MW:n painevesilaitokselle. Tästä on kuitenkin luovuttu kustannussyistä.

Tuotanto

Tehtaan kapasiteetti on 300 tU/a. Siellä on kolme tuotantolinjaa, joista kaksi on PWR- ja yksi BWR-polttoaineen valmistusta varten. Tehtaan tuotanto käsittää pellettien valmistuksen UO_2 -pulverista, sauvojen kokoonpanon ja nippujen kasaamisen. Tehdas suorittaa myös säätösauvojen kokoamista, mutta varsinaisesti säätösauvat valmistetaan muualla. Tehtaan henkilökunta on 315 työntekijää.

UO_2 -pulveri tulee tehtaalle kahdesta eri paikasta. British Nuclear Fuel Laboratories (BNFL) toimittaa pulverin painevesilaitosten ja General Electric kiehuvesilaitosten polttoaineen valmistukseen. BNFL:n pulveri on konvertoitu uraanihexafluoridista IDR-menetelmällä (Integrated Dry Route). GE:n pulveri puolestaan konvertoidaan ADU-menetelmällä (ammonium diuranate). Polttoainesauvojen suojakuoret samoin kuin muut elementtien metalliset komponentit tuodaan tehtaalle valmiina, useimmiten USA:sta tai Ranskasta.

Pellettien valmistus

UO_2 -pulveri saapuu tehtaalle muutaman kymmenen litran tynnyreissä. Välittömästi pulverin saavuttua siitä otetaan näytteitä, joista mitataan epäpuhtauksien pitoisuus, kosteus, rikastusaste ja mekaaniset ominaisuudet. Saatua arvoja verrataan pulverin toimittajan dokumenteissa ilmoitettuihin arvoihin.

Varsinainen pellettien valmistusprosessi alkaa pulverin sekoittamisella joko 100 tai 500 litran astioissa. Sekoittamalla huolellisesti eri pulverieriä saadaan homogeenisoitua pulveria. Tässä vaiheessa joukkoon lisätään U_2O_8 :aa sopivan tiheyden ja huokoskokojakuman aikaansaamiseksi. Sekoittaminen tehdään tyyppikassassa hapettumisen estämiseksi.

Sekoittamisen jälkeen pulveri esipuristetaan 2–3 g/cm³ tiheyteen granulointia varten. Puristetut brikitit murennetaan ja siivilöidään oikean raekoon aikaansaami-

seksi. Samalla pulveriin lisätään voiteluainetta juoksevuuden parantamiseksi.

Seuraavaksi pulveri puristetaan pelleteiksi. Puristusaika ja -voima määrätään pulverin ominaisuuksien perusteella oikean tiheyden saavuttamiseksi. Tiheys tarkastetaan joillekin pelleteille suunnilleen 20 kg pellettierästä. Tämän ns. "green densityn" tulee olla noin 5.8 g/cm³. Samoin testataan mahdollisten halkeamien olemassaolo upottamalla pelletti metanoliin, jolloin kuplien nouseminen pintaan paljastaa halkeaman.

Jos pellettierä läpäisee tiheys- ja halkeamiskontrollin, se sintrataan 1780 °C lämpötilassa 4–5 tuntia. Sintrausaika riippuu pulverin ominaisuuksista ja "green densitystä". Sintrauksen jälkeen pellettien tiheys ja ulkohalkaisija mitataan puristus- ja sintrausprosessin säätöä varten.

Sintratut pelletit hiotaan märkähiontamenetelmällä. Hiottaessa pellettejä pyritään mahdollisimman pieneen uraanin hävikkiin. Tämän seurauksena huomattava osa pelleteistä näytti olevan vain osittain hiottuja. Hionnasta pelletteihin imeytynyt kosteus poistetaan uunissa kuivaamalla 150–200 °C lämpötilassa.

Lopullinen pellettien tarkastus käsittää tiheyden ja dimensioiden mittaukset, rikastusasteen ja stökiometrisyyden määritykset sekä epäpuhtauksien pitoisuuksien mittaukset.

Suojakuoret

Suojakuoriputkille tehdään ultraäänitutkimus vastaanoton yhteydessä. Samoin suojakuorista otetaan näytteitä epäpuhtauksien määritystä varten. Vetypitoisuus ja erityisesti ZrH-vyöhykkeiden orientoituminen suojakuoriseinämissä määritetään metallografisilla menetelmillä. Suurin sallittu vetypitoisuus putkille on 0.8 ppm. Suojakuoriputkille tehdään myös korroosiotestit simuloiden PWR tai BWR olosuhteita.

Sauvojen valmistus

Suojakuoriputkiin hitsataan alapäätytulpat ja tarkastetaan hitsien laatu. Tämän jälkeen pelletit ladotaan sauvaan, asetetaan jousi pellettipinon päälle ja täytetään sauvat paineistetulla heliumilla. Saman tien hitsataan yläpäätytulpat paikoilleen.

Valmiille sauvoille suoritetaan yläpäätytulpan hitsisauman radiografiatarkastus 3 °C, 90 °C ja 100 °C lämpötiloissa. Keskelle sauvoille suoritetaan myös heliumin vuototesti ja gamma-mittaus, jolla saadaan selville mahdolliset pellettien väliset raot sekä saadaan tarkistettua pellettien rikastusaste karkeasti. Osa sauvoista otetaan ainetta rikkovaan tarkastukseen, jossa mitataan täytekaasun koostumus ja paine.

Viimeiseksi sauvoille tehdään visuaalitar- kastus ja dimensiomittaukset.

Nippujen kasaaminen

Nippujen tukirungot kootaan valmiiksi ennen sauvojen pujottamista paikoilleen. Kun sauvat on asennettu runkoon, tarkastetaan välihiilojen etäisyys toisistaan.

Myöskin sauvojen hilavälin suuruus tarkastetaan. Yläpäätykappale asennetaan viimeiseksi paikoilleen. Lopuksi niput vielä tarkastetaan silmämääräisesti ja puhdistetaan. Valmiit niput sijoitetaan varastoon pystyasentoon odottamaan siirtoa kuljetuskontteihin.

Laadunvarmistus

Tehtaan laadunvarmistusjärjestelmää ei erikseen esitely. Se perustuu amerikkalaiseen 10-CFR-50 -kriteereihin tai ANSI-standardeihin, onhan tehtaan koko tuotantoteknologia kopioitu Amerikasta. Joitain yleisiä tietoja QA:n hoitamisesta saatiin kuitenkin urkittua.

Yhtiön oman QA-henkilökunnan lisäksi tehtaalla on vakituisesti paikalla viranomaisen tarkkailija. Lisäksi voimayhtiöt tekevät säännöllisesti tarkastuskäyntejä tehtaalle.

Tiedot pellettien valmistuksesta talletetaan automaattisesti tietokoneelle. Pulverin ja pellettien ominaisuudet ennen ja jälkeen jokaista prosessivaihetta sekä prosessiparametrit tulevat kirjatuiksi tiedostoihin. Myöskin suojakuorien QC-tarkastusten tulokset tallennetaan tietokoneelle. Komponenttien seurantakortteihin tulee merkinnät suoritetuista tarkastuksista ja tarkastuksista vastaavien henkilöiden allekirjoitukset.

Tehdas saa luonnollisesti käyttökokemuksia voimayhtiöltä polttoaineen laadusta. Kysyttäessä tehtaan valmistamien nippujen vuotoastetta vastattiin vältellen, että yhtään valmistusviasta johtuvaa vuotoa ei ole ollut. Polttoainevuotojen syytähän on monesti erittäin vaikea todeta mistään yksiselitteisestä asiasta johtuvaksi. Tehtaan edustaja kuitenkin vakuutteli, että vuotojen syyt oli tutkimuksissa selvitetty. Vuotavien nippujen lukumäärää hän ei kuitenkaan sanonut.

Säteily- ja ympäristönsuojelu

Tehtaalla mitataan partikkeli- ja gamma-säteilytasoa useista eri kohdista jatkuvasti. Työntekijöiden säteilyannokset jäävät keskimäärin alle 5 mSv/a, ja korkeimmatkin yksittäiset annokset ovat luokkaa 7–10 mSv/a.

Tehtaalla syntyvät kiinteät radioaktiiviset jätteet pakataan ja lähetetään ydinjätteen käsittelyä hoitavaan yhtiöön. Nestemäiset jätteet johdetaan altaisiin ja kaasumaiset radioaktiiviset päästöt lasketaan piipun kautta ilmakehään, ilmeisesti kuitenkin suodatettuina.

Tehtaalla on velvollisuus valvoa radioaktiivisten aineiden sekä kemiallisten myrkyjen päästöjä ottamalla näytteitä läheisestä joesta. Myöskin tehtaalla tuotettua vettä tulee valvoa. □

Shelving of the Swedish Nuclear Phase-out Policy

The lessons we have learned in Sweden during the energy debate are valuable elsewhere. I shall therefore try to describe the major events and reports that led up to the decision to reverse the energy policy and why it became possible for the politicians to unlock a seemingly locked situation. It is easy to say that reality will sooner or later catch up with politics, but sometimes it can be irreversibly too late. We were close to that situation in Sweden, but managed to make the change in time.

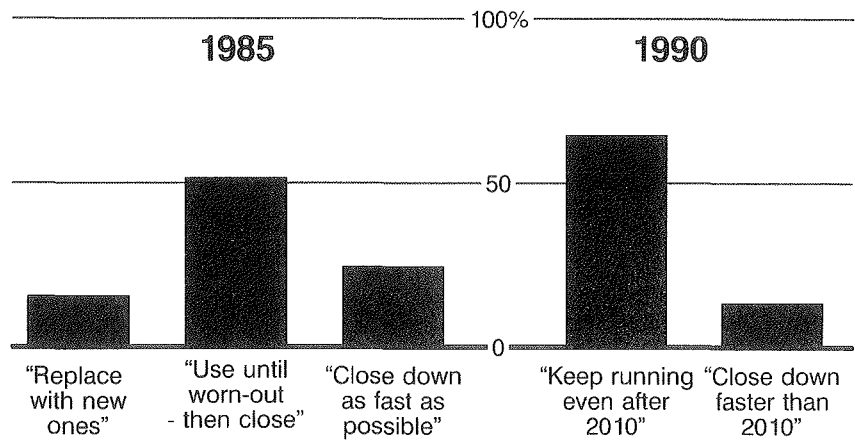
A few months ago Sweden reserved the earlier policy of a premature nuclear phase-out direction and opened the door towards a continued use of nuclear power plants, as long as they are safe and economic to run. For the politicians the decision was evidently a difficult one, but for the country as a whole it was a relief because it represented a return to reality.

A large number of government committees were at work during the years preceding the reversal. In a way their work perhaps represented the most thorough analysis ever of the ties between energy and economy and also a comprehensive comparison of different energy sources. All their findings resulted in a clear message that fulfilling of the phase-out program would be prohibitively costly for the economy and for the environment. Further, Swedish industry represented by both its existing associations and new ones specially formed for the event and by the labour unions, made the damaging consequences of a phase-out well known to the politicians and to the general public.

The Swedish nuclear debate, background

The public nuclear debate started in Sweden shortly after the first oil crisis in 1973, earlier than in many other countries. The debate focused on the risks of major accidents as well as on the final storage of spent fuel. As a result of this awakening debate the Swedish power industry made a pioneering effort concerning the handling of nuclear waste and

Public Opinion About Nuclear Power



designed schemes to take care of the spent fuel — schemes that also were subsequently accepted by the authorities as well as a broad scientific community.

In the nuclear sector itself ongoing improvements continued over the years, licenses were granted, power upgradings were made, and intermediate storage facilities were built. Filtration systems were gradually added to all Swedish reactor containments. This was by some people regarded as an overreaction but it enhanced the public credibility of the utilities, which was of great help later on.

The three alternatives presented to the voters in the referendum 1980 were all negative to nuclear power. The most negative one called for shut-down of the then six operating reactors within ten years, while the other two, that gained a majority, called for a long-term phasing out after completion of the remaining six reactors, which were in various stages of construction. Harmful effects on the Swedish economy and welfare were to be avoided. Shortly thereafter the Swedish Parliament decided that the phase-out period should finish no later than 2010, since they had wrongly got the impression that the economic depreciation period of 25 years also represented the technical lifetime of a reactor.

During the following years the Swedish R&D program for new and renewable energy sources continued and some people hoped that results would soon emerge giving clean and economic alternatives to

nuclear power. The construction program for the six remaining reactors continued and in 1985 reactors Nos. 11 and 12, both ABB BWR reactors, were synchronized to the grid and commissioned.

Slowly, a confidence in nuclear power was restored. At the beginning of 1986, according to polls a majority of the Swedes wanted to keep the reactors running even after 2010.

Then came the Chernobyl disaster. The fall-out over parts of Sweden was significant. It was never alarming, but with good help from the media it created a threatening situation — not health-wise but psychologically.

As a result, public confidence in nuclear power dropped significantly. The government almost immediately started up investigations to find out if the Chernobyl accident revealed any new facts or experiences with a bearing on the Swedish reactors. The findings were that there was no reason to change the estimation of accident risks in Swedish reactors. Nor did the accident point to any change in subsystems or safety procedures. After only a few months public confidence started to grow slowly again. Our earlier installations of containment filter systems were here of great help.

New political initiatives

But the politicians were not calmed. Proposals were made to increase the credibility of the earlier phase-out deci-

sion by fixing a starting date for the decommissioning of the first reactors. It was not surprising that such proposals came from the earlier anti-nuclear lobby, notably the Center party, but also the Minister for Energy worked on such proposals. And in 1988 a majority of the Social Democrats and Centerists together with the small Communist Party persuaded parliament to adopt a bill stating that the phase-out should start in 1995—1996 with the first two reactors.

This 1988 parliamentary decision triggered off no fewer than 16 government committee investigations of various aspects of the proposed early phase-out.

At this point I believe it is necessary to give you a brief picture of how the different parliamentary decisions affected the longer range planning of the electricity sector in Sweden for 1988—1990. Ahead of us was the planned shut-down of two reactors in 1995—1996. And the demand for electricity continued to increase. Without new capacity additions it would be impossible to cope with the situation. The dilemma was that a shortage of electricity might develop even before 1995 and in a rational situation planning for new capacity should be well under way. The situation was, however, far from rational.

And there were really no alternatives available. Hydro power expansion was, in practice, not available due to a parliamentary decision, originally made as early as 1970 (at that time nuclear power was the alternative that would enable the remaining untouched rivers to be saved). Neither coal, oil or natural gas could be used if the ceiling on carbon dioxide should be taken seriously. Peat would also add to the carbon dioxide emissions. The remaining alternatives — wind, solar energy and biomass — were the most expensive options and these with the smallest potential capacity or far from being developed into any kind of even precommercial application.

What remained then was to curb the demand. The Greens and the Minister for Energy claimed that industry and, notably the electricity-intensive companies, were not using electricity very efficiently and a large saving potential thus existed. Therefore, the nuclear shut-down could easily be managed if industry really started to conserve electricity. And this, the Greens said, could happen even without any major price increases. This meant in practice, however, that every industrial process should utilize the latest and most efficient technology. Thus, within a very short period of time the entire industrial capital stock would have to be replaced! The result would be a premature phase-out not only of nuclear power but of most of the industrial capital investments as well. The costs would be extremely high and completely unbearable for the economy.

Industry alarmed

Before the decision to start the phase-out already in 1995 most people in industry,

had the feeling that the year 2010 was so far away and they had faith in the politicians' longer-range rationalism. With the decision to start the phase-out already within some five years, the rationalism of the politicians was highly questioned.

The electricity-intensive industries (i.e. pulp and paper, chemical, iron and steel and mining) became really alarmed. Besides working through their ordinary trade associations, they formed a completely new association — SEI (The Association for Electricity-Intensive Industries). Its sole purpose was to inform the general public about how dependent these industries were on an adequate supply of reasonably priced electricity and also about their role in Sweden's economy. The objective was clearly to change the official energy policy.

These industries also invest a lot in process equipment and technology, often supplied by other Swedish manufacturing companies. As an example about 30 percent of the home market for the Swedish ABB companies depends directly or indirectly on the investments of the electricity-intensive industries. If these industries were to decrease their investments in Sweden then ABB and other manufacturing companies would be severely hurt, too. The new information campaign by the electricity-intensive industries was thus supported by other industries as well.

And the industrial unions felt that their future jobs were jeopardized. New alliances were born and information campaigns in all levels of society started. And the "ammunition" came largely from the results of the various government committees.

Unsolvable equation

Practically all the findings of the committees showed that the politicians had created an unsolvable equation.

The direct cost of the premature shut-down would be some 8 BUSD. (The closing down of the remaining ten reactors 15 years before their end of life would similarly cost some 30—40 BUSD). There

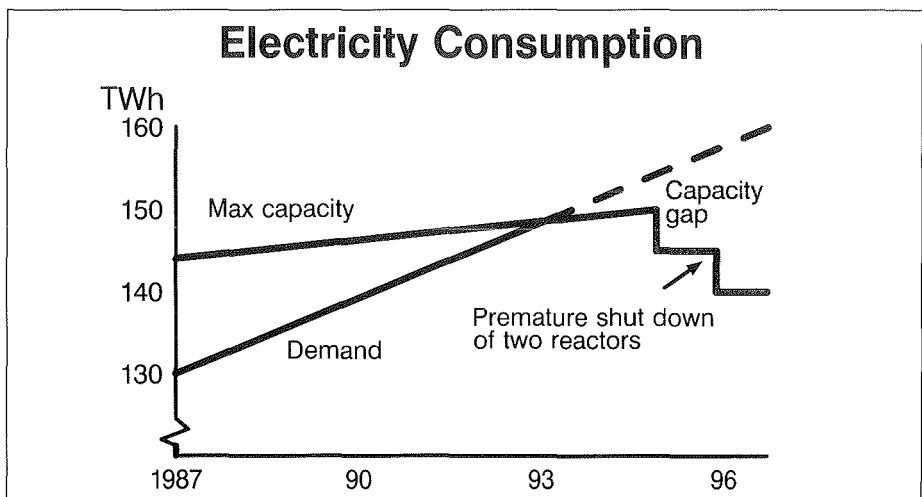
is no "golden" source for this kind of money, which means the costs have to be passed on to the consumers as tariff increases or taxes. The indirect costs for society are hard to calculate, but presumably much higher.

In an official report prepared by the Swedish Energy Administration it was calculated that the necessary price increase for electricity was of the order of 100 percent. This really alarmed the electricity-intensive industries and their new associations. Such a unilateral price increase would wipe out most of their competitiveness, and consequently they feared that their future in Sweden would be limited if the energy policy were not changed. These industries communicated their fears to the politicians, the media, the schools, the unions, their employees and the general public. They actively participated in public debates and hearings and made numerous approaches direct to government ministers.

I have to emphasize that the Swedish economy to a very large extent depends on the welfare of the electricity-intensive industries. With their high share of export and an almost entirely Swedish production input (raw materials, energy, manpower and capital), they are by far the biggest net earners of export income. A lower volume in these industries could hardly be replaced by other industrial sectors with a much higher import ratio — at least not in the timespans discussed.

To sum up the 16 different committees showed that a premature shutdown as proposed would be very costly, would seriously damage Swedish industry, would adversely affect the environment and thus in reality would be impossible to pursue.

It is not surprising that the general public in Sweden began to realize that a premature closing down of the valuable assets represented by the nuclear power plants would seriously affect their welfare. In 1990 the polls also showed a strong support for retaining nuclear power also after 2010. Even a majority among women shared this opinion. Pressure on the politicians was thus being built up.



The compromise

In August 1990 three parties, the Social-Democrats, the Liberals and the Centerists, started to negotiate a compromise. Once again the committee findings were scrutinized. But these findings were clear enough and the essence of the "compromise" was thus quite obvious.

In the final agreement of January this year, which the government a few weeks later turned into a parliamentary bill, the premature phase-out in 1995—1996 has vanished completely. Also the final shut-down in 2010 is only mentioned as a passing reference to the earlier decision. New forms of subsidies to the agricultural sector were included in the agreement to get acceptance from the Center Party. In the agreement it is very clearly stated that the energy policy is subordinated to the overriding policies concerning the development of Sweden's economy and welfare and industrial development. Higher priority is also given to the industrial competitiveness of Swedish industry, and unilateral burdens upon it cannot therefore be accepted.

Return to reality

This represents a return to reality. Sweden cannot afford unilateral diversions which would give Swedish industry higher costs than those in our competitor countries. Sufficient electricity at moderate price levels is a prerequisite for our industry. Nuclear power as a major source of electricity has been scrutinized and accepted.

It is my hope that the recently achieved

three-party agreement in Sweden will last. It gives our planners, in both the power industry and the manufacturing industry, a better framework in which to do their jobs. Industry must be, and is, willing to take risks, but the rules of the game must not change too often or too drastically.

The agreement represents an important trend change. Every decision taken earlier by the parliament has worked against nuclear power. This continuous row of emotionally driven negative decisions has now been broken by the first positive decision driven by reality.

Some observations can be drawn from the Swedish experience. Let us first note that political decisions have not in any adverse way influenced the ongoing development of the nuclear system including the back-end and improvements of its effectiveness. It can also be noted that political "green" decisions can only be altered when people and politicians are directly confronted with reality in a very concrete way. A third conclusion is that very special efforts by the industrial community as a whole are needed to change a political course, efforts by the power industry alone will not be sufficient.

To sum up, I will conclude in the following way. Under pressure from the public debate in the media and from the Greens (often synonyms), we have scrutinized nuclear power from all aspects in a great number of committees and government initiated investigations. Our work on the safe storage of spent fuel is well known and accepted in our country. The safety

of the operation of nuclear plants has also been the subject of many investigations and proved to be acceptable. Further, the economy of nuclear power has proved to be superior to that of all real alternatives.

The change in direction of the Swedish Energy Policy was brought about by a very intensive effort to inform decision makers and the public about the serious consequences of a premature nuclear phase-out. It was carried out by organizations which carry the highest confidence in describing these consequences, namely the large energy users, in coordination with influential trade unions. Countries in the same situation as Sweden might well take a deeper look at what has been accomplished and how it was organized. By and large, societies function in the same way and it is my firm belief that the results accepted, by both the public and the politicians in Sweden, and the decisions we have taken have a bearing on other countries as well. The change in attitude to nuclear power, which is necessary for the revival of the nuclear option can only be brought about if all major parties in society that believe in the need for growth and economic development combine their efforts to achieve this common goal. □

Lennart Fogelström is Executive Vice President and Per Hedval Senior Vice President of Asea Brown Boveri AB in Västerås, Sweden.

ANNOUNCEMENT FOR SHORT COURSES

on

MULTIPHASE FLOW AND HEAT TRANSFER:
BASES, MODELLING AND APPLICATIONS IN
A: THE NUCLEAR POWER INDUSTRY
B: THE PROCESS INDUSTRIES
Zurich, 23—27 March 1992

hosted by the
Swiss Federal Institute of Technology (ETH)
in Zurich, Switzerland.

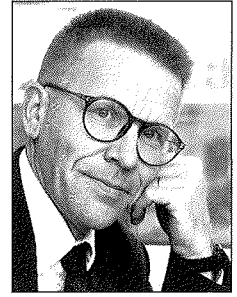
The modular courses feature coordinated, comprehensive series of lectures by experts and are of interest to practicing engineers and to researchers who wish to obtain a condensed and critical view of present basic knowledge (Part I) or information on the state of the art regarding applications in specialized industries (Parts IIA and IIB).

The courses aim at an interdisciplinary transfer of knowledge. Applications cover nuclear and chemical plant safety (with an emphasis on severe accidents), steam generators, pipelines, etc.

For further information contact

Prof. G. Yadigarogly, ETH-Zentrum, CH-8092 Zurich, Switzerland
(tel.: +41-1-256.4615, telefax: +41-1-262.2158).

Tarve ja mahdollisuudet parantaa Itä-Euroopan maiden ydinvoimalaitosten turvallisuutta



Esitelmä ydinenergiaseminaarissa 4.10.1991

Suomalaisilla on ollut tilaisuus tutustua Itä-Euroopan maiden ydinvoimalaitosten suunnittelussa ja käytössä vallitsevaan turvallisuuskulttuuriin läheisesti jo 1960-luvun lopulta lähtien. Tuolloin käydyssä Loviisan laitoksen hankintaan liittyneissä keskusteluissa kävi selväksi, että neuvostoliittolaisten johdolla tapahtunut ydinvoiman kehitys painottui olennaisesti vähemmän turvallisuuskäsitteisiin kuin länsimainen vastaava kehitys. Suomalaisella puolella ei nähty mahdolliseksi hyväksyä turvallisuustasoa, johon oli tyydytty Itä-Euroopassa.

Tshernobylin onnettomuus oli äärimmäisen seuraus välinpitämättömästä asenteesta turvallisuuden suhteen. Kuitenkin jo sitä ennen oli ollut useita tilanteita, joissa vakava onnettomuus oli ollut erittäin lähellä. Tiedoissa ovat mm. seuraavat tapahtumat:

- 1975 Greifswaldin 1. yksiköllä (VVER-440) sattui turbiinihallin suuri tulipalo, jossa sekundaaripiirin veden syöttö menetettiin 7,5 tunniksi. Sekundaaripiirin kiehuttua kuiviin reaktorin jäähdytettiin suoralla läpivirtauksella käyttämällä yhtä korkeapainepumpua, jolle oli onnistuttu järjestämään tilapäinen sähkönsyöttö.
- 1975 Leningradin 1. yksiköllä (RBMK-1000) sattui paikallinen kriittisyys, jossa yksi polttoainenippu hajosi räjähdysmäisesti ja 30 sitä ympäröinyttä nippua vaurioitui muuten.
- 1978 Belojarskin 2. yksiköllä (RBMK-160) sattui turbiinihallin tulipalo, joka keskeytti kaiken normaalin jäähdytysveden syötön ja pakotti operaattorit jättämään valvomon savun vuoksi. Kovassa pakkasessa kaikki kiinteät sammutusjärjestelmät jäätivät ja palo sammui vasta 24 tunnin kuluttua. Reaktorin jäähdytettiin manuaalisesti kytkinlaitokselta käynnistetyillä hätä-

jäähdytyspumpuilla, vailla mittauksia primaaripiiristä.

- 1982 Tshernobylin 1. yksiköllä (RBMK-1000) sattui paikallinen kriittisyys, jossa yksi polttoainenippu hajosi räjähdysmäisesti. Tapahtuman jälkeen kyseinen polttoainekanava ja kolme sen ympärillä olevaa kanavaa ovat olleet poissa käytöstä huomattavien paikallisten vaurioiden vuoksi.
- 1982 Armenian laitoksella (VVER-440) sattui suuri turbiinihallin tulipalo, jonka yhteydessä mahdollisuus syöttää vettä höyrytimien sekundaaripuolelle menetettiin neljäksi tunniksi. Laitos jouduttiin ajamaan alas paikallisohjauksia käyttäen valvomon täytyttyä savulla.
- 1982 Rovnon laitoksella (VVER-440) sattui kolmessa höyrytimessä peräkkäin primaarikollektorin kannen kiinnityspulttien repeäminen, josta aiheutui suuria jäähdytevuotoja sekundaaripuolelle. Tilanteesta selvittiin kaikkien tarvittujen primaaripiirin sulkuventtiilien oikean toiminnan ansiosta.

Kaikki edellämainitut tapahtumat etenivät niin pitkälle, että tyypillisiin PRA-analyysiolettamuksin olisi ilmeisesti päädytty ennustamaan vakava reaktorisydämen vauriota. Näin ollen ei ole yllättävää, että Kuolan laitokselle tehty karkea PRA-analyysi antaa sydänvaurioriskin $5,5 \times 1.E-3$. Riskiarvio saattaa olla lähellä totuutta, kun otetaan huomioon, että tällä hetkellä Itä-Euroopan laitosten yhteenlaskettu käyttökokemus on miltei tasan 1000 reaktorivuotta, jakautuen puoliksi VVER-tyyppisten ja RBMK-tyyppisten laitosten kesken.

Pyrittäessä nostamaan ydinenergian käytön turvallisuutta globaalilla tasolla on hyvin perusteltua kiinnittää suuri huomio Itä-Euroopan ydinvoimalaitoksiin.

Huomautettakoon, että luen Itä-Euroopan maihin tässä yhteydessä Neuvostoliiton, Tšekkoslovakian ja Bulgarian. Myös Unkarissa on VVER-440 laitoksia, mutta pidän niiden turvallisuustasoa kentaluokkaa parempana kuin kolmessa mainitussa maassa vallitsevaa tasoa.

Kansainväliset hankkeet Itä-Euroopan maiden ydinvoimalaitosten turvallisuuden lisäämiseksi

IAEA:n "vanhojen reaktoreiden turvallisuusprojekti"

Projektissa arvioidaan VVER 440/230-tyyppisten reaktoreiden turvallisuutta. Tähän ryhmään kuuluu 4 laitosta Bulgariassa, 4 Neuvostoliitossa ja 2 Tšekkoslovakiassa. Projekti koostuu asiantuntijaryhmien vierailuista ao. laitoksille ja Wienissä pidettävistä arviointi- ja yhteenvetokokouksista. Projektin tuloksena syntyy neuvoja siitä, mitä pitäisi parantaa ja missä järjestyksessä, mutta ei varsinaista konkreettista tukea suositusten toteuttamiseksi. Projektissa on ollut mukana useita suomalaisia IVO:sta, VTT:ltä ja STUK:sta.

Projektin kustannuksista vastaavat osallistuvat IAEA:n jäsenmaat lähinnä rahoittamalla omien asiantuntijoidensa palkat ja matkakulut.

WANO:n toiminta

WANO:n puitteissa on toteutettu hyvin samantapainen vanhimpiin VVER-laitoksiin kohdistunut arviointiprojekti kuin se, mikä on meneillään IAEA:n johdolla. Keväällä päättyneen projektin jatkona on annettu asiantuntija-apua voimayhtiöiden välisenä toimintana. Ymmärtääkseni asiantuntija-apu ulottuu yksittäisillä laitoksilla suositeltujen parannusten teknistä toteutusta koskeviin neuvoihin. Lisäksi WANO:n puitteissa tehdään molemminpuolisia pitkäaikaisia laitosvierailuja Itä- ja Länsi-Euroopan ydinvoimalaitosten henkilökuntien kesken.

Suomen taholta IVO on ollut mukana WANO:n projekteissa. Voimayhtiöt ovat rahoittaneet suoraan oman osuutensa kustannuksista.

Euroopan Yhteisön rooli

Konkreettinen rahoitustuki Itä-Euroopan laitoksilla tehtäville parannuksille on kanavoitu huomattavalta osalta Euroopan Yhteisön kautta. EY ei tee omaa turvallisuuden arviointia vaan avustaa ao. maita projektikohtaisesti konkreettisten parannushankkeiden toteuttamisessa. Kukin maa tai ydinvoimalaitos tekee näitä pro-

jekteja koskevat avustushakemuksensa suoraan EY:lle. Projektien hyväksymisen edellytyksenä on yleensä, että ne perustuvat IAEA:n tai WANO:n suosituksiin. Projekteihin myönnettävä tuki palautuu suurelta osalta EY:n jäsenmaihin laitehankintojen, analyysityön ja muiden asiantuntijapalveluiden rahoituksena.

OECD:n rooli

OECD:llä ei ole konkreettisia hankkeita tai suunnitelmia, jotka tähtäisivät suoraan Itä-Euroopan ydinvoimalaitosten turvallisuuden tutkimiseen tai parantamiseen. Sen sijaan OECD on keskittynyt järjestämään tieteellisteknistä yhteistyötä Itä-Euroopan maiden tutkimusorganisaatioiden kanssa. Tämän yhteistyön puitteissa Itä-Euroopan maat pääsevät mukaan rajoitettuja aiheita käsitteleviin korkeatasoisiin ja käytännönläheisiin kokouksiin. Lisäksi niille on tarjottu tilaisuutta osallistua OECD:n yhteisiin tutkimushankkeisiin.

Hanke kansainväliseksi RBMK-projektiksi

Parhaillaan ollaan käynnistelemissä kansainvälistä projektia RBMK-laitosten turvallisuuden arvioimiseksi ja parantamiseksi. Se lienee saanut alkunsa useiden eri maiden tekemistä kahdenvälisistä yhteistyötarkoituksista suoraan Neuvostoliitolle. Työn koordinoimiseksi neuvostoliitollaiset ovat kutsuneet lokakuun lopulla koolle kokouksen, jossa ovat mukana Saksan, Englannin, Ranskan, Italian, Ruotsin ja Suomen edustajat. Hankkeen tavoitteista, toteutustavoista ja IAEA:n mahdollisesta osuudesta vallitsee vielä hyvin erilaisia käsityksiä.

Käytännön parannustoimenpiteiden toteutusnäköymät

Ongelmaksi käytännön parannusten toteutuksessa on muodostunut se, että kerralla yritetään viedä eteenpäin liian monia asioita. Tämä on leimaa antava piirre sekä IAEA:n että WANO:n suosituksissa kuten myös Itä-Euroopan maiden omassa päätöksenteossa. Projektien suuruus on tehnyt päätöksenteon Itä-Euroopassa vaikeaksi eivätkä kiireellisimmäkään parannukset tahdo päästä toteutusvaiheeseen.

Toinen ongelma on länsimaisten laitetoimittajien pyrkimys hyötyä tilanteesta taloudellisesti. Eri projektien puitteissa annettujen suositusten takana ei aina ole vilpittömän pyrkimys lisätä ydinenergian käytön turvallisuutta. Sen sijaan suositellaan käyttöön uusia laitteita ja järjestelmiä, joiden turvallisuusmerkitys on käytännös-

sä olematon ja puutteellisten kokonaisanalyysien vuoksi saattaa olla jopa negatiivinen.

Kolmas ja erittäin hankalasti poistettava ongelma on se tosiseikka, että turvallisuusasenteet Itä-Euroopassa näyttävät muuttuvan erittäin hitaasti. Varsinaisesta turvallisuuskulttuurista ei voitane puhua vielä pitkään aikaan. Oma kansallisen tason vastuuta turvallisuusasioiden hoitamisesta ei ole yleisesti tiedostettu vaan ollaan valmiita odottamaan ihmeellisiä parannuksia ulkomaan avusta.

VVER-laitosten osalta olen saanut sen kuvan, että konkreettiseen laajamittaiseen työhön on ryhdytty vain Tsekkoslovakiassa, sekä vanhemmilla että uudemmilla laitoksilla. Tämän päivän tilanne on siellä käyneiden havaintojen mukaan kuitenkin vielä varsin murheellinen eikä vanhimpien laitosten "talonpito" näytä olennaisesti kohentuneen vanhasta tavasta.

Bulgarian laitoksella on ryhdytty kansainvälisen painostuksen vuoksi lähinnä suureen "siivoukampanjaan", jolla kohotetaan laitosten yleisilmettä, mutta suunnitelmalliset varsinaisista teknisistä parannuksista antavat vielä odottaa itseään.

Neuvostoliitossa on ainakin Novo Voronezhissa tehty hyvä ohjelma turvallisuuden lisäämiseksi, mutta se on niin laaja, että investointipäätöstä tuskin syntyy kerralla koko ohjelman toteuttamiseksi. Toisaalta viranomaisen on ollut empivällä kannalla ohjelman riittävydestä. Saamani käsityksen mukaan viranomaisen odotetaan hyväksyvän kerralla koko ohjelman ja lisävaatimusten esittäminen jälkeinpäin on vaikeaa.

RBMK-laitosten kohdalla välittömiin käytännön parannuksiin on ryhdytty ymmärrettävistä syistä. Tshernobylin onnettomuuden osoittamien turvallisuuspuutteiden poistamisen lisäksi laitosten turvallisuutta on lisätty muutenkin. Esimerkiksi Leningradin 1. yksiköllä lähes kaksi vuotta kestäneen seisokin aikana tehtiin aivan olennaisia perusparannuksia.

Suomalaisten toimet

Kansainvälisiin projekteihin osallistumisen ohella suomalaiset ovat pyrkineet myös kahdenvälisiin yhteyksiin.

Suomalaiselta taholta on indikoitu neuvostoliittolaisille kiinnostus arvioida ja parantaa erityisesti lähellä rajojamme olevien ydinvoimalaitosten turvallisuutta.

Tämänsuuntaiset ajatukset ovat saaneet huomattavan poliittisen kannatuksen, mutta rahoitusjärjestelyt ovat edenneet niin hitaasti, että konkreettisia ehdotuksia Neuvostoliiton suuntaan on ollut vaikea tehdä. Nyt näyttää siltä, että aluksi tarvittava useiden miljoonien markkojen suuruinen määräraha on lopulta tulossa valtion budjetista.

Neuvostoliittolaisten osoittama kiinnostus Suomen aloitteita kohtaan on ollut vähäinen. He ovat ilmeisesti nähneet hankkeet sen kaltaisina, että tuloksena olisi lähinnä kritiikkiä heitä kohtaan, mutta ei varsinaista hyötyä turvallisuuden lisääntymisen muodossa.

Tällä hetkellä pyrkimyksenä on, että saataisiin aikaan suora yhteistoimintaa Kuolan ja Leningradin laitosten kanssa, ilman että asioita pitää hoitaa Moskovan kautta.

Kuolan projekteja tulisi hoitamaan IVO ja ne sisältäisivät hyvin käytännöllisiä lisäyksiä ja parannuksia laitosyksiköiden turvajärjestelmiin. IVO antaisi apua toisaalta parannusten suunnittelemisessa ja toisaalta sopivien laitteiden hankkimisessa. Laitehankinnat voitaisiin mahdollisesti rahoittaa EY:n toimesta sikäli kuin on kysymys EY-maista tehtävistä hankinnoista ja Suomen valtion budjetista sikäli kuin laitteita tilataan Suomesta.

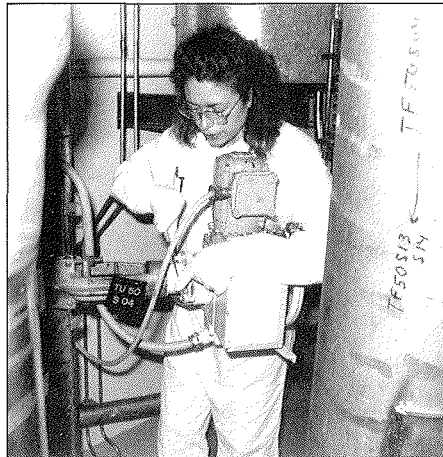
Leningradin projekteja tulisi koordinoimaan STUK, mutta pääosa työstä tehtäisiin muualta hankittavien konsulttien avustuksella. Nämä projektit mahdollisesti sisältäisivät työtä käyttötoiminnan turvallisuuden lisäämiseksi sekä ainetta rikkomattomia tarkastuksia päälaitteille ja putkistoille.

IVO:n harjoittama konsultointi Tsekkoslovakiassa ydinvoimalaitoksilla on ollut käynnissä jo jonkun aikaa ja se on edesauttanut sikäläisten laitosten parannusten suunnittelua. Tämä konsultointi on tapahtunut voimayhtiöiden kahdenvälisen yhteistyön merkeissä ja IVO:n omalla kustannuksella. □

Jukka Laaksonen on säteilyturvakeskuksen ydinturvallisuusosaston päällikkö. Puh. 90-70821.

Working in Finland

Phillippa Loose is a nuclear engineering student at Manchester University, England and has worked this summer for IVO at the Loviisa Nuclear Power Station, Finland, as a trainee engineer on an international student exchange program between ENS members; the institute of nuclear engineers (England) and ATS (Finnish Nuclear Society). This is a short personal account of her stay in Finland.



I came to Finland with little idea of what to expect. Some friends had mentioned fir trees, lakes and an aptitude for saunas but apart from the knowledge that it was in Scandinavia I knew very little at all. On the other hand I wasn't under the impression that the place was over run with polar bears (which I've heard is quite common place among some tourists !) and I wasn't desperate to see a reindeer either. I wanted to work in a nuclear power station and explore a country I'd never been to before. I saw it as an adventure, an experience and a step towards a better understanding of myself and my future career.

I had received some brochures from IVO and had a fair amount of background information on Loviisa Power Station and the town itself but, although I've travelled to various places before it was always with friends or family, this time I was out on my own and I found it a little daunting. I needn't have worried though as I had friends waiting for me and I was greeted at work by a welcoming atmosphere of good humour and a readiness to help me in finding my way round.

The air of genuine pleasantness at the plant was really rewarding, I even enjoyed keeping the photo-copier company and well fed at time when the extensive paperwork (enjoyed by all nuclear power stations) had to be bred in order to keep regulatory bodies and management staff satisfied to the correct operation and maintenance of the plant. It has been a standing joke for many years, I believe, that if all the paperwork were to be put into the pressure vessel and burnt, the plant could produce electricity for another 5 years!

"What is engineering?" has always been a difficult question for me to answer concisely, as my experience before was basically academic with several different courses to study. At Loviisa NPP I was able to observe their interaction while working as part of a team. I was always encouraged to find out as much as I could about plant operation, the company and all aspects of nuclear power and engineering that interested me. My questions were always answered and if there was no-one at hand to ask, there was always a fair weight of English material to wade through. Actually, I was surprised at the standard of English, both spoken and written, and the fact that most seemed to have learnt it in the classroom — my school French was never that good!

I've had plenty of assistance from friends and colleagues but notably from my boss, Jorma Aurela and my trainee manager, Tom Gustafsson who have been my respective teachers in both management and practical aspects of engineering. My boss has set me a number of tasks in communicating with other nuclear plants and corresponding with them in an engineering capacity and in doing so, showing me the benefits of international contact and giving me a better understanding of engineering processes and operations. He has also in turn given me an understanding of Finland through its history and encouraged me in my exploratory travels.

On the practical side of my training I worked in the reactor building on a project which involved taking measures and other data from actuators and valves, in order to make calculations to assess their reliability and to determine

whether they came up to certain regulatory standards (especially those which are required to be LOCA qualified), also recording by photography any changes that had been made. I soon learnt that the old adages 'a job worth doing, is one worth doing well' and 'more haste, less speed' were very appropriate to my learning but Tom was a good teacher and tolerant of my short comings. Although I still have the opinion that a radioactive environment is like swimming in cold water (not to be stayed in too long), I've improved from the attitude that it's akin to hot water (to be got out of as quickly as possible at the expense of the job in hand). Work has to be carried out with accuracy and there is no point in rushing a job and then having to do it again — a valuable lesson I learnt the hard way.

I'd decided before I came that I'd make this experience partly a basis for learning and partly an adventure. Which meant that every weekend I organised to visit a new place, city or town. Sometimes I travelled alone, other times I was invited to stay with friends and, on a couple of occasions, went on organised trips with other exchange students. I was lucky in the fact that Helsinki was only 90 km away and I was able to visit the city and its islands several times during my stay. I also enjoyed exploring Loviisa's two neighbouring coastal towns, Porvoo and Kotka, each having their own interesting history and also Loviisa itself, which although quieter, is picturesque with its old town of narrow lanes and wooden houses. The plant is also set in pleasant surroundings on the island of Hästhölm, 15 km from Loviisa. Coming to work each morning over the causeway, I always looked forward to the sight of the sea and the many dotted islands on the horizon before, once more, the trees crowded the view.

My further travels have taken me to St.Petersberg (Leningrad) and Tallinn, the capital of the now independent Estonia, and it was fascinating to visit directly after the coup. As I was staying with Soviet friends in St.Petersberg I was able to hear their personal opinions and also learnt a lot about Soviet life even though I was only there a short time. In Finland, I went on a four day trip to Lapland, visiting Rovaniemi, the Arctic Circle (people were drawing their own!) and went hiking in the region of Mount Kii-lopää. I also struck gold at Tankavaara, visited Santa Claus's Village and partook

in several traditional saunas (with real wood stove, birch whisks and freezing submersion in a mountain stream) not to mention seeing enough reindeer and mosquitos to last a life time!

Everywhere I've been to in Finland, including Tampere, Lappeenranta, Oulu and Turku, has made an impression on me and it's a good one. I shall go home with engineering experience beneficial to my studies and future career, many memories and a fuller address book ... it's been my best summer to date! □

"How come these things always happen to ME ?!"

It was Thursday 8 August and I'd crawled out of bed, fumbled into my clothes and calculated that I would be able to make the 6:30 AM bus providing I made a good attempt at breaking the sound barrier!

I got as far as the front door and realised the possibilities of me going anywhere had rapidly diminished. The lock had jammed. I was locked in. I had no phone. I was English, how was I going to explain to anybody? 'Apua' wasn't that the word for help? If I said it would anybody understand? With my pronunciation probably not. Several words sprang to mind, they seem to have worldwide acclaim so I don't think it necessary to repeat them!

Well I wasn't going to stand around doing nothing so I began to unscrew the flap on the letterbox, I might be able to reach out and try unlocking it from the outside. I soon realised that, without surgery, this was near impossible! So instead I settled down to wait, deciding that I'd try to attract the attention of anyone passing the door, by holding a conversation with them through the letterbox probably at knee height! Extremely embarrassing though the prospect was, unless I was prepared to jump from the balcony, it was the only option left open to me.

What I never realised was how embarrassing getting anyone to take you seriously when you are talking to them through a letterbox can be. Especially when speaking in a foreign language and punctuating the conversation with 'apua'! I did manage to get out in the end (4 hours later!) but not after terrifying two children, who now give me a wide birth and probably have nightmares about mad foreign women and letterboxes! Telling people this story has made it seem funny, strangely, at the time I wasn't so convinced!

I'd just like to take the opportunity to thank everyone who has made my stay here an enjoyable one. My time in Finland has been a rewarding experience... and fun!

Virpi Korteniemi

Työssä Englannissa

Olin todella innostunut saadessani tämän mahdollisuuden lähteä juuri Englantiin ja töihin sen "ydinympäristöön". Englannin kieli ja itse maa on aina kiehtonut minua jostain omituisesta syystä ja ajattelin tilaisuuteni tulleen nähdä, kuulla ja kokea "practical English in practise". Halusin myös tutustua englantilaiseen "toisenlaiseen" ydinvoimaperinteeseen ja sen nykytilaan sekä ymmärtää, miksi se oli valinnut ydinvoimateollisuudelleen tuon oman tiensä. Niinpä 4.8.1991 iltapäivällä saavuini, kieltämättä perhosiä vatsassa, Heathrown kentälle kapsäkkeineni ja nousin bussiin kohti Länsi-Englantia ja Bristolia, jossa tulisin viettämään seuraavat kahdeksan viikkoa.

Seuraava työpäiväni alkoi, kuten monet jatkossakin, 50 minuutin bussimatkalla kohti tulevaa työpaikkaani. Elämys sinänsä oli matka läpi Bristolin ja perienglantilaisen maaseudun. Mieleen jäivät kivitalot ja niiden rehevät puutarhat, pellot silmankantamattomiin rajattuina pensasaidoilla, karjaa, hevosia ja satoja lampaita sekä suuri peurapuisto. Työpaikkaa lähestyttäessä ensimmäiseksi huomasi Berkeleyn MAGNOX-laitosyksiköiden massiiviset muodot, joiden välittömässä läheisyydessä itse tutkimuslaboratorio sijaitsee.

Berkeley Nuclear Laboratories (BNL) sijaitsee Gloucestershirissä Severn-joen itärannalla noin 40–50 kilometriä pohjoiseen Bristolista. BNL perustettiin jo 1959–60-lukujen vaihteessa silloisen Central Electricity Generating Boardin (CEGB) tutkimuslaboratorioksi. Vuoden 1989 jälkeen BNL on ollut osa Nuclear Electric Plc:a, joka syntyi tuolloin, kun CEGB pilkottiin useaksi eri firmaksi. Nuclear Electric omistaa ja hoitaa kaupalliseen käyttöön tarkoitetut ydinvoimalaitokset Englannissa ja Walesissa tuottaen näillä melkein 20 % maan sähköstä. Toimivista laitoksista seitsemän on MAGNOX-tyyppisiä ja viisi AGR-tyyppisiä. Sizewell B, Englannin ensimmäinen PWR-laitos, on rakenteilla. Nuclear Electricin tähtäys taloudellisempaan ja kilpailukykyisempään toimintaan tuntui BNL:ssa siellä oloni aikana. Muutoksia ollaan tekemässä mm. organisaatorakenteeseen ja usein tämä aihe olikin keskustelujen pääaihe työpaikalla.

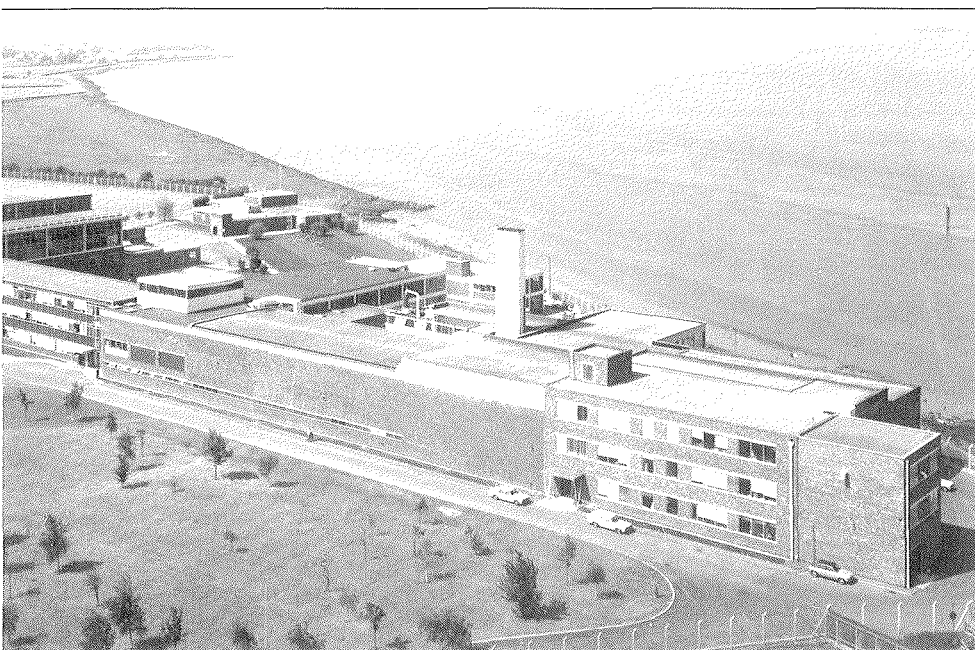
BNL:ssä työskentelin "Structural Integrity"-osastolla "Structural Dynamics"-ryhmän alaisuudessa olevassa "Tribology & Seals"-ryhmässä ja nimenomaan tiivisteteknologian alueella. Työni oli kokeellisesti tutkia jäännösveden vaikutusta käytetyn polttoaineen kuljetuskonttien venttiilien vuototestauksen tehokkuuteen. Sitä varten oli raken-



Virpi Korteniemi opiskelee ydinvoimatekniikkaa Lappeenrannan teknillisessä korkeakoulussa ja oli viime elo- ja syyskuun harjoittelijana Englannissa Nuclear Electricin Berkeley Nuclear Laboratoriesissa. Hän oli toinen kahdesta suomalaisesta opiskelijasta Englannissa tänä vuonna ENS:n opiskelijavaihto-ohjelmassa.

nettu koelaitteisto, jolla tein laboratorio-mittauksia ja edelleen laskelmia ennustamaan kaasuvuotojen suuruutta "rikkoutuneen" "O"-rengastiivisteiden ohi. Työ oli melko itsenäistä ja loppuajasta melko rutiininomaistakin. Työtehtäväni ei ollut aivan siltä alueelta, mitä olen opiskellut, mutta oli mielenkiintoista nähdä ja ymmärtää käytännössä, kuinka laajaa ja eri alueilla tapahtuvaa ydinvoimatutkimus on.

Osastolla, jossa työskentelin, oli hyvin ystävällinen ilmapiiri, niinkuin itse asiassa koko BNL-alueella. "Good morning" tai "Hello" tms. oli hyvin yleistä ihmisten kohdatessa huolimatta siitä tunsivatko he toisensa vai eivät. Ja laitoksen henkilöstömääräksi sanottiin sentään noin 700–800! Ihmiset olivat iloisia ja huumorin kukka kukki. Mieleen jäi englantilaisten kyky "heitellä herjoja" ja pilailaa asiasta kuin asiasta, itsestään ja toisistaan.



Englantilaista huumoriakiota? Kuinka suuri osa jutuista jäi ymmärtämättä juuri sen takia, jäi kyllä minullekin arvoitukseksi. Ensimmäisinä päivinä oli todella hankalaa ylipäättään ymmärtää sitä kieltä, mitä nämä työkaverini puhuivat. Tuntui, että — hei, minähän opiskelin koulussa englantia, mutta mitäs tämä näiden kieli oikein on??? Eri-laisia murteita, nopeaa innostunutta puhetta, idiomeja ja sanontoja, joiden merkityksestä ei ollut havaintoakaan, ja siinä sitä oltiin. Pikkuhiljaa kuitenkin aloin päästä jyvälle, eikä jokaisesta sanasta tarvinnut pyytää pitkiä selityksiä.

Tiedonjanoani ydinvoima-alasta ja sen tilasta sain tyydytettyä kyselemällä ja keskustelemalla työkavereiden kanssa. Eri-tyisesti työnhajajani Alan George sai noiden kahdeksan viikon aikana vastatakseni ”tuhat ja yksi” kysymystä, työstä ja paljosta muustakin, asiasta ja sen vierestä — ihailta vain täytyy häntä kärsivällisyydestä. Ja BNL:n kirjastosta sain kassillisen esitteitä kotiin asti kannettavaksi. Niin, firma järjesti meille opiskelijoille myös pari ekskursiota.

Ensimmäinen ekskursio oli reissu Oldburyn MAGNOX-laitokselle, joka on vain muutamien kilometrien päässä BNL:sta. Ensimmäinen silmiinpistävä asia laitoksessa oli sen suuri koko verrattuna vastaavatehoisiin LWR-laitoksiin. Ilman sen kummempia erikoisvarustuksia kävimme laitoksessa kiertokävelyllä ja ihmettelimme mm. valvomoa, ikkunan takaa reaktorihallia, käytetyn polttoaineen säilytystiloja

ja turbiinihallia. Berkeley 1- ja 2-yksiköt, jotka eivät enää ole toiminnassa, vaan käytöstäpoisto-ohjelma on pyörinyt jo muutaman vuoden, olisivat olleet myös mielenkiintoinen vierailukohde, mutta viisiitti jäi tekemättä ajanpuutteen vuoksi.

Toinen ekskursiokohteemme olikin sitten itse BNL-alue ja sen Breakheart Quarry -testialue. Kierroksella vierailimme mm. ”insinöörihallissa” ihmettelemässä erilaisia koelaitteistoja ja tutustuimme robotiikan ihmeellisyyksiin (mm. aktivoituneiden osien tutkimista varten) sekä teimme pikakierroksen säteilysuojatulla tutkimusosastolla. Breakheart Quarrylla pääsimme todistamaan erästä painekoetta eli erään putken ”räjäyttämistä”.

Asuin Bristolissa opiskelija-asuntolassa, jossa oli kaltaisiani ulkomaisia opiskelijoita, kesätöissä tai opiskelemassa ”Ristolassa”. Englantilaiset opiskelijat olivat aikalailla vähemmistönä tuossa kansainvälisessä ympäristössä, sillä englantia kuuli etupäässä saksalaisittain, ranskalaisittain, turkkilaisittain, kiinalaisittain, pakistanalaisittain, singaporelaisittain, jne... äännettynä. Ilmapiiri talossa oli kaikesta kielten ”sekasotkusta” huolimatta oikein kotoinen ja olin todella tyytyväinen tuosta asuinpaikasta. Sain paljon ystäviä ja yhdessä me useimmiten vietimme aikaamme.

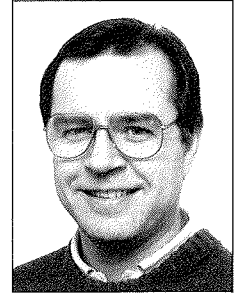
IAESTE-järjestö, joka järjesti työolupani Englantiin, järjesti myös ohjelmaa muutamina viikonloppuina. Kävimme mm. Lake Districtillä, Pohjois-Englannin ko-

mealla järvisuudella (moista paikkaa ei olisi uskonut Englannin maasta löytävänsäkään alavan Länsi-Englannin jälkeen!). Kävin myös tutustumassa Bathiin, missä ihmettelimme Rooman vallan aikaista kylpylää ja koko kaupungin kaunistu ulkoasua vanhoine rakennuksineen ja puistoineen. ”Tietysti” Lontoossakin tuli käytyä, kun matka Bristolista kestää vain parisen tuntia. Muutama viikonloppu ”piti uhrata” myös ”kotikaupungille”. Vaikka se on yksi suurimmista kaupungeista maassa, ei siellä ole kuitenkaan suurkaupunkimaista tunnelmaa. Ja bristolilaiset jakoivat järjestää melkein jokaiseksi viikonlopuksi tapahtumia. Tarjolla kuuma-ilmapallo-, leija- ja bändifestareita ja ties mitä. Joten silloin tällöin täytimme rep-pumme ja menimme perinteisesti picnicille puistoon, jossa porukat viettivät aikaansa syöden ja vaikka pelaten ... jalkapalloa!

Unohtumaton kokemus oli ”caving” (luolantutkimus) eli mahdollisuuden tarjoutuessani tuli tutustuttua kalkkikiviluolastoon lähellä Bristolia. Kommentteja ”Crazy Finns” sateli, mutta sinne vaan, haalarit yllä ja kypärät valoiheen päässä ryömimme, pudottauduimme, kiskouduimme ja kiipesimme. Märkkää, mutaistakin, mutta ehdottoman hauskaa!? Näin myös Severn-joen vuorovesi-ilmiön, ns. Severn Wallin, jossa vesi nousuveden tullen pakkautuu joen leveälle alaosalle ja tarpeeksi vesimassaa ja painetta kerättyään vesi kulkeutuu vauhdilla ylöspäin pitkin kapeaa yläjuoksua ”seinämän tai portaan” muotoisena.

Huolimatta ”vääränpuoleisesta liikenteestä”, ”instant coffeesta” tai kriketistä, joiden kanssa en koskaan päässyt sinuiksi, oli reissuni todella onnistunut. Ei edes ”typical English weather” päässyt minua useasti yllättämään, sillä päivät olivat tuona kahdeksana viikkona lämpimiä ja useimmiten aurinkoisia. Parin kuukauden oleskelun jälkeen oli todella haikeata jättää kaikki uudet ystävät ja elämä Bristolissa. Toisaalta oma maa manskikka, ...; tunnustaa täytyy mukava tunne, kun Suomen rannikko alkoi näkyä lentokoneen ikkunasta! Vaan enköhan vielä brittien saarille eksy uusia löytöjä tekemään, sillä en sentään parissa kuukaudessa niin paljoa järkiintynyt!

ENS:n opiskelijavaihto-ohjelma on todella hyvä keino tarjota alan opiskelupaikkoja ENS:illa olevien kontaktien ja yhteyksien takia. Opiskeluajainen harjoittelu ulkomailla antaa aina uusia visioita ja näkökulmia, eikä tällaista toimintaa pitäisi keskeyttää, kuten olen kuullut suunniteltavan. Ja ymmärtääkseni kahden ENS:n jäsenen, ATS:n ja The Institute of Nuclear Engineersin tämänkesäinen yhteistyö tässä osoittautui toimivaksi. □



Lyhyesti maailmalta

Bulgarian Kozloduy-ydinvoimalaitoksen uusi kuudes laitosyksikkö on otettu käyttöön aluksi 50–70 % teholla. Kozloduy 6 VVER 1000-yksikkö on maan toinen 953 MWe yksikkö.

Ens NucNet 9.9.1991 (PL)

Euroopan ydinorkesteri Camerata Nucleare on julkaissut ensimmäisen CD:nsä, joka sisältää Händeliä, Zeljankaa ja Mozartia. Camerata Nucleare koostuu 30 muusikosta, jotka kaikki työskentelevät ydinalalla. Orkesteri perustettiin vuonna 1986 Saksan Gundremmingenin ydinvoimalaitoksen johtajan, Reinhardt Etemeyerin toimesta. Orkesterissa soittaa tiedemiehiä Saksasta, Unkarista ja Sveitsistä.

Nuclear Europe Worldscan 9.10.1991

Iso-Britannian Hinkley Point A -ydinvoimalaitoksen katonkorjaajien pikipata sytyi tuleen elokuun alussa aiheuttaen suuronnettomuushuhumylläkän Euroopassa. Turbiinilaitoksen katolla tapahtunut palo sammutettiin tunnissa. Vauriot olivat vähäiset, mutta generaattorin päälle tippunut sammutusvesi aiheutti laitoksen ykkösyksikön automaattisen pysäytyksen. (Tieto palosta kulkeutui Suomeen Norjan kautta viiden tunnin kuluttua syttymisestä, aiheuttaen viranomaisten nopeita tarkistustoimenpiteitä.)

Ens NucNet 2.8.1991

Iso-Britannian Calder Hall viettää 35-vuotismerkkipäivää lokakuussa 1991 ensimmäisenä täyden mittakaavan ydinvoimalaitoksena. Kuningatar Elisabeth II vihki laitoksen käyttöön vuonna 1956. Neliyksikköinen kaasujäähdytteinen, grafiittimodeoitu 4 x 50 MW laitos tuottaa kaiken Sellafielldin ydinpolttoaineen jälleenkäsittelylaitoksen tarvitseman sähkön ja prosessihöyryn osan sähköstä riittäessä valtakunnan verkkoonkin. Laitokselle on myönnetty käyttöluva 40 vuoden ikään asti. Laitos juhlii merkkipäiväänsä avoimin ovin.

Ens NucNet 24.9.1991

Iso-Britannian matala- ja keskiaktiivisen ydinlaitosjätteen loppusijoituspaikaksi on valittu Sellafielld. Loppusijoitustilat rakennetaan usean sadan metrin syvyydelle kallioperään. Louhinta suunnitellaan aloitettavaksi vuonna 1995 ja laitos olisi valmis 2005. Käyttövaihetta kestäisi vuoteen 2055.

Nuclear Engineering International
September 1991

Israelin energiaministeri Yuvan Neeman ilmoittaa jättävänsä maan hallitukselle lähiaikoina ehdotuksensa Israelin ensimmäisestä ydinvoimalaitoksesta. Laitos olisi ns. suomalaisen mallin mukainen ja se koostuisi neuvostoliittolaisesta reaktorista ja muunmaalaisista muista osista, kuten Suomen Loviisan ydinvoimalaitoksella. Ministeri ilmoittaa USA:n kieltäytyneen toimittamasta Israelille ydinvoimalaitosta, koska Israel ei ole allekirjoittanut ydinsulkusopimusta. Neuvostoliitolle sensijaan riittää ilmoitus laitoksen ottamisesta IAEA:n valvonnan piiriin.

Nucleonics Week 29.8.1991

Italian ydinturvallisuusviranomaisen Direzione Centrale per la Sicurezza Nucleare e la Protezione Sanitaria (DISP) on saanut autonominen aseman Italian uudessa lainsäädännössä. DISP on osa valtion ydintutkimuskeskusta (ENEA), mutta uusi asema takaa sille täyden toimintavapauden erillisine 160 miljoonan markan vuosibudjetteineen. DISP:n henkilöstö on 290 hengen suuruinen. Italian neljä ydinvoimalaitosta ovat seisseet vuoden 1987 kansanäänestyksestä lähtien ja niiden purkamista suunnitellaan. Maassa tutkitaan kuitenkin uusia ydinvoimalaitosvaihtoehtoja, joiden esinmarssi tapahtuisi vuosituhatlupien lopulla.

Nucleonics Week 12.9.1991

Kuuban Juragua 1 ja VVER 440 -yksiköt Cienfuegon maakunnassa ovat 80 % ja 15 % valmiita. Yksiköt varustetaan Siemensin instrumentoinnilla. Ensimmäisen yksikön arvellaan valmistuvan vuonna 1994. Kuuba on äskettäin osallistunut ensimmäisen kerran American Nuclear Societyn latinalaisen Amerikan jaoston kokoukseen Brasiliassa.

Nuclear Engineering International
September 1991

Liettua ei ole toistaiseksi perustanut omaa ydinturvallisuusviranomaisorganisaatiota.

Nucleonics Week 5.9.1991

Liettuan Ignalinan ydinvoimalaitos on siirtynyt Liettuan energiaministeriön omistukseen. Neuvostoliiton ydinvoima- ja teollisuusministeriön kanssa on tehty sopimus, joka takaa laitokselle jatkuvan turvallisen käytön, polttoainehuollon, erikoislaittehuollon ja teknillisen neuvonnan. IAEA:n safequards-asioissa laitos jää

toistaiseksi Neuvostoliiton inventaariin, kunnes Liettua on saanut lainsäädäntönsä tältä osin kuntoon.

Nucleonics Week 3.10.1991

Liettuan itsenäisyyden tunnustamisen toivotaan käynnistävän Ruotsissa ja Suomessa laajan osallistumisen Ignalinan, Leningradin ja muiden RBMK -reaktorien turvallisuuden arviointiin ja parantamiseen. Neuvostoliitto on pyytänyt IAEA:lta RBMK -reaktorien turvallisuusarviointia saman kaavan mukaisesti kuin vanhempia VVER 230 -yksiköitä arvioidaan syksyllä 1991 käynnistyneessä ohjelmassa. Ensimmäisenä kohteena olleita Novovoronez 3 ja 4 VVER -yksiköitä moitittiin turvallisuuskulttuurin ja -filosofian osalta lähes Bulgarian Kozloduyn kaltaisiksi. Ruotsin ydinturvallisuusviranomaisen (SKI) johtaja Lars Högberg laskee RBMK:n turvallisuusarvioinnin maksavan lähes miljoona markkaa. SKI on allekirjoittanut jo sopimuksen BWR-laitosten arvioinnista em. ohjelman ulkopuolella.

Nucleonics Week 12.9.1991 (PL)

Liettua, Latvia ja Viro on hyväksytty IAEA:n jäseniksi järjestön 35. yleiskokouksessa syyskuussa 1991. Ukraina ja Valko-Venäjä ovat olleet jäseninä jo IAEA:n perustamisesta lähtien Neuvostoliiton haallittua tällä tavoin enemmän äänivaltaa järjestössä.

Nucleonics Week 19.9.1991

Neuvostoliittolainen yhtiö International Chetek Corporation on aloittanut rauhanomaisten ydinräjäytysten markkinoinnin. Pienten ydinräjäytysten hyötykäytön kohteena on mm. kemian teollisuuden myrkyjen vaarattomaksi tekeminen maanalaisella ydinräjäytyksellä, jonka kuumuus hajottaa kemikaalien molekyyliarakenteen. Menetelmää aiotaan kokeilla Novaja Zemljassa kesällä 1992. Chetek ilmoittaa, että kiinnostuneita asiakkaita on Skandinavian, Saksan ja USA:n kemianteollisuudessa.

Nucleonics Week 24.10.1991

Neuvostoliiton Leningradin RBMK-ydinvoimalaitokselle, joka sijaitsee sadan kilometrin etäisyydellä Pietarista, on tilattu amerikkalainen käyttöhenkilöstön koulutus- ja valmennussimulaattori. Tilauksen arvo on 13 miljoonaa dollaria ja laitteisto on käyttövalmis noin kolmen vuoden kuluttua.

Nucleonics Week 24.10.1991 (PL)

Neuvostoliiton ydinturvallisuusviranomaisen puheenjohtaja Vadim Malyshev ja toinen varapuheenjohtaja Anatoli Belajev jatkavat entisissä tehtävissään. Neuvostoliiton teollisuuden ja ydinvoiman turvallisuuden valtionkomitean tehtävät tulevat muuttumaan itsenäistyneiden osavaltioiden perustettua omia turvallisuusviranomaisorganisaatioitaan. Valtioiden välinen ydinturvallisuuskoordinointi ja -konsultointi mainitaan eräänä mahdollisena uutena tehtävänä.

Nucleonics Week 5.9.1991

Neuvostoliittolaiset asiantuntijat ilmoittivat Moskovasta, että itsenäistyneiden osavaltioiden alueella olevat ydinvoimalaitokset kuuluvat em. valtioille, eikä Neuvostoliitolle. Uudessa tilanteessa ovat ongelmina laitosten pätevien käyttäjien hankinta sekä kyvykkään valvontaviranomaisen löytyminen. Liettuassa on kolme valtavaa Ignalina 1500 MW RBMK-yksikköä ja Ukrainassa on viisitoista VVER- ja RBMK-yksikköä, kuten mm. Tshernobylin yksiköt.

Nucleonics Week 29.8.1991 (PL)

Ranskan Paluel PWR 1300 MW -yksiköllä on havaittu turvallisuuden kannalta merkittävä maalausvirhe. Onnettomuustilanteessa kerääntyisi primääripiiritä vuotava vesi lattiakaivoihin, joiden pinnoitteen on nyt havaittu olevan sopimaton. Irronneet maalipalaset saattaisivat tukkia veden takaisinpumppauksen roskasidit ja siten vaikeuttaa onnettomuuden hallintaa. Sama pinnoite on käytössä myös muilla Ranskan 1300 MW laitoksilla.

Ens NucNet 1.8.1991

Ranskan matala- ja keskiaktiivisen jätteen Auben loppusijoituslaitos vastaanottaa ensimmäiset jätteet vuoden 1991 loppuun mennessä. Laitokseen mahtuu miljoona kuutiometriä jätettä. Jätteet haudataan maan pintakerrokseen tehtyihin betonisiiloihin, jotka on eristetty pohjavedestä. Siilot suljetaan betonikannella ja kahdella muovipinnoitekerroksella, jotta ne olisivat vesitiiviitä. Päälle tulee lisäksi savea, bitumia sekä multamaata, johon istutetaan nurmikkoa. Näin muodostettavan hautausmaan tulee antaa jätteille suoja 300 vuodeksi, minä aikana ne muuttuvat vaarattomiksi ja alue voidaan ottaa yleiseen käyttöön.

Nucleonics Week 7.11.1991 (PL)

Ranskan kolmen vanhan PWR-yksikön reaktoripaineastian kannen säätösauvaläpiviennissä on havaittu pituussuuntaisia läpiulottuvia säröjä. Löydös saattaa aiheuttaa muutoksia maan 54 standardiydinvoimalaitokseen. Inconel 600 metallista tehty läpiviennit saattavat pahimmassa tapauksessa katketa ja muodostaa näin reaktoriin aukon, jota ei pystytä

sulkemaan. Korjaustyön lasketaan maksavan 500 miljoonaa frangia reaktorilta. Bugey 3-yksikkö seisoo tutkimusten ja korjausten vuoksi ainakin kesään 1992 asti. Nucleonics Week 21.11.1991

Ruotsin hallitus on myöntänyt 15 miljoonan kruunun määrärahan Baltian ydin- ja säteilyturvayhteistyöhön. Ohjelman eräänä päätavoitteena on avustaa Liettuaa ydinturvallisuusviranomaisorganisaation luomisessa. Liettuan maailman suurimmat ydinvoimalaitosyksiköt, Ignalina 1 ja 2 RBMK 1500 MW, sijaitsevat 500 km etäisyydellä Gotlannista (kuten Helsingistäkin). Ruotsin ydinturvallisuusviranomaisen (SKI) johtaja Lars Högberg aikoo keskustella lähiaikoina Liettuan hallituksen kanssa viranomaisorganisaation perustamisesta. Högberg on myös tuonut esiin ajatuksen perustaa eurooppalaisten ydinturvallisuusviranomaisten yhteistyöelin koordinoimaan avustuksia mm. edellisen kaltaisissa tilanteissa.

Nucleonics Week 26.9.1991

Ruotsin ydinturvallisuusviranomaisten (SKI, SSI) edustaja matkustaa joulukuussa 1991 Liettuaan auttamaan maan ydinturvallisuusorganisaation perustamisessa. SKI:n johtaja Lars Högberg on tyytyväinen mahdollisuudesta varmistaa näin myös Ruotsin ydinturvallisuutta lähirikkeitä, joita maailman suurimmat ydinvoimalaitosyksiköt Ignalinassa aiheuttavat.

Ruotsin ydinturvallisuusviranomaisen Statens Kärnkraftinspektionen (SKI) on määrännyt toimenpiteitä maan kahdessa BWR-ydinvoimalaitoksessa havaittujen polttoainekanavien mekaanisten kulumisvaurioiden vuoksi. Voimayhtiöiden tulee esittää suunnitelmat kanavien kunnon valvonnasta ja vaurioiden toistumisen estämisestä. Vauriotapauksissa irtoavien kappaleiden reaktorille aiheuttamat ongelmat tulee lisäksi selvittää.

Ens NucNet 12.11.1991

Tanskan entinen ympäristöministeri Jens Kampmann sanoo, että Tanskan vuonna 1988 tekemä päätös ydinvoiman poissulkemisesta energiavaihtoehtojen joukosta tulisi pikimmin perua. Ympäristövaikutusten kannalta ydinvoima on toistaiseksi paras vaihtoehto vesivoiman jälkeen. Ydinvoiman palauttamista energiavaihtoehtoksi vaativat myös Tanskan Kaupan keskusliitto ja Metallityöntekijöiden Liitto.

Ens NucNet 6.9.1991

Ukrainan vastaperustetun ydinturvallisuusviranomaisen johtajaksi on nimitetty Neuvostoliiton ydinturvallisuusviranomaisen kova nimi, varapuheenjohtaja Nikolai Shteinberg. Shteinberg aloittaa työskentelyn Kiovassa lähipäivinä.

Nucleonics Week 5.9.1991

Ukraina ilmoittaa ottavansa omistukseensa 29.10.1991 lähtien kaikki maansa alueella olevat ydinvoimalaitosyksiköt, joita on käytössä, valmistumassa tai seisomassa noin 16 yksikköä. Neljä Tshernobyl RBMK 1000-yksikköä, viisi Zaporozhe VVER 1000-yksikköä, kaksi Rovno VVER 440-yksikköä, yksi Rovno VVER 1000-yksikkö, yksi Khmel'nitski VVER 1000-yksikkö ja kolme Etelä-Ukraina VVER 1000-yksikköä. Ukraina on pyytänyt Neuvostoliiton ydinvoima- ja teollisuusministeriötä vastaamaan edelleen laitosten käytöstä, kunnes Ukraina pystyy omin voimin niitä käyttämään.

Ens NucNet 1.11.1991 (PL)

USA:n Nine Mile Point 2 BWR 1080 MW General Electric-yksiköllä tapahtui 13. elokuuta 1991 valvomom instrumentoinnin osittainen menetykset, jonka seurauksena yksikkö jouduttiin ohjaamaan käsin pikasulkuun. Häiriössä ohjausmonitoreista katosivat näytöt mm. reaktorin tehosta, säätösauvojen asennoista ja säätösauvakoneiston tilasta. Elintärkeän instrumentoinnin menettämisen syynä pidetään sähköhäiriötä, joka aiheutui päämuuntajan B-vaiheen menetyksestä toistaiseksi tuntemattomasta syystä. Instrumentointi saatiin toimimaan 20 minuutin kuluttua. Laitosalueelle julistettiin hätätila kaiken varalta. Tapahtumasta ei aiheutunut merkittäviä vaurioita. Radioaktiivisia päästöjä ei ollut.

IAEA INES 15.8.1991 (PL)

USA:n Three Mile Island 1 PWR 819 MW B&W -yksikkö on saavuttanut kevytvesireaktorien jatkuvan käytön maailmanennätyksen 479 vuorokautta. Yksikön käyttö pysähtyi 24.7. turpiinipikasulkuun.

Nuclear Engineering International
September 1991

USA:n Salem 2 1115 MW BWR Westinghouse, Combustion Engineering-yksiköllä tapahtui harvinainen turpiinivaurio ja tulipalo 9.11.1991. Turpiinin matalapainepesästä irtosi siipi lävistäen pesän tuuman paksuisen teräskuoren ja vahingoittaen turpiinirakennuksen seinää. Vetypalo tapahtui generaattorin herätinkoneen puoleisessa päässä ja se sammutettiin 15 minuutissa. Molemmat tapahtumat sattuivat suoritettaessa turpiinin ylikierroskoetta. Turpiini on Westinghousen valmistama. Henkilövahinkoja tai päästöjä ei ollut

IAEA INES 12.11.1991

Venäjän vastaperustetun ydinturvallisuusviranomaisen johtajaksi on nimitetty Juri Vishnevski, entinen Balakovan ydinvoimalaitoksen tarkastuspäällikkö.

Nucleonics Week 5.9.1991

English abstracts

Special issue: Spain

Editorial: Viva energia nuclear en España!

Rainer Salomaa (page 1)

This issue is devoted to articles based on experiences and information obtained during the ATS study tour to Spain. The extensive Spanish nuclear industry provided excellent means to visit all key areas in the chain from uranium mines to nuclear electricity producers. Despite the present gloomy prospects in the nuclear field the Spanish Nuclear Society is vigorously working for the benefit of its members.

ENS's message to the 25-year-old Finnish Nuclear Society

Peter Feuz (page 3)

Dr. Peter Feuz was the representative of the ENS in the 25th anniversary jubilee of the Finnish Nuclear Society on 4th October 1991. In his presentation he emphasized three important points: Radwaste can be treated safely; the problems are not technical, but political. Electricity produced by nuclear power is in most countries more inexpensive than other energy sources. Another important advantage of nuclear power is that it reduces carbon-dioxide emissions and thus it promotes environmental protection.

Comeback of nuclear power — is it possible?

Pekka Silvennoinen (page 4)

Professor Pekka Silvennoinen was the main speaker in the 25th anniversary seminar of the ATS. He dealt with the conditions that are needed for the new coming of nuclear power. He emphasized the high tech nature of nuclear power, importance of safety requirements and

passive safety systems, and preparedness for radwaste treatment and disposal. About public opinion he said that everyday reality and well-operating nuclear power plants are the best speakers in favour of nuclear energy.

The Finnish Nuclear Society (FNS) excursion tour in Spain in October 1991

Jorma Aurela (page 6)

The first object in the FNS study tour 1991 was to visit the Vandellos 1 NPP on Monday 21st October. This Magnox-type reactor was in operation for 17 years before a fire on 19th October 1989. The Finnish group got a very good picture of the incident from the presentation of Messrs Bofarull and Gomez. The most interesting part of the visit was to see the "root causes" of the fire and the flood, and to understand the incident in depth.

During our trip to the magnificent castle of Sigüenza (Parador), we saw the Asco Nuclear Power Plant on the banks of Ebro. It was really suited to the environment, because you could see only the reactor building roofs from almost every angle!

The Trillo PWR is a very special plant for the Finns, because it is possible that the fifth Finnish plant will be very close to the Trillo scope. Mr Victor Zola, Plant Manager and his staff succeeded very well in showing us a well-operated plant. Some of the interesting details were to look inside the cooling tower (the Cologne cathedral could go in the tower) and to see the low-pressure rotors of the 1000 MW turbine.

In the capital Madrid, we found some objects of cultural interest. Some people found them in Prado, some in other

places, but everybody found them during a very interesting night spent in an old restaurant. This night was sponsored by Siemens and Messrs Reinhold and Dietl, whom the FNS wishes to thank.

In Madrid we had a meeting with the Spanish Nuclear Society. The SNE (Sociedad Nuclear Espanola) was founded in 1974. Today, it has 1100 individual members and some 70 collective members. The operations of the Society are divided between three committees: Program Committee, Editorial Committee and Technical Committee. Annual meetings concerning various technical, economic and social issues of the nuclear energy are organized; in fact the last one was concluded in Mallorca only a few days before our meeting. Nuclear Espanola is the monthly journal of the society. The chairman of the SNE is professor Vighi from Tecnatom.

In the meeting, the Spanish situation was discussed thoroughly, and although nine operating nuclear power plants save the annual amount of 10 million tons of oil, and the emissions of some 60 million tons of CO₂ to the environment were avoided, the situation is not very good, because the actual moratorium is expanded to the year 2000. Today, the fact, however, is that nuclear power produced 37.5 % of the electricity in Spain in the first half of 1991 (27.4 TWh).

Tecnatom and its training program was our object on Wednesday, not to forget the in-service inspection installations. The PWR simulator (prepared on the basis of the Lemoniz plant) and the BWR-simulator (on the basis of the Cofrentes plant) and the program presentation by Mr. Javier Brime convinced us that the operators have the best education available.

The Madrid Technical University is, inevitably, another important part of the Spanish nuclear community. Professor Jose Maria Aragones explained to us the characteristics of the university and the work of its students. It was interesting for the rest of the group to hear the discussion between professors Aragones and Salomaa, who are colleagues directly responsible for the higher education in their countries. Another part of the visit was a short presentation of the Department of Nuclear Engineering and, in particular, the Institute of Nuclear Fusion. At this institute, the recent results of the laser fusion were explained.

Thursday morning, we visited the CIEMAT research village in Madrid (formerly Junta Energetica Nuclear). Professor Manuel Montes ponce de Leon was our excellent guide during our stay in the CIEMAT and in its laboratories. An interesting detail was that the alternative energy sources are also studied here.

A closer view of the Spanish culture was taken during several discussions with our hosts. An interesting experience was to stay one night in two old castles, today Paradores State hotels, in Sigüenza and Ciudad Rodrigo. And the Prado Museum was also visited by the majority of our group during the only free afternoon. But the top was our visit to El Cbril, the Filip II's noble castle and monastery outside Madrid.

Friday was dedicated to the first part of the fuel cycle. In Ciudad Rodrigo, we saw the ENUSA mine, where Mr Jose-Miguel Rios Mitchell was our friendly and efficient guide. It was a pity that it was a rainy day, particularly in view of our shoes, which were a comic sight after the study tour in the mine. Today, the

capacity is 250 tons of yellow cake, but, after the completion of the new Quercus line, the capacity will be over 1000 tons. The total capacity of the plant is estimated to be 32,000 tons. That makes Spain almost self-sufficient in view of fuel (excluding the enrichment in France).

As ENUSA operates its own fuel fabrication unit in Juzbado, this was the object of our last visit, hosted by Mr. Jose L Gonzales and his staff. The very clean and modern fuel factory produces fuel for the Spanish PWR (Westinghouse licence) and BWR reactors (General Electric licence).

All in all, the final result of the study tour was a big success for the Spanish Nuclear Society and the nuclear community. Mr. Manuel Casanova, their efficient secretary general, arranged the tour in Spain so well that the result was simply 19 satisfied Finnish engineers.

Shelving of the Swedish nuclear phase-out policy

Lennart Fogelström, Per Hedval (page 22)

The lessons learned in Sweden during the energy debate are valuable elsewhere. The major events and reports that led up to the decision to reverse the energy policy are described. It is also described, why it became possible for the politicians to unlock a seemingly locked situation. It is easy to say that reality will sooner or later catch up with politics, but sometimes it can be irreversibly too late. Sweden was close to that situation, but managed to make the change in time.

Need and possibilities to improve nuclear safety in East-European countries

Jukka Laaksonen (page 25)

Risks of nuclear power plants in East-European countries are dealt with. The main critical events in the "Soviet Union" and Greiswald are described. International undertakings and measures in Finland in order to improve the safety of those nuclear power plants are briefly described.

Working in Finland

Phillippa Loose (page 27)

Phillippa Loose is a nuclear engineering student at Manchester University, England and has worked this summer for IVO at the Loviisa Nuclear Power Station, Finland, as a trainee engineer on an international student exchange program between ENS members; the institute of Nuclear Engineers (England) and ATS (Finnish Nuclear Society). This is a short personal account of her stay in Finland.

Working in England

Virpi Korteniemi (page 28)

Virpi Korteniemi, a student of nuclear engineering from Lappeenranta University of Technology, tells about her eight weeks work and life experience in England. She was working as a trainee in West-England, near city of Bristol in a research-centre of Nuclear Electric Plc, at Berkeley Nuclear Laboratories. The work was in the field of sealing technology in Tribology and Seals -group under branch of Structural Integrity Development. Student was one of the two Finnish students this summer joining student exchange scheme of ENS.

0161
0161-0161 PL 112
0161-0161 PL 112
0161-0161 PL 112
0161-0161 PL 112
0161-0161 PL 112

