



# ATS

## YDINTEKNIikka

4/87  
vol. 16

### SISÄLTÖ

### RANSKA

Ranska läheltä ja kaukaa . . . . .	1
Turhaa ylikapasiteettia vaiko hyvää vientikauppaa . . . . .	2
Supplying complete nuclear power units, nuclear islands, and components . . . . .	5
ATS:n vuoden 1987 ulkomaan opintomatka Ranskaan . . . . .	8
Käyttötilastojen kirjava kieli . . . . .	15
OIVA — annosennusteiden laskentajärjestelmä . . . . .	16
Käytetyn polttoaineen välivaraston vihkiminen Olkiluodossa . . . . .	18
Kysyvälle vastataan . . . . .	19
Kulutuksen ohjausko vaihtoehto voimalaitosrakentamiselle? . . . . .	20
Ydinenergia-alan asiantuntijavoima- varojen ja koulutuksen turvaaminen . . . . .	23
Loviisan puolimittakaavainen kiinteytyskoe käyntiin . . . . .	24
Energiatalous vuoden 1988 budjettiesityksessä . . . . .	26
7th IAEA Conference on Nuclear Power Performance and Safety . . . . .	27
Sihteerin sana . . . . .	30
Lyhyesti maailmalta . . . . .	31
English Abstracts . . . . .	32

# ATS

## YDINTEKNIikka

4/87, vol. 16

---

### JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —  
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

---

### TOIMITUS

Päätoimittaja FT Mikko Kara P. 90-790500	Imatran Voima Oy Viikintie 3, PL 138 00101 Helsinki
Erikoistoimittaja DI Klaus Sjöblom P. 915-550431	Imatran Voima Oy 07900 Loviisa
Erikoistoimittaja DI Ahti Toivola P. 938-3811	Teollisuuden Voima Oy 27160 Olkiluoto
Toimitussihteeri DI Pertti Salminen P. 90-456 4148	VTT/E-osaston kanslia Vuorimiehentie 5 02150 Espoo

---

### JOHTOKUNTA

Pj TKT Erkki Aalto Imatran Voima Oy PL 138 00101 Helsinki P. 90-6160250	Jäs. FK Hannu Koponen Säteilyturvakeskus Kalevankatu 44 00180 Helsinki P. 90-61671
Vpj DI Antti Hanelius Suomen Voimalaitosyhdistys ry. Lönnrotinkatu 4 B 00120 Helsinki P. 90-602944	Jäs. DI Ilkka Mikkola Teollisuuden Voima Oy Fredrikinkatu 51—53 B 00100 Helsinki P. 90-605022
Rh DI Seppo Salmenhaara VTT/REA Otakaari 3 A 02150 Espoo P. 90-4566330	Jäs. TkL Björn Wahlström VTT/SÄH Otakaari 7 B 02150 Espoo P. 90-4566400
Siht. DI Jorma Aurela Imatran Voima Oy PL 138 00101 Helsinki P. 90-6160459	

---

### TOIMIHENKILÖT

Yleissihteeri DI Lauri Rantalainen P. 90-6958322 Imatran Voima Oy PL 138 00101 Helsinki	Ekskursios sihteeri TkL Eero Patrakka P. 90-605022 Teollisuuden Voima Oy Fredrikinkatu 51—53 B 00100 Helsinki
Kans.väl.yhteyks.siht. DI Klaus Kilpi P. 90-648931 VTT/Ydinvoimatekniikan lab. Lönnrotinkatu 37 00180 Helsinki	ATS-Info puheenjohtaja TKT Seppo Vuori P. 90-648931 VTT/Ydinvoimatekniikan lab. Lönnrotinkatu 37 00180 Helsinki

## Ranska läheltä ja kaukaa

Kaukaa katsoen Ranska on oikea ydinvoima-alan Eldorado. Valtiovallan, teollisuuden ja sähköntuottajien yhteistyönä on toteutettu ydinvoimaohjelma, jolla ei ole vertaista maailmassa. Sarjatyönä rakennetut pitkälle standardisoidut painevesilaitokset tuottavat halpaa ydinsähköä, joka kattaa suurimman osan Ranskan kulutuksesta. Ydinpolttoainehuoltoa varten on rakennettu mittavat laitokset. Suurten investointikustannusten vastapainoksi ydinenergia-ala tuo rahaa Ranskaan. Yleisö ei ole näkyvästi vastustanut kehitystä.

Läheltä katsottuna tilanne ei enää ole näin yksiselitteinen. Tämän saattoi todeta muun muassa ATS:n opintomatalla Ranskaan kuluva vuoden lokakuun alussa. Muiden maiden tapaan sähkönkulutuksen kasvu on Ranskassakin hidastunut merkittävästi. Sen seurauksena uusien voimalaitosten tarve on vähentynyt jyrkästi. Jo rakenteilla olevien laitosten tuotannon markkinoinnissakin on ongelmia niiden valmistuttua. Ranska pyrkiikin nostamaan sähkön nettovientiä vuoden 1986 25 TWh:sta 50 TWh:iin, joka vastaa lähes Suomen vuosikulutusta. Maailman markkinat ovat olemattomat, joten laitosten vienti ei vedä. Kotimaan rakennusohjelma on nyt kooltaan yksi uusi laitosyksikkö rakenteille joka 12—18 kk. Teollisuus pyrkii pienentämään tilausvälin 12 kk:een, mutta tarve ei puolla välttämättä edes 18 kk:n väliä. Lähivuosina nähdään, kuinka suuriin supistuksiin voimalaitoksia rakentavan teollisuuden on mentävä ja kuinka paljon tilauksia tehdään, jotta jonkinlainen minimiaktiviteetti säilyisi.

Voimalaitosohjelman pienennyttyä huomio kiintyy polttoainekierto on ja teknologian kehittämiseen. Polttoainekierron alkupää on mm. Pierrelaten mahtavan laitoskompleksin ansiosta valmis ja toimintakykyinen. Hyötöreaktoriohjelma vetää henkeä, kun keskitytään käyttämään ja keräämään kokemuksia Superphenixistä. Painopiste on jälleenkäsittelyssä. La Hagen jälleenkäsittelylaitoksen laajentaminen onkin Euroopan suurin työmaa. Ranskalaiset uskovat tiukasti plutoniumin hyötykäyttöön pitkällä tähtäyksellä.

Ranskassa tehdään lujasti työtä ydinvoimalaitosten käytön kehittämiseksi ja yleisön informoimiseksi, vaikka tämä ei niin kovasti ulkomaille asti näy. Käytön kehittämiseen kuuluvat mm. pitkälle viety sähköntuotannon ohjaus, kuorman seuranta, häiriö- ja onnettomuustilanteiden ohjeet, huollon ja kunnossapidon harjoitustilat ja inhimillisten tekijöiden vaikutuksen tutkimus. Informaatiotoiminta on keskittynyt erityisesti paikalliselle tasolle koko toiminnan oleellisena osana. Tiedotusmateriaalia on runsaasti ja sille antaa leimansa ranskalainen kulttuuri. Suuri yleisö ei ole ollut eikä ole aivan ilman muuta ydinvoiman puolella, kuten ulkomailta saatetaan luulla.

Suomessa on monista syistä johtuen kuljettu ydinenergia-alalla eri teitä kuin Ranskassa. Lukuisista kontakteista huolimatta Ranskaa on yleensä katsottu hieman etäältä käsin. Yhteyksien kehittäminen ja paremman lähituntuman pitäminen jatkossa kannattaa varmasti, sillä ranskalaisella teknologialla on paljon annettavaa. Ydinvoimaan tiukasti sitoutuneena maana Ranska on valmistautunut kestäväseen tulevan hengähdyskauden hyvin, kunnes ydinvoiman jatkorakentaminen jälleen vilkastuu eri puolilla maailmaa. □

ATS YDINTEKNIikka (16) 4/87

### RANSKA

Vuoden 1988 numeroiden teemat:

- No. 1 "Polttoaine"  
artikkelit viimeistään 31.1.  
No. 2 "Ydinvoima ja ympäristö"  
artikkelit viimeistään 30.4.  
No. 3 "Turvallisuus"  
artikkelit viimeistään 15.8.  
No. 4 "Ekskursion kohdemaat"  
artikkelit viimeistään 31.10.

Vuosikerran tilaushinta muilta kuin ATS:n jäseniltä: 200 mk

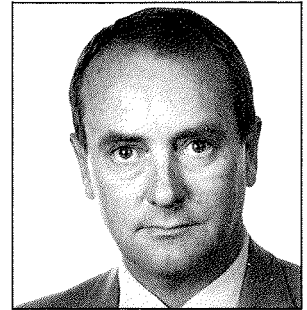
Ilmoitushinnat: 1/1 sivua 1300 mk  
1/2 sivua 800 mk  
1/3 sivua 600 mk

Toimituksen osoite:

ATS Ydintekniikka  
c/o Pertti Salminen  
VTT/E-osaston kanslia  
Vuorimiehentie 5  
02150 ESPOO  
p. 90-456 4148  
telex 122972 vttha sf  
telefax 90-462382

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

ISSN-0356-0473



# Turhaa ylikapasiteettia vaiko hyvää vientikauppaa

**Ranskassa vilkkainta keskustelua ydinvoimasektorilla ei suinkaan käydyä turvallisuudesta vaan siitä, pitäisikö ydinvoimalaohjelma keskeyttää ylikapasiteetin takia. Keskeyttäminen edes muutamaksi vuodeksi tietäisi kuitenkin tämän alan teollisuuden kuolemaa ja 70 000 työpaikan menettämistä, joten muita vaihtoehtoja etsitään.**

Ranskan valtava ydinvoimaohjelma alkoi 70-luvun alussa ja kiihtyi täyteen vauhtiin vuonna 1974 ensimmäisen öljykriisin aikana. Vähentääkseen riippuvuutta tuontiöljystä ja liian kalliista kotimaisesta hiilestä Ranska päätti rakentaa noin 5 000 MW ydinvoimalakapasiteettia vuodessa. Näin vuosina 1973–77 aloitettiin 22 uuden reaktorin rakentaminen yhteistehon ollessa 22 600 MW. Sitten tahti on hieman hiljentynyt, mutta viimeisten kymmenen vuoden aloitusvauhti on ollut keskimäärin 3 000 MW per vuosi.

Käytössä on tänään 52 yksikköä yhteisteholtaan noin 48 000 MW, joista 47 on teollisessa käytössä. Rakenteilla on 11 yksikköä, joista 9 × 1 300 MW ja 2 × 1 450 MW. Vuonna 1985 oli jo 65 % koko sähköntuotannosta ydinvoimaa ja tänä vuonna se nousee 75 %:iin.

Ranskalaisten laskelmien mukaan energian kotimaisuusaste on ydinohjelman myötä noussut 46 %:iin vuonna 1986 (koko energiakulutuksesta sähkö vastasi yli puolta). Kotimaisuusastetta laskettaessa ranskalaiset laskevat ydinvoiman kokonaisuudessaan kotimaiseksi. On kuitenkin muistettava, että Ranskan uraanituotanto ei riitä nykykulutukseen; tarvittavasta 5 500 tU/vuosi Ranska tuottaa itse vain puolet ja osuus tulee vielä laskemaan.

Nostaakseen edelleen kotimaisuusastettaan Ranska onkin käynnistänyt kunnianhimoisen breeder-reaktoriohjelman, jonka tuloksena ensimmäinen 1 300 MW:n reaktori Super-Phoenix käynnistyi pari vuotta sitten. Sen tuottama sähkö on kuitenkin niin kallista ja tuontuuraanin hinta niin alhainen, että ohjelma tällä hetkellä on säästöliekillä.

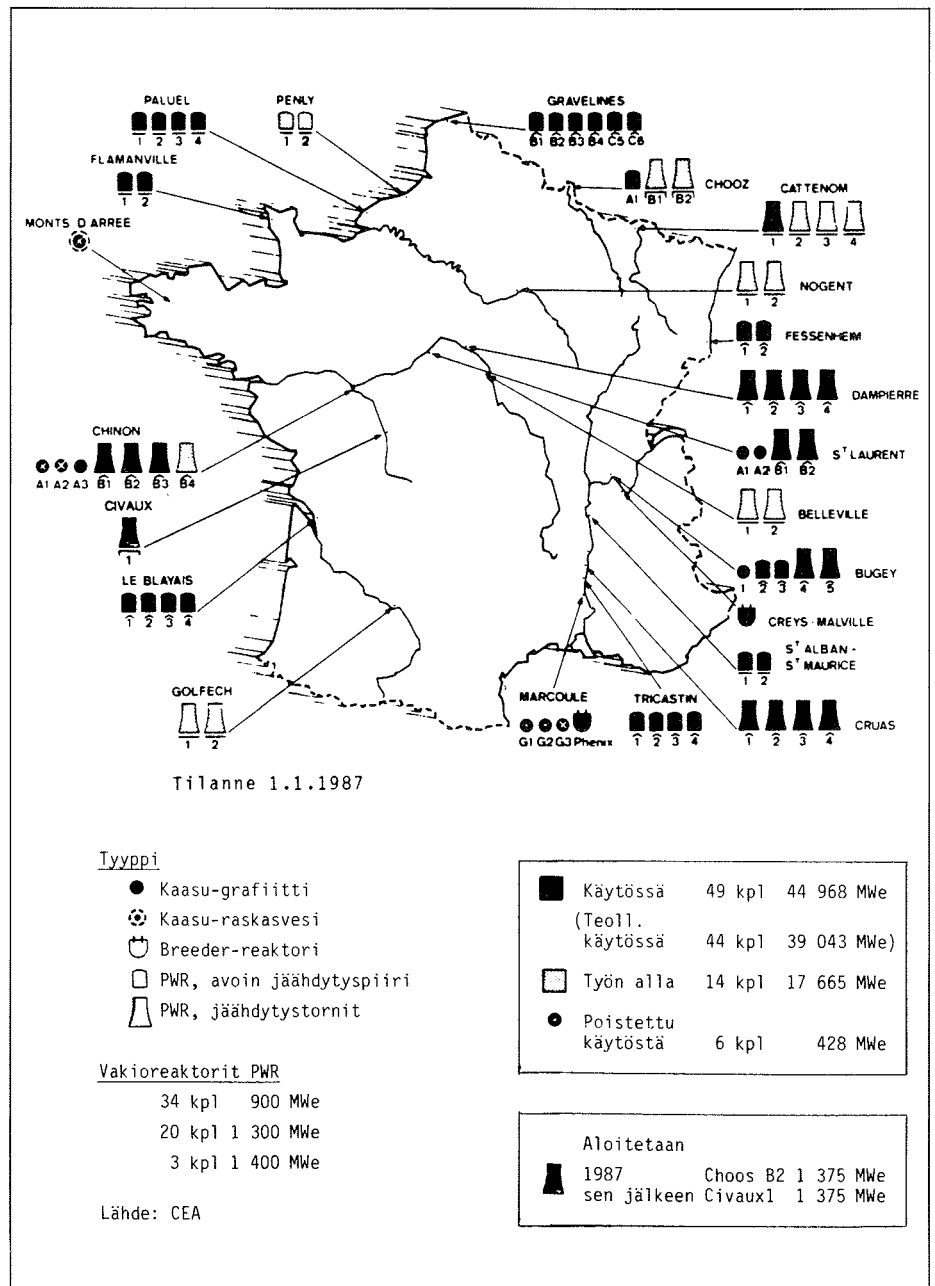
Ranska on omavarainen myös siinä mielessä, että maassa on kaikki polttoainekiertoa tarvittavat tuotantolaitokset uraanikaivoksista jätteenkäsittelyyn.

## Johdonmukainen ydinvoimapolitiikka

Ranskan ydinteollisuuspolitiikka kelpaa johdonmukaisuudessaan malliksi muillekin. Ison ohjelman alussa valittiin huolellisesti yksi ainoa teknologia pohjaksi (painevesireaktori) ja perustettiin yksi ainoa yritys — FRAMATOM — rakentamaan ydinvoimaloita. Sen jälkeen ryhdyttiin rakentamaan identtisiä reaktoreita sarjatuotannossa, ensin 34 kappaletta 900 MW:n reaktoreita, sitten 20 kappaletta

1 300 MW:n reaktoreita ja viimeisinä vuosina ollaan siirrytty 1 450 MW:n yksiköihin, joista kaksi on aloitettu.

Sarjatuotantoperiaatteella saavutettiin monta etua: rakennusaika on lyhyt, turvallisuuskysymykset helpommin hallittavissa, käyttäjäkoulutus yksinkertaisempi ja hinta alhaisempi. Alhainen hinta johtikin öljykriisin aikana useaan vientitilaukseen, mutta öljyn hinnan laskettua 80-luvun alussa vienti on tyrehtynyt.



Ranskan ydinvoimalaitokset.

## Ydinteollisuusohjelma supistuu

Ylisuuret kasvuennusteet ovat johtaneet ydinvoiman ylikapasiteettiin: teollisuusministeriön mukaan reaktoreita on kolme liikaa, toisten arvioiden mukaan seitsemän. Siis 7 × 1 300 MW eli 9 100 MW liikaa.

Jopa EdF:n (Ranskan sähköntuotantolaitos) toimitusjohtaja myöntää, että voitaisiin kokonaan luopua uusien laitosten tilaamisesta 4–5 vuodeksi ja sitten ryhtyä uudelleen tilaamaan kaksi laitosta vuodessa. Teollisuuspoliittisista ja teknologiasyistä tätä ei kuitenkaan voitane tehdä vaan ohjelmaa tullaan jatkamaan hidastettuna tilaamalla uusi yksikkö ehkä joka 18. kuukausi.

Tämäkin johtaa tietysti ydinvoimateollisuuden huomattavaan supistukseen, pahimman arvion mukaan teollisuuden työpaikat laskisivat nykyisestä 67 000:sta 18 000:een vuoteen 1995 mennessä. Tämän jälkeen työpaikkojen määrä taas nousisi korvausrakentamisen ansiosta.

FRAMATOM yrittää parhaillaan muuttua tullakseen vähemmän riippuvaiseksi uusien yksikköjen tilauksista. Sen toiminta on ollut hyvinkin tuottavaa ja sillä on sen takia noin viiden miljardin frangin ”sotakassa”, jolle se etsii käyttöä toistaiseksi onnistumatta löytää sopivaa kohdetta. Samanaikaisesti se panostaa aktiivisesti ydinvoimalahuoltomarkkinoihin sekä

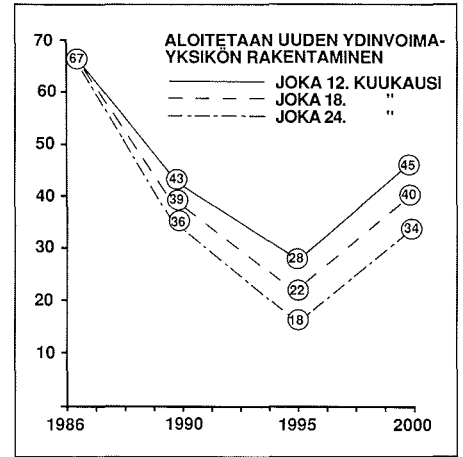
Ranskassa, jossa se yrittää saada EdF:ltä enemmän huoltotyötä, että mm. Yhdysvalloissa, jossa se yrittää päästä sopimukseen Babcock et Wilcoxin kanssa.

Myös muu alan teollisuus etsii markkinoita muualta: prosessiteollisuudesta, varustelueteollisuudesta tai superpikajuna-sektorilta.

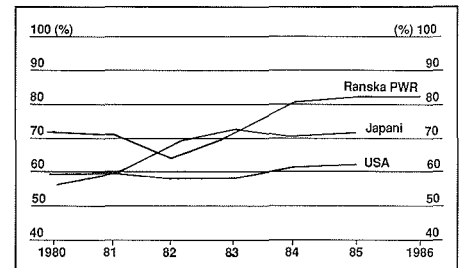
Viime aikoina voimalateollisuus on myös ryhtynyt puhumaan nykygeneraattorien korvaamisesta suprajohtavilla generaattoreilla. Alsthom on jo yhteistyössä EdF:n kanssa valmistanut ensimmäisen 250 megawatin generaattorin, jolla on kryogeeninen roottori. Tämän kokeilun perusteella arvioidaan, että 1 000 MW:n vastaava generaattori olisi noin 20 % halvempi kuin klassinen.

Mikäli staattorikin toteutettaisiin kryogeenitekniikalla, arvioidaan generaattorin hinnan vielä laskevan 30 %:lla. Lähimmän kahdenkymmenen vuoden aikana EdF voi tarvita jopa 80 000 MW uutta generaattorikapasiteettia.

Ydinvoimateollisuus on myös huolestunut vuonna 1992 alkavista täysin vapaista Euroopan markkinoista. Tähän asti Ranskan teollisuus on ollut kotimaan ydinvoimamarkkinoilla monopoliasemassa, mutta tulevaisuudessa voidaan odottaa kovaa kilpailua varsinkin saksalaisilta. EdF:n toimitusjohtaja on jo julkisesti



Ydinvoimateollisuuden työvoimakehitys Ranskassa tuhansissa työpaikoissa kolmen eri rakentamisaikataulun mukaan.



Ydinvoimalaitosten käytettävyyden (teollisessa käytössä olevat PWR-reaktorit).

vahvistanut, että voimaloistakin tullaan käymään julkista tarjouskilpailua.

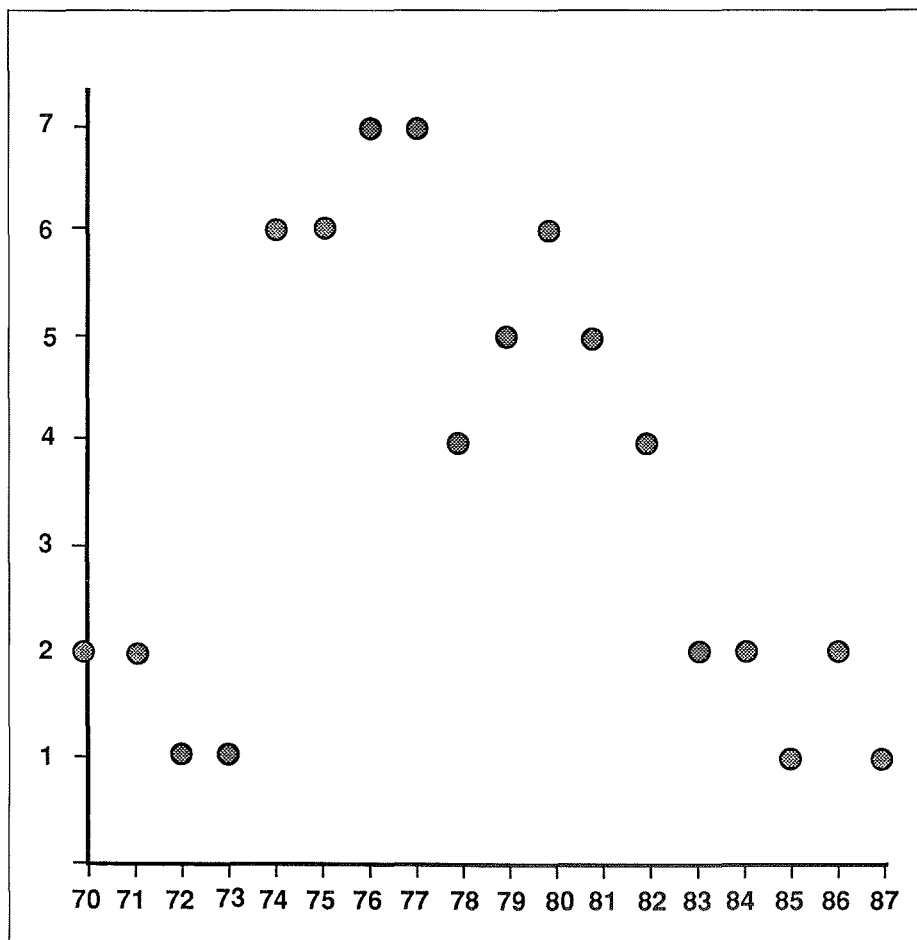
## Ydinsähköä viedään — mutta mihin hintaan

Ydinvoimaohjelman päätavoitteita oli halvan kotimaisen sähkön tuottaminen. Edelleenkin EdF laskee, että ydinsähkön hinta on alempi kuin muun sähkön: ydinsähkön tuotantokustannuksiksi annetaan 22 centimeä/kWh vuonna 1987 (noin 17 penniä/kWh) kun vastaavasti hiilellä tuotetun sähkön hinta olisi 25,5 ja öljyllä 47 centimeä/kWh.

Tällöin kuitenkin EdF on laskenut ydinvoiman investointikustannukset ”marginaalikustannuksena” ja kuormituskertoimen perusvoimatuotantona. Koska ydinvoimalat Ranskassa toimivat jo myös huipputasaajina, laskentatapa antaa ydinsähkölle liian edulliset luvut.

Kuitenkin Ranska vie ydinsähköä naapurimaihin hinnoilla, jotka perustuvat näihin kustannuslaskelmiin ja sitä viedään paljon — tänä vuonna noin 30 TWh:ta, josta vientituloja kertyy yli kuusi miljardia frangia.

Sähkön käyttäjät Ranskassa ovat nyt heränneet ihmettelemään sitä, että tällä hinnalla voidaan viedä sähköä naapurimaihin kun suurkäyttäjätkin Ranskassa joutuvat maksamaan noin kaksinkertaisen hinnan sähköstään. EdF myöntääkin, että ylisuuret investoinnit ydinvoimaan ovat nostaneet sähkön hintaa Ranskassa — mutta vain kahdella prosentilla. Mitään mahdollisuuksia hinnan laskuun ei ole, EdF:n velkaantuminen tänään on



FRAMATOME:n vuosittaiset ydinvoimayksikköjen tilaukset 1970- ja 80-luvuilla. Ydinvoimayksikköjen rakennusaika Ranskassa on noin kuusi vuotta, joten raju lasku alan työllisyydessä alkaa jo ensi vuonna. Luvuissa ovat mukana myös vientitilaukset.



Panuelin ydinvoimalaitos 4×1300 MWe Englannin kanaalin rannikolla.

noin 170 miljardia markkaa eli noin 1,7 kertaa yhtiön liikevaihto ja noin 20 % sähkön hinnasta muodostuu rahoituskustannuksista.

### Tshernobyl ei vaikuttanut ydinohjelmaan

Ranskan ydinohjelman supistamiskeskustelut alkoivat paljon ennen Tshernobyl-tapahtumaa eikä se ole toistaiseksi laisinkaan vaikuttanut ohjelmaan. Sen sijaan onnettomuus sai aikaan vilkkaat keskustelut turvallisuuskysymyksistä ja tiedottamisesta.

Suurena syynä siihen, ettei ohjelmasta siinänsä syntynyt Tshernobylin johdosta uutta keskustelua, on se, että kaikki Ranskan poliittiset puolueet ovat ohjelman kannattajia.

Sen sijaan ydinvoiman kannatus yksilötasolla laski ratkaisevasti onnettomuuden jälkeen, se laski yli 60 %:sta alimmillaan 46 %:iin, mutta on sen jälkeen taas kääntynyt nousuun ja oli maaliskuussa 1987 51 %.

Todennäköisesti kannatus olisi kasvanut nopeammin, jollei Tshernobylin jälkeen myös Ranskassa olisi tapahtunut muuta pahaa teknistä välikohtausta ydintekniikassa: radioaktiivinen päästö polttoainetehtaalla, Super-Phoenixin pysäyttäminen ehkä vuodeksi natriumvuodon takia, jäähdytysvaikeuksia Rhône-laakson voimaloissa ennätysankaran talven takia (jää tukki jäähdytysveden sisääntulon) ja naapurimaiden mielenosoitukset rajalla käynnistettäviä laitoksia vastaan.

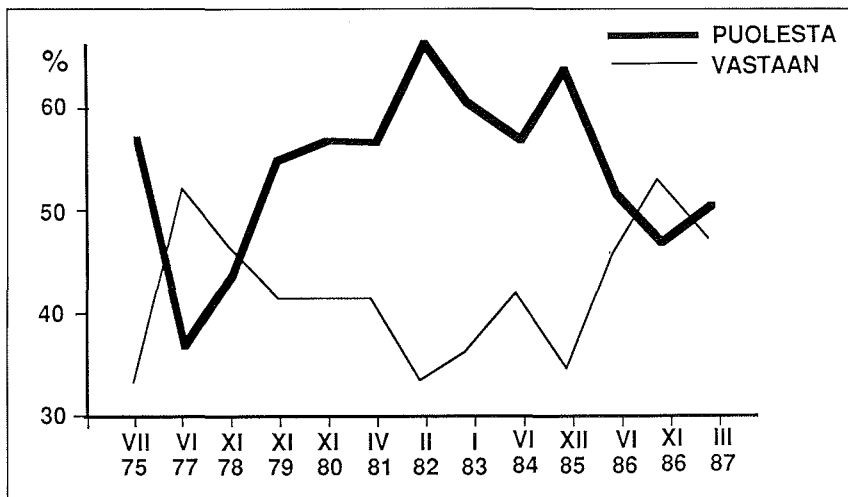
### Uudet säteilyturvanormit tulossa

Ranskassakin Tshernobyl-onnettomuus osoitti, että sekä normeissa että tiedottamisessa oli parantamisen varaa. Samalla kun Saksassa Ranskan rajan toisella puolella kiellettiin eräiden elintarvikkeiden myynti, Ranskassa tiedotettiin, ettei ranskalaisista elintarvikkeista löytynyt mitään hälyyttävää. Kahden viikon aikana tilanne meni melkein farssiksi kun johtavat tiedotusvälineet rupesivat kysymään, ovatko Ranskan rajat todella niin turvalliset, ettei säteilykään pääse läpi.

Sen jälkeen tiedotusjärjestelmä on uusittu täysin ja nykyään saa jo tietoja jatkuvasti esimerkiksi yleisötelex-järjestelmästä.

EEC on Tshernobylin jälkeen sopinut uusista elintarvikkeiden säteilynormeista: 370 becquerel (Cesium 134 ja 137)/kg maidolle ja lastenruualle sekä 600 becquerel/kg muille elintarvikkeille. Ranska pidättäytyi kuitenkin äänestämästä näistä normeista ja päätettiin tehdä uudet normit 31.10.1987 mennessä. Ranska pitää näitä normeja liian ankarina ja väittää, että päätös on poliittinen ja että tekniset asiantuntijat olivat ehdottaneet neljää kertaa korkeampia rajoja. Ranska ei myöskään halua hyväksyä, että päätettäisiin rajoista myös eläinruualle kuten komissio on ehdottanut vaan katsoo, että rajat ihmisruualle riittävät. □

### Ydinvoiman kannatus Ranskassa



Ranskan ydinvoimaohjelman kannatusta on mitattu mielipidetutkimuksin vuodesta 1975. Mielipidetutkimuslaitos SOFRESin asettama kysymys on ollut seuraava: "Kuvitelkaa, että ranskalaiset luokitettaisiin sen mukaan, kuinka paljon he kannattavat tai vastustavat ydinvoiman kehitystä käyttäen seuraavaa asteikkoa.

1	2	3	4	5	6
Todella vastaan	Lähinnä vastaan		Lähinnä puolesta		Todella puolesta

Mihin asettaisitte itsenne tällä asteikolla?" Vastaukset on esitetty käyrässä niin, että ryhmät 1—3 on laskettu olevan vastaan ja 4—5 puolesta.

Käyrästä näkee, että ohjelman alussa kannatus oli voimakasta, mutta se laski

alkuvaiheessa osittain sen takia, että vasemmisto vastusti alussa ydinvoimaa.

Öljyn hintojen nousun myötä kannatus kääntyi nousuun ja kun vasemmisto nousi valtaan vuonna 1981 vaalien myötä ja samalla virallisesti siirtyi kannattamaan ydinvoimaohjelmaa, sen suosio nousi huippuunsa. Heti Tshernobyl-onnettomuuden jälkeen kannatus laski taas jyrkästi, mutta on viime vuoden aikana selvästi noussut.

Tiettyä radikalisoitumista on havaittavissa vastustajien joukossa, todella vastaan on viimeisen tutkimuksen mukaan 16 %, joka on selvästi enemmän kuin muutama vuosi sitten. Aktiivinen kannanotto on myös lisääntynyt, kolmessa viimeisessä tutkimuksessa vain 2 % oli ilman mielipidettä, 70-luvun puolivälissä luku oli 10 %.



## Supplying complete nuclear power units, nuclear islands, and components

*For ten years now, the success of the nuclear energy programme in France has enabled French industry to occupy the world's leading position as exporters of turnkey nuclear power units, complete nuclear islands, and components. In most cases exports are effected in industrial cooperation with the country that as ordered the plant, particularly if such a country wishes to develop its nuclear power plants and equipment industries concurrently.*

### Complete nuclear power units and nuclear islands

The companies taking part in the French nuclear energy programme are used to working together. For export projects, they cooperate in accordance with the arrangement best suited to meet the specific requirements of each customer.

Back in 1967, a group of French industrial companies built Vandellós 1, a 480 MWe nuclear power station of the natural uranium-gas-graphite type. It was commissioned in 1972, before the scheduled contract date and is functioning to the satisfaction of its owners, Spanish electrical utilities and EDF, with a 25 % share.

After this initial success, several leading French industrial companies formed a consortium for supplying pressurized water reactor (PWR) power nuclear plants. The consortium includes Framatome, consortium leader and supplier of the nuclear island; Alsthom, supplier of the conventional island with its electrical equipment and process control; Framatag (a subsidiary of Framatome and Alsthom Entreprise Générale), which directs the construction work; and, where necessary, a qualified civil engineering concern (such as Spie-Batignolles at Koeberg). The experience of Electricité de France (EDF) is provided by Sofinel (EDF 55 % - Framatome 45 %), which is responsible for overall technical coordination.

In 1976, this organisation received an order for two turnkey PWR nuclear power units of 926 MWe each at Koeberg from Escom, South Africa's Electrical Supply Commission. These units entered commercial operation on 20 July 1984 and 9 November 1985, respectively. Such construction periods 10,000 km away from the constructor's engineering offices and plants are exceptional. In 1977, the Atomic Organisation of Iran ordered two 1,000 MWe nuclear power units from the same consortium to be built on the banks of the river Karun. Political developments in Iran later caused this contract to be cancelled, after two years of work had been completed. More recently, this organisation of French companies submitted proposals for complete turnkey power

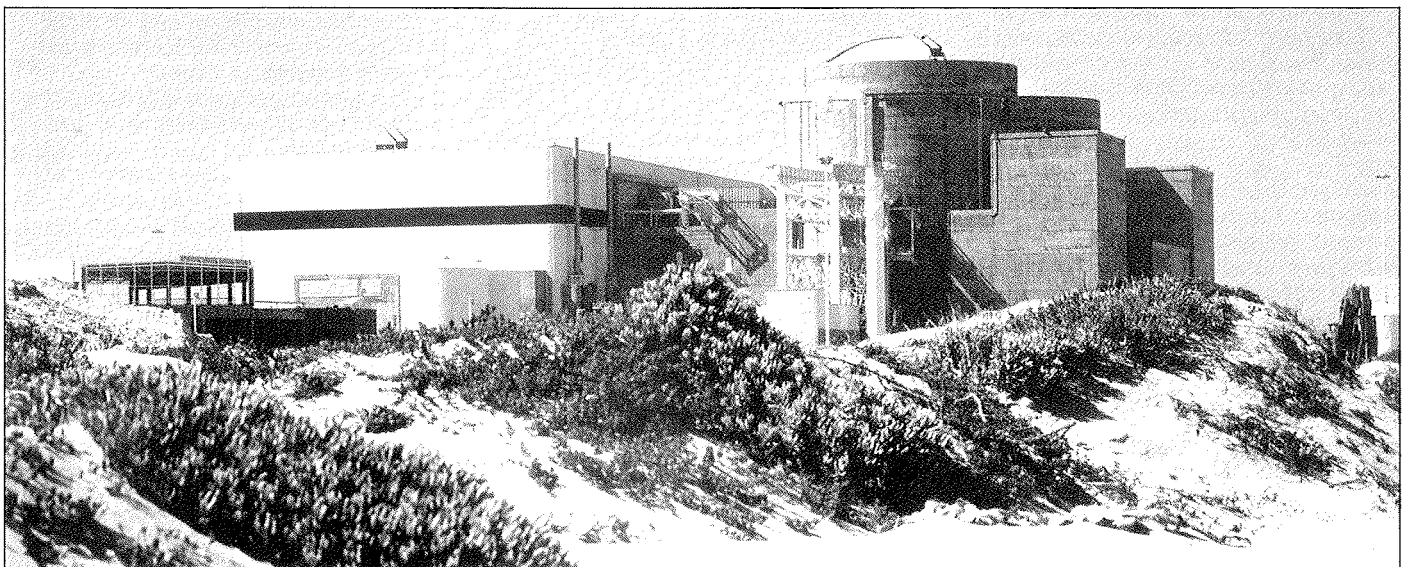
plants for the planned Egyptian station at El Dabaa, in conjunction with Italian companies.

The following three instances of complete nuclear installation supply provide examples of possible industrial cooperation with customer countries.

### Cooperation with Belgium

Tihange 1, ordered in 1969 by the "Société Belgo-Française d'Énergie Nucléaire", was connected to the national grid in March 1975. It incorporates the first 900 MWe nuclear steam supply system (NSSS) built by Framatome and the first 504 MWe turbine-generators rotating at 1,500 rpm to be commissioned by Alsthom, which also took part in the construction of the feedwater and condensate plant, within a Franco-Belgian engineering consortium. After ten years of extremely satisfactory operation, this unit underwent its first ten-year in-service inspection in 1986 and is now enjoying new-found youth at full power.

After this initial order, Framatome and Alsthom, in conjunction with Belgian concerns, built the NSSSs and turbines of Doel 3 and Tihange 2, two 900 MWe PWR units commissioned in 1982. Equipment and major parts of this project were manufactured by Belgian mechanical construction companies. As a member of an industrial consortium, Alsthom also constructed, assembled and



The Koeberg nuclear power plant (South Africa).

commissioned the turbine-generator of Tihange 2 and Doel 4.

Belgian electrical utilities and industrial concerns are currently associated with EDF and the French nuclear power industry for the construction of two 1,500 MWe PWR nuclear power units for the Chooz power station.

These units, the first of the new all French "model N4" design, are the most modern and most powerful pressurized water reactor units in the world and include such major improvements as more efficient steam generators, with a built-in economizer, a fully computerized control room that improves the man/machine interface, and a second generation, high duty turbine-generator christened "Arabelle".

The same French companies are scheduled to build Belgium's eight nuclear power unit (N8), at Doel, in conjunction with Belgian electrical utilities and industry.

#### **Cooperation with the Republic of Korea**

If the customer electrical utility has a suitable organisation, it can plan separate contracts for the nuclear part and the conventional part of its projected nuclear power plants. For example, the Korean Electrical Power Company (Kepco), for the two 1,000 MWe PWR units of the Uljuin power station in South Korea, ordered two nuclear islands (including fuel) from Framatome, backed by Sofinel, in 1980, and then the two corresponding conventional islands from Alstom in 1982. The Alstom contract stipulated that the interface problems had to be resolved to ensure there was no lack of coherence between the two islands of each PWR unit. The first unit will be fuelled this year and the start of commercial operation of the two units is scheduled for 1988 and 1989, respectively.

The terms of the agreement for industrial cooperation stipulate coproduction of parts of components of French design or local manufacture of equipment on the basis of our technical documents, which means that Korean company personnel had to be trained in France and a number of French specialists sent to South Korea.

Manufacture of over 40 % of the equipment for the nuclear islands, the conventional islands, the electrical installations, and the instrumentation and control has been subcontracted to Korean industry. This share is higher than that allocated by American companies for units 7 and 8 of the South Korean nuclear energy programme and cooperation of French industrial concerns has been extended to more sophisticated parts of the equipment. These provisions of the agreement demanded considerable effort in documentation, personnel training, and supervision of manufacture. They were respected without involving delays in the construction of the power station.

As prime contractors, Framatome and Alstom have set up a network of qualified subcontractors qualified for export business, who have collaborated with the large Korean companies working on this project. The "nuclear" components were manufactured and erected in accordance with the very stringent construction codes applicable in France, in particular the RCC-M, and also in accordance with the same quality assurance (QA) standards. The South Korean companies have rapidly assimilated these construction codes and QA standards, which they are implementing satisfactorily.

For the equipment of the conventional islands, Alstom has applied the specifications of the basic Quality Assurance Programme it has drawn up in compliance with the IAEA Code of Good Conduct and has defined equivalences between French codes and standards and the foreign codes and standards with which the South Korean companies are more familiar.

The contracts also provide for transfer of knowledge in various fields:

- training of the customer's operating and maintenance personnel;
- presence of S. Korean engineers in French project teams;
- presence of French specialists in the customer's offices, in the factories and on site, to assist in activities connected with engineering, construction and project management;
- subcontracting of some engineering work with South Korean engineering firms.

#### **Cooperation with China**

For the Daya Bay project near Guangdong, a third type of organisation has been set up to combine the advantages of a turnkey agreement and those of supply by separate lots. The main customer, GNPJVC (Guangdong Nuclear Power Joint Venture Company), is a consortium of several ministries in the People's Republic of China and Hong Kong's main electrical utility. It retains overall control of the project via an integrated team, for which it relies on the assistance of EDF in examining tenders, awarding contracts, a large part of the project engineering, supervising manufacture, site management, commissioning installations, drawing up operating instructions, and training personnel. Framatome has received the order for the nuclear islands on the two PWR units, British General Electric Co. is supplying the conventional islands. With respect to civil engineering, EDF, in conjunction with the engineering offices of Coyne et Bellier and Sechaud et Metz, is responsible for engineering design. Civil works will be constructed by Campenon Bernard of France and associated Chinese and Japanese companies. In addition to the normal intention of selecting such a proven supplier as Framatome, the customer

wished to draw on the experience of EDF in its role as prime contractor, industrial architect, and operator, under the conditions that have made the French nuclear energy programme such a success. Finally, team integration guarantees efficient transfer of knowledge and skills to Chinese personnel working on the project.

Other forms of cooperation are conceivable, such as the recent joint effort by Framatome and KWU for the feasibility study of a 600 MWe to 900 MWe PWR, nuclear power unit, derived from existing models, for Indonesia.

#### **Supply of separate components and equipment**

Obviously, French industry can also supply separately all the equipment that makes up a nuclear power plant, whether it is of the PWR type built in France, or of another type that uses similar equipment. As a result of research conducted for the French nuclear energy programme, the French nuclear power industry can offer their customers a range of proven equipment and installations, the performance and reliability of which have benefited from the lessons learnt during construction and operation. Such equipment is drawn from series production for the French nuclear programme, which is continuing and scheduled to go forward for many years to come. Costs are thus reduced and there is a better guarantee of quality, through continuity of manufacture and observation of the quality assurance code to which equipment used in France is subjected.

Some of the particularly significant equipment items and components available are listed below.

1. Equipment for the Nuclear Island  
Framatome exports a wide variety of such equipment, including:
  - reactor vessels (for Beznau in Switzerland, Prairie Island and Norco in the USA, Sizewell B in Great Britain, etc.);
  - Core instrumentation and electrical penetration equipment (Qinshan in the People's Republic of China);
  - steam generators, for original equipment or as replacements;
  - pressurizers;
  - reactor cooland pumps, valves and fittings;
  - enhanced reactor flexibility packages;
  - all types of fuel assemblies;
  - full assembly handling equipment.

Alstom and certain associated companies, such as Stein Industrie, supply heat exchangers for the balance of plant and equipment for chemical and volume control systems, various BOP pumps, diesel generator units, and various other pieces of equipment.

2. Equipment for the Conventional Island  
*The turbine-generators*

Alstom has developed turbines based on



feedback from the operating and manufacturing experience gained with its first-generation units. Called "Arabelle" and "Mirabelle" these new models have unitary out put powers of 1,500 and 1,000 MW respectively. This second generation of turbines offers the advantages of higher efficiency, greater simplicity, improved reliability, and lower volume and weight (hence, considerably less civil engineering work). The turbines supplied to the Republic of Korea for KNU 9 & 10 (1,000 MW, 1,900 r.p.m.) incorporated some of these improvements.

#### *Moisture separator-dryers and reheaters*

The results of studies and many trials have led to manufacture of equipment that is more powerful, efficient, compact, and easy to maintain. Modifications have been made to equipment in service, to limit erosion-corrosion caused by steam humidity, then incorporated into the design of all these units supplied by Stein Industrie in France and abroad.

Moisture separator-dryers and reheaters have been supplied to Belgium (Tihange 1 and 2, Doel 2) and Germany (Krummel and Graffenrheinfeld). As part of a license granted to GEC (UK), such equipment has also been supplied to the Republic of Korea for KNU 5 & 6 and to China for Daya Bay 1 and 2.

On the steam bleedoffs, high-speed, compact separators are in general use in France. These separators have been developed by EDF and Stein Industrie to reduce erosion-corrosion of pipes and equipment. They were also installed at Uljin, Republic of Korea, on KNU 9 & 10.

#### *Condenser and heaters*

Delas-Weir has adapted condensers, heaters, and gas strippers to the needs of the nuclear power industry. In the case of condensers in coastal power stations, the use of highly corrosion-resistant materials guarantee freedom from leakage: titanium tubes and honeycomb tube sheets made of solid titanium or titanium-plated steel.

#### *Pumps and driver turbines in the turbine hall*

The Alstom group supplies this equipment directly, through its subsidiaries (the case in Belgium), or through its licensees, as in Spain, the Republic of Korea and the UK. In Spain, Neyrpic licensee supplied raw cooling water pumps for the Ivarez, Vandellos 2, and Asco power stations.

### 3. Electrical Equipment

French specifications are very severe in this field, whether low medium, or high voltages are involved.

Alstom has extensive experience in supplying electrical equipment for power stations, including 1,652 MVA — 400 kV transformers for transmission of power from 1,300 MW stations in France and in other countries (Gentilly in Canada and Koeberg in South Africa).

In addition, Alstom has supplied the electrical protection and distribution equipment for many French power stations and also the circuit breakers for the alternator at Barsebäck (Sweden) and the LV relays for Astolaccio (Italy). Licenses have been granted and subsidiaries established throughout the world.

### 4. Instrumentation and control

In France and for export projects, CGEE-Alstom and Merlin Gerin have been responsible for the engineering and construction of electrical installations, including instrumentations and control, cabling, and health physics. In close collaboration with EDF, these companies have developed instrumentation and control systems with optimized reliability and availability.

Merlin Gerin supplies the reactor instrumentation and protection systems: for example, the "Spin" was the first computerized reactor protection system to be installed in the world. New developed now underway will incorporate the use of local networks, more efficient microprocessors, and new programming methods.

The Controbloc N20 system, developed by CGEE-Alstom, is used for process control of the other installations. Its key components are high-security programmable logic, control automation, and a monitoring system incorporating the ERF (Emergency Response Functions) safety functions.

Further development has culminated in the P20 system, established around a VME busbar and incorporating "high-tech" components.

CGEE-Alstom and Merlin Gerin have installed their instrumentation and control systems in Spain, Belgium, Holland, Southern Asia, the Republic of Korea, the Republic of South Afrika, and the United States, including integrated reactor protection (Spin), reactor instrumentation, measurement and control of rod position, N20 and more recently P20 process control systems, health physics, environmental sampling and measurement, and safety and plant access control.

### **Industrial organisation in France**

In France, implementation of the nuclear power program has been facilitated by the organisational structure of EDF as client, operator and overall architect engineer and by the existence of two powerful industrial groups, Framatome and Alstom. Once it has completed site studies, EDF chooses the location of the power station and goes on to plan layout. Throughout the execution of the project, EDF determines overall design of the power station, directs work on site and monitors manufacture and components. Some of the tasks of the architect engineer are fulfilled by the main equipment suppliers.

The nuclear steam supply system is a turnkey contract allocated to Framatome, which is responsible for design and engineering, manufactures the main components in its works, assembles the equipment on site and takes part in commissioning. The role of architect engineer for the rest of the nuclear island is assumed by EDF in very close liaison with Framatome. For the conventional island, Alstom performs a similar role, supplies the turbine/generator/condenser group and the main components of the feed engineering water plant and takes a significant part in the architect work of the entire conventional island.

### **Conclusion**

The average energy availability factor for more than thirty 900 MWe PWR nuclear power units built by French industry is over 83 %, calculated on the basis of the past three years. This figure demonstrates the quality of these installations.

Contracts signed with South Korea show that French industry is capable of allowing local industry to participate in the construction of the power stations without jeopardizing cost, schedule, or quality. The customer has been fully satisfied with the transfer of knowledge effected.

Even when allowance is made for the temporary drop in oil prices, economic studies show the advantage of the nuclear option where new electricity generating facilities are envisaged. Nuclear power is invariably less expensive than oil-fired plants and, in most cases, also more advantageous than coal-fired plants. Analysis of safety and environmental impact gives a marked advantage to nuclear power stations. Despite the accidents of TMI in the USA, in March 1979, and of Chernobyl in the Ukraine, in April 1986, nuclear energy remains safe. Pressurized water reactors have proven they are the most economical, reliable, and the cleanest type of reactor for generating electricity.

After Chernobyl, no nuclear power unit under construction has been stopped, no contract has been cancelled. France, like Japan and the USSR, continues its nuclear energy programme. China has ordered two PWRs for Guangdong and the United Kingdom has decided to build its first PWR unit at Sizewell. Although several countries have postponed their final decision, this is more for reasons of finance than to yield to ecological pressures. The French nuclear-electric industry, which perfectly masters its technology, has demonstrated its capacity to put this proven technology at the disposal of countries wishing to improve, develop, or install nuclear power stations. □

# ATS:n vuoden 1987 ulkomaan opintomatka Ranskaan

*1980-luvun aikana ATS:n ulkomaanekskursiot ovat suuntautuneet mm. Espanjaan, Italiaan, Unkariin, Neuvostoliittoon, Yhdysvaltoihin, Kanadaan, Tsekkoslovakiaan, Saksan liittotasavaltaan ja Kiinaan. Ei ollut mikään sattuma, että tämän vuoden vierailukohteeksi valittiin Ranska, sillä edellisestä Ranskaan tehdystä opintomatkasta on ehtinyt kulua jo 10 vuotta.*

Ranskan ydinvoimaohjelma on Euroopan laajin ja sen ydinvoimateollisuus Euroopan elinvoimaisin. Matkan suuntaaminen Ranskaan oli siis erittäin perusteltua, ja kiinnostavista vierailukohteista oli suorastaan ylijartontaa. Matkan pääteemaksi valittiin ydinpolttoainekierto, jonka Ranskan teollisuus kattaa täydellisesti. Vierailuohjelma ja osanottajat on esitetty oheisena.

Matka alkoi 4.10.1987 lennolla Geneveen. Ensimmäiseksi vierailukohteeksi oli valittu käynti CERNin tutkimuskeskuksessa, joka sijaitsee aivan lentokentän vieressä. Genevestä siirryttiin bussilla Ranskan puolelle, jossa vierailun ensimmäinen vaihe muodostui bussilla tehdystä matkasta Ranskan ydinvoimateollisuuden keskittymän, Saone- ja Rhone-jokilaaksojen muodostaman alueen, halki. Vierailukohteina olivat Framatomen Chalonin tehtaalla ja CETIC-koulutuskeskus, FBFC:n polttoainetehtas Romansissa, Comurhexin konversiolaitos ja Eurodifin väkeväntilaitos sekä CEA:n Cadarachen tutkimuslaitos.

Neljäntenä matkapäivänä siirryttiin junalla Pariisiin, joka oli ekskursion jälkimmäisen vaiheen tukikohta. Sieltä käsin käytiin Cherbourgin lähellä sijaitsevilla Cogeman jälleenkäsittelylaitoksessa ja Flamanvillen ydinvoimalaitoksessa. Viimeisenä virallisena ohjelmapäivänä vierailtiin EdF:n keskusvalvomossa ja SFENissä (Ranskan ydinteknisessä seurassa). Kotimaahan palattiin 11.10.1987.

Ekskursio muodostui menestykseksi millä tahansa mittapuulla mitattuna. Isännät olivat valmistautuneet huolellisesti käyn-teihin, ja niistä saatu anti oli mittava ja monipuolinen. Osanottajille jäi selväksi

## Matkaohjelma

4.10. su	Lento Helsinki — Geneve Vierailu CERNissä Bussi Geneve — Chalon-sur-Saone
5.10. ma	Vierailu Framatomen Chalonin tehtaalla (komponenttivalmistus) Bussi Chalon-sur-Saone — Romans
6.10. ti	Vierailu FBFC:n Romansin tehtaalla (polttoaineen valmistus) Bussi Romans — Pierrelatte Vierailu Comurhexin konversiolaitoksella Pierrelatessa Vierailu Eurodifin väkeväntilaitoksella Pierrelatessa Bussi Pierrelatte — Aix-en-Provence
7.10. ke	Vierailu Cadarachen tutkimuskeskuksessa Juna Avignon — Pariisi
8.10. to	Lento Pariisi — Cherbourg Vierailu Cogeman jälleenkäsittelylaitoksella la Haguessa Vierailu Flamanvillen voimalaitoksella (PWR 1300) Lento Cherbourg — Pariisi
9.10. pe	Vierailu EdF:n keskusvalvomossa Vierailu SFEN:ssä Pariisissa
10.10. la	Vapaa
11.10. su	Lento Pariisi — Helsinki



#### Osanottajat

Aurela, Jorma  
Haapalehto, Timo  
Hansson, Lena  
Koskivirta, Pirkko  
Laaksonen, Teuvo  
Mattila, Eero  
Moisio, Jussi  
Mutttilainen, Erkki  
Nordman, Henrik  
Paasikivi, Olli  
Patrikka, Eero  
Pääkkönen, Juha  
Raumolin, Heikki  
Sandell, Ilkka  
Savolainen, Anna Liisa  
Schultz, Eero  
Tienhaara, Eija  
Tusa, Esko  
Unga, Esa  
Vilkamo, Olli

Imatran Voima Oy  
Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu  
Valtion teknillinen tutkimuskeskus  
Valtion teknillinen tutkimuskeskus  
Valmet Automation Projects  
Imatran Voima Oy  
Imatran Voima Oy  
Teollisuuden Voima Oy  
Valtion teknillinen tutkimuskeskus  
Teollisuuden Voima Oy  
Teollisuuden Voima Oy  
Teollisuuden Voima Oy  
Perusvoima Oy  
Teollisuuden Voima Oy  
Ilmatieteen laitos  
Teollisuuden Voima Oy  
Imatran Voima Oy  
Imatran Voima Oy  
Teollisuuden Voima Oy  
Säteilyturvakeskus

yleisvaikutelmaksi, että ranskalaiset ovat sitoutuneet voimakkaasti ydinvoimaan ja kehittävät sitä kaikilla sektoreilla.

Matka täytti erittäin hyvin tehtävänsä opintomatkana, sillä mukana oli paljon nuoria ATS:n jäseniä, jotka saivat kattavan esityksen ydinteollisuuden ja -tutkimuksen eri osa-alueista. On ilahduttavaa, että organisaatiot ovat antaneet tämän mahdollisuuden, ja toivottavaa, että sama käytäntö olisi voimassa tulevaisuudessakin.

Matkan johtajana toimi Heikki Raumolin ja järjestelyistä vastasi ekskursionsihtööri Eero Patrikka. Tulkin tehtäviä hoiti Eero Mattila, jonka panos oli välttämätön matkan sujuvan läpiviennin kannalta. □



Ryhmäkuva Cadarachen linnan edustalla.

# Vierailukohteet

## CERNIN YDINTUTKIMUSKESKUS GENEVESSÄ

Ensimmäinen vierailukohde oli CERN, jonne rakennetaan parhaillaan suurta elektroni-positronikiihdytintä eli LEP:iä (Large Elektron-Positron). Ennestään tutkimuslaitoksessa on antiprotoni-protonikiihdytin eli SPS, jolla löydettiin heikon vuorovaikutuksen välittävä välilibosoni.

LEP:illä kiihdytetään halkaisijaltaan 8,5 km olevassa renkaassa positroneja ja elektroneja vastakkaisiin suuntiin, jolloin ne saavat 50 GeV:n liike-energian. Positronin ja elektronin törmäys on huomattavasti "puhtaampi" kuin protonin ja antiprotonin törmäys. Tästä johtuen voidaan välilibosoneja tuottaa noin 10 000 kpl vuorokaudessa, kun SPS-kiihdyttimellä niitä saadaan vain 20–30 kpl vuorokaudessa. Täten voidaan tarkentaa alkeishiukkasten teoriaa. Toinen tavoite on löytää mittakenttäteorian ennustama Higgin bosoni.

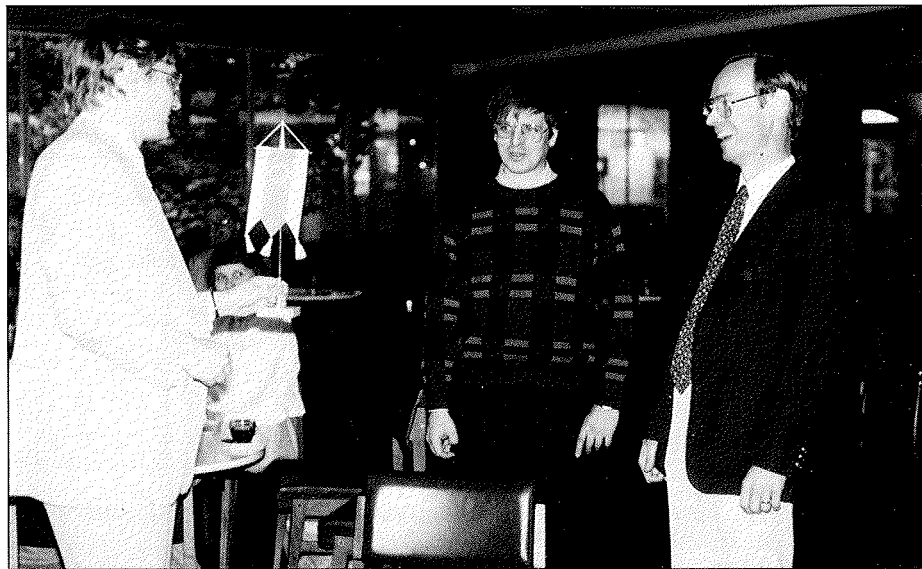
LEP:n yhteyteen rakennetaan neljä detektoria. Tapio Niinikoski ja Markku Voutilainen esittelivät meille DELFI-detektoria, jonka rakentamiseen suomalaiset parhaillaan osallistuvat. DELFI-detektori muodostuu itse asiassa yhdestä toista ilmaisimesta, joista suurin havaitsee törmäyksissä muodostuvia myoneja. Myoni on elektronia muistuttava mutta 210 kertaa sitä raskaampi alkeishiukkanen. Myonidetektori on halkaisijaltaan noin kymmenen metriä oleva rengas törmäyskohdan ympärillä. Renkaassa on parisataatuhatta kammiota, joissa myonit havaitaan. Käsiteltävien sähköisten signaalien määrä on erittäin suuri. Detektorin yhteydessä on siksi suoralla elektroniikalla toteutettuja logiikkapiirejä, jotka kolmessa mikrosekunnissa ratkaisevat talletetaanko havainto jatkokäsittelyä varten.

CERN:in tieteelliset saavutukset ovat kiistatta huippuluokkaa. Laitosta on kuitenkin viime aikoina ankarasti arvosteltu huonosta taloudenhoidosta. Keskusteluissa CERN:in suomalaistutkijat myönsivät parantamisen varaa olevan.

*Henrik Nordman, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio*

## FRAMATOMEN LAITOKSET CHALON-SUR-SAONESSA

Vierailun yhteydessä tutustuttiin Framatomen Chalon-sur-Saonessa sijaitseviin kahteen tuotantolaitokseen ja huoltokou-lutuskeskukseen. Chalon-Ouestin tuotantolaitokseen, joka valmistaa höyrygeneraattorin osia ja ei-NSSS-paineastioita, tutustuttiin vain portilla käyden. Chalon



*Matkan puhemies Heikki Raumolin PEVO:sta luovuttamassa ATS:n viiriä CERNin suomalaisisännille Martti Voutilaiselle ja Tapio Niinikoskelle.*

St. Marceliin, joka sitten valmistaa höyrygeneraattoreita ja paineistimia sekä ko-koaa ja viimeistelee reaktoripaineastioita, tutustuttiin sitäkin perusteellisemmin. Meille esiteltiin lyhyesti myös Framatomen Lyonissa sijaitsevan kunnossapito-palvelukeskuksen toimintaa.

Chalon St. Marcelissa meitä oli vastassa sujuvaa ranskanenglantia puhuva suunnitteluosaston johtaja Guy Buvat sekä kunnossapitokeskuksen osastopäällikkö Dominique Felce Lyonista. Passintarkastusmuodollisuuksien jälkeen meille esiteltiin vauhdikkaasti hyvällä kalvomateriaalilla Chalon St. Marcelin tehtaan toimintaa ja tuotteita. Sen jälkeen seurasi melko tekniikkapitoinen mainoselokuva Framatomen toiminnasta ja keskustelun jälkeen noin tunnin kestänyt kiertokäynti itse tehtaalla. Kiertokäynnin aikana joukkoomme liittyi hyvää Georgian englantia puhuva Framatomen raskaan teollisuuden palvelujen markkinointipäällikkö Bernard Gaudry Pariisista. Hän esitteli Framatomen maailmanlaajuisia aktiviteetteja.

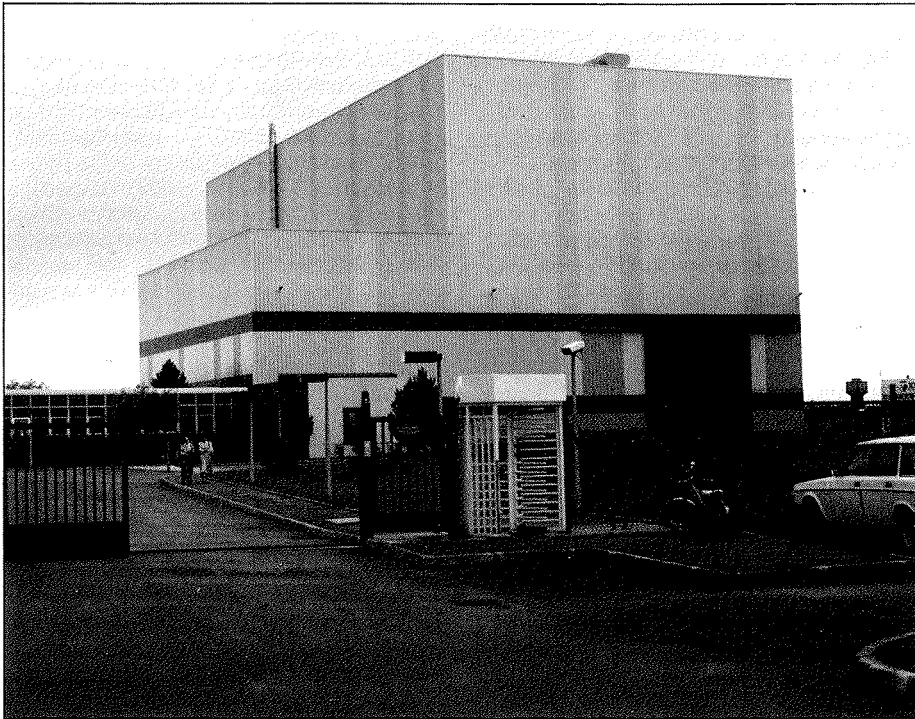
Chalon St. Marcelin tehdasvierailun aikana pidetyistä esityksistä, nähdyistä filmimateriaalista ja tehdaskiertokäynnistä ilmeni, että tehdas on otettu käyttöön vuonna 1975. Sen layout on hyvin selväpiirteinen: neljä rinnakkain kulkevaa linjaa, joista yksi on varastoja, testaustiloja sekä toimistoja ja kolme muuta ovat varsinaisia valmistuslinjoja; yksi "kevyitä", yksi keskiraskaita ja yksi raskaita tuotteita varten. Raskaimpia ovat reaktoripaineastiat, joita tehdään 900 MW:n, 1300 MW:n ja 1450 MW:n laitosyksiköitä var-

ten. Tehtaan lattiapinta-ala on noin 2 ha ja maksimikapasiteetti on 8 reaktoripaineastiaa, 9 paineistinta ja 24 höyrygeneraattoria vuodessa. Tämä koko kapasiteetti oli käytössä vuonna 1979. Sen jälkeen on kuormitus laskenut ja esimerkiksi nyt oli valmistuksessa 5 reaktoripaineastiaa, joista kaksi oli Kiinaan Guangdongin laitokselle. Isännät valittivat, että kuormitus saattaa muutaman vuoden kulluttua laskea tasolle 1,5 reaktoripaineastiaa vuodessa. Lisäksi valmistetaan paineistimia ja höyrygeneraattoreita, vaikka esim. Sizewellin Englantiin toimitetaan tehtaalta ainoastaan paineastiaa.

Paineastiat kuljetetaan tehtaalta vieressä virtaavalta Saone-joelta Välimeren kautta kohdepaikalle. Maakuljetuksia ei voida käyttää, koska sillat eivät kestä 450 t kuormia.

Tähän mennessä tehdas on valmistanut tai on juuri valmistamassa 46 kpl 900 MW:n, 20 kpl 1300 MW:n ja 6 kpl 1450 MW:n reaktoripaineastioita. 900 MW:n paineastioista 10 on vientiin. Lisäksi kaksi oli alunperin tarkoitettu Iraniin, mutta jäivät tunnetuista syistä toimittamatta ja käytettiin sitten Gravelinesissa. Paineastioita on viety Kiinaan, Etelä-Afrikkaan ja Etelä-Koreaan. Sizewellin paineastia ei vielä ollut valmistuksessa. Paineastian valmistusaika tehtaalla on 24 kk ja höyrygeneraattorin 30 kk.

Tehtaassa työskentelee noin 1000 henkilöä, joista 400 on konepajatyöntekijöitä. 15 % henkilökunnasta on QC-henkilöitä. Henkilökunnan määrä on vähenemässä.



Framatomen koulutuskeskus, CETIC.

Raskaiden komponenttien valmistajien tulevaisuuspessimismille vastakohtaan muodosti Lyonin kunnossapitokeskuksen edustajan optimismi. Hän kertoi, että esim. höyrygeneraattoreiden huolto on kovasti kasvavaa bussineista. Keskuksessa on nyt työssä 620 henkilöä ja määrä kasvaa. Mainittiin, että minimi polttoaineen vaihto aika on Ranskassa 20 vrk, mutta sellaiseen kiireeseen ei Ranskassa ole mitään tarvetta.

CETIC:n huoltokoulutuskeskus on pohjapinta-alaltaan noin 3000 m<sup>2</sup> ja halli on kymmeniä metrejä korkea. Se on alkujaan ollut höyrykehittimien valmistushalli, mutta otettiin viime vuonna perustetun CETIC:n käyttöön. Hallin sisällä on raskaiden ydinvoimalaitoskomponenttien luonnollisen kokoisia malleja: höyrygeneraattorin, paineistimen sekä 900 MW:n ja 1300 MW:n paineastioiden mallit. Mallit eivät ole "täyttä tavaraa", vaan esim. reaktoreissa on kaksinkertainen peltiseinä. 1300 MW:n paineastia asennetaan luonnollisen kokoiseen reaktorikuiluun ja 900 MW:n paineastia nostetaan tarvittaessa edellisen sisään. Hallissa on reaktorikuilun lisäksi myös boori-vesiallas.

Keskuksen tehtävänä on testata huoltomenetelmiä, työkaluja ja laitteita sekä kouluttaa huoltohenkilökuntaa. Kouluttajat ja koulutettavat ovat enimmäkseen EDF:n ja Framatomen henkilökuntaa. Keskuksen kapasiteetti on n. 35000 oppilastuntia vuodessa. Keskuksen oma henkilökunta, jota on vain 8 henkilöä, huolehtii infrastruktuurin ylläpidosta, mutta ei osallistu itse opettamiseen. Oppaana CETICissä toimi Georges Roy.

Jorma Aurela, IVO  
Teuvo Laaksonen, Valmet Automation Projects Oy  
Eija Tienhaara, IVO

#### FBFC:N POLTTOAINETEHDAS ROMANSISSA

Ekskursiomme toisen arkipäivän aloitimme nopealla vierailulla FBFC:n Romansin polttoainetehtaalle. FBFC on ranskalainen yhtiö, jonka omistavat Uranium Pechiney (50 %), Cogema (25 %) ja Framatome (25 %). Yhtiöllä on kolme polttoainetehdasta, Desselissä Belgiassa (450 tU/v), Pierrelatessa Etelä-Ranskassa (500 tU/v) ja Romansissa Etelä-Ranskassa (650 tU/v), yhteiskapasiteetiltaan 1600 tU/v.

Tehtaan toimintaa esittelivät ja tutustumiskäynnin oppaina toimivat isäntien puolelta herrat Dewez ja Bourgon. Lyhyen esittelyn jälkeen kahteen ryhmään jakaantuneina kiersimme pääpiirteittäin polttoainepurppujen valmistusprosessin eri vaiheet.

Uraanidioksidipulveri valmistetaan FBFC:n tehtailla ns. kuivan konversion kautta, jossa höyrystetty uraaniheksafluoridi konvertoidaan suoraan kaasumuodosta uraaniidioksidipulveriksi johtamalla erityiseen uuniin vetykaasua ja vesihöyryä. Tämä prosessi on valittu, koska se mahdollistaa pientä ihmistyövoimaa käyttäen suuren tuotannon ylläpidon, on joustava eri rikastusasteille siirryttäessä, tuottaa vähän nestemäisiä sivutuotteita ja jatkuvana prosessina turvaa vakaat pulveriominaisuudet.

Pulverin valmistuksesta siirryimme uraaniidioksiditablettien valmistuspuolelle. Jauhe esipuristettiin, granuloiitiin ja puristettiin tableteiksi, joiden tiheys näytti olevan n. 6 g/cm<sup>3</sup>. Nämä raakatabletit sintrattiin lopulliseen n. 10.4 g/cm<sup>3</sup> tiheyteen korkealämpötilauneissa vetykaasussa. Sintratut, hieman lopullisia mittojaan suuremmat tabletit hiottiin märkähionalla tiukkojen spesifikaatiovaatimusten mukaisiksi. Tableteille tehtiin laadunvalvontamittauksia eri ominaisuuksien vaatimusten mukaisuuden selvittämiseksi.

Tutustuimme tablettien lataamiseen alapaästään päätytulppa suljettuihin polttoainesauvoihin. Lataaminen tapahtui vinolla alustalla tärisyttämällä. Myöhemmissä röntgenkuvatarkastuksissa hylättiin sauvat, joissa todettiin mm. liian suurien välyksiä tablettien välillä, murentuneita tabletteja jne.

Tablettien lataamisen jälkeen sauvojen yläpäätytulppa hitsattiin paikoilleen, sauvaan asetettiin 30 bar heliumpaine, ja tulpan ohut täyttöreikä hitsattiin umpeen. Sauvoja ei erikseen kuivattu koska ilmasto on itsestään riittävän kuiva.

Tutustuimme hyvin nopeasti sauvojen asentamiseen nippuihin, nippujen suoruustestaukseen, sauvarivien rivivälitestaukseen (laser), nippujen puhdistukseen ja pakkaamiseen. Aika ei antanut myötä tutustumiseen nipun rakenneosien valmistukseen.



FBFC:n polttoainetehtäas.



FBFC valmistaa myös gadoliniumpolttoainesauvoja, ja jälleenkäsittelystä saatua uraania on myös palautettu käytettäväksi polttoainetablettien valmistuksessa. Myös uraani-plutonium-polttoainetabletteja on alettu jossain määrin valmistaa.

Nopealla vierailullamme saimme mielikuvan polttoainepun valmistuksen vaiheista ja laadunvalvonnan moninaisuudesta ko. prosessissa.

*Jussi Moisio, IVO*

### COMURHEXIN KONVERSIOLAITOS PIERRELATESSA

Comurhex on uraanirikasteen jatkokäsittelyä harjoittava yritys, joka omistaa kaksi tuotantolaitosta Etelä-Ranskassa (Malvesi ja Pierrelatte), joista jälkimmäisen oli ryhmällämme mahdollisuus tutustua noin kaksi tuntia kestäneellä vierailulla. Comurhex tuottaa lähinnä länsimaisten kevytvesireaktoreiden polttoaineen valmistukseen tarvittavaa uraaniheksafluoridia (UF<sub>6</sub>) n. 14.000 t/vuosi.

Konversioprosessi käyttää raaka-aineena kaivokselta tulevaa uraanirikastetta (ns. yellow cake), joka liuotetaan typpihappoon ja puhdistetaan neste/nesteuttomenetelmää käyttäen. Puhdistuksen jälkeen uraani kalsinoidaan (= kuumennetaan hapettamalla) kiinteäksi uraaninitrioksidiksi (UO<sub>3</sub>), joka fluorataan kahdessa eri vaiheessa, ensin tetrafluoridiksi (UF<sub>4</sub>) ja edelleen ns. liekkireaktorissa heksafluoridiksi (UF<sub>6</sub>). Jäähdytyksen jälkeen UF<sub>6</sub> pakataan teräksisiin kuljetussäiliöihin ja siirretään seuraavaa käsittelyvaihetta varten väkevöintilaitokselle.

Laitoskäynnillä tutustuimme lähinnä liekkireaktoriin (n. 40 m korkea kuuma rakennus) sekä UF<sub>6</sub>-säiliöiden täyttöjärjestelmään. Isäntinä olivat Monique Lapeyrade Pariisista ja herrat Karrer ja Philbert Pierrelatetesta.

*Erkki Muttilainen, TVO*

### EURODIFIN VÄKEVÖINTILAITOS PIERRELATESSA

EURODIFin väkevöinti- eli rikastuslaitos sijaitsee Tricastinissa Rhonen laaksossa. Nimensä mukaisesti laitos käyttää uraanin rikastamiseen vanhinta eli kaasudiffuusiomenetelmää. Prosessissa uraani on n. 80°C:n lämpötilassa heksafluoridikaasuna UF<sub>6</sub>. Rikastamo on kapasiteetiltaan maailman suurin ja pystyy kattamaan noin yhdeksänkymmenen 900 MW:n reaktorin rikastetun uraanin tarpeen. Laitoksen rakennustyöt alkoivat vuonna 1975, rikastetun uraanin tuotanto 1979 ja kokonaisuudessaan rikastamo oli valmis vuonna 1982. Projektin kokonaiskustannukset olivat n. 24 miljardia frangia.

Ranskan valtio omistaa EURODIFin enemmistön COGEMAN kautta. Vähemmistöosakkaina ovat Italia, Belgia ja Espanja, sekä Iran SOFIDIFin kautta. Iran haluaisi luopua vähemmistöosakkuudestaan SOFIDIFissä.

Rikastamo on Ranskan suurin yksittäinen sähkön käyttäjä. Täydellä kapasiteetilla käydessään rikastamo tarvitsee viereisen EdF:n Tricastinin 4 × 900 MW:n ydinvoimalan kolmen yksikön tehon. Sähkö kuuluu pääasiassa UF<sub>6</sub>-kaasun pumppaamiseen ja muuttuu hukkalämmöksi, joka poistetaan kahden jäähdytystornin kautta ilmaan. Laitosta voidaan ajaa osateholla alentamalla kaasun painetta aina 40 %:n tehoon asti siten, että koko 1400:n sarjaan kytketyn diffuusioyksikön muodostama kaskadi on käytössä. Viimeksi kuluneen vuoden aikana laitoksen kapasiteetista oli ollut keskimäärin n. 80 % käytössä. Rikastuksen kustannusjakautuma on sellainen, että n. 45 % menee sähköön, 45 % pääomakuluihin ja loput 10 % muihin käyttökuluihin, kuten palkkoihin.

Henkilökunnan määrä on n. 1100 ja käyttövuoroja on 5, joissa kussakin on 60 henkeä. Huollossa vuoroja on 3. Tytäryhtiö SOCATRI, joka työllistää 160 henkeä, huolehtii syövyttävän heksafluoridin kanssa kosketuksiin tulevien osien nikkelipinnoituksesta.

Vierailuun EURODIFissä käytimme aikaa puolitoista tuntia, josta osa tietysti kului kameroiden ja passien keruuseen. Isäntänä toimi Michel Germain PR-osastolta. Filmiesityksen ja yhtiön ja laitoksen esittelyn jälkeen mentiin katsomaan prosessia. UF<sub>6</sub> on myrkyllistä ja siksi jokaisen vierailijan varustukseen kuului kaasunaamari vuotojen varalta. Tämä oli kuitenkin lähinnä muodollisuus, sillä naamarin käyttöä ei harjoitettu. Kävimme rakennuksessa, jossa oli suurimpia, 23 m korkeita diffuusioyksiköitä. Laitoksen valtavaa kokoa kuvaa se, että henkilökunta käytti sisätiloissa liikkumisvälineenä polkupyöriä.

*Eero Schultz, TVO*

### CADARACHEN YDINTUTKIMUSKESKUS

Keskiviikkona 7.10. ohjelmaamme kuului vierailu Ranskan Atomienergiakomission (CEA) alaiseen tutkimuskeskukseen Cadarachessa. CEA on julkisen sektorin tutkimus- ja kehitysorganisaatio, joka harjoittaa tieteellistä, teknistä (11 tutkimuskeskusta) ja teollista toimintaa. Sen tehtävänä on edistää ydinenergian käyttöä Ranskassa niin tieteellisen, teollisuuden, kuin maanpuolustuksenkin aloilla. CEA:lla on eri puolilla Ranskaa yli 20 toimintayksikköä, joissa on noin 40 000 työntekijää, ja sen vuosibudjetti on yli 45 miljardia ranskan frangia. Cadarachen tutkimuskeskus sijaitsee Rhone-joen laaksossa noin 60 km Marseillean koilliseen.

Ensimmäiseksi vierailimme turvallisuustutkimuksissa käytetyllä PHEBUS-reaktorilla, missä isäntänä toimi Roland del Negro. PHEBUS on allastyypinen tutkimusreaktori, jossa on painevesireaktorin (PWR) primääripiiriä simuloiva koelaitteisto. Sillä tutkitaan polttoaineen käyttäytymistä erityyppisissä jäähdytteenmenetystilanteissa (LOCA). Tällä hetkellä

tehtävillä kokeilla tutkitaan PWR:n sydämen jäähdytettävyyttä vakavien polttoainevaurioiden yhteydessä. Suojakuoren maksimilämpötila näissä kokeissa on noin 1800°C ja sauvat (21 kpl) sisältävät tuoretta polttoainetta. Jatkossa lämpötiloja nostetaan 2 500 — 2 800°C:een, eli aina polttoaineen sulamispisteeseen asti. Tähänastisissa kokeissa on reaktorisydän saatu jäähtymään ongelmitta, vaikka polttoaineessa on ollut vakaviakin vaurioita.

CIRENE- ja BERTA-tutkimuslaitteistoja esittelivät herrat Claude Berlin ja Paul Besh. Laitteistoja käytetään reaktorikomponenttien käytönaikaisen turvallisuuden tutkimiseen. CIRENE:llä tutkitaan Zircaloy-seoksen korroosiota ja korrosiotuotteiden kiinnittymistä polttoainesauvojen pinnoille jäähdytysveden kiehumisen (nucleate boiling) yhteydessä. Loopissa vallitsee PWR:n vastaavat fyysiset ja kemialliset olosuhteet. Laitteisto koostuu sauvojen testiosasta, kahdesta korrosiotuotelähteestä, kahdesta kiertopumpusta ja veden puhdistuspiiristä. Jäähdytteen vesikemiaa muunnellaan kahdessa vesisäiliössä reaktoriolosuhteita kulloinkin vastaavilla tavoilla.

BERTA on vastaavanlainen kuin CIRENE, mutta siihen on lisätty lämmönsiirrin. BERTA:lla tutkitaan radioaktiivisten aineiden, lähinnä aktivoituneiden korrosiotuotteiden kulkeutumista PWR:n primääripiirissä polttoainesauvojen ja höyrygeneraattorin välillä. Kulkeutumista havainnoidaan säteilymittarin avulla eri puolilla laitteistoa.

CEA:n toimialaan kuuluvat myös radioaktiivisten aineiden kuljetus, käsittely ja varastointi. Viimeisenä vierailukohteena oli laboratorio, jossa kehitetään ja tutkitaan jo teollisessakin käytössä olevia menetelmiä keski- ja korkea-aktiivisen jätteen käsittelyä varten. Isäntinä toimivat herrat Saas, Vidal ja Brunel. Perinteisesti keskiaktiivinen liuosjäte on kiinteytetty bitumiin, kiinteä jäte on taas valettu betoniin. Jälleenkäsittelyssä syntyvä, korkea-aktiivisia fissiotuotteita sisältävä liuos on puolestaan lasitettu. Muita mahdollisia kiinteytysmateriaaleja ovat epoksi, betonin ja bitumin sekä betonin ja epoksin seokset. Laboratoriossa tutkitaan näiden materiaalien kestävyys- ja liukene-misominaisuuksia käyttäen apuna inaktiivisia jätteenä.

*Lena Hansson, VTT/MET  
Timo Haapalehto, LTKK*

### COGEMAN JÄLLENKÄSITTELYLAITOS LA HAGUessa

La Hague'n jälleenkäsittelylaitoksen omistaa COGEMA-yhtiö, joka on 100 %:sti C.E.A.:n (Ranskan atomienergiakomissio) omistuksessa. La Hague sijaitsee noin 25 km:n päässä Cherbourgista. Koko laitosalue on noin 3 neliökilometrin suuruinen.

Jälleenkäsittelylaitos perustettiin vuonna 1959 ja se otettiin käyttöön vuonna 1966.



Jälleenkäsittelylaitos perustettiin vuonna 1959 ja se otettiin käyttöön vuonna 1966. Laitosalueella on käytössä käytetyt ydinpolttoaineen jälleenkäsittelylaitos UP2 (sotilaskäytössä oleva UP1 toimii Marcoulessa Etelä-Ranskassa). Laitosalueella ollaan parhaillaan rakentamassa uusia yksiköitä UP3 ja UP2/800. Lisäksi on rakenteilla nestemäisten jätteiden käsittelylaitos, joka otetaan käyttöön muutamien viikkojen sisällä.

UP2-laitoksen käsittelykapasiteetti on 400 tonnia/a kevytvesireaktoreiden polttoainetta tai 800 tonnia/a kaasugrafiittilaitosten polttoainetta, jos käsitellään vain yhtä tyyppiä vuosittain. Lisäksi laitos on käsitellyt Phenix'n käytettyä polttoainetta. Vuoden 1987 alusta lähtien UP2-laitos on käsitellyt vain LWR:ien polttoainetta ja muut polttoainetyypit käsitellään Marcoulessa.

Menossa oleva rakennusvaihe nostaa La Hague'n kapasiteetin vuoteen 1992 mennessä 1600 tonniin/a LWR:n polttoainetta. Tästä UP3 on 800 tonnia/a ja UP2 laajennettuna toiset 800 tonnia/a vuonna 1992.

UP3-laitoksen valmistumisen jälkeen UP2 jää vain Ranskan omalle polttoaineelle, ja UP3 käsittelee Japanin, Ruotsin, Länsi-Saksan, Sveitsin, Belgian ja Hollannin käytettyä polttoainetta. Laitoksella on sopimukset 7200 ulkomaisen tonnin käsittelemiseksi, eli noin 10 vuoden ajaksi. Sen jälkeen 20 miljardia frangia maksanut UP3-laitos jää Ranskan omaan käyttöön.

Jälleenkäsittelylaitoksella työskentelee noin 3800 henkilöä sekä rakennustyömaalla noin 7600 henkilöä. Laitos on käsitellyt 10 vuoden aikana noin 4800 tonnia kaasugrafiittilaitosten polttoainetta, noin 1700 tonnia LWR:n ja noin 10 tonnia Phenix'n polttoainetta. Vuonna 1986 laitokselta päästettiin mereen lähes 30 000 Ci (1 100 TBq)  $\beta$ -aktiivisuutta ja noin 12 Ci (0,45 TBq)  $\alpha$ -aktiivisuutta. Laitos aiheutti vuonna 1986 lähes 6 manSv ja yksilöannosta keskimäärin 1,6 mSv.

La Hague'n alueella on jälleenkäsittelylaitoksen lisäksi meriympäristön radioekologian ja merenalaisen korroosion laboratoriot.

Ekskursion aikana päästiin tutustumaan laitokselle saapuvan polttoaineen vastaanottotiloihin, sekä kuiva- että märkäpurkutiloihin, ja varastointiallastiloihin. Vastanottoon tulee noin 300 kuljetussäiliötä vuosittain. Kuljetukset tapahtuvat erikoisajoneuvoilla rautatieasemalta, jonne ne tulevat joko junalla tai laiva-juna-yhdistelmällä. Laitoksen purkaustiloissa käytetty polttoaine siirretään varastointikoreihin, jotka siirretään johonkin käytössä olevista varastointialtaista. Tällä hetkellä käytössä on kolme allasta, joiden kapasiteetti on 2000 tonnia polttoainetta. Vuonna 1988 otetaan käyttöön neljäs allas, jonka kapasiteetti on 4000 tonnia. Käytetty polttoaine tulee La Hague'en 1—2 vuoden jäähtymisajan jäl-

keen ja sitä varastoidaan vähintään 3 vuotta ennen jälleenkäsittelyä.

Varastointialtaissa nähtiin ainakin kaksi erikoisempaa ominaisuutta. Kaikki altaat oli rakennettu kumityynyjen päälle, jotka ottavat vastaan sekä lämpölaajenemisen että mahdolliset seismiset vaikutukset. Toinen piirre oli viimeisimmän vuonna 1986 käyttöön otetun varastoaltaan vedenalainen integroitu puhdistusjärjestelmä.

Isäntinä jälleenkäsittelylaitoksella toimivat Marie Christiane Larivière ja Daniel Carre.

*Esko Tusa, IVO*

## FLAMANVILLEN YDINVOIMALAITOS

EdF:n Flamanvillen kaksi 1300 MW:n PWR-laitosyksikköä sijaitsevat noin puolen tunnin ajomatkan päässä La Hagueta etelään päin. Laitokset ovat kallioiden suojaassa näkymättömissä maalta päin lähestyttäessä. Maisemaa hallitsevia jäähdytystorneja ei ole, sillä laitos käyttää jäähdytykseen merivettä. Merivesi tulee laitokselle valleilla suojattua kanavaa myöten, poistovesi johdetaan tunnelia myöten 500 metrin päähän merelle. Voimalaitosalue on kooltaan 120 ha, josta puolet on vallattu mereltä. Kalliota on aluetta tasoitettaessa louhittu n. 8 milj. m<sup>3</sup>.

Alunperin Flamanvillen suunniteltiin rakennettavaksi neljä yksikköä, mutta johdettua Ranskan sähkönkulutuksen ennustettua hitaammasta kasvusta on toteutettu vain kaksi yksikköä. Ensimmäinen tahdistettiin valtakunnan verkkoon joulukuussa 1985 ja toinen heinäkuussa 1986. Laitosten nettoteho on 1300 MW omakäyttötehon ollessa 60 MW. Vuosittain laitokset tulevat tuottamaan sähköä n. 17 TWh. Vuonna 1986 Ranskan ydinvoimalla tuotetusta 237 TWh:sta Flamanvillen osuus oli 7 TWh.

Laitosten reaktorit ovat Framatomin neljällä höyrygeneraattorilla varustettuja PWR 1300 -painevesireaktoreita. Primääripiirin paine on 115 bar ja lämpötila 328°C. Polttoainetta reaktoriin mahtuu kerrallaan 118 tn (193 elementtiä), josta vuosittain vaihdetaan kolmannes. Suojarakennus on suunnittelupaineeltaan 4,5 bar (koepaine 5 bar) ja kaksiosainen, välissä 15 mbarin alipaine. Suojarakennukset tullaan varustamaan hiekkasuodattimien onnettomuustilanteissa mahdollisesti tapahtuvaa paineenlaskua varten.

Turbogeneraattori koostuu yhdestä korkeapaineturpiinista ja kolmesta matalapaineturpiinista sekä vetyjäähdytteisestä generaattorista. Pyörimisnopeus on 1500 rpm, akselin kokonaispituus 73 m. Lauhdutinpumput ovat titaania. Esilämmittinvaihteita on kaikkiaan kuusi.

Laitospaikalla on henkilökuntaa kaikkiaan n. 520. Käyttövuorossa on kerrallaan 7 ja vuoroja on 5 laitosta kohden. Kunnossapitohenkilöstöä on n. 100 molempia yksiköitä varten.

Vuosittain pidettävän vuosihoillon pituus on n. 6 viikkoa, 5 vuoden välein 11 viikkoa ja 10 vuoden välein 17 viikkoa. (Puhdas polttoaineenvaihtoseisokki pystytään Framatomin mukaan tekemään n. 20 vuorokaudessa). Ulkopuolisen työvoiman määrä seisokeissa on n. 700 henkilöä.

Laitoskierros kohdistui turpiinirakennukseen ja valvomon tutkiskeluun lasiseinän läpi. Nähdyiltä osin laitosta voidaan luonnehtia sanalla tavanomainen. Valvomo vaikutti viihtyisältä.

Voimalaitosta esittelivät seuraavat henkilöt: Jean Poulain, Philip Cameron, Jean-Michel Saumurray, Clarie Saboorin (tulkki) ja Deirdre Domecan.

*Esa Unga, TVO*  
*Ilkka Sandell, TVO*

## EDF:N KESKUSVALVOMO PARIISISSA

EdF (Electricite de France) on vastuussa Ranskan sähkön TUOTANNOSTA, SIIRROSTA ja JAKELUSTA. EdF omistaa useimmat Ranskan voimalaitoksista. Sähkön kulutus oli Ranskassa v. 86 317,5 TWh josta 11,7 TWh ei ole EdF:n valvonnassa.

	EdF	Muut (31.12.86)
— Ydinvoima	42955 MW	1747 MW
— Konv.	17500 MW	880 MW
— Vesi	21500 MW	1500 MW

EdF:n toimintoja ohjataan keskitetysti keskusvalvomosta, joka sijaitsee Pariisissa. Valvomo asettaa laitoksille tuotantoaikataulut, ohjaa 400 kV:n sähköverkkoa ja energian vaihtoa ulkomaiden kanssa. Se on myös vastuussa seitsemän alueellisen valvomon koordinoinnista ja toiminnasta. Nämä alueelliset valvomot ohjaavat 63—225 kV linjoja. Ne ovat normaalisti yhteydessä keskusvalvomoon, sadakseen ohjeet laitosten tuotantoaikataulujen tai sähköverkon kytkentöjen muutoksista.

TUOTANTO tapahtuu lämpövoimalla, ydinvoimalla ja vesivoimalla. Käytössä on useita pumppuvoimaloita. Ranska joutuu kuitenkin käyttämään jopa ydinvoimaa säätelemään kysynnän vaihteluja, tosin vain yöllisin pudotuksin. EdF ja Framatome ovat yhdessä kehittäneet uuden reaktorin ajotavan: "grey mode", tällä pitäisi olla mahdollista vastata nopeisiin kuorman muutoksiin. Näillä eväin pyritään leikkaamaan lämpövoiman käynnistyksiä ja pitämään näin polttoainekustannukset minimissä, kallempia kaasuturbiineita ei käytetä kuin poikkeustapauksissa. Kulutus vaihtelee merkittävästi eri vuorokaudenaikojen, viikkojen ja vuodenaikojen välillä, erityisesti elokuu on lomakuu jolloin tarve on vain puolet tammikuun huipusta. Vaihtelu on suurta myös lämpötilan mukaan: talvella yhden celsiusasteen pudotus lämpötilassa saattaa johtaa 900 MW kulutuksen kasvuun.

SIIRTO tapahtuu valtakunnallisen 400 kV verkon avulla. Siihen on liitetty suoraan pääosa tuotannosta (ydinvoima, pumppuasemat). Yhden laitoksen putoaminen verkosta aiheuttaa vain n. 15 mHz taajuuspoikkeaman, eikä näin aiheuta kriittisiä toimenpiteitä. Verkkoa valvoo automatiikka, joka kytkee vialliset linjat pois käytöstä tai häiriötilanteessa irroittaa sen vain hetkeksi.

Sähkönvaihto ulkomaihin tapahtuu joko pitkäaikaisten sopimusten puitteissa tai lyhytaikaisten tarjousten perusteella, lisäksi on yhteistyölaitokset kuten Super-Phenix.

AIKATAULUT alkavat pitkántähtäimen suunnitelmista (5 vuotta), joissa laaditaan mm. polttoaineen kulutusennusteet ydinvoimassa. Vuosittaiset suunnitelmat otta- vat huomioon jo vesivarastojen vesimassa- ja näin tarkentuen päästään päivän aikatauluun jota kutsutaan toimintasuunnitel- maksi. Tätä suunnitelmaa muokkaa ja toteuttaa suurin osa keskusvalvomon henkilökunnasta. Käytettävissä ovat mas- siiviset tietokoneressit kuten maailman tehokkain tietokone CRAY. Kulloinkin on tiedossa viimehetken tieto käytettävistä laitoksista, linjavioista, sateista, reservien tilasta ja sähköntarpeesta. Revisiot, jotka nekin ohjataan keskitetysti, tiedote- taan laitoksille kaksi kuukautta ennen re- visiota.

VALVONTA suoritetaan reaaliaikaisesti n. 10 000 verkosta kerätyn tiedon perus- teella. Tuotantotiedot tulevat aluekeskus- ten kautta ja päivittävät tietokantaa 10 s välein. Verkosta on mm. koko seinän kattava taulu jossa näkyy linjojen kyt- keytymiset, kaapelien kuormitustilanne jne. Järjestelmään kuuluu myös kehitty- nyt kuvaputkijärjestelmä joka perustui tarkentuvaan graafiseen esitystapaan (ala- kuvan valinta kohdetta osoittamalla). Ko- järjestelmän rinnalla toimi perinteinen piirturijärjestelmä ja alfanumeerinen näyttölaitejärjestelmä.

Lämpötila, ilmavirtaukset ja näiden en- nusteet saatiin ilmatieteen laitokselta val- vomossa olevalle monitorille graafisina karttoina. Olipa siellä ranskalainen eri- koisuuskin, sanomienvälitys Englantiin, joka suoritti tietokoneella käännoksen englantia/ranska/englanti.

EdF:n keskusvalvomossa on operatiivises- sa käytössään Ilmatieteen laitokselta saa- tu, säätükaverkoston ja satelliittitietoi- hin perustuva sääennustemalli, jota eri korkeuksille ilmakehästä laskettujen suu- reiden (lämpötila, tuulen nopeus, kosteus jne) avulla käytetään edelleen energianku- lutuksen arviointimallissa. Säätiötojen hyödyntämisen katsottiin johtavan ”par- haaseen mahdolliseen tulokseen” sähkön- käyttösuunnitelmien kannalta. Noin vuo- rokauden mittaista ennustetta pidettiin myös riittävänä. Malli on tärkeä Ranskan suurilla sähkönkäyttömäärillä, mutta myös maamme ilmasto-olosuhteissa sää- ennusteiden mallisovellutus osoittautuisi hyödylliseksi.

Tämä viimeinen vierailukohde vietettiin pääosin neuvotteluhuoneessa ja käynnillä

valvomossa. Se antoi sopivasti tiivistetyn kuvan Ranskan kokaisen maan mittavas- ta sähköntuotannosta ja tuotannon oh- jauksesta, myös valvomotekniikka oli hy- vä esimerkki tietokonevalvomosta.

Isäntinä toimivat herrat Chaussade ja Canonge.

Olli Paasikivi, TVO  
Anna Liisa Savolainen, Ilmatieteen laitos

## RANSKAN ATOMITEKNILLINEN SEURA — SFEN

Ekskursion viimeisenä tutustumiskohtee- na oli SFEN (= Société Française d’Ener- gie Nucléaire) Pariisissa. Vierailua edelsi SFEN:n puheenjohtajan R. Carlen isän- nöimä lounas.

SFEN on perustettu vuonna 1973. Se on henkilöjäsenistä koostuva yhdistys, jolla ei ole voittoa tuottavia päämääriä. Jäse- niä on tällä hetkellä noin 5000. Alan am- mattilaisten lisäksi jäseniksi hyväksytään myös henkilöitä, joilla on erilaisia yh- teyksiä ydinvoimaan, esim. lääkäreitä, poliitikkoja ja toimittajia.

SFEN:n toiminnalla on kaksi päämäärää: 1) tieteellinen ja 2) informatiivinen. Tie- teellisenä yhdistyksenä SFEN tarjoaa tie- teiden ja ydintekniikan asiantuntijoille keskustelufoorumia ja olosuhteet erilai- sten näkökohtien esittämiseksi sekä tieto- jen vaihdolle ja vertailulle. Informaatio- päämäärien toteuttajana se on ydinvoi- masta kiinnostuneiden asiantuntijoiden ja ei-spesialistien kohtaamispaikka. SFEN harjoittaa eri yleisöryhmille suunnattua tiedottamista avoimessa hengessä.

Kansallisella tasolla SFEN:a johtaa hal- lintoneuvosto. SFEN:n keskuustoimistossa Pariisissa on kahdeksan kokopäiväistä työntekijää: toiminnasta vastaava yleis- valtuutettu herra Gaussens, joka vastasi vierailusta, sekä seitsemän toimistovirkai- lijaa. SFEN:n organisaation pysyvien komiteoiden (ohjelmat, raha-asiat, ulkoiset suhteet, lehtien toimittaminen) tehtävänä on kehittää, koordinoita ja toteuttaa hal- lintoneuvoston määrittelemää politiikkaa.

Teknilliset jaostot harjoittavat tieteellis- ten päämäärien lisäksi opetus- ja tiedo- tustoimintaa. Näiden 11 jaoston toimialat ovat:

- opetus ja koulutus
- materiaalitieteet ja -teknologia
- energia ja terveys
- turvallisuus, ympäristönsuojelu
- ydinpolttoainekierto
- reaktorifysiikka
- reaktorien tekniikka ja hyväksikäyttö
- energiayhteydet, ydinenergian talous ja rahoitus
- tie- ja vesirakennus, ydinvoima- arkkitehtuuri
- lakikysymykset, vakuutusasiat
- radioaktiivinen säteily ja sen hyväksi- käyttö

Edelleen SFEN on organisoitu lähes koko maan kattaviin paikallisiin ryhmiin. Näi- den 28 paikallisen ryhmän tehtävänä on energia- ja ydinenergiainformaation jaka- minen ja mahdollisista paikallisista eri- tisyongelmista huolehtiminen.

Opiskelevan nuorison perehdyttämiseksi ydinenergiaan alettiin seitsemän vuotta sitten perustaa opiskelijaklubeja eri oppi-



SFEN:n puheenjohtaja Reny Carle vastaanottamassa ATS:n viiriä Heikki Raumolinilta.

laitoksiin kuten teknillisiin kouluihin, yliopistoihin, kaupallisiin oppilaitoksiin ja maanviljelyskouluihin.

SFEN käyttää tiedotustoiminnassaan erilaisia viestimiä. Esimerkiksi toukokesäkuussa 1987 esitettiin televisiossa kolme ydinenergiakysymyksiä koskevaa ohjelmaa, jotka oli suunnattu opettajille.

Yhdistys julkaisee kuusi kertaa vuodessa ilmestyvää lehteä RGN (Revue Generale Nucleaire), joka sisältää tieteellisiä artikkeleita sekä energia- ja ydinenergiauutisia. RGN:n päätoimittaja Francis Sorin oli paikalla vierailun aikana. RGN:n tärkeimmistä artikkeleista julkaistaan kaksi kertaa vuodessa englanninkielinen painos, jonka levikki on 8000—12000 kpl. Lisäksi yhdistys julkaisee kerran kuussa ilmestyvää jäsenlehteä, kongressiesitelmäjulkaisuja, tiedotteita ei-spesialisteille sekä kysymysten ja vastausten muodossa olevia erikoisdokumentteja. SFEN:n Pariisin toimisto suunnittelee ja organisoii vuosittain noin 25 kokousta tai kongressia, paikalliset ryhmät järjestävät niitä runsaat sata vuodessa. Edelleen SFEN järjestää laitosvierailuja Ranskassa ja ulkomailla (noin 100 vuonna 1986).

SFEN:n toiminta rahoitetaan tilaus- ja jäsenmaksuilla, kokousjärjestelyistä saatavilla tuloilla sekä sponsorien avulla (CEA, EdF, Cogema jne.).

SFEN antoi vaikutelman, että Ranskassa annetaan ydintekniikasta tehokkaasti informaatiota. Ydinvoimaan ei liity mystiikkaa.

Ekskursio päättyi herra Gaussensin tarjoamiin lasillisiin shampanjaa. □

*Pirkko Koskivirta, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio*

*Juhani Vira, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio*

## Käyttötilastojen kirjava kieli

***ATS:n uusi ydintekniikan sanasto tuonee ilmestyttyään uutta ryhtiä suomalaiseen ydinvoimakielenkäyttöön. Termiongelmassa kysymys ei aina ole vain käännösvaikeuksista, sillä samalla sanalla saatetaan muissakin kielissä tarkoittaa monta asiaa ja kääntäen samalla asialla saattaa olla monta nimeä. OECD/NEA:n ja IAEA:n yhteinen työryhmä tarkasteli erityisesti voimaloiden käyttötilastoissa esiintyviä suureita ja niiden määritelmiä.***

Useat kansainväliset järjestöt ja ydinenergia-alan aikakauslehdet keräävät nykyisin tilastoja ydinvoimaloiden sähköntuotannosta ja eräissä lehdissä maailman ydinvoimalat (ne joista tietoja on) pannaan joka kuukausi paremmuusjärjestykseen. Mittatikkua ei vain kaikissa tilastoissa ole sama. Joissakin vertailuperusteena on "load factor", joissakin "availability factor", mutta ei tässä kaikki: "availability" amerikkalaisissa tilastoissa ei merkitse samaa kuin esimerkiksi IAEA:n tilastoissa, ja määritelmien yksityiskohdissa kuhisee eroja.

Käyttötilastoissa käytettävien määritelmien ja käyttötietojen raportointitapojen yhtenäistäminen oli yhtenä synnä IAEA:n ja NEA:n yhteisen työryhmän kokoonkutsumiselle vuoden 1986 keväällä. Työryhmä keräsi tietoja olemassa olevista kansainvälisistä käyttötietokannoista, niiden käyttötarkoituksista sekä niissä talletetuista suureista ja suureiden takana olevista määritelmistä. Työryhmän tarkasteluissa ilmeni vallitseva kirjavuus määritelmässä ja terminologiassa, ja keskustelut osoittivat myös vaikeudet käytännön yhtenäistämiseksi. Työryhmän sisälläkin käsitykset eri määritelmien eduista ja haitoista menivät ristiin. Joistakin asioista päästiin yksimielisyyteen ja nämä seikat on kirjattu työryhmän raporttiin, joka ilmestyi jokin aika sitten ("Status and trends of nuclear power plant performance data", Report by a joint IAEA/NEA Working Group, OECD, Paris, 1987). Paitsi terminologiaa ja määritelmiä raportissa on tarkasteltu myös ydinvoimaloiden tämänhetkistä suoritustasoa tilastojen valossa.

### Käyttökerroin vai käytettävyys

Yhdestä asiasta vallitsi yksimielisyys: ydinvoimaloiden teknistä suorituskykyä ei enää pitäisi vertailla käyttökertoimien (load factor) vaan käytettävyystietojen (availability) perusteella. Vaikka useimmissa maissa ydinvoimaloita käytetään perusvoiman tuottamiseen — jolloin kyseiset kertoimet ovat lähellä toisiaan — eräissä maissa, eritoten Ranskassa, käyttökertoimet riippuvat paljolti muusta kuin suorituskyvystä. Ranskalaiset ovatkin pyrkineet useissa yhteyksissä oikomaan käyttökertoimien perusteella tapah-tuneiden vertailujen tuloksia.

Miten käytettävyys sitten mitataan, onkin sitten jo mutkikkaampi juttu. Amerikkalaiset tarkoittavat termillä "availability factor" poikkeuksetta aikakäytettävyyttä eli sen ajan suhdetta, jona laitos oli käytettävissä, koko tarkasteluajanjakson pituuteen. Lähinnä Euroopassa toimiva UNIPED (Kansainvälinen sähköntuottajain ja -jakelijoiden järjestö) taas tarkoittaa termillä energiakäytettävyyttä, joka mittaa saatavilla todellisuudessa olleen energian suhdetta siihen energiamäärään joka laitoksen tehon perusteella olisi teoreettisesti ollut tuotettavissa. UNIPED:n määritelmä lähtee liikkeelle "epäkäytettävyyskertoimesta" UF (unavailability factor), joka määritellään tietynä ajanjaksona suhteena  $E_L/E_M$ , missä  $E_L$  on sen energian määrä, joka kyseisenä ajanjaksona olisi voitu tuottaa sillä kapasiteetilla joka todellisuudessa ei ollut käytettävissä, ja  $E_M$  sen energian määrä, joka olisi voitu tuottaa voimalan maksimikapasiteetilla kyseisen ajanjakson aikana. Itse käytettävyyskerroin määritellään suureena  $1-UF$ . Mm. IAEA on omaksunut UNIPED:n määritelmän.

Suomessa Säteilyturvakeskus esittää neljännesvuosiraporteissaan tilastoja "aika-käyttökertoimelle" ja "energiankäyttökertoimelle". Jälkimmäisellä tarkoitetaan bruttosähköntuotannon ja nimellistehon mukaisen tuotannon suhdetta eli tavanomaista load factor -suuretta. Aikakäyttökertoimella tarkoitetaan sen ajan osuutta, jona voimala oli tahdistettuna verkoon, koko tarkasteluajanjakson pituudesta. Tälle suurelle IAEA:n ja NEA:n työryhmä löysi englannin kielestä kolme vastinetta: "operation factor", "time utilization factor" ja "service factor" tarkoittavat olennaisesti samaa asiaa.

Energia- tai aikakäytettävyystilastoja (energy availability, time availability) STUK:n raporteissa ei esitetä. Ainakin

heinäkuun 1987 neljännesvuosiraportissa tosin aika- ja energiakäyttökerrointietoja nimitetään käytettävyystiedoiksi (STUK-B-YTO 39, s. 7), mutta oikeampi kai olisi puhua käyttötiedoista.

Olen nähnyt käytettävyyden (availability) joskus myös määriteltynä todennäköisyytenä, että laite on käyttökunnossa tietyllä aikavälillä. Luotettavuustarkasteluissa tämä kaiketi on järkevä määrittely, mutta ydinvoimatilastoissa käytettävyyden useimmiten viittaa menneeseen eikä todennäköiseen.

#### **Vaikeudet eivät ole vain asioiden nimittämisessä**

Kirjava terminologia ja vaihteleva käytäntö voimaloiden käyttöä ja käytettävyyttä kuvaavien suureiden valinnassa hankaloittavat tilastojen käyttöä ja vaikeuttavat erityisesti tietojen vertailua. Tilastojen käyttäjien kannalta harmillisimpia lienevät ne erot, jotka piilevät päällisin puolin samankaltaisten määritelmien taustalla ja tulevat esiin vasta määritelmien yksityiskohtia tarkasteltaessa. Jotkin voimayhtiöt esimerkiksi jättävät käytettävyystietoja raportoidessaan huomioon ottamatta kaikki laitoksen ulkopuolisista syistä aiheutuneet epäkäytettävyydet, kun taas jotkin toiset laskevat kuormanseurannasta aiheutuneenkin tuotannon alenemisen epäkäytettävyydeksi.

Toisaalta seisokin tai tuotannon laskun ensisijainen syy ei ole aina yksikäsitteisesti määritettävissä. Jos laitos pysäytetään sähköä alhaisen kysynnän vuoksi, on luonnollista, että laitoksella tehdään tänä aikana korjaus- ja huoltotöitä. Voidaanko laitoksen tällöin katsoa olleen sataprosenttisesti käytettävissä ja jos ei, miten määritellään epäkäytettävyyttä?

Joidenkin mielestä myös korjaus- ja huoltoseisokin aikana kulutettu energia tulisi ottaa huomioon laitoksen suorituskykyä tarkasteltaessa. Käyttö- ja käytettävyyseroilla voisi heidän mielestään olla myös negatiivinen arvo.

Voimalan maksimikapasiteetin (tai nimellistehon) määrittelyssä näyttää olevan myös eroja. Milloin tehon nousu katsotaan pysyväksi ja toisaalta mikä on suorituskyvyn mittauksessa huomioonotettava teho silloin kun laitoksen maksimiteho on käyttönoton jälkeen alennettu? Esimerkiksi eräiden englantilaisten laitosten tehoista ei käyttötilastoissa näy päästävän yksimielisyyteen.

Erilaiset aritmeettiset tai teholla painotetut keskiarvot useiden voimaloiden tai samantyyppisten laitosten suorituskyvyn mittauksessa saivat monen työryhmän jäsenen tuomion. Esimerkiksi Nuclear Engineering International -lehden tilastoja pidettiin keskiarvotuksen takia epäluotettavana. Näiden asiantuntijoiden mukaan tarkastelu pitäisi tehdä aina alkupeäraisten energiantuotantolukujen eikä kertoimista laskettujen keskiarvojen perusteella.

Omasta mielestäni tämä ei välttämättä ole näin yksioikoista. Jos tarkasteltavana on tietty energiantuotantojärjestelmä, keskiarvotus ei anna oikeata kuvaa sen tuotantokyvystä. Toisaalta joskus yksittäiset laitokset voidaan katsoa tietyn luokan, esimerkiksi tietyn laitetyypin, edustajiksi (kyseessä siis tavallaan näytteen otto), eivätkä tällöin yksittäisten laitosten pienet kokoerot saisi turhan paljon vaikuttaa luokasta tehtävään kokonaisarvioon. Aritmeettinen keskiarvo voisi olla täysin puolustettavissa joissakin tapauksissa.

#### **Yhtenäisyyttä tavoitellaan mutta tuskin saavutetaan**

Työryhmä teki joukon suosituksia työn jatkamiseksi kohti nykyistä yhtenäisempää käytäntöä terminologiassa ja määritelmässä. Ensimmäiseksi IAEA:ta ja NEA:a kehoitetaan huolehtimaan siitä, että ne itse käyttävät samoja määritelmiä. Implisiittisesti annetaan tuki UNIPED:n määritelmille ja kehoitetaan UNIPED:ä kiinnittämään huomiota eräihin sen nykyisin käyttämässä määritelmässä vallitseviin epämääräisyyksiin, esimerkiksi yksikön maksimitehon määrittelyyn. Työryhmä teki myös muutamia käytännön ehdotuksia: Se suosittelee esimerkiksi nettotehojen käyttöä bruttotehojen asemesta eri kertoimia laskettaessa. Samoin se ehdotti käytäntöä, jonka mukaan kumulatiivinen käytettävyyden laskentatapa kaupallisen käytön alkamispäivämäärästä (joka päättämisen on voimayhtiön ja laitoksen toimittajan asia) mutta kumulatiivinen käyttökerroin laskettaisiin siitä päivästä lukien, jolloin laitos ensi kerran kytkettiin verkkoon.

Joidenkin mielestä erilainen laskentatapa eri kertoimille aiheuttaa sotkuisuutta, ja jotkut ehdottivatkin jomman kumman päivämäärän ottamista molempien kertoimien laskennan pohjaksi. Yleisesti kuitenkin oltiin sitä mieltä, että tällainen suositus ei koskaan toteutuisi, kun taas ehdotetulla käytännöllä saattaisi olla läpimenon mahdollisuus.

Ylipäänsä selvää oli, että esimerkiksi amerikkalaiset voimayhtiöt ja käyttötietojen keräävät yhteisöt tuskin muuttavat käytäntöään UNIPED:n määritelmien mukaiseksi. Kainona toivomuksena esitettiin, että kuka tahansa käytettävyyden tai käyttötietoja julkaiseekin, huolehtikoon samalla, että tilastojen lukija tietää, mikä eri kertoimien todellinen sisältö on. □

*Juhani Lahtinen, STUK*

## **OIVA — annosennusteiden laskentajärjestelmä**

***Säteilyturvakeskuksessa (STUK) on runsaan neljän vuoden ajan ollut käynnissä projekti, jossa on ollut tavoitteena kehittää tietokoneperustainen annosennusteiden laskentajärjestelmä ydinvoimalaitosonnettomuuksien varalle. Järjestelmän on määrä toimia reaaliajassa, joten sitä voidaan käyttää radioaktiivisia päästöjä aiheuttavan voimalaonnettomuuden aikana tai sellaisen onnettomuuden uhatessa.***

Järjestelmä, jolle on annettu nimi OIVA (onnettomuudessa ilmaan vapautuva aktiivisuus), ei vielä ole toimintakunnossa, mutta ensimmäinen protoversio lienee käytettävissä tänä syksynä. OIVA käsittelee ainoastaan ilmaan tapahtuvia päästöjä, ja tarkasteltavia annosteita ovat hengityksestä saatava annos sekä päästöpilvestä ja laskeumasta tuleva ulkoinen säteilyannos. Annoslaskujen tulokset esitetään värigrafiikkapäätteillä tasa-annostai tasa-annosnopeuskäyrinä, jotka on piirretty voimalaitoksen ympäristöä esittävän karttapohjan päälle.

OIVA-järjestelmän toimintaan sisältyy yhteistyötä ilmatieteen laitoksen (IL) kanssa, sillä onnettomuuden aikana IL

vastaa päästöpilven oletetun kulkureitin (trajektorin) määrittämisestä samoin kuin eräiden sääolosuhteista riippuvien parametrien laskemisesta. Tulokset talletetaan ns. trajektoritiedostoon, joka siirretään puhelinverkon kautta IL:n tietokoneelta OIVA-järjestelmän tietokoneelle säteilyturvakeskukseseen. Ilmatieteen laitos laskee uudet tiedot noin kerran tunnissa.

Myöhemmin tulee ajankohtaiseksi järjestelmän laajentaminen esim. siten, että voimalaitosten ympäristöalueiden paikallisiin pelastuspalvelun johtokeskuksiin hankitaan omat värigrafiikkapäätteet, jotka on liitetty OIVAan modeemin ja puhelinverkon välityksellä. Tällöin pelastustoiminnan johto voi käyttää OIVAn

laskemia ennusteita apuna suunnitellessaan ja koordinooidessaan pelastuspalvelutoimenpiteitä. OIVAa voidaan hyvin käyttää myös pelastustoimintaan liittyvässä koulutuksessa.

### Laitteisto ja ohjelmisto

Kuvassa 1 on esitetty kaavio OIVA-järjestelmään kuuluvasta tietokonelaitteistosta. Laitteistokokoonpanoon ei toistaiseksi kuulu värillisiä paperitulosteita tuotavia laitteita. Parhaillaan kuitenkin tutkitaan mahdollisuutta liittää päätteisiin värimustesuuhkukirjoitin.

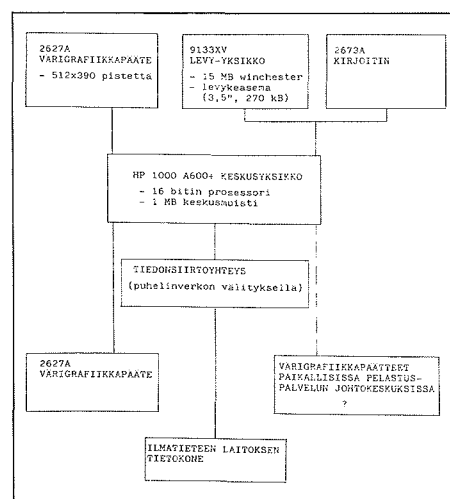
Sovellusohjelmiston laadinnassa on pyritty noudattamaan kahta peruseriaatetta: modulaarisuutta ja käyttäjän aiheuttamien virhetilanteiden esiintymismahdollisuuden minimoimista. Moduulirakenteella saavutetaan se etu, että ohjelmistoa on helppo testata ja siihen voidaan tehdä muutoksia tai lisäyksiä suhteellisen vaivattomasti.

Käyttäjän aiheuttamat virhetilanteet johduvat yleensä siitä, että ohjelmaan syötetään vääränlaatuista tai vääränmuotoista tietoa, josta sitten pahimmassa tapauksessa on seurauksena ohjelman suorituksen keskeytyminen ja virheilmoitus. OIVA:ssa tällaiset virhetilanteet on pyritty eliminoimaan suorittamalla kaikelle päätteeltä syötettävälle tiedolle oikeellisuustarkistus.

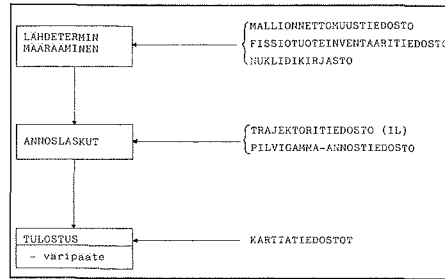
### Ohjelmiston toiminta

Kuvassa 2 on esitetty OIVAn toiminnan päävaiheet ja eri vaiheissa käytettävät ennaltavalmistetut syöttötiedostot.

Lähdetermi- tai päästötiedot voi järjestelmään syöttää joko kokonaisuudessaan päätteeltä tai apuna voi käyttää mallionnettomuustiedostoa, joka sisältää lyhyet kuvaukset muutamasta tyypillisestä reaktorionnettomuudesta ja niiden todennäköisistä päästömaarista. Päästön kesto voidaan tarvittaessa jakaa useaan peräkkäiseen sellaiseen ajanjaksoon, joiden aikana yksittäisten nuklidien päästönopeuksia voi pitää vakioina.



Kuva 1. OIVA-järjestelmän laitteisto.



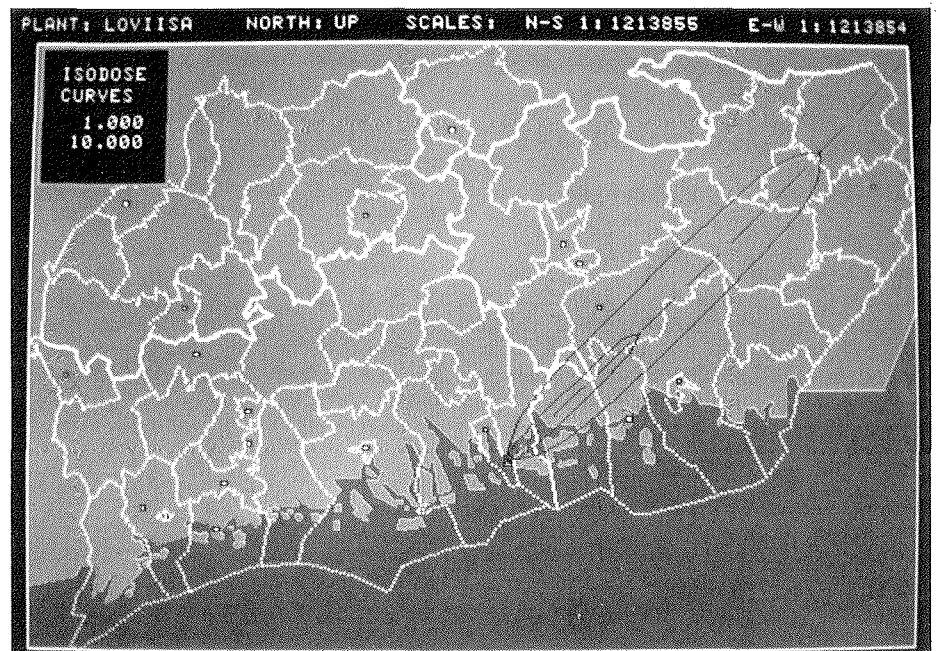
Kuva 2. OIVAn toiminnan päävaiheet ja käytettävät syöttötiedostot.

Syötettyjen päästötietojen sekä fissiotuotteeninventariedoston ja nuklididatakirjaston perusteella ohjelma laatii ns. päästötiedoston, joka sisältää kaikki laskuissa tarvittavat tiedot päästönuklideista ja päästönopeuksista. Jo valmiin päästötiedoston päästönopeuksia voidaan halutessa skaalata paremman yhteensopivuuden saamiseksi kenttämittaustulosten kanssa.

na. Pilvestä saatavan ulkoisen säteilyannoksen arvioimisessa käytetään hyväksi Valtion teknilliseltä tutkimuskeskukseksi otettuja pilvigamma-annostietoja, jotka sisältävät erilaisissa säätälanteissa ja eri leviämiskorkeuksilla laskettuja normalisoituja gamma-annoksia eri etäisyyksillä päästökohdasta.

Lasketut annos- tai annosnopeuskäyrät piirretään päätteelle voimalaitoksen ympäristöä esittävän karttapohjan päälle (kuva 3); kartalle piirretään myös päästöpilven trajektorit. Karttojen piirtämistä varten on käytettävissä karttatiedostot, jotka sisältävät voimalaitosten ympäristön kunnanrajat, taajamat, rantaviivat ja saaret aina n. 100 kilometrin etäisyydelle. Käyttäjä voi valita kolmenlaisia karttoja: koko karttatiedoissa oleva alue, voimalan ympäristöä halutussa mittakaavassa tai määrätty kunnat.

Tasa-annoskäyrien piirättämisen lisäksi käyttäjä voi osoittaa karttapohjalta yksityisiä pisteitä, joissa hän haluaa annoksen tai annosnopeuden laskettavan.



Kuva 3. OIVAn tulostusta (englanninkielinen demoversio). Kuva otettu värigrfiikkapäätteen näyttöruudulta. Kuvassa näkyvät trajektorit ja tasa-annoskäyrät ovat täysin hypoteettisia.

Annoslaskentavaiheessa OIVA laskee käyttäjän spesifioimia tasa-annos- tai tasa-annosnopeuskäyriä. Laskuissa tarvitaan päästötiedoston lisäksi IL:n tietokoneelta siirrettävää trajektoritiedostoa. Siinä on annettu viiden minuutin aika-askelilla laskettu päästöpilven sijainti ja kulkeutuminen. Tiedoston arvoja laskettaessa on mahdollisen sateen vaikutus otettu huomioon; tosin oletetaan, että jos jollain kohdalla trajektoria sataa, sataa koko trajektorilla. Laskentaa jatketaan, kunnes joko etäisyys päästökohdasta ylittää 100 km tai aika ylittää kuusi tuntia.

OIVA laskee hengityksensä ja sekä pilvestä että laskeumasta aiheutuvan ulkoisen annoksen, jotka kaikki lasketaan protoversiossa pelkästään yksilöannoksi-

### Jatkokehitysnäkymiä

OIVA-järjestelmän mahdollisen jatkokehityksen suuntaviivat määräytyvät osittain testaus- ja käyttökokemusten myötä. Eräs merkittävä ominaisuus olisi tietysti kenttämittaustulosten perusteella tapahtuva automaattinen ennusteiden korjaaminen, mikä saattaa kuitenkin osoittautua vaikeaksi toteuttaa käytännössä. Jatkossa OIVAan tulneen joka tapauksessa sisällyttämään mahdollisuus ylläpitää mittaustulostiedostoa, jolloin olisi mahdollista esittää mittaustulosten perusteella piirrettyjä tasa-annos- tai tasa-annosnopeuskäyriä. Kollektiiviannosten laskemismahdollisuus samoin kuin karttatiedostojen sisältämien tietojen lisääminen ja tarkentaminen olisivat myös varmasti paikallaan. □



# Käytetyn polttoaineen välivaraston vihkiminen Olkiluodossa

*Noin 300 kutsuvieraan läsnäollessa julisti vuorineuvos Björn Westerlund käytetyn polttoaineen välivaraston (KPA-VARASTON) käyttöön-otetuksi Olkiluodossa 10.11.1987. KPA-VARASTOssa on tilaa voimalaitoksen käytöstä noin 30 vuoden aikana ker-tyvälle polttoaineelle. Rakennuksen suunnittelu ja toimitukset ovat lähes kokonaan kotimaisia. Sen rakentaminen alkoi vuonna 1984 ja hinnaksi tuli noin 185 miljoonaa markkaa.*

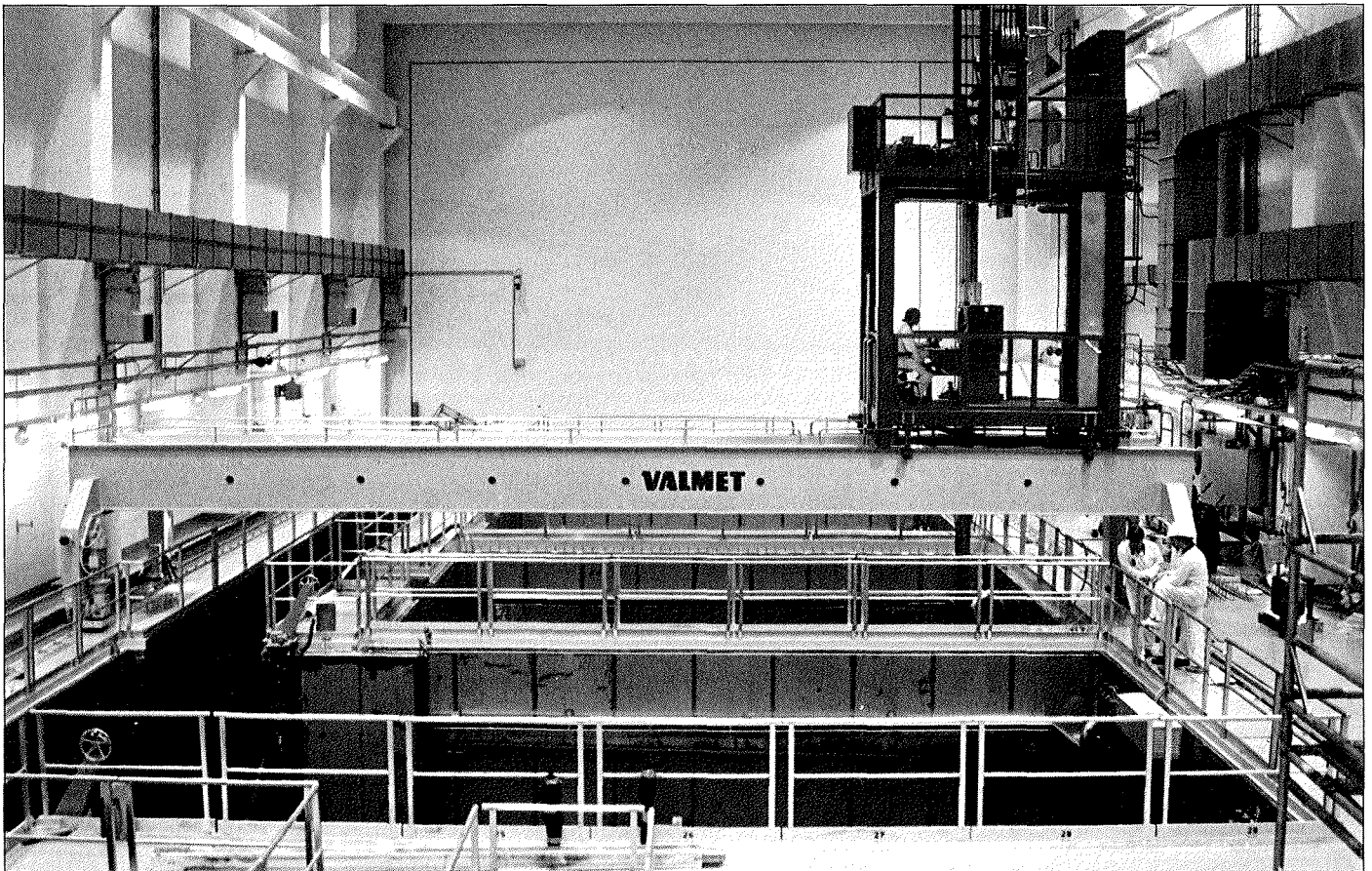
KPA-VARASTON vihkiäistapahtumaan liittyi 9.11.1987 Helsingissä järjestetty

ydinpolttoainetta ja jätehuoltoa käsittelevä asiantuntijakokous. Siihen osallistui noin 60 ulkomaista ja 40 suomalaista asiantuntijaa. Esitelmissä käsiteltiin uraanin saatavuustilannetta maailmassa ja käytetyn polttoaineen huoltostrategioita Suomessa, Ruotsissa, Neuvostoliitossa, Länsi-Saksassa ja Ranskassa.

KPA-VARASTO on osa Teollisuuden Voiman käytettyä polttoainetta koskevaa toimintaohjelmaa, joka noudattaa valtioneuvoston 1983 tekemää ydinjätehuollon tavoitteita ja aikataulua koskevaa periaatepäätöstä. Ohjelman mukaisesti yhtiö varautuu kaikkien tarvittavien toimenpiteiden tekemiseen Suomessa, mutta tutkii samalla myös mahdollisuuksia toimittaa käytetty polttoaine pysyvästi ulkomaille. Kun KPA-VARASTON suunniteltu käyttöikä on 60 vuotta, se antaa useita kymmeniä vuosia aikaa seurata kansainvälistä tilannetta, kehittää erilaisia huoltovaihtoehtoja ja aikanaan valita teknisesti, taloudellisesti ja poliittisesti sopivin ratkaisu.

Varaston kolmeen 13,5 metriä syvään vesialtaaseen mahtuu 7200 polttoaineenippua eli 1200 tonnia uraania. Suunnittelussa on otettu huomioon mahdollisuus laajentaa varastoa tarvittaessa. Polttoaineeniput sijoitetaan altaiden pohjalla seisoviin telineisiin, jotka ovat niin syvällä, että varastoitava polttoaine jää kokonaisuudessaan maanpinnan tason alapuolelle. Polttoaineen jäädyttämisestä huolehtii kaksi jäädytyspiiriä, joiden avulla polttoaineen kehittämä lämpö siirretään allasvedestä välijäädytyspiiriin kautta meriveiteen.

Ensimmäinen käytetyn polttoaineen siirto TVO I:n polttoainealtaista KPA-VARASTOON suoritettiin 29.9.1987. Siirroissa käytetään valurautaista säiliötä, joka kuormattuna painaa 93 tonnia. Säiliöön mahtuu kerralla 41 polttoaineenippua. Se on mitoitettu normaaleja maantiekuljetuksia koskevat IAEA:n määräykset täyttäväksi. Laitosyksiköiltä tullaan vuosittain kuljetamaan KPA:han yhteensä noin 300 nippua käytettyä polttoainetta. □



KPA-VARASTON allasalue ja polttoaineen siirtokone.



## Kysyvälle vastataan

**Teollisuuden Voima Oy valitsi viime huhtikuussa viisi aluetta käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen liittyviin kalliotutkimuksiin. Kuhmossa ja Hyrynsalmella aloitettiin jo keväällä kenttätyöt. Sievissä, Konginkankaalla ja Olkiluodossa työt aloitetaan syksyllä 1987 lentomittauksilla. Paikkatutkimuksista tiedottamisessa on pyritty samaan avoimuuteen kuin TVO:n muussakin tiedottamisessa.**

Paikkatutkimustiedottamisessa tavoitteena on ollut se, että kysyjille vastataan. Tämän periaatteen toteuttamiseksi tiedottamiseen varauduttiin jo hyvissä ajoin.

Tutkimuspaikkojen valinnan yhteydessä järjestettiin tiedotustilaisuudet viidellä paikkakunnalla yhtäaikaan. Jokaiselle paikalle oli myös rakennettu kalliooperänäytely, jossa lyhyesti esitettiin kivilajien historiaa ja kalliooperätutkimusten keskeisiä vaiheita.

### Pitkä valmistautuminen

Tutkimustiedottaminen aloitettiin jo ennen tutkimuspaikkojen valintaa. Maaliskuussa ilmestyi Kalliofakta-lehden ensimmäinen numero. Lehdessä kerrotaan kalliooperätutkimusten etenemisestä ja tehdään tunnetuksi ydinjätehuoltoon liittyviä asioita.

Tiedottamisessa geologia on ollut keskeisesti esillä. Vaikka geologian harrastus on maassamme melko laajaa, ovat geologiset yleistiedot useimmilla melko hataralla pohjalla.

Suomessa ei ollut saatavilla yhtään ajantasalla olevaa geologian yleisesitystä. TVO päätti kustantaa sellaisen. Kirjansen nimeksi annettiin "Kalliooperämme" ja sen kirjoittajiksi pyydettiin FT Kalle Taipale ja FK Jouko Parviainen.

Kesällä ilmestynyt Kalliooperämme-kirjanen on saanut hyvän vastaanoton. Sitä on pyydetty Helsingin, Turun ja Joensuun yliopistoihin, joissa sitä käytetään peruskurssien tukikirjallisuutena. Kalliooperämme-kirjasta lohkaistiin suppeampi Tutkimalla tietoa-esite, jota on jaettu yleisötalaisuuksissa.

### Avoimet ovet

Kuhmossa ja Hyrynsalmella avattiin TVO:n paikallistoimistot kesäkuun alussa. Avajaisissa kävivät paikkakuntalaiset tutustumassa tiloihin ja kyselemässä millä asialla etelän miehet oikein liikkuvat.

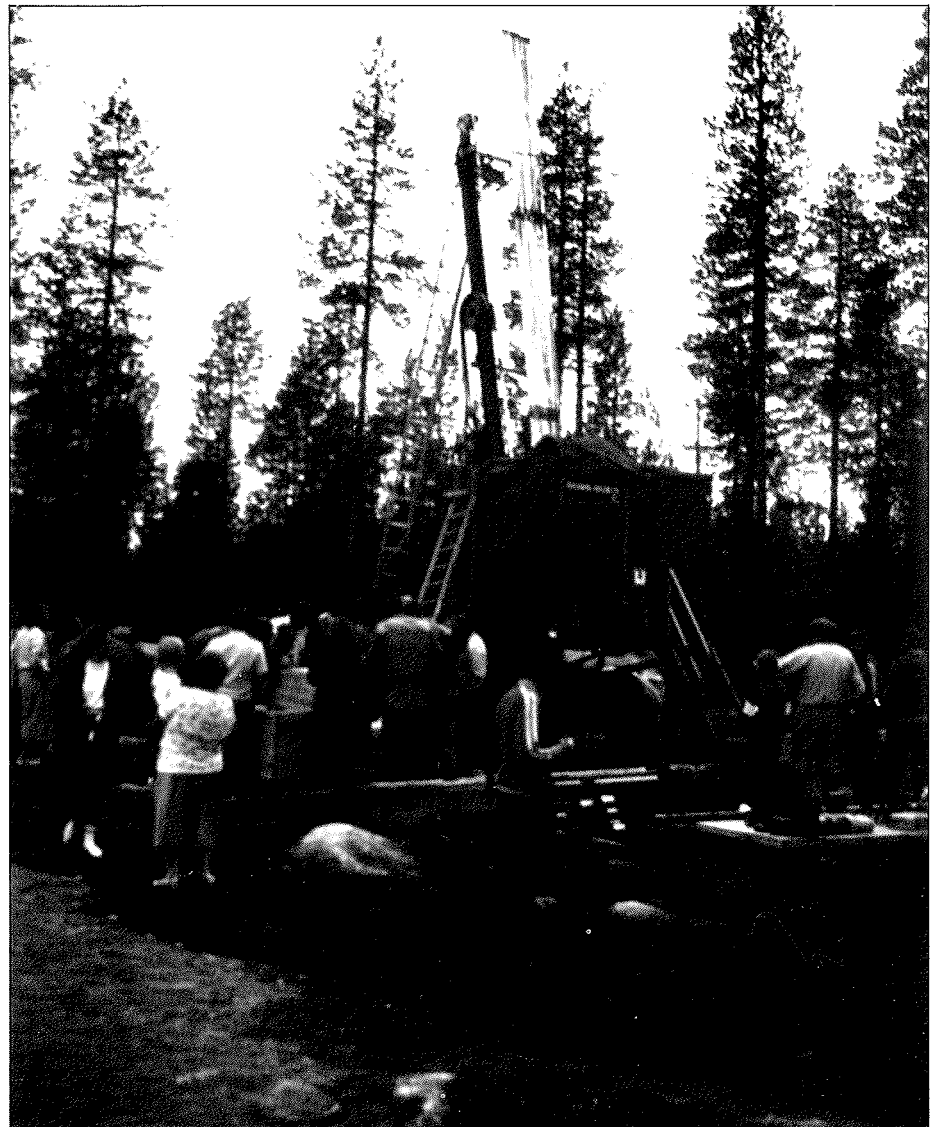
Keskikesällä järjestettiin vastaavat avointen ovien päivät tutkimusalueilla. Kuhmossa kairauksen etenemiseen kävi tutustumassa kolmisen sataa uteliasta.

Loppukesästä saatiin valmiiksi sekä Romuvaaran että Veitsivaaran geologiasta kertovat luontopolut. Polkuja on esitelty mm Kuhmon ja Hyrynsalmen opettajille.

Kainuussa tutkimuksiin suhtautuminen on ollut asiallista. Veikko Huovisen kirjoista tutut ihmistyypit ovat tulleet tutuksi. Paikalliset ovat kiinnostuneita siitä, mitä ihmettä siellä korvessa tehdään, ja kun kaikkiin kysymyksiin jaksaa vastata, niin suurimmat epäilykset häipyvät. Kainuussa TVO on hyväksytty paikalliseksi yrittäjäksi.

Muilla paikkakunnilla ei ole vielä aloitettu varsinaisia kenttätutkimuksia. Konginkankaalla ja Olkiluodossa ei ole juuri kuulunut mitään kannanottoja, mutta Sievissä ja sen ympäristössä on kerätty TVO:n toimintaa vastustavia adresseja.

Suurin huolenaihe kalajokilaaksoisilla on pohjavedestä. Syyryn tutkimusalue sijaitsee muutamien kilometrien päässä laajasta vedenottamosta. Veden pumppausyhtiö Vesikolmio Oy ei usko, että tutkimukset ja mahdollinen loppusijoitus vaikuttaisi heidän toimiinsa. Mutta kansalaisilla on mitä ihmeellisimpiä käsityksiä pohjavedestä, sen muodostumisesta ja liikkumisesta. □



Kuhmossa järjestettiin avointen ovien päivä 5.8.1987. Paikalla kävi tutkimuksia ihmettelemässä kolmisen sataa paikkakuntalaista.

# Kulutuksen ohjausko vaihtoehto voimalaitosrakentamiselle?

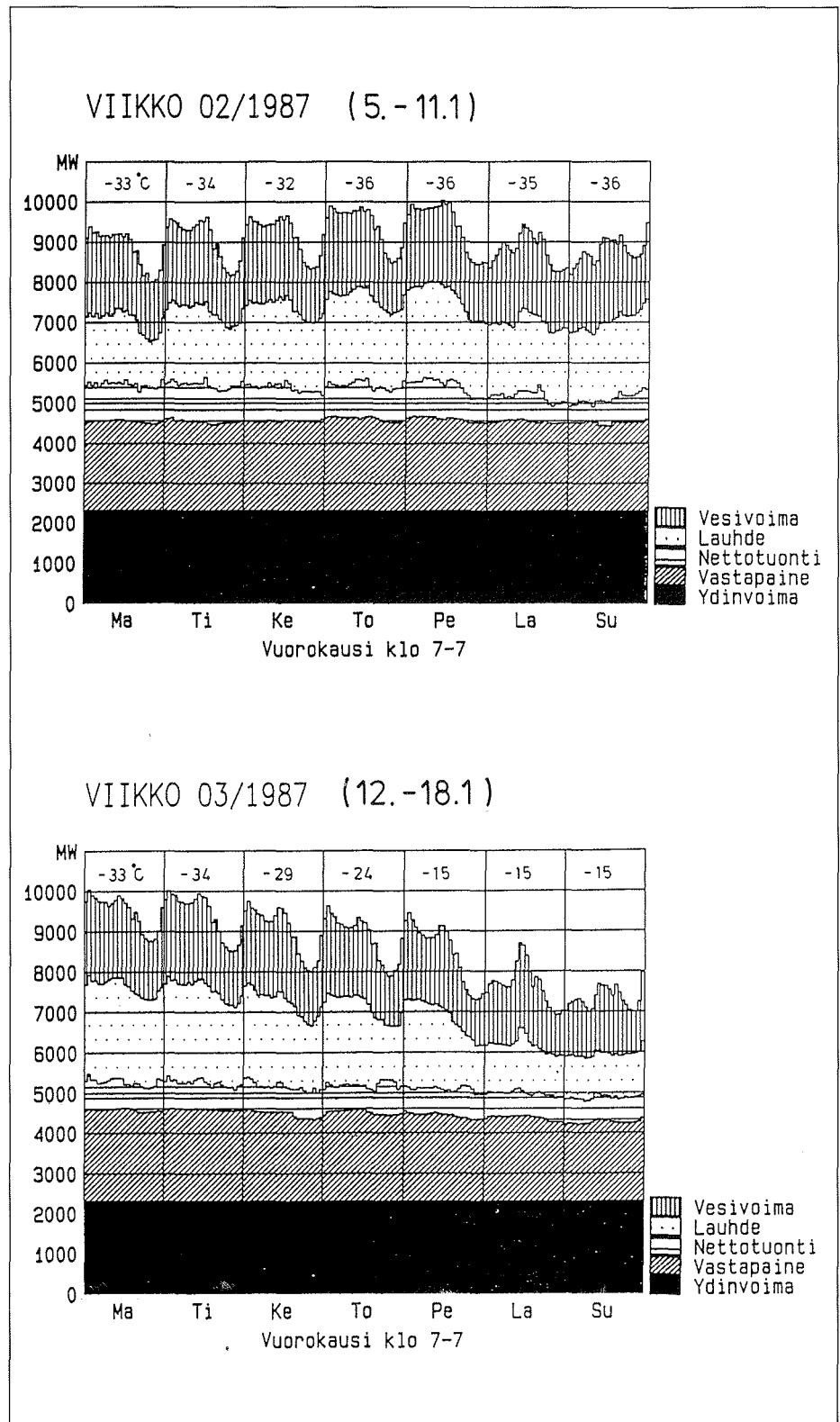
*Perinteisesti sähkön käyttäjän ja sähkön tuottajan välillä on ollut yksisuuntainen suhde: voimalaitoksia käytetään ja uusia rakennetaan sitä mukaan kuin kulutus vaatii. Kulutus ohjaa tuotannon. Nytemmin mm. voimantuotannon lisärakentamisen monien pulmien vuoksi on ryhdytty ajattelemaan päinvastaisesti — voitaisiinko kenties ohjata edullisemmin kulutusta kuin tuottaa energiaa entisellä tavalla. Rohkeimmat näkevät kulutuksen ohjauksen jopa vaihtoehtona uusien voimalaitosten rakentamiselle.*

Kulutuksen ohjaus — mitä olet, minne viet? Monenlaisia vastauksia ja mielikuvia varmaan nousee esille. Joillekin kulutuksen ohjaus tuo ehkä mieleen epämieluisia ajatuksia sähkön käytön pakko-ohjauksesta jostain etäisestä komentokeskuksesta käsin. Tarkoituksiksi saatetaan ymmärtää sähkön niukkuuden jako valikoidusti. Jotkut kytkävät kulutuksen ohjauksen säätökapasiteetin suhteelliseen vähenemiseen. Ajatellaan, että kokonaiskulutuksen kasvaessa ja näin ollen myös kulutusvaihteluiden ilmeisesti kasvaessa lähes loppuunrakennettu vesivoima ei riitä tyydyttämään säätötarvetta. Tarvitaan siis kulutuksen tasaamistoimenpiteitä.

### Taloudellisuus tavoite

Todellisuudessa kulutuksen ohjauksessa on sekä tavoitteiden että keinojen osalta kyse hyvin paljon — oikeastaan täysin — muusta kuin teknisestä kauko-ohjauksesta tai säätöongelmien ratkaisemisesta.

Yleisesti ottaen kulutuksen ohjauksella tavoitellaan kulutuksen sovittamista paremmin voimantuotantomahdollisuuksiin niin, että tuotantojärjestelmän taloudellisuus parane. Parannusta tavoitellaan niin lyhyellä aikavälillä — vuorokauden sisällä — kuin myös useiden vuosien aikana. Ohjauskeinoina ovat kaikki tarkoitukselliset toimenpiteet, joilla vaikutetaan sähkön käytön ajallisiin vaihteluihin. Yleensä tavoitteena on tasata huippukulutusta alhaisemman kulutuksen alueelle. Käytännön keinoja ovat mm. tariffit, erityissopimukset, uudet kuluttajan laitteet



Kuva 1. Kokonaiskulutuksen tuntikeskitehot huippukulutuskaudella 1987. Lämpötilat Jyväskylän vuorokausikeskiarvoja. (Lähde: SLY tehotilasto/)

ja käyttötekniikat. Hyvänä käytännön esimerkkinä voidaan nostaa esiin varaava sähkölämmitys, jolla energian käyttöä siirretään päivältä yölle.

Merkillepantavaa on, että kulutuksen ohjauksella on taloudellisuutta parantavaa merkitystä vasta sitten, kun voimantuotannon kustannuksissa on selviä ajallisia vaihteluita. Tälle edellytyksenä on taasen, että voimantuotantojärjestelmä koostuu kustannusrakenteeltaan erityyppisistä yksiköistä.

Lisäksi on syytä huomata, että kun halutaan muutosta nykyiseen käytäntöön sähkön kulutuksessa, edellyttää se tavalla tai toisella panostamista kuluttajanpään laitteisiin — joko tarvitaan uusia ohjattavia kuormia, ohjauslaitteita tai muita muutoksia, jotka vievät haluttuun tavoitteeseen. Tällöin on punnittava, onko kannattavampaa sijoittaa kulutuksen ohjaukseen kuin tuotannon lisäämiseen.

Yhteenvedon voidaan kulutuksen ohjauksen voimantuotantoa parantavat hyödyt kvalitatiivisesti tiivistää viiteen pääkohtaan.

1. Olemassa olevan kapasiteetin tehokkaampi käyttö.
2. Uuden kapasiteetin rakentamistarpeen viivästyminen.
3. Säätekustannusten alentaminen.
4. Ennakoimattomien tuotantotilanteiden parempi hallinta.
5. Tuotanto- ja siirtohäiriöiden parempi hallinta.

Saadut hyödyt voidaan jakaa sähkön käyttäjille ja etupäässä tietenkin niille, jotka ovat tehneet hyödyt mahdollisiksi.

### Nykyisten kuormitusvaihteluiden ominaispiirteitä

Arvioitaessa kulutuksen ohjauksen merkitystä on välttämätöntä tarkastella, millaisia sähkönkäytön kuormitusvaihtelut ovat ja mitä ongelmakohtia niihin liittyy. Kuvat 1...3 ovat apuna, kun seuraavassa luodaan katsaus Suomen nykytilanteeseen ja arvioidaan kehityssuuntaa.

*Ei kulutushuippuja vaan huipputasanteita*  
Suomen sähkövoimajärjestelmän mitoituksen perustana on tehon riittävyys harvinaisia poikkeustilanteita lukuunottamatta kaikissa tilanteissa. Tämän johdosta päähuomio kuormitusvaihteluissa kohdistuu suurimpiin tehohuippuihin.

Kuvista 1 nähdään, että tällä hetkellä ei voida puhua kulutushuipuista vaan huipputasanteista. Kovilla pakkasilla sähkön käyttö on korkealla tasolla aamusta klo 7.00:sta lähtien 11—13 tunnin ajan iltaan klo 18.00—20.00 saakka. Päiväkuopat ovat vain 100—300 MW:ia alempana kuin päivän korkeimmat tuntilukemat. Merkille pantavaa on voimakas lämpötilariippuvuus.

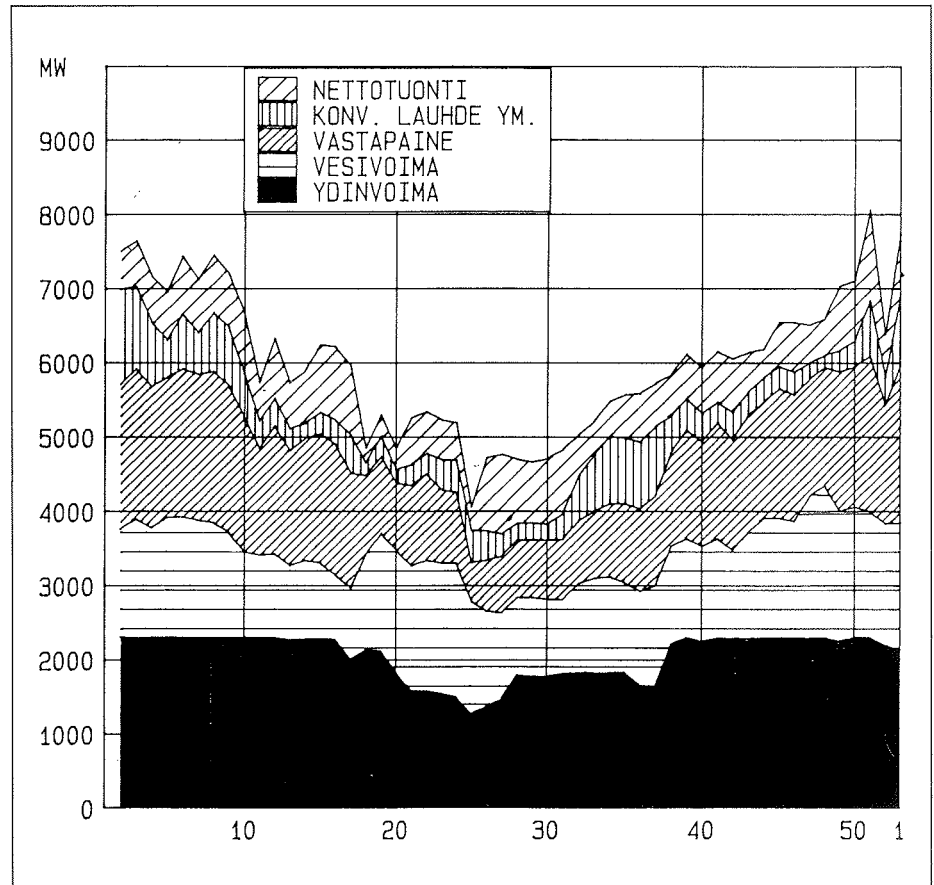
Muina vuodenaikoina ei ole kapasiteetin riittävyysongelmia. Säädössä on jonkin verran hankaluuksia keväisin kun tulvien johdosta vesivoiman säätökyky on rajoitettu.

### Vuodenaikavaihtelu kasvussa

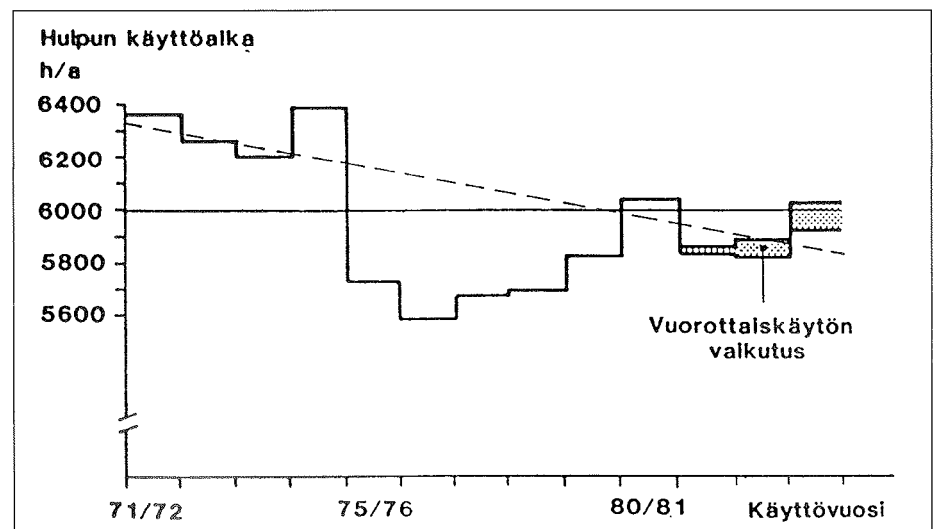
Kuvasta 2 nähdään, että suurimman ja pienimmän viikkokeskitehon suhde on noin 2. Kuva 3 puolestaan viittaa siihen, että kapasiteetin käyttöaste on laskemaan päin (kuvassa käyttövuodet 1971—1974

ja 1979—1984 ovat vertailukelpoisia, vuosina 1975—1979 teollisuudessa syvä suhdannelama).

Kaikkiaan kuvista voidaan vetää se johtopäätös, että kulutuksen vuodenaikavaihtelu on kasvussa. Syynä tälle on lähinnä se, että prosessiteollisuuden sähkön käytön osuus kokonaiskulutuksesta on vähenemässä Muu jäljelle jäävä ja suhteellisesti kasvussa oleva kulutus keskittyy enemmän huippukulutuskauden lähelle.



Kuva 2. Kokonaiskulutuksen viikkokeskitehot 1986. /Lähde: SLY pikatilasto/



Kuva 3. Huipun käyttöaika käyttövuosittain 1971—1984. /Lähde: STYV-S raportti 5/84/

## Kulutuksen ohjauksen lähiajan mahdollisuuksia

Teoriassa on monia tapoja muuttaa sähkön kulutusvaihteluita — kuva 4. Käytännössä kuvasarjan toimenpiteiden toteuttaminen ei ole kovin mutkatonta. Seuraavassa tarkastellaan läpileikkauksenomaisesti, mikä on eräiden kulutuksen ohjausmahdollisuuksien ja vaihtoehtojen merkitys ja luonne sekä mitä etu- ja haittakohtia niihin sisältyy.

### Suurkuluttajat etusijalla

On luonnollista lähteä tavoittelemaan kulutuksen ohjausta sieltä, missä kuormitukset ovat suurimpia eli teollisuudesta. Suomessa ennen muuta puunjalostusteollisuus ja sen sisällä mekaaninen massanvalmistus tarvitsevat prosesseissaan paljon sähköä. Kuumahierrejauhatus on puuraaka-aineen tehokkaan käytön ansiosta valtaamassa etusijaa perinteiseltä hiontatekniikalta ja myös sellun keitoltä. Sähköä hiertäminen vaatii jauhinmoottoreihin runsain mitoin aina 15 MW:iin/jauhin.

Kuumahiertämöiden suuren tehonkäytön johdosta on herännyt ajatus, voitaisiinko niitä käyttää huippukulutuksen tasaamiseen. Tällöin harvalukuisella määrällä kohteita voitaisiin saada aikaan varsin huomattavia kuormituskäyrämuutoksia. Perusidea kokonaiskulutuksen tasoittamiseksi on hyödyntää massanvalmistusprosessin varastointikykyä ja tehdä siihen perustuen hiertämön sähkön käyttö päinvastaisesti epätasaiseksi muun, ei-ohjattavan kulutuksen kanssa.

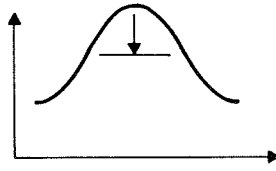
Ideana kuumahiertämöiden kulutuksen siirtäminen muun kulutuksen suhteen on hyvin toimiva, mutta käytännössä edessä on monia ongelmakohtia, mm:

- Epätasaisen ajotavan vaikutukset masinan ominaisuuksiin.
- Monimutkaiset prosessiyhteykset, erityisesti höyryvirrat.
- Epätasaisen ajotavan mahdollinen lisärasitus laitteille.

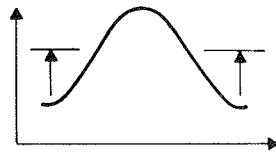
Merkittävin ohjausmahdollisuuksia rajoittava näkökohta ainakin nykyisillä laiteilla on kuitenkin se, että ne on mitoitettu ensisijaisesti tasaista ajotapaa silmälläpitäen. Aivan terävimmät kulutushuiput voidaan leikata pois, mutta huippukulutustasanteiden alentamiseen yhden hiertämölaitoksen kapasiteetti ei riitä.

Tilanne muuttuu oleellisesti, jos hiertämöön investoidaan alun alkaen ylituotanto- ja varastokapasiteettia tarkoituksena pitempiäaikainen tai suurempi kuormituksen siirto vuorokauden sisällä. Kansantaloudellisesti pääkysymys tällöin on, onko kannattavampaa sijoittaa enemmän kuluttajan laitteisiin, eli massan tuotannon ylikapasiteettiin kuin lisävoimantuotantoon. Nykytilanteessa näyttää siltä, että jos hyötyjä saadaan myös muualta kuin voimataloudesta, esim. massakustannusten alenemisesta muutoinkin, saattaa investointi hiertämöylikapasiteettiin tulla kannattavaksi.

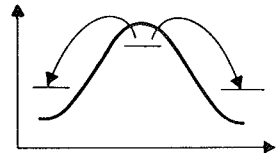
### 1. HUIPUN LEIKKAUS



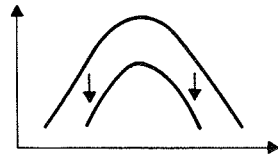
### 2. KUOPAN TÄYTTÖ



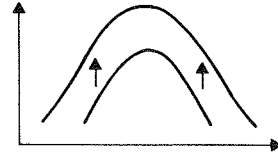
### 3. KUORMAN SIIRTO



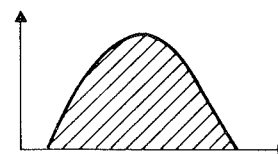
### 4. ENERGIAN SÄÄSTÖ



### 5. KULUTUKSEN KASVATTAMINEN



### 6. JOUSTAVA KULUTUS



Kuva 4. Kuormituskäyrän muutoskeinot.

### Sähkölämmityksen ohjaus huipun tasaajana

Varsin usein sähkökuormien ohjaus yhdistetään ns. suorien sähkölämmitysten sulkuaika-ohjaukseen verkkokäskyohjauksella tai kytkinkellolaitteilla. Asia nousi esille erityisesti alkuvuoden 1985 pakkaskauden aikana ja valitettavasti hieman kielteisellä tavalla.

Periaatteessa sähkölämmitys on sen tyyppistä kulutusta, joka soveltuu kohtuullisissa rajoissa tapahtuvaan ohjaukseen. Lämmitys ei ole niin tiukasti käyttöajan-kohtaan sidottua kulutusta kuin esim. valaistus. Rakennusten lämpökapasiteetti tasaa lämmityskatkojen vaikutuksia.

Sähkölämmitys edustaa jo varsin huomattavaa, noin 10 %:n osuutta kokonaiskulutuksesta. Alkuvuoden huipputehosta sähkölämmitysten osuus on ollut arviolta 1 600—1 800 MW (ilman lisälämmittämiä).

Puuttumatta tarkemmin yksityiskohtiin, on ainakin koko maan mitassa sähkölämmitysten ohjausta pidettävä varsin marginaalisena, osin kyseenalaisenakin keinona huippukulutuksen tasaamiseksi mm. koska:

- Kokonaiskulutus on huippukaudella tasainen, jolloin tehosäästö/kohte jää pieneksi.
- Laajamittainen ohjaus edellyttää huomattavia ohjaus- ja kuluttajalaitteinvestointeja.

— Ohjaus on mahdollista "kiertää" lisälämmittimien avulla.

— Tehonohjaus voi aiheuttaa mm. rakennusteknisten puutteiden takia vakaviakin yksittäisiä vaurioita (putkijäätymisä tms.).

Toivottavaa olisi, että sähkölämmitysten ohjaukseen löydetäisiin "pehmeämpiä", rakenteellisia ratkaisuja, ja esim. nykyistä edullisempia lämpövaraajia.

### Vuoroittaiskäytön mahdollisuudet

Ennen vuoden 1985 lopulla alkanutta raakaöljyn hinnan romahdusta olivat näkymät uudelle, energiamuotojen väli-maastoon sijoittuvalle vuoroittaislämmitystekniikalle lupaavat. Muun muassa Imatran Voima Oy:ssä arvioitiin vuonna 1984, että taloudellisesti kilpailukykyinen potentiaali sähkö-kevytöljy vuoroittaiskäytölle on sähkön osalta 5—6 TWh. Tällä hetkellä näkymät energiahintasuhtedemuutosten johdosta ovat oleellisesti huonommat.

Vuoroittaiskäytön idea on, että siinä käytetään lämmitykseen öljyä tai sähköä sen mukaan, kumpi on hetkellisesti edullisempaa. Kun sähkön rajahinta on korkea huippukulutuskaudella, leikkautuu sähkön käyttö tällöin pois, tarvittaessa pitkiksi jaksoiksi. Vuoroittaiskäyttö ei lisärasita huippukulutusta, vaan on omiaan täyttämään kulutuskuoppia huipun ulkopuolelta ja nostamaan siten tuotantokapasiteetin käyttöastetta. Oleellisesti vuoroittaiskäytöllä voidaan tasata kulu-

tusvaihteluita huippukauden. Kesällä lämmitystarve on vähäistä, joten syvään kesäkuoppaan vuoroittaiskäytöstä ei saada paljoa "täytettä".

Vuoroittaiskäytön tulevaisuus — niin kannatettava ja hyvä kuin idea periaatteessa onkin — riippuu ennen muuta öljyn hintakehityksestä. Laitepuolella voidaan saada aikaan jonkin verran investointikustannuksia alentavia ja käyttöteknikkaa helpottavia parannuksia, mutta ratkaisevaa lämmitystavan kannattavuudelle ja sen yleistymiselle on sähkön ja öljyn hintasuhteen kehittyminen. Sähkön hinnassa ei ole odotettavissa suuria muutoksia.

#### Varavoimadieselit varastosta huipunleikkaukseen?

Aivan viime aikoina on mielenkiinnon kohteeksi noussut sähkönsaannin varmistukseksi hankittujen dieselagregaattien käyttö huipunleikkaukseen. Tällaisia laitteita on varalla lukuisissa teollisuusyrityksissä, sairaaloissa, suurkiinteistöissä, jne. Eräiden selvitysten perusteella huipunleikkaukseen soveltuvien varavoimakoneiden

yhteisteho voisi olla 100—200 MW. Suurempiakin arvioita on esitetty. Yksikkötehot vaihtelevat 100 kW:sta yli 1 MW:iin.

Ensi ajatuksella varavoimakoneiden käyttö huipun leikkaukseen tuntuu hyvältä ratkaisulta — mm. niillä voidaan leikata pitkäaikaisia huippukulutusjaksoja. Käytännössä niiden hyödyntämiseen liittyy moniakin pulmia, esimerkiksi:

- Käyttövarmuus: miten järjestetään huolto ja muu ylläpito niin, että laitteet käynnistyvät ja käyvät silloin kun niitä tarvitaan, eli kuinka paljon voidaan dieselien "varaana laskea".
- Automatiikka: miten "ohitetaan" varasyöttöjärjestelmiin usein liittyvä monimutkainen automatiikka.
- Lisävarusteet: riittääkö laitteiston mitoitus ja varustelu mahdolliseen pitkäaikaiseenkin käyttöön.
- Ajoitus: miten aggregaatteja voitaisiin käyttää koko voimajärjestelmän kannalta oikeaan aikaan.

Näitä ynnä muita käytännön kysymyksiä ollaan parhaillaan ryhtymässä tutkimaan.

#### Voimalaitoksia tarvitaan edelleen

Monia muita kulutuksen ohjaustapoja ja -mahdollisuuksia voitaisiin nimetä. Yhteistä kaikille on kuitenkin se, että yhdestäkään niistä ei ole yksin saatavissa nopeaa ja tehokasta ratkaisua kaikkiin kulutuksen ohjauksen tavoitteisiin. Soveltamalla kaikkia keinoja yhdessä ja pitkän ajan kuluessa voidaan sähkön käytön vaihteluissa saada aikaan näkyviä muutoksia niin sähkölaitoskentässä kuin koko maan tasolla.

Aina on kuitenkin muistettava arvioida kumpi — panostaminen kuluttajapään laitteisiin ja tekniikoihin vai sähkön tuotantokoneisiin — on edullisempaa kulutuksen ja tuotannon sovittamiseksi parhaalla tavalla yhteen. Missään tapauksessa kulutuksen ohjaus ei ole sellainen taikakeino joka tyystin poistaisi voimalaitosten rakentamistarpeen. Kyse on ennen kaikkea energian tuotannon ja käytön taloudellisuuden parantamisesta kuluttajan puolen toimenpiteillä, hänen hyväksymään ja hänen edukseen. □

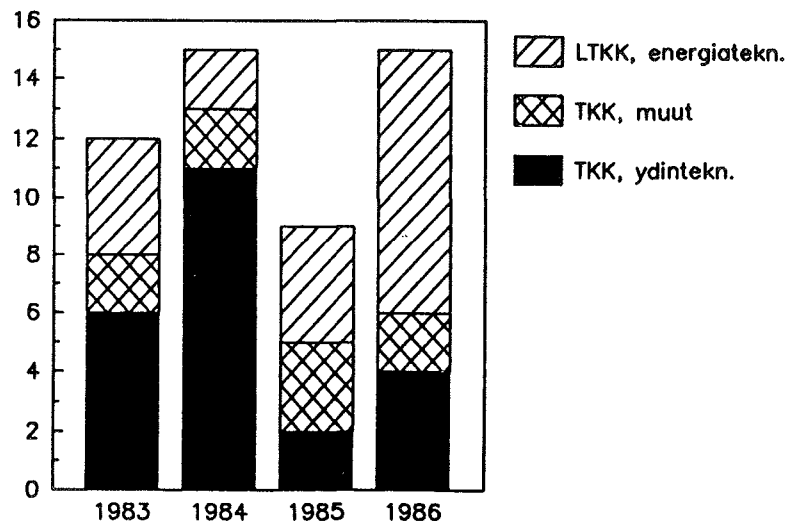
Pekka Pirilä, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio

## Ydinenergia-alan asiantuntijavoimavarojen ja koulutuksen turvaaminen

*Atomienergianeuvottelukunnan toimesta on laadittu selvitys 'Ydinenergia-alan koulutuksen nykytilanne ja kehittämistarpeet', jossa on tällä kertaa keskitytty korkeakoulutusoiseen alan erikoiskoulutukseen. Edellinen koulutusta jonkin verran laajemmin tarkastellut selvitys oli laadittu vuonna 1983. Selvityksen laatineen työryhmän muodostivat tämän artikkelin laatija, vs. professori Rainer Salomaa TKK:sta, apulaisprofessori Heikki Kalli LTKK:sta sekä sihteerinä TkT Juhani Vira VTT:sta.*

Määrällisesti tärkeimmän ryhmän ydinenergia-alan korkeakoulutusoista erikoiskoulutusta saavista muodostavat TKK:n teknillisen fysiikan laitokselta ja LTKK:n energiatekniikan osastolta valmistuneet diplomi-insinöörit, joiden määrät viime vuosilta ilmenevät oheisesta kuvasta. Vuosittain valmistuu myös muutamia lisensiaatteja ja tohtoreita, joiden osuus alalla onkin suhteellisen korkea.

Ydinenergia-alalle erikoistuneet  
Diplomi-insinöörit



Koulutuksen määrälliset tarpeet ovat siksi vähäisiä, että opetusresurssit eivät muodosta ongelmaa. Ongelmallisempaa on sen sijaan koulutuksen korkean tason ylläpitäminen tämän koulutusvolyymin puitteissa ja ydinenergiaan kohdistuvien asenteiden ollessa nykyisenkaltaisia.

Selvityksen saatteeksi on AEN laatinut lähetekirjeen, joka julkaistaan pääosiltaan seuraavassa:

### **Korkealaatuinen henkilöstö on ydinenergian menestyksellisen käytön perusedellytys**

Ydinenergian turvallisen ja taloudellisen käytön perusedellytyksenä on laitosten käytöstä vastaavan henkilöstön korkea pätevyystaso. Syvälinen asiantuntemus on tarpeen myös ydinenergian käyttöön erottamatta kuuluvissa valvonta- ja tutkimustehtävissä. Pätevän henkilöstön saatavuuden turvaamiseksi on huolehdittava korkeatasoisen ja monipuolisen koulutuksen jatkuvuudesta, ja pidettävä huolta siitä, että työskentely ydinenergia-alalla koetaan haasteelliseksi ja antoisaksi muihin kilpaileviin ammatteihin ja työpaikkoihin verrattuna.

Suomen ydinvoimalaitoksilla työskentelevien pätevyystasosta kertovat parhaiten saavutetut hyvät tulokset: Suomen ydin-

voimalaitosten käytettävyyden vuosikautena ollut maailman huippuluokkaa eikä laitoksilla ole tapahtunut turvallisuutta vaarantavia häiriöitä. Alan tutkimus- ja valvontatehtävissä työskentelevien koulutustaso on ollut Suomessa erittäin korkea. Ydinenergian käyttö on koonnut yhteen teknistä huipputietämystä laajalta alueelta ja tarjonnut mahdollisuuksia syvälliseen paneutumiseen myös moniin sellaisiin tutkimus- ja kehityskohteisiin, joilla on nykyisin huomattava merkitys mitä erilaisimmilla tekniikan alueilla ydinenergia-alan ulkopuolellakin.

### **Nykyinen energiahuollon yleistilanne uhkaa vaikeuttaa pätevän henkilöstön saantia ja säilyttämistä**

Ydinenergian tulevaisuutta koskevat epävarmuudet ja ydinenergian yleiset hyväksyttävyysongelmat voivat kuitenkin vähitellen heijastua myös alan henkilöstötilanteessa. Opiskelijoiden suuntautumisesa tulevaisuuden työnsaantinäkymät painavat usein ratkaisevasti ja myös eri alojen arvostusseikat vaikuttavat valintoihin. Alan jatkuvuutta koskevat epävarmuudet voivat myös lisätä alalta poistuvien määrää. Vaikka henkilöstöongelmiin voidaan jossain määrin vastata palkkapolitiisin keinoin, nämä keinot eivät yksin takaa henkilöstön saatavuutta eivätkä korkeimman erikoiskoulutuksen jatkuvuutta.

### **Tutkimustoiminta on olennaista asiantuntijaresurssien tuottamisessa**

Atomienergianeuvottelukunta seuraa tehtävänsä mukaisesti ydinenergia-alan yleistä tilannetta ja pyrkii jatkuvasti arvioimaan ydinenergian käytön edellytyksiä Suomessa. Erityistä huomiota kiinnitetään alan tutkimuksen ja koulutuksen tilanteeseen. Neuvottelukunnassa valmistussa oleva tähänastisen ydinenergiatutkimuksen tuloksellisuus selvitys osoittaa harjoitetun ydinenergiatutkimuksen eittämättömän merkityksen Suomen ydinenergiaohjelmalle. Hyvin selvästi ilmenee tutkimuksen merkitys asiantuntijahenkilöstön tuottajana voimayhtiöille ja viranomaisille. Parhailaan neuvottelukunta on myös laatimassa selvitystä alan tutkimustarpeesta 1990-luvulle tultaessa.

### **Korkeakoulujen opetusohjelmiin saatava kiinnostavuutta**

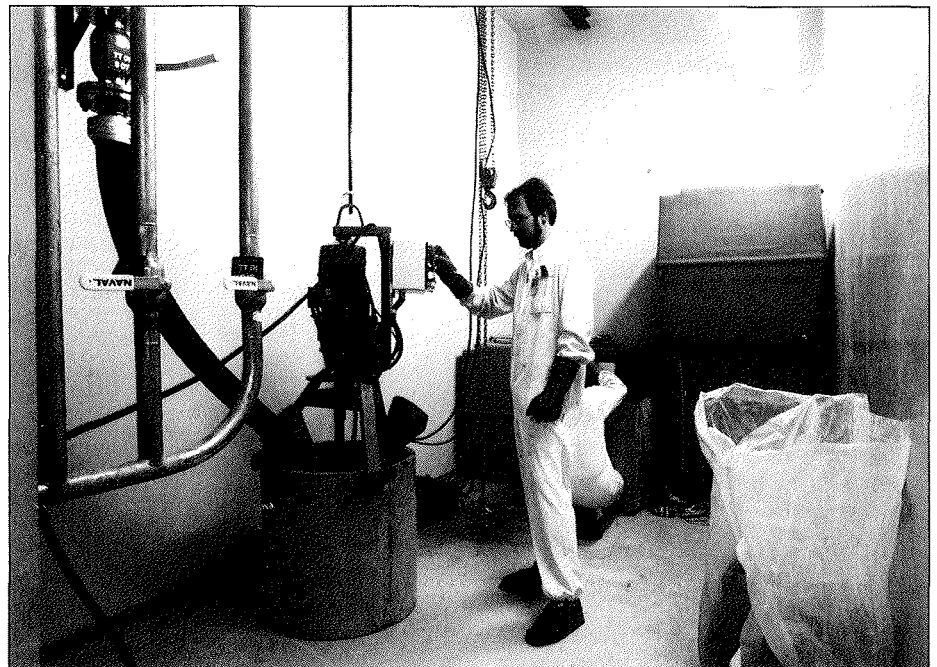
Koulutustarveselvityksessä on arvioitu ydinenergia-alan koulutuksen nykytilannetta ja kehitystarvetta lähivuosia silmäläpäitän. Lähtökohtana on ollut nykyisten ydinvoimalaitosten käytön aiheuttama henkilöstötarve. Lisäksi on lähdetty siitä, että valmius uusien ydinvoimalaitosten tilaamiseen tulee edelleen säilyttää. Päähuomio on kiinnitetty korkeakoulutason

*Jorma Aurela,  
Hannu Härkönen ja  
Ari Ipatti, IVO*

## **Loviisan puolimittakaavainen kiinteytyskoe käyntiin**

*IVO on tutkinut nestemäisten jätteiden kiinteyttämistä betoniin jo vuodesta 1979 lähtien. Betonoitujen jätteiden ominaisuuksia on toistaiseksi tutkittu vain pienillä koekappaleilla laboratorio-olosuhteissa. Tutkimusmahdollisuuksien parantamiseksi IVO on rakentanut Loviisan voimalaitokselle laitteen, jonka avulla on mahdollista simuloida betonikiinteytystä mittakaavassa 1:2. Ensimmäiset puolimittakaavaiset astiat täytettäisiin betonoidulla ioninvaihtohartsilla kesäkuussa 1987.*

Loviisan voimalaitoksen nestemäisten jätteiden huollossa otettiin askel betonikiinteytyksen suuntaan vuonna 1979, kun perustettiin LOKI-projekti. Tavoitteena oli



*Laitteisto koekäytössä ennen kiinteytystä. Kuvan keskellä näkyvät betoniasiat ja sekoituslaitteisto ja kuvan yläreunassa annostelusäiliö, josta kiinteytettävä hartsia lasketaan betoniasiaan.*



erikoiskoulutukseen, koska mahdolliset ongelmat tällä tasolla vaativat erityisen aikaista puuttumista asioihin.

Alan koulutuspaikkojen ja opetusvirkojen määrän katsotaan sinänsä hyvin vastaavan tulevaisuuden tarpeita. Perusongelmana on riittävän opiskelijoiden määrän takaaminen alan erikoiskoulutuksen pääpaikoissa Teknillisen korkeakoulun teknillisen fysiikan laitoksella ja Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun energiatekniikan osastolla. Nyt on etsittävä erilaisia keinoja, joilla voidaan luoda kiinnostusta alalla työskentelyyn ja luotamusta alan tulevaisuuteen.

Ensisijaisen tärkeänä pidetään, että korkeakouluilla on oma ydinenergia-alan tutkimustoimintaa. Tässä suhteessa tilanne erityisesti Teknillisessä korkeakoulussa vaatii kohentamista, sillä nykymuotoinen yhteistyö VTT:n reaktori- ja ydinvoimatekniikan laboratorioden kanssa jää opiskelijoille liian etäiseksi. Tutkimustoiminnan tulisi olla riittävän pitkäjänteistä, sen tulee tarjota kiinnostuksen kohteita sekä teoreettiseen että kokeelliseen työhön suuntautuneille ja sillä tulee olla riittävästi liittymäkohtia muihin modernin tekniikan alueihin. Lisää voimavaroja tarvitaan tutkimusta tukevien laitteistojen hankintaan. Tutkimuksen tulosten hyödyn-

saan betonointiin perustuva kiinteytyslaitos. Suunnitelmat valmistuivat vuonna 1981 ja laitokselle saatiin säteilyturvakeskuksen hyväksyntä ja Loviisan kaupungin rakennuslupa. Nestemäisten jätteiden kertyminen Loviisan voimalaitoksella on kuitenkin viime vuosina ollut niin vähäistä, ettei kiinteytyslaitosta ole toistaiseksi tarvinnut rakentaa. Päävaihtoehdon, betonoinnin rinnalla onkin seurattu jatkuvasti myös muiden kiinteytysmenetelmien kehitystä.

Betonoitujen jätteiden ominaisuuksiin liittyvää tutkimusta on kuitenkin jatkettu kaiken aikaa. Tavoitteena on ollut selvittää jätetuotteiden käyttäytymistä loppusijoitusolosuhteissa. Tähän saakka tutkimukset on tehty laboratoriotiloissa käyttäen pieniä koekappaleita. Paremman kuvan saamiseksi todellisen betonoidun jätteen ominaisuuksista IVO päätti vuonna 1985 rakentaa Loviisaan laitteiston, jonka avulla voidaan kiinteyttää käytettyjä ionivaihtohartseja puolimittakaavaisiin betoniastioihin.

#### **Koelaitteiston suunnittelu ja rakentaminen**

Koelaitoksen suunnittelussa lähdettiin alusta alkaen liikkeelle mittakaavasta 1:2. Suunnitellun täysikokoisen, betonista valmistetun kiinteytysastian halkaisija ja korkeus ovat 1.3 m ja paino täyteen valettuna yli neljä tonnia. Näin suurten kappaleiden käsittely koetarkoituksessa olisi ollut tarpeettoman hankalaa. Koska tutkimusten pääpaino on kiinteytystuotteen fysikaalis-kemiallisissa olosuhteissa, voidaan samat tulokset saavuttaa puolimittakaavaisillakin koekappaleilla.

tämismahdollisuudet paranevat, jos korkeakoulujen tutkimusprojektit liittyvät osina laajempiin eri osapuolten tutkimusohjelmiin.

Korkeakoulujen tutkimustoiminnan kehittäminen ja ylläpitäminen voi perustua vain korkeakoulujen omasta piiristä tuleviin tutkimusaloitteisiin. Rahoittajien, erityisesti kauppa- ja teollisuusministeriön, tulee rahoituspäätöksiä tehdessään ottaa vakavasti huomioon korkeakoulujen tutkimustoiminnan jatkuvuuden tärkeys ja tutkimusten merkitys koulutuksen kannalta. Myös korkeakoulujen ja muiden tutkimusorganisaatioiden välisessä yhteistyössä on pyrittävä jatkuvuuteen ja pitkäjänteisyyteen.

#### **Opiskelijat saatava tutustumaan alaan**

Kyllin aikaisessa vaiheessa on kiinnitettävä huomiota opiskelijoiden tutustumiseen alan käytännön työskentelyyn. Tutkimuslaitosten lisäksi voimayhtiöiden ja Säteilyturvakeskuksen tulee osaltaan pitää huoli kesäharjoittelupaikkojen saatavuudesta ja myöhemmin mielekkäiden opin- näytetyömahdollisuuksien tarjoamisesta.

#### **Jatkokoulutuksella ylläpidetään pätevyyttä ja innostusta**

Jatko-opiskelumahdollisuuksilla on merkitystä sekä henkilökohtaisen pätevyi-

Koelaitteisto rakennettiin Loviisan nestemäisten jätteiden varastoon. Laitteiston suunnittelussa oli keskeinen kysymys hartsin siirto varastosäiliöstä kiinteytyspaikalle rakennuksen pohjakerrokseen. Varaston olemassa olevat tyhjennyslinjat eivät soveltuneet koetoinnassa käytettäväksi.

Hartsilietteen siirto toteutettiin vesiejektorien avulla. Imuletkun pituutta säätämällä voidaan säiliöstä pumpata hartsia halutulta syvyydeltä. Hartsiliete siirretään putkilinjaa pitkin sekoitussäiliöön, jossa se sekoitetaan homogeeniseksi ennen pumppausta annostelusäiliöön. Annostelusäiliöstä voidaan laskea painovoimaisesti haluttu määrä jätettä kiinteytysastiaan. Laitteiston asennustyöt suoritettiin kevään 1987 aikana.

Toisen keskeisen osan kiinteytyskokeen valmistelussa muodosti puolimittakaavaisen kiinteytysastioiden valaminen ja sekoituslaitteiston rakentaminen. Nämä työt tehtiin IVO:n betoni- ja maalaboratoriossa Myyrmäessä.

Puolimittakaavaisen kiinteytysastian ulkohalkaisija ja korkeus ovat 65 cm, ja astian tilavuus on noin 120 l. Kiinteytystuotteen paisumisen aiheuttaman kuormituksen pienentämiseksi astian sisäseinämät ja pohja on vuorattu 6 mm:n polyeteenimuovilla. Astian kansirakenne muodostuu roiskelevystä, rauditusverkosta ja niiden päälle valettavasta betonikannesta.

Sekoituslaitteisto koostuu 2.2 kW:n sähkömoottorista ja kertakäyttöisestä sekoitusiivikosta. Laitteisto kiinnitetään se-

misen että alan yleisen houkuttelevuuden kannalta. Työnantajat voivat tukea jatko-opiskelua vapauttamalla työntekijöitä sopivaksi ajaksi osittain tai kokonaan palkalliselle opintovapaalle. Kyseen voisi tulla myös suora tuki stipendien muodossa.

Kotimaisten jatko-opintojen lisäksi tulisi tukea osallistumista ulkomaisiin tutkimusprojekteihin ja jatkokoulutusohjelmiin. Tämä on tärkeää myös Suomen ydinenergiaohjelmalle keskeisten kansainvälisten yhteyksien ylläpitämiseksi. On pidettävä huolta siitä, että jatko-opinnot tai työskentely ulkomailla nähdään osaksi luonnollista kehitystä, joka nopeuttaa Suomeen palaamisen jälkeen etenemistä alan tehtävissä.

Työpaikoilla tulisi kiinnittää huomiota työtehtävien pitämiseen riittävän haasteellisinä ja monipuolisina. Työtehtävien kierrätys voi olla yksi keino tämän toteuttamiseen. Samalla lisätään henkilöstön joustavuutta siirtyä tarpeen vaatiessa tehtävästä toiseen. □

*Selvityksen kopioita saa VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorioden (PL 169, 00181 Helsinki, puh. 648 931) sekä KTM:n energiaosaston atomitoimistosta (PL 37, 00131 Helsinki, puh. 1605 232).*

koituksen ajaksi kolmen tukijalan avulla kiinteytysastian yläreunaan.

#### **Koekappaleiden valmistus**

Tiukan aikataulun vuoksi laitteiston koekäyttöön jäi hyvin vähän aikaa, mutta rutinoituneen käyttöhenkilökunnan voimin toiminta sujui suuremmita kommeluksitta. Ohjelman mukaisesti ionivaihtohartseja kiinteytettiin kolmeen puolimittakaavaiseen betoniastiaan, minkä lisäksi valettiin 33 pientä laboratoriokoekappaleita. Betoni valmistettiin vuosien tutkimus- ja kehitystyön tuloksena kehitettyjä seossuhteita käyttäen. Oikean koostumuksen varmistamiseksi kiinteyttävän hartsiseoksen ominaispaino ja booripitoisuus mitattiin ennen kiinteytyskokeiden alkua. Osa laboratoriokoekappaleiden valmistukseen käytetyistä hartseista leimattiin Sr-85:llä strontiumin eluutio-ominaisuuksien tutkimiseksi.

Betonin kovettuessa tapahtuvan lämmönkehityksen seuraamiseksi puolimittakaavaiset betoniastiat varustettiin lämpötilantureilla. Astioita säilytettiin Loviisassa yksi viikko huoneen lämpötilassa ennen kannen valamista. Tänä aikana kiinteytystuotteen lämpötila kohosi enimmillään noin 60°C:een.

#### **Jatkotoimenpiteet**

Kiinteytetyt koekappaleita käytetään tutkimuksissa, joilla selvitetään betonoidun jätteen käyttämistä pitkäaikaisessa vesisäilytyksessä. Kokeita on tarkoitus jatkaa vähintään viisi vuotta.

Kiinteytystuotteen ja kansivalujen koveuttua puolimittakaavaiset betoniastiat

# Energiatalous vuoden 1988 budjettiesityksessä

**Valtion vuoden 1988 tulo- ja menoarvioesityksen momentilla 32.55 on energiatalouteen varattu yhteensä 182 Mmk. Tämä on yli 10 Mmk vähemmän kuin vastaava määräraha vuonna 1987. Tämän suoran rahoituksen lisäksi valtio edistää ja kehittää Suomen energiataloutta epäsuorasti esimerkiksi VTT:n oma-aloitteisen energiaturkimuksen kautta.**

Kauko- ja aluelämpökeskuksille suunnattu avustus poistetaan esityksen mukaan budjetista, mikä merkitsee 20 Mmk vähennystä, ja selittää määrärahan pienentymisen. Merkittävästi kasvavat erilaiset investointiavustukset ja investointien korotukset. Energiahuollon ja -talouden tutkimuksen ja koetoiminnan määrärahat

asetetaan 1000 l:n lasikuitusäiliöihin, jotka täytetään Loviisan kalliopohjavedellä. Vedestä otetaan määrääjain näyttöitä, joista mitataan veteen mahdollisesti vapautuneiden radioaktiivisten aineiden määrä. Aika ajoon kiinteytysasiat nostetaan vedestä, mitataan, punnitaan ja valokuvataan.

Puolimitakaavaisten kiinteytysastioiden säilyvyyskokeet tehdään Loviisan voimalaitoksella. VTT:n reaktorilaboratorio suorittaa vastaavat eluutiokokeet pienillä koekappaleilla.

Nestemäisten jätteiden kiinteytystä betoniin on tutkittu useimmissa merkittävässä ydinenergiamaissa. Kansainvälinen Atomienergiajärjestö IAEA on käynnistänyt runsas vuosi sitten monivuotisen tutkimusohjelman "Evaluation of Low- and Intermediate-Level Radioactive Solidified Waste Forms and Packages". IVO on tarjonnut puolimitakaavaisten betoniastioiden tutkimusta IAEA:n tutkimusohjelman osaprojektiksi.

Kansainvälinen yhteistyöprojekti tarjoaisi hyvät mahdollisuudet tiedonvaihtoon ja erityyppisten kiinteytystuotteiden ominaisuuksien vertailuun. Se varmistaisi osaltaan tarkoituksenmukaisen kiinteytysmenetelmän valinnan Loviisan voimalaitokselle. □

kasvavat markkamääräisesti hieman, mutta pienenevät reaalisesti. Poikkeuksena mainittakoon ydinenergia-alan turvallisuustutkimuksen lievä reaalin kasvu 18 Mmk:sta 19,5 Mmk:an.

Budjetin energiatalousosan johdantokapale kuuluu seuraavasti:

"Energiapolitiikan tavoitteita ovat edelleen energiahuollon varmuuden turvaaminen, säästäväinen käyttö sekä omavaraisuuden nostaminen. Energiaturkimusta ja energiataloudellista koetoimintaa tehostetaan, energian säästön investointeja sekä kotimaisten polttoaineiden tuotannon ja käytön investointeja edistetään ja energiaturkimuksen tuloksista tiedotetaan. Ensi vuosikymmenen sähköhuollon turvaaminen edellyttää voimavarojen suuntaamista sähkön käyttöä tehostavaan ja hajautettua sähköntuotantoa edistävään investointi- ja tutkimustoimintaan."

Seuraavassa on momenteittain esitetty määrärahan suuntaaminen. Suluissa on vuoden 1987 vastaava menoarvio.

## 09. Neuvottelukunnat, 165 000 mk (152 000 mk)

Momentin määräraha on tarkoitettu atomienergianeuvottelukunnan, sähköhuollon neuvottelukunnan ja energiapolitiikan neuvoston kuluihin.

## 21. Eräät energiahuollon tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatoiminnan menot, 73 800 000 mk (72 000 000 mk)

Määräraha käytetään ulkopuolisilta tilattaviin energiataloudellisiin tutkimuksiin ja energiatalouden suunnittelua palveleviin selvityksiin sekä ydinenergiaa koskevaan tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatyöhön. Sillä voidaan myös maksaa kansainvälisen yhteistyön kustannuksia.

Käyttösuunnitelma:	mk
Energian käytön ja säästön tutkimus .....	20 000 000
Energiantuotanto kotimaisilla ja muilla polttoaineilla sekä tuotannon ympäristövaikutukset .	30 000 000
Energiatalouden suunnitteluun liittyvät selvitykset .....	3 100 000
Ydinenergia-alan turvallisuus- ja muu tutkimus, suunnittelu ja valvonta .....	19 500 000
Energiahuollon tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatoimintaan liittyvät matkat ja muut menot .	1 200 000
<b>Yhteensä</b>	<b>73 800 000</b>

## 27. Energiatiedotus ja neuvontatoiminta, 6 000 000 mk (7 050 000 mk)

Määräraha käytetään energian tehokkaan käytön edistämiseen, kotimaisen energiataloutannon ja käytön lisäämiseen sekä muuhun energiatalouteen liittyvään tiedotus-, neuvonta- ja koulutustoimintaan. Sillä voidaan myös maksaa kansainvälisten tietokantojen ylläpidosta ja kansainvälisiin tiedotusprojekteihin osallistumisesta aiheutuvia menoja.

## 40. Investointiavustukset kotimaisen energiataloutannon ja energiansäästön edistämiseen, 50 000 000 mk (40 000 000 mk)

Määrärahasta voidaan antaa investointiavustuksia kotimaisia polttoaineita käyttäville energiatalouttolaitoksille, vesitön ja maaperän lämpöä hyödyntäville energiatalouttolaitoksille, tuulta tai aurinkoa hyödyntäville energiatalouttolaitoksille sekä yritysten energiansäästöinvestointeihin ja jätelämmön talteenottoon liittyviin muutostöihin.

## 41. Avustukset maaseudun sähköistämiseen, 12 000 000 mk (17 000 000 mk)

Määrärahaa käytetään avustuksina maaseudun uudissähköistykseen, syöttöjohtojen ja -asemien rakentamiseen sekä sähkölaitosten yhtymisestä aiheutuvien verkostojärjestelyjen toteuttamiseen.

## 42. Avustukset energiataloudellisen tutkimuksen ja koetoiminnan edistämiseen, 30 500 000 mk (29 000 000 mk)

Määrärahaa käytetään avustuksina energiataloudellisiin tutkimuksiin ja koetoimintahankkeisiin sekä ydinenergia-alan teknologiseen kehitystoimintaan. Sillä voidaan myös rahoittaa kansainvälisen yhteistoiminnan kustannuksia.

Käyttösuunnitelma:	mk
Energian käyttö ja säästö .....	12 500 000
Energiantuotanto kotimaisilla ja muilla polttoaineilla sekä tuotannon ympäristövaikutukset .....	18 000 000
<b>Yhteensä</b>	<b>30 500 000</b>

## 45. Energiansäästöinvestointien, kotimaisten polttoaineiden tuotanto- ja käyttöinvestointien sekä maakaasun jakelu- ja käyttöinvestointien korkotuki, 8 500 000 mk (6 000 000 mk)

Määräraha käytetään otsikossa mainittujen investointien lainoituksen korkotukeen. Korkohyvityksen määrä on neljän ensimmäisen lainavuoden aikana 4 % hyväksytyyn korkotukilainaan määrästä ja 5—8 lainavuosien aikana 2 %. Tämän jälkeen korkotukea ei makseta.

## 46. Avustukset turve- ja puuraaka-ainevarojen hyväksikäytön edistämiseen, 1 000 000 mk (1 000 000 mk)

Määräraha käytetään avustuksina turve- ja puualan yhteisöjen toiminnan tukemiseen, raaka-ainevarojen hyötykäyttöön liittyvään tiedotus-, tutkimus- ja koetoimintaan sekä alan kansainvälisen yhteistyön rahoittamiseen. □

Eero Patrakka, TVO  
Heikki Raumolin, PEVO  
Klaus Sjöblom, IVO

## 7th IAEA Conference on Nuclear Power Performance and Safety

*Syys-lokakuun vaihteessa Wienissä järjestettiin IAEA:n konferenssi aiheesta Nuclear Power Performance and Safety. Tämä oli järjestyksessään seitsemäs YK:n/IAEA:n järjestämä konferenssi. Aikaisemmat on pidetty Genevessä vuosina 1958, 1964 ja 1961 sekä Salzburgissa vuonna 1977 ja vuonna 1982 Wienissä.*

Konferenssin teemana olivat ydinvoiman näkymät lähitulevaisuudessa, ydinvoiman taloudellisuus, turvallisuus, polttoainekierto, jätehuolto ja kansainvälinen yhteistyö. Ydinenergian perusta todettiin terveeksi: tekniikka hallitaan ja turvallisuus on aina ollut mukana suunnitelmissa ja toteutuksessa. Painopiste on nyt käytössä sekä ihmisessä niin käyttäjänä, päättäjänä kuin myös kansalaisena ja informaation vastaanottajana. Tekniikkaa voidaan kuitenkin vielä kehittää. Ydinvoimalaitosten rakentaminen ei loppu nykyisin rakenteilla oleviin laitoksiin. Sähkönkulutus kasvaa useimmissa maissa edelleen, vaikkakin aikaisempaa hitaampana. 1990-luvulla täytyy jo käynnistää hankkeita vanhempien ydinvoimalaitosten korvaamiseksi.

Wieniin saapui noin 700 osanottajaa 45 maasta. Ohjelmassa oli 200 esitelmää 26 maasta, paneelikeskustelu ym. Seuraavassa on esitetty poimintoja konferenssista; /\*\*/-numerot viittaavat esitelmien IAEA-CN-48/\*\*-numeroihin. Proceedings of the Conference ilmestyy huhtikuussa 1988 neljänä osana: Nuclear Power Planning and Performance, Nuclear Power Safety, Nuclear Fuel Cycle ja Index Volume. Suomesta oli mukana 20 osanottajaa, joista puolet matkusti ATS:n edullisella ryhmälennolla. Suomesta oli seitsemän esitelmää:

- Deterministic versus Probabilistic Based Safety and Licensing Decisions with Particular Emphasis on Severe Low Probability Events (Vuorinen, Eurola, Virolainen) /34/.
- Plant Specific Reliability and Human Data Analysis for Safety Assessment (Jänkälä, Vaurio, Vuorio) /78/.
- Replacement of Process Computers and Upgrading of Training Simulator at Loviisa Nuclear Power Station (Rinttilä) /80/.
- Developing Safety at Loviisa Nuclear Power Station (Sjöblom) /81/.
- Verification of Fuel Performance at High Burnup — A Utility Viewpoint (Patrikka) /83/.
- Flexible Policy on the Nuclear Fuel Cycle (Mikkola, Silvennoinen) /84/.
- Thoughts on how to Maintain

Organizational Effectiveness at a Nuclear Power Plant (VTT:n Wahlström ja Laakso sekä IVO:n Tamminen) /85/.

### Energian tuotanto ja kysyntä

Energian ja sähkönkäyttö on jakautunut epätasaisesti teollisuus- ja kehitysmaiden kesken: kehitysmaissa asuu 76 % maapallon väestöstä, mutta niiden osuus energiankulutuksesta on vain 28 %, esim. USA:n väkiluku on 5 % maapallon väestöstä, mutta osuus energiankulutuksesta on 23 %. Maailman kumulatiivisen energian kulutuksen vuoteen 2030 mennessä arvioidaan olevan 60 % varmoista uusiutumattomista energiavaroista /1/.

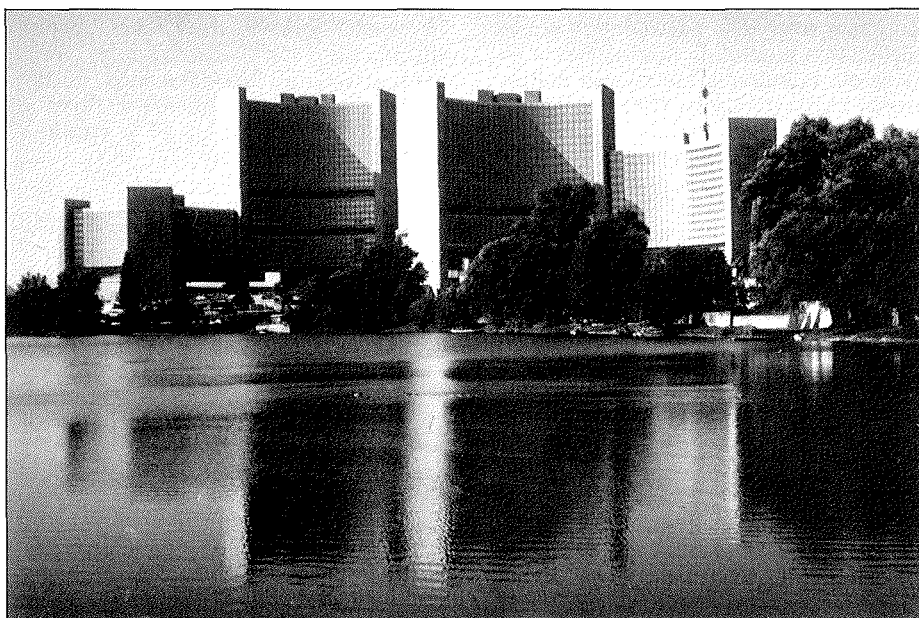
Vesi-, hiili- ja ydinvoima tulevat säilymään vielä toistaiseksi pääasiallisina sähköntuotantomuotoina. Sähkön osuus energian tuotannosta voi nousta teollisuusmaissa 33→45 % ja kehitysmaissa 19→35 % vuoteen 2030 mennessä. Sähkön kulutus asukasta kohden on Ruotsissa 80 kertaa suurempi kuin Intiassa. Vuonna 2030 sähkön tuotanto voi olla yhteensä 30 000 TWh, josta 16 000 TWh kehitysmaissa (merkitsee nykyisen tuotannon kymmenkertaistumista).

Vuonna 1986 ydinvoimalla tuotettiin sähköä 1500 TWh eli 15 % maailman sähköntuotannosta. Reaktorivuotia on kertynyt jo yli 4000. Vuoden 1986 lopussa ydinvoimakapasiteetista oli Pohjois-Amerikassa 35 %, Länsi-Euroopassa 37 %, Itä-Euroopassa 11 %, Japanissa 6 % ja muualla 11 %. Ydinenergian osuus maailman sähkön tuotannosta tulee nousemaan nykyisestä 15 %:sta 20 %:iin vuoteen 2000 mennessä. Ydinvoimakapasiteetin ja -tuotannon IAEA arvioi kasvavan seuraavasti /2/:

Vuosi	Kapasiteetti	Tuotanto	Käyttökerroin
1986	274 GW	1515 TWh	63 %
1990	250 GW	2034 TWh	66 %
1995	407 GW	2493 TWh	70 %
2000	482 GW	3038 TWh	72 %

Maailman ydinvoimalaitosten keskimääräinen käyttökerroin on noussut vuosikymmenen alun 65 %:sta 70,4 %:iin vuonna 1986. IAEA:n pääjohtaja Hans Blixin mukaan oppia tulisi ottaa niistä ydinvoimalaitoksista, joiden käyttökerroin pysyy jatkuvasti yli 80 %:n.

Yhdysvalloissa ei ole vuoden 1978 jälkeen tilattu yhtäkään uutta ydinvoimalaitosta ja kaikki vuoden 1973 jälkeen tilatut on jätetty kesken; silti rakenteilla on vielä monta ydinvoimalaitosta. Pääsyyinä ydin-



Konferenssin ulkoiset puitteet olivat näyttävät.

voimaohjelman taantumiseen pidetään sitä, että sähkön tarpeen kasvu on ollut huomattavasti ennakoitua pienempää, ei niinkään turvallisuus ym. hyväksyttävyysohjelmat.

### Ydinpolttoainekierto

Markkinatalousmaiden uraanivarat (alle 80 USD/kgU) ovat 2,5 MtU. Arvioitu kumulatiivinen tarve vuoteen 2000 asti on 0,7 MtU, mikä edellyttää uusien uraani-kaivosten avaamista. Uraanin hinta saattaa pysyä vakaana 1990-luvun puoliväliin saakka, kuten useimpien fossiilisten polttoaineidenkin, minkä jälkeen on odotettavissa hinnan nousua /43/.

Toiminnassa olevien väkevöintilaitosten kapasiteetti riittää vuosisadan loppuun. Toimittajien osuudet ovat: DOE 47 %, Cogema 38 %, Urenco 9,5 % ja TSE 5,5 % /95/. Urenco on ainoa toimittaja, jolla ei ole ylikapasiteettia /155/. Kilpailu toimittajien kesken on kovaa ja väkevöinti hinnat tullevat laskemaan reaalisesti 1990-luvulla.

Laserin käyttöä väkevöintiin kehitetään USA:ssa: ensimmäiset täysimittaiset koeketot vuonna 1987, prototyyppilaitos vuonna 1992 ja kaupallinen laitos vuonna 1997. USA lienee muutamia vuosia edellä muita maita /155/. USAssa ja Ranskassa lasertekniikan suunnitellaan korvaavan runsaasti sähköä kuluttavat kaasudiffuusiolaitokset /194/.

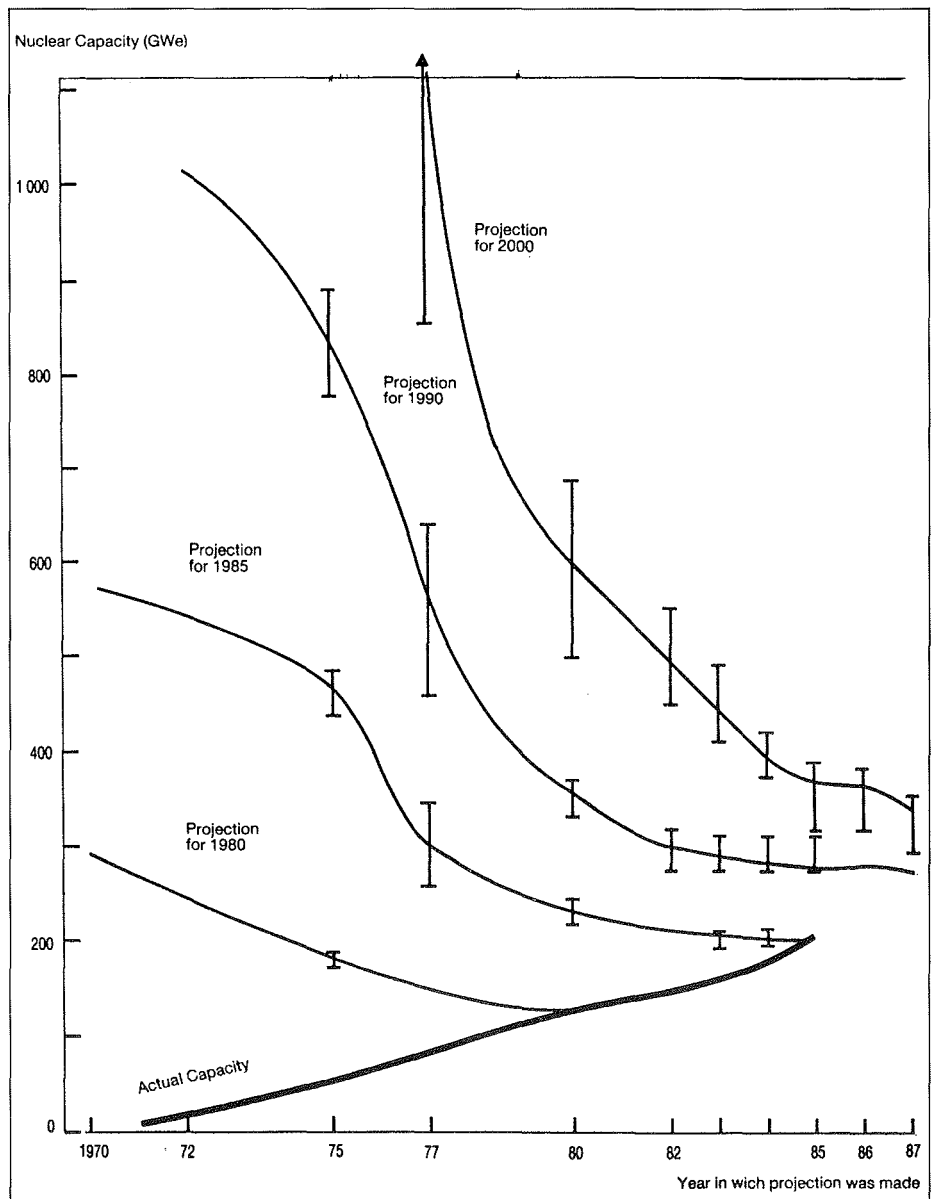
Saksan liittotasavallassa hallituksen teettämässä tutkimuksessa arvioitiin jälleenkäsittelykustannuksiksi 1600 DM/kgU ja suoran loppusijoituksen kustannuksiksi 1100 DM/kgU. Toisaalta jälleenkäsittely voi säästää uraanivaroja n. 35 %. Jälleenkäsittely on koeteltua tekniikkaa, mutta suora loppusijoitus vaatii vielä tutkimista. Vuonna 1985 hallitus päätti, että jälleenkäsittely pidetään etusijalla, mutta suora loppusijoitus toteutetaan erälle polttoainetyypeille /48/.

Neuvostoliitossa suunnitellaan parhaillaan jälleenkäsittelylaitosta, jonka kapasiteettiä tulee 1500 tU/a. Se riittää VVER-1000 -reaktoreiden polttoaineen (sekä Neuvostoliitosta että muista maista) jälleenkäsittelyyn. Toistaiseksi hyötyreaktoreiden tarvitsema jälleenkäsittely tehdään pienemmässä koelaitoksessa /245/.

Cogema ja Belgonucleaire ovat perustaneet COMMOX-yhtiön, joka myy MOX-polttoainetta; sekä Ranskaan että Belgiaan suunnitellaan MOX-polttoainetehdasta.

Kiinassa on ollut kaksi pientä jälleenkäsittelylaitosta toiminnassa 20 vuotta. Nyt on päätetty rakentaa "multi-purpose" - jälleenkäsittelylaitos 1990-luvun puoliväliin mennessä ja suuri kaupallinen jälleenkäsittelylaitos ensi vuosisadan alussa /291/.

Amerikkalaisten korkeapalamaohjelmista saadut kokemukset vahvistavat, että palamataso 45 MWd/kgU on täysin turvallinen nykyisillä polttoainekonstruktiolla.



OECD maiden suunniteltu ydinvoimakapasiteetti vuosina 1980, -85, -90 ja 2000 verrattuna suunnitelluajankohtaan sekä toteutunut kapasiteetti.

Kuorman seurannan käyttöönotto ei ole edellyttänyt muutoksia polttoaineessa eikä se ole vaikuttanut haitallisesti polttoaineen käyttäytymiseen /190/.

EdF:n käyttökokemukset osoittavat, että kuorman seurannan laajamittainen käyttö ei ole lisännyt polttoainevaurioita. Fragma suunnittelee polttoainekonstruktiota, joka kestää palaman 60 MWd/kg/U asti. Tähän tarvitaan mm. uusi suojakuoren valmistusmenetelmä, tabletin mikrorakenteen säätö ja sauvan kaasutilan lisäys /46/.

### Tshernobyli

Neuvostoliittolaiset esittivät useita mielikiintoisia esitelmiä sekä uuden videofilmin Tshernobylin onnettomuudesta ja sen seurauksista sekä jatkotoimenpiteistä: säteilyannokset ja suojautumistoiimenpiteet /33/, onnettomuuden syyt, kulku ja seuraukset sekä opetukset ja jatkotoimenpiteet /63/, vaurioituneen laitosesikön peittäminen /253/, dekontaminointi ja sen vaikutukset /263/.

Neuvostoliittolainen arvio Tshernobylin aiheuttamista säteilyannoksista Neuvostoliiton alueella oli 326 000 manSv, mistä 60 % tulee ulkoisena gamma-säteilynä maanpintalaskemasta ja 40 % ruoan kautta, tarkemmin /33/:

Aiheutumistie	I-131	Cs-134	Cs-137	Yhteensä
Gamma-säteily pilvestä				1 %
Hengitysansios	1 %	0 %	0 %	1 %
Gamma-säteily laskeumasta	12 %	6 %	42 %	60 %
Ravinnon kautta	2 %	7 %	29 %	38 %
Yhteensä	15 %	13 %	71 %	100 %

Kesiumin vapautumisosuudeksi arvioitiin 10 % sydämen sisällöstä.

Suojaväestön toimenpidetasona pidettiin kokokehoannosta 0,25/0,75 Sv (Suomessa 0,1 Sv) ja kilpirauhasannosta 0,25/2,5 Sv. Väestölle on jaettu yhteensä 5,4 miljoonaa joditablettia ja kokokehommittauk-

sia on suoritettu 300 000. Puhdistustoimenpiteillä on vähennetty ulkoisia säteilyannoksia tekijällä 2...3; ravintoaineiden säteilyn rajoituksilla on vähennetty sisäisiä säteilyannoksia tekijällä 10...20 /33/. Ravinnon kesiumpitoisuuksia pyritään vähentämään mm. kaliumpitoisilla lannoitteilla.

Ravintoaineiden käyttörajoitukset laskeaan toimenpidetasosta 50 mSv/vuosi. Laskujen arvioitiin olevan konservatiivisia tekijällä 10. Maidon hylkäämisen johdetut toimenpidetasot ovat 3700 Bq/l (I-131) ja 370 Bq/l (Cs-137) /129/. Suomessa vastaavat johdetut toimenpidetasot ovat 2000 ja 1000 Bq/l.

DoE:n julkaisemassa raportissa DOE/ER-0332 arvioidaan Tshernobylin onnettomuuden aiheuttavan 50 vuoden kuluessa seuraavat keskimääräiset henkilökohtaiset ja kollektiiviset säteilyannokset:

Euroopanpuoleinen N-liitto	6 mGy	470 000 manGy
Aasianpuoleinen N-liitto		110 000 manGy
Muu Eurooppa	1 mGy	580 000 manGy
Muu Aasia	0,01 mGy	27 000 manGy
Yhdysvallat	0,005 mGy	1 100 manGy
Pohjoinen pallonpuolisko		1 200 000 manGy

Näistä annoksista noin puolet on saatu jo ensimmäisenä vuonna onnettomuuden jälkeen. Em. arvioissa ei ole otettu huomioon suojaustoimenpiteiden vaikutuksia. Suojaustoimenpiteiden arvioidaan vähentäneen ensimmäisen vuoden aikana kollektiivista säteilyannosta 1...50 %, (keskimäärin 25 %). Tshernobylin onnettomuuden aiheuttamat säteilyannokset

mat 50 vuoden aikana arvioitiin seuraavasti (suluissa syöpäkuolemat yhteensä):

Suojaväestetty väestö	410	(17 000)
Euroopanpuoleinen N-liitto	11 000	(9 milj.)
Aasianpuoleinen N-liitto	2 500	(28 milj.)
Muu Eurooppa	13 000	(72 milj.)
Muu Aasia	600	(450 milj.)
Yhdysvallat	20	(41 milj.)

Pohjoinen pallonpuolisko 28 000 (600 milj.)

Edellä esitettyjä lukuja voidaan verrata myös ydinasekokeiden aiheuttamaan 100 000 syöpäkuolemaan. Tshernobylin vaikutukset peittyvät muihin terveysriskeihin. Kuitenkin aivan Tshernobylin lähellä olleesta väestöstä, josta 24 000 sai noin 43 Gy annoksen, voitaisiin epidemiologisilla tutkimuksilla erottaa Tshernobylin onnettomuuden vaikutus leukemiatapauksiin /273/, /274/.

Tshernobylin onnettomuuden vuoksi kaikilla RBMK-reaktoreilla osa säätösauvoista laskettiin 1,2 m reaktorisydämeen, mikä laski tehoa 10...15 %. Nyt on polttoaineen väkevöintiä nostettu, absorbaattoreiden määrää lisätty ja säätösauvoja pidennetty; näiden muutosten perusteella säätösauvat voidaan vetää kokonaisuudessaan reaktorista /63/. Suunnitelmissa on ottaa näytteitä Tshernobyl 4:n sydäimestä. Tshernobyl 3:n käynnistämiseen tähdätään edelleen, vaikkakaan aikataulua ei ilmoitettu.

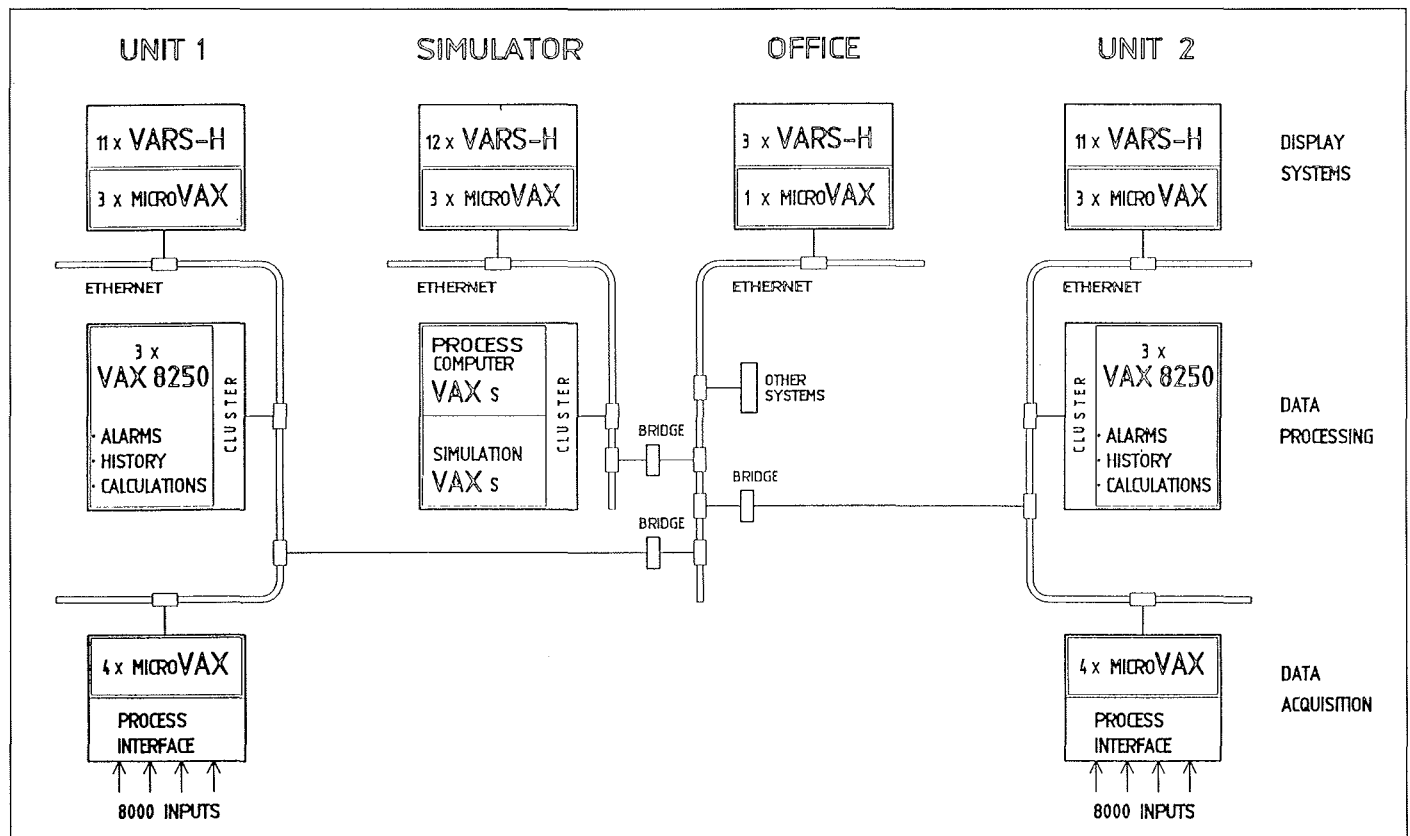
#### Vakavat reaktorionnettomuudet

IAEA:n International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG), jonka puheenjohtajana toimii Antti Vuorinen, on laatinut ensimmäisen raporttinsa Tshernobylin onnettomuuden ja toisten vakavien

LWR-onnettomuuksien päästöermistä. Raportissa ei mainita aiemmin tiedostamattomia päästötermin kannalta tärkeitä ilmiöitä. Höyryrajähdystä ei pidetä merkittävänä riskitekijänä. Monilla laitoksilla suojarakennukset kestävät suunniteltua huomattavasti paremmin. Päästötermit ovat pitkälle laitoskohtaisia /38/.

New York Power Authorityn Shorehamin voimalaitoksen käyttöönotto on viivästynyt pitkään ja se toimii vieläkin rajoitetulla teholla, koska ympäristön viranomaiset ovat olleet vastahakoisia osallistamaan onnettomuuksien varalta tarvittavien suojaväestön ja muiden pelastusjärjestelyjen suunnitteluun. Niinpä yhtiön edustaja mielellään esitti (NRC:n!) tutkimuksen tulokset, joiden mukaan säteilyn aiheuttamien varhaiskuolemien oletusarvo on 25000 kertaa suurempi silloin kun koko väestö 16 km etäisyydellä suojaväestetään kuin silloin kun väestö suojautuu sisätiloihin suojaväestö kohdistuu vain kaapean ja lyhyempään sektoriin leviämisen suunnassa /286/. Trikki tuntuu olevan siinä, että tarkastelu kohdistuu varhaisvaikutuksiin, vaikka myöhäisvaikutukset muodostanevat valtaosan riskistä, "massiiviseen suojaväestöön" ei ole yhdistetty suojautumista ja että tarkasteltavan päästön sekä suojaväestön ajoitus on valittu "sopivasti".

Länsi-Euroopassa onnettomuusanalyysiin käytettäviä leviämislaskentamenetelmiä on verrattu benchmark-tutkimuksessa. johon myös Suomi (STUK) on osallistunut. Leviämisolosuhteita koskevissa oletuksissa on ollut merkittäviä eroja; laskentamallit sen sijaan ovat olleet



Loviisan rakenteilla oleva prosessi- ja simulaattoritietokonelaitteisto /80/.

pitkälle samantyyppiset. Kaikissa vertailuun osallistuneissa malleissa käytettiin Gaussimaista leviämisyakautumaa, vaikka asiantuntijat tietävät, että diffuusioyhtälö antaa oikeammat tulokset /86/.

Onnettomuusanalyysien ja riskitutkimusten käytettävien laskentaohjelmien rinnalle kehitetään reaaliaikaisia ympäristöarvostusten laskentaohjelmia; onnettomuustilanteessa kauempana laitoksesta toimenpiteet pohjautuvat enemmän mitattuihin kuin laskettuihin arvoihin. Reaaliaikaiset laskentaohjelmat tulisi pyrkiä tekemään suhteellisen yksinkertaisiksi /201/.

Ruotsissa projektit FILTRA (filtered venting) sekä RAMA (Reactor Accident Mitigation Analysis) I ja II on saatu päätökseen; toteutukset laitoksilla, mm. suojarakennuksen ulospuhallusjärjestelmä ja erillinen dieselkäyttöinen suojarakennuksen ruiskutuspumppu, tehdään vuonna 1988. RAMA III on käynnistymässä /67/. Reaktorisydämen suoran lämmityksen ei katsota uhkaavan suojarakennuksen tiiveyttä. Hallitus on määrännyt cesiumin onnettomuuspäästölle ylärajaksi 0,06 % sydämen sisällöstä /114/.

#### Turvallisuusarvot

Todennäköisyyspohjaisten riskitutkimusten tilanneraportti Reactor Risk Reference Document NUREG-1150 on laajalla kommenttikierroksella voimayhtiöissä, tutkimuslaitoksissa ym. Kesällä 1988 julkaistiin tästä seuraava versio. Mitään radikaalia ei ole odotettavissa. Vakavien reaktorionnettomuuksien varalta ei useimmiten tarvitse ryhtyä uusiin varotoimiin /283/.

Neuvostoliittolaisen Kurchatov-instituutin johtaja Legasovin paperissa /15/ sanottiin, että tiedemiehet ovat arvioineet VVER-reaktorin sydämen sulamistodennäköisyydeksi  $10^{-4}$ /reaktorivuosi. Vuoden 2000 jälkeen rakennettavien ydinvoimalaitosten turvallisuustaso on selvästi korkeampi: arvioitu sydämensulamisriski on luokkaa  $10^{-6}$ . Valmiuksia riskitutkimuksiin hankitaan. Neuvostoliitossa kehitetään järjestelmää komponenttivilkatioiden ja inhimillisten virheiden tallentamiseksi /249P/. Myöhemmin Sidorenko sanoi, että kvalitatiivisia PSA-tutkimuksia tehdään vanhimille VVER-laitoksille (Novovoronezh 1 ja 2) ja tämän jälkeen maanjäristysriskialueella sijaitsevalle Armenian laitokselle. Abagyan jatkoi, että kvantitatiiviset PRAt aloitetaan kahden vuoden kulussa aloittaen kunkin laitospaikan vanhimasta yksiköstä; eniten prioriteettia annetaan RBMK-laitosten PRA-tutkimuksille (Nuc. Week Oct.8).

PSA-tutkimukset ovat nopeasti yleistyneet. Reaktorisydämen sydämensulamisriski pystytään arvioimaan jo noin dekadin tarkkuudella. Päästöriskin arviointi on jo huomattavasti vaikeampaa. Tärkeimmät menetelmäkehityskohteet ovat inhimilliset virheet, yhteisviat ja suojarakennuksen käyttäytyminen /161/, /283/.

#### Käyttö

Tähän mennessä IAEA on tehnyt 21 Operational Safety Review Team -tarkastusta (OSART), mm. Neuvostoliitossa, Tshekkoslovakiasa ja Unkarissa. OSART-toiminta on luonteeltaan konsulttitoimintaa, mitä ei aina ole ymmärretty.

IAEA järjesti kesäkuussa symposiumin "Safety Aspects of the Ageing and Maintenance of Nuclear Power Plants", josta esitettiin yhteenveto /42/.

Kanadassa Ontario Hydrolla ydinvoimalaitoksilla työskentelevien säteilyannokset ovat pienentyneet huomattavasti ja ovat nyt noin 1,3 manSv/a/laitosyksikkö. Päätoimisten säteilyvalvojen sijasta ponnostetaan työntekijöiden säteilysuojelukoulutukseen. Poikkeuksena CANDU-yksiköiden erinomaisista käyttökertoimista ovat Pickering 1 ja 2, joissa jouduttiin paineputkien vaihdon vuoksi 56 kk seisokkiin. Ydinvoiman taloudellisen edullisuuden hiileen verrattuna arvioidaan kasvavan Kanadassakin /5/.

Saksan liittotasavallassa myös viranomaisilla on omat jatkuvatoimiset jalokaasu- ja jodipäästömittaukset ydinvoimalaitoksilla /66/.

KWU on kehittänyt reaktoripaineastian ultraäänitarkastusmenettelyä siten, että tarkastukseen tarvittava aika on vähentynyt 16:sta päivästä viiteen päivään ja säteilyannokset ovat pienentyneet puoleen /137/.

Ranskassa PWR-laitosten revisioiden suunniteltu pituus on viisi ja seitsemän viikkoa paitsi 1,6,11,... vuotta vanhoille laitosyksiköille kymmenen viikkoa /139/.

Ranskassa viranomaiset ja voimayhtiöt kehrittelevät ydinvoimaloiden turvallisuut-

ta läheisessä yhteistyössä, jopa niin läheisessä, että esitelmän /20/ dioissa toisessa yläkulmassa luki EdF ja toisessa CEA.

INPO on tutkinut inhimillisen toiminnan luotettavuutta laajasti. Arviolta 40 % merkittävistä tapahtumista aiheutuu inhimillisistä virheistä. Yhdysvalloissa koulutussimulaattoreiden määrä on nopeasti kasvanut kymmenestä 70:een /17/.

#### Laitoskonsepteista

Framatomen 900 MW PWR:n belgialaisessa viriossa turvallisuusjärjestelmien redundanssi on, kuten Loviisassa, 2-100 % ja aktiivisten komponenttien osalta 4-100 % /149/.

Neuvostoliittolainen energiainisteri Lukonin sanoi, että kokemustensa perusteella he pitävät mahdollisena VVER-1000 -yksiköiden suunnittelemista ja rakentamista alle viidessä vuodessa.

Yhdysvalloissa DoE:n ja voimayhtiöiden Advanced Light Water Reactor Programissa (ALWR) kehitellään 600 ja 1300 MW BWR- ja PWR-laitoksia mahdollisia 1990-luvun alun laitostilauksia silmällä pitäen. Tavoitteena on yksinkertaistaa rakennetta, suurentaa turvallisuusmarginaaleja, alentaa rakennuskustannuksia, varmistaa lisensioitavuutta. Tavoiteltu rakennusaika on neljä vuotta, käyttökerroin 87 % ja käyttöikä 60 vuotta. Turvajärjestelmien redundanssi on 3-100 %. Reaktorin hätäjäähdytys varmistettaisiin gravitaatioon perustuvalla hätäjäähdytysjärjestelmällä ja luonnonkierrolla, syöttövesijärjestelmää varmistettaisiin passiivisella korkeapaineisella höyrynsyöttöjärjestelmällä ja jälkilämmönsiirtoa passiivisella lauhduttimella /191/, /195/. □

## Sihteerin sana

Tällä ensimmäistä kertaa ilmestyvällä sihteerin palstalla tulen julkaisemaan sellaisia pieniä tiedotuksia, joita ei saa mahtumaan jäsenkirjeisiin ajoituksen tai kustannussyiden vuoksi (joka kopio lähetettynä kaikille yli viidelle sadalle jäsenelle maksaa useita satoja markkoja).

Uusien jäsenten nimet ovatkin eräs asia, joka tulee kuulumaan vakiona tälle palstalle. Ja kun huomaatte jonkin tutun liittyneen jäseneksi, niin jutelkaapa joskus sopivan tilaisuuden tullen ATS:n toiminnasta.

Näin siksi, että vaikka uudelle jäsenelle postitetaan aluksi "paketti" tietoa, jää paljon sellaista auki, josta voi olla hyötyä uudelle tulokkaalle. Lisäksi on selvästi kuukausikokousten osallistujista huomattu, etteivät nuoret jäsenet käy niissä yhtä ahkerasti kuin kauemmin mukana olleet. Ehkä tämä johtuu luulosta, että kokoukset olisivat jotenkin kuivia ja juh-lavia? Näin ei ole, mutta tämäkin asia on joskus opittava tai uskottava.

Mitä muita asioita tulen tässä käsittelemään, on vielä osittain auki, mutta asiaa pohtiessani listaan tähän uudet jäsenet tältä syksyltä:

DI Risto Andsten	(s. 1961)
DI Ilpo Huhtiniemi	(s. 1961)
DI Eero Mattila	(s. 1955)
Ekonomi Pirkko Koskivirta	(s. 1943)
DI Henrik Nordman	(s. 1957)
DI Jussi Moisio	(s. 1954)
Ins. Käthe Sarparanta	(s. 1947)
DI Eija Tienhaara	(s. 1959)
DI Juha Pääkkönen	(s. 1951)
Ins. Rauno Karvinen	(s. 1957)
Ins. Olli Paasikivi	(s. 1961)
DI Esa Unga	(s. 1949)
Ins. Ilkka Sandell	(s. 1935)
DI Erkki Muttilainen	(s. 1955)
FL Veikko Taivassalo	(s. 1958)
Ins. Rainer Albrecht	(s. 1929)
DI Kimmo Juurmaa	(s. 1949)
FM Vesa Ruuska	(s. 1957)

Jorma Aurela



# Lyhyesti maailmalta

**Aihevalinnat ovat Pekka Lehtisen, STUK (p. 616 7274). Palsalla julkaistaan tietoja ydinvoima-alan yleisistä ja turvallisuuteen liittyvistä tapahtumista.**

**Alnor Oy** on saanut tilauksen Saksan liittotasavallan Neckar-westheim-ydinvoimalaitokselle toimitettavasta henkilöstön säteilyannosmittausjärjestelmästä. Järjestelmä on tietokonepohjainen ja siihen kuuluu 900 dosimetriä ja 23 lukijayksikköä. Nuclear Engineering International, August 1987

**Asea-Atom** on esitellyt uuden polttoainetyypin. Se perustuu yhteen polttoainekoteloon sijoitetusta neljästä erillisestä osanipusta SVEA 5x5. Versiot ovat nimeltään SVEA 100 tai SVEA 96, jolloin 5x5 osanipussa on yksi vesisauva. Ohuemmat sauvat antavat polttoainepullelille hyviä käyttöominaisuuksia. Nuclear Engineering International, August 1987

**Bulgarian Kozloduy 5 1000 MW VVER** -yksikön käyttöönotto etenee. Reaktori on tarkoitus tehdä kriittiseksi joulukuussa 1987. Kyseessä on ensimmäinen Neuvostoliiton ulkopuolella käyttöönotettava VVER 1000 -yksikkö. Nuclear Engineering International, 1.10.1987

**Kanadan Ontarion osavaltion väestö luottaa edelleen ydinvoimaan.** Mieliopidimitausten mukaan nykyisten laitosten käytön hyväksyy 50—57 prosenttia väestöstä. Sen sijaan uusien yksiköiden rakentamista kannattaa vain 30—40 prosenttia. Ontario Hydro tuottaa ydinvoimalla noin puolet alueen sähköntarpeesta. Nuclear Engineering International, 24.9.1987

**Neuvostoliiton atomienergiaministeri Nikolai Lukonin ilmoitti JAIF:n kokouksessa 14.—16.5.** että uuden polven VVER-reaktori on kehittyneillä. Sydämen sulamisonnettomuuden vaikutuksia pyritään pienentämään mm. sulaneen sydämen ”kiinni” varmistamisella, järjestelmällä kaasujen ja höyryjen päästön vähentämiseksi ja vedynpolto- tai tuuletusjärjestelmällä. Nuclear Engineering International, July 1987

**Ranskan ydinturvallisuusviranomaisen SCSIN** on kieltänyt Chooz-A PWR 320 MW -yksikön ylösajon johtuen reaktori-paineastian korkeasta haurastumisastees-

ta. Kyseinen 20-vuotias prototyypilaitos on Euroopan toiseksi vanhin kaupallisessa käytössä oleva PWR-yksikkö. Yksikölle on äskettäin tehty mittava 360 miljoonaa frangia maksanut perusparannusohjelma. Haurastumisen nopea kasvu tuli nyt yllätyksenä voimayhtiölle. Nuclear Engineering International, 20.8.1987

**Ruotsin ydinturvallisuusviranomaisen SKI** on määrännyt tarkistettaviksi maan ydinvoimalaitosten vuosihuoltokoestusten turvallisuusohjeet. Määräys johtuu Oskarshamn 3 -yksiköllä 24.7.87 tehdystä virheestä, missä hydraulinen pikasulkujärjestelmä oli kytketty pois päältä, kun alasajettua reaktoria koestettiin. Nuclear Engineering International, 6.8.87

**Ruotsin ASEA-ATOMin** vuonna 1986 valmistuneella maailman nykyaikaisemalla säätösauvatehtaalla Västeråsissa menee hyvin. Säätösauvatilauksia on tullut useista maista, mm. USAsta, Saksan liittotasavallasta ja Sveitsistä. Eräissä käyttökohteissa AA:n säätösauvat maksavat itsensä kahden, kolmen vuoden kuluessa. Säätösauvoilla on hyvät käyttöominaisuudet. Säästöä tulee mm. siitä, että polttoaineesta tarvitaan vähemmän gadoliniumia. Nuclear Engineering International, 10.8.1987

**Ruotsin Asea-Atom** on esitellyt uuden kehittyneen BWR 90 -reaktorinsa, joka on edullisempi ja turvallisempi kuin BWR 75. Rakennustilavuutta on pienennetty huomattavasti ja putkistoja on samoin saatu vähennettyä. Suojarakennusta on parannettu mm. drywellin ja wetwellin välisillä pystysuorilla aukoilla höyryä puhaltamiseksi lauhdutusaltaaseen, varoventtiilien puhallusputket johdetaan lauhdutusaltaaseen alemman drywellin kautta eikä välitason läpi, alemman drywellin pohjalla on sydänsulaa varten keruukuoppia. Lisäksi suojarakennuksessa on suodatettu paineenalennusjärjestelmä, samanlainen kuin ne, joita asennetaan backbiting -töinä Ruotsin laitossyksikköihin. Nuclear Engineering International, July 1987

**SEV-maiden** edustajista koostuva ryhmä, joka koottiin Tshernobylin onnettomuuden jälkeen, on tehnyt suosituksia VVER-440 -laitostyyppiin turvallisuusparannuksiksi. Eräät suosituksukset soveltuvat myös ns. uudempaan VVER-440 -tyyppiin Paksin laitoksen varajohtaja Szabon mukaan. Näitä ovat: palosuojauksen parantaminen, turpiinihallin rakenteiden vahvistaminen, rikkoontumis-suojien asentaminen putoavien kappaleiden varalta esim. joillekin pumpuille, toimenpiteet vedyn varalle, pääkiertopiirin kylmän ja

kuuman puolen muutokset, boorisäiliön lämmitysmahdollisuus, lisävesisäiliön lämmittämismahdollisuus lämpötransienttien estämiseksi, tietokonejärjestelmän parantaminen ja vedynpoltojärjestelmän mitoittaminen onnettomuusilanteisiin. Nuclear Engineering International, 13.8.87

**Sveitsin ydinturvallisuusviranomaisen HSK** ja maan voimayhtiöt selvittävät Sveitsin viiden laitossyksikön varustamista suojarakennuksen suodatetulla paineenlaskujärjestelmällä. Laitostoimittajat, KWU, General Electric ja Westinghouse, suunnittelevat parhaillaan teknisiä toteutusvaihtoehtoja. Nuclear Engineering International, 30.7.1987

**Sveitsin Electrowatt Engineering Services Ltd:n** äskettäin julkaiseman tutkimuksen mukaan eurooppalaisten BWR-yksiköiden elinikä on vähintään 40 vuotta. Tutkimuksessa oli mukana laitoksia Suomesta, Saksan liittotasavallasta, Ruotsista ja Sveitsistä. Jopa 60 vuoden eliniästä on keskusteltu, mutta laitoilla ei ole toistaiseksi siihen tähtäviä suunnitelmia. Nuclear Engineering International, 20.8.1987

**Sveitsissä** suunnitellaan jo toista ydinvoimalaitoksen lämpöenergiaa käyttävää kaukolämpöjärjestelmää. Gösgen 970 MW PWR -yksiköstä aiotaan ottaa lämpötehoa noin 100 MW. Lämpöenergiaa johdetaan 120 asteisena vetenä noin 6 km pitkässä pääputkessa Oltenin ja Aaraun kaupunkien sekä lähistön kuntiin yhteensä noin 20 000 asuntoon. Suunnitelmat aiotaan saada valmiiksi vuoden 1988 aikana. Rakentaminen aloitettaisiin vuonna 1989. Nuclear Engineering International, 27.8.1987

**Sveitsi** aloittanee käytetyn polttoaineen viennin Kiinaan jälleenkäsiteltäväksi. Myös 200 tonnin uraanierän hankinta- ja rikastussopimus on vireillä. Maat allekirjoittivat vuonna 1986 ydinvoimaa koskevan yhteistyösopimuksen. Nuclear Engineering International, 5.10.87

**Unkarilainen yhtiö Csepeli Egyedi Gepgyar** on saanut jo toisen tilauksen Neuvostoliitosta valmistamalleen robotille. Robotti on suunniteltu paikallistamaan ja korjaamaan hitsaamalla, leikkaamalla, muovaamaan ja tarvittaessa vaihtamaan höyrystimen vuotavia tuubeja. Ensimmäinen yhtiön valmistama robotti oli tarkoitettu VVER 440 -laitostyyppille ja nyt on tilattu VVER 1000 -tyypille. Nuclear Engineering International, August 1987

**USA.** North Anna 1 PWR-W -yksiköllä 15.7.1987 tapahtuneen höyrystimen kylmän puolen tuubikatkoksen syyksi esitetään tuubien värähtelyä. Vesikemialla ei ollut osuutta vaurion syntyyn. Värähtely

pyritään vaimentamaan mm. tuubien väleihin työnnettävillä tangoilla. NCR on rajoittanut yksikön tehon toistaiseksi 50 prosenttiin.

Nucleonics Week, 15.10.1987

**USA.** TMI-2 -onnettomuusyksikön reaktorisydämen purkamisen jatkuu. Puolen välin merkkipaalu ohitettiin elokuussa -87. Polttoainejäte pakataan erityisiin säiliöihin, joissa se kuljetetaan voimalaitokselta tutkittavaksi useisiin tutkimuslaitoksiin.

Nuclear News, lokakuu -87

**USA:n** Shippingport 68 MW PWR -yksikkö poistettiin käytöstä vuonna 1982, 25 vuoden ikäisenä. Yksikölle oli tehty useita toimintaperiaatteellisiakin muutoksia aktiivikauden aikana. Laitoksen purkutyöt aloitettiin vuonna 1985 ja tähän mennessä on irroitettu noin 180 merkittävämpää osaa. Osille tehdään ikääntymistutkimukset. Tutkimustulosten toivotaan edesauttavan laitoksen kunnossapidon parantamista, samoin kuin antavan hyödyllistä tietoa uusien osien suunnitteluun.

Nucleonics Week, 23.7.1987

**USA.** Oyster Creek 670 MW BWR GE -yksiköllä tapahtui 11.9.1987 vakava käyttöehtorikkomus, jossa alasajetun reaktorin viidestä pääkiertopiiristä vain yksi oli toiminnassa. Minimivaatimus on kaksi toimivaa piiriä. Käyttöehdoista poikkeaminen kesti noin 150 sekuntia ennen kuin vika huomattiin. Käyttöehdot olivat tältä osin tarkistetut vuonna 1979, jolloin samankaltaisessa tilanteessa reaktorin veden pinta laski lähes polttoaineen yläpään tasolle. Nyt sattunutta tapahtumaa selvittäessä todettiin lisäksi, että vuorossa ollut valvomohenkilöstö oli tuhonnut käyttötietokoneen hälytysrekisteröinnit ko. tapahtumasta. NCR on lähettänyt paikalle selvitysryhmän. Laitosyksikkö on toistaiseksi ylösaajokiellossa.

Nucleonics Week, 17.9.1987

**USA.** Suojarakennuksissa käytettävät siliikonikumieristeiset kaapelit saattavat muodostua ydinvoimalaitoksissa ongelmaksi. Sequoyah 2 -yksiköllä tarkastetuista 16 kaapelista neljässä havaittiin vaurioita. Lisätarkastus tehtiin 50 kaapelille, jolloin useissa tapauksissa havaittiin kaapelieristeen rikkoontuvan helposti kaapelia käsiteltäessä. Kaapelit olivat American Insulated Wire, Rockbestos ja Anaconda -tyyppinimiä. NCR tutkii asiaa. Sequoyah 2 on toistaiseksi ylösaajokiellossa. Yksikkö valmistui vuonna 1981.

Nucleonics Week, 17.9.1987

## English Abstracts

### France seen from far away and closer

*Heikki Raumolin (page 1)*

France, seen from a long distance, is a real nuclear dream country. Nuclear power stations generate electricity at a low price and fuel cycle does function well. Public acceptance has been gained. Closer look will give a more complicated picture, which was seen during the study tour of the Finnish Nuclear Society (ATS) in autumn 1987. The growth in electricity demand has dramatically decreased. The nuclear industry has a great overcapacity. In any case, France is well prepared for surviving the low-activity period up to the time when construction of nuclear power stations again accelerates in the world. Therefore, there will be good reasons for Finland to develop and maintain closer contacts with France in the future.

### Unnecessary overcapacity or good export

*Gösta Diehl (pages 2—4)*

In France, the most active debate in nuclear power sector is not at all about the safety, but should the nuclear power program be interrupted because of the overcapacity. A few years interruption would be the end of the French nuclear industry and 70 000 people would lose their jobs. Thus, other solution or alternatives are being sought for.

### Supplying complete nuclear power units, nuclear islands, and components

*Fremann, Labbe, Ryckelynck (pages 5—7)*

For ten years now, the success of the nuclear energy programme in France has enabled French industry to occupy the world's leading position as exporters of turnkey nuclear power units, complete nuclear islands, and components. During the past three years, the average energy availability factor for nuclear power units built by French industry is over 83 %, which demonstrates the quality of these installations. The cooperation with Belgium, Republic of Korea and China is described. Some of the main components and equipment supplied by the French industry are also listed.

### The annual study tour of ATS to France

*Eero Patrakka & Co. (pages 8—15)*

The Finnish Nuclear Society (ATS) organized its annual study tour to France in 1987. 20 members participated in the trip that began in Switzerland and lasted from October 4 to October 11. As the French nuclear industry is very vital, there in fact was an oversupply of interesting places to be included in the program. The visits of this very successful tour were paid to:

- CERN research centre in Geneva
- Framtome Chalon facilities including CETIC maintenance centre
- FBFC fuel fabrication factory in Romans
- Comurhex conversion facility in Pierrelatte
- EURODIF enrichment facility in Tricastin
- Cadarache research centre
- Cogema reprocessing plant in la Hague
- Flamanville nuclear power plant
- EdF dispatch centre in Paris
- SFEN in Paris

### How to interpret plant performance statistics?

*Juhani Vira (pages 15—16)*

It is widely accepted that judgments on plant performance should be based on plant availability factors instead of load factors. However, there are many definitions for availability and when one looks behind the words black may turn grey.

### OIVA — system for offsite-dose calculations during nuclear power plant accident

*Juhani Lahtinen (pages 16—17)*

An interactive real-time system for dose calculations is under development at the Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety (STUK). Meteorological parameters needed for estimating the doses are calculated by the Finnish Meteorological Institute and transferred into the minicomputer at STUK. The results of dose calculations are presented as isodose curves superimposed on the map of the area concerned.

### Inauguration of KPA-STORE in Olkiluoto

*Ahti Toivola (page 18)*

TVO's interim storage facility for spent fuel (KPA-STORE) was inaugurated by Mr Björn Westerlund on 10th of November 1987 in the presence of a distinguished audience. KPA-STORE can take 7200 tons of spent fuel, sufficient for 30

years operating time of plant units TVO I and TVO II. Design and construction of the storage facility was almost entirely carried out by Finnish companies. Construction started in 1984 and the total cost of the facility amounted to 185 million FIM.

**You ask, we answer**

*Osmo Kaipainen (page 19)*

Last April TVO chose five areas in Finland as possible places for final disposal of high-level waste in the Finnish bedrock. The preparing work for investigations has been started in spring in two places and will be started in the other places during the autumn 1987 by measurements from the air. TVO has a very open policy while informing the local people of the investigations.

**Is load management alternative for capacity construction?**

*Risto Mäntynen, Vesa Sorri (pages 20—23)*

In Finland the hourly peak power demand is over 10 000 MW, which is 1,6 times the annual average. The article reviews first starting points and goals of

load management, and secondly discusses the benefits and drawbacks of some LM-applications under R & D work in Finland.

**Ensuring the expert resources and education in nuclear energy field**

*Pekka Pirilä (pages 23—25)*

The Finnish Atomic Energy Commission has published a report 'The Situation and the Needs for Development of Education in the Nuclear Energy Field'. According to it, the needs concerning the volume of education are small and no problem for Finland. But, the problem is how to maintain the present high level of training and education within this small volume.

**Cement solidification of spent ion exchange resins in half scale**

*Jorma Aurela, Hannu Härkönen, Ari Ipatti (pages 24—26)*

IVO has built a facility for solidification of spent ion exchange resins for experimental purposes. Three half-scale concrete containers were cast in June 1987. The containers will be immersed into groundwater for long-term observation of the leaching properties of the cemented waste form.

**Energy management in the budget proposal for the year 1988**

*Pertti Salminen (page 26)*

In the item 32.55 of the state budget proposal for the year 1988 the total amount of FIM 182 million has been reserved for energy management. This is over FIM 10 million less than the corresponding appropriation in 1987. In addition to this direct financing the state promotes and develops the Finnish energy management indirectly e.g. through energy research funded by the Technical Research Centre of Finland. In the article the use of the appropriation is described.

**7th IAEA conference on nuclear power performance and safety**

*Eero Patrakka, Heikki Raumolin, Klaus Sjöblom (pages 27—30)*

The 7th IAEA Conference, that was held in 1987 in Vienna, provided worldwide information on the current trends in the performance and safety of nuclear power and its fuel cycle, and the performance and achievements which can be expected through the 1990's. Technical and economic issues related to nuclear safety, nuclear fuel cycle, radioactive waste management and advanced nuclear systems were also covered. □

*Rauhallista Joulua ja Hyvää Uutta Vuotta!*

ATS



IKLID

