

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA -

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



4/96, vol. 25

Tässä numerossa

Ydinvoimaa Korean malliin	1
RÉSUMÉ: Nuclear power – The Korean way	2
ATS:n ekskursio 1996 Etelä-Koreaan	2
Koreassa voimaa tuottaa KEPCO	6
Koreassa kehitetään polttoainekiertoa ja uusiokäyttöä	8
Ydinjätehuolto NEMACin käsissä	11
Suomen tapaan KAERI aloitti Trigassa	12
KORIn ydinvoimala jauhanut sähköä lähes kaksi vuosikymmentä	16
KNTC – Monipuolinen ydinvoimalaitosten koulutuskeskus	19
KINS turvallisuuden takuumiehenä	21
HANJUNG – Täyden palvelun voimalaitostoimittaja	24
Hederspris och stipendier ur Guerrillot's fond 1996	26
ATS täytti 30 vuotta ja katsoo tulevaisuuteen	27
Jäsenpalsta	29

ATS

YDINTEKNIikka

4/96, vol. 25

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

VUODEN 1997 TEEMAT

TOIMITUS

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

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

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

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

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

1/97
Käyttöluvat ja käyttöikä

2/97
Ydintekniikan
kehitysnäkymät

3/97
Ydinjätehuolto

4/97
Ekskursio

ILMOITUSHINNAT

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

JOHTOKUNTA

Puheenjohtaja
TkL Eero Patrakka
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 3300

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

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

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

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

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

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

TOIMITUKSEN OSOITE

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

Osoitteenmuutokset
pyydetään ilmoittamaan
Liisa Hinkulalle / VTT,
e-mail: Liisa.Hinkula@vtt.fi

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

TOIMIHENKILÖT

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

Ekskursios sihteeri
DI Ari Anttila
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 5240

ISSN-0356-0473



Eero Patrakka

YDINVOIMAA KOREAN MALLIIN

Korea alkaa K:lla. Korean ydinvoimaa voi luonnehtia kolmella k:lla: keskittäminen, kotimaisuus ja konservatiivisuus. Ydinvoiman käyttöönotto on tapahtunut valtiovallan ohjauksella ja suojassa, ja ydinvoimateollisuus on pystytetty ulkomaisia esikuvia noudattaen. ATS:n tämänvuotisella opintomatalla Etelä-Koreaan voitiin todeta, että maan ydinvoimayhteisön suhtautuminen ydinvoimaan ja sen kehittämiseen on suoraviivaista ja tuloksia tuottavaa, kuten laitosten käyttökertoimet osoittavat.

Korean talouskasvu on ollut hämmästyttävän nopeaa, lähes 10 % vuodessa. Bruttokansantuote on nelinkertaistunut 10 vuodessa, ja se on nyt kolmasosa Suomen tasosta. Köyhä maa on vaurastunut vauhdilla. Korean vahvuutena on keskitetty, määrätietoinen suunnitelmallisuus. Erityisen selvästi tämä ilmenee ydinvoiman rakentamisessa ja käytössä. Hallituksen apuna toimii atomienergiakomissio, ja sen ydinvoimaohjelma on osa kansallista energiaohjelmaa. Koko ydinvoimateollisuus on valtion omistaman voimayhtiön, KEPCOn, määräysvallassa. Kaikki alan yhtiöt toimivat sen tytäryhtiöinä tai suorassa riippuvuussuhteessa siihen.

Ydinvoiman käyttö alkoi Koreassa osana taloudellista kehitysohjelmaa. Voimalaitoshankinnat tehtiin sieltä, mistä saatiin edullisin rahoitus. Tämän seurauksena reaktorivalikoima on erittäin kirjava: Westinghouse, AECL, Framatome, Combustion Engineering. Korealaiset pitävät kirjavuutta kuitenkin rikkautena. Kun maa nyt kehittää omaa ydinvoimalaa, työssä otetaan oppia erilaisilta laitoksilta saaduista kokemuksista. Kehitystyössä ollaan verraten konservatiivisia. Oma laitoskonsepti, ns. Korean Standard NPP, on tällä hetkellä Koreaan rakennettujen laitosten kaltainen, ja näitä laitoksia on tarkoitus rakentaa vuoteen 2005 saakka. Sen jälkeen harkitaan evoluutiotyyppeiden rakentamista — eurooppalaista pyrkimystä passiivisiin laitoksiin ei ole.

Keskitettyyn järjestelmään kuuluu myös kotimaisuuden suosiminen. Alkujaan tuontiin perustuneelle ydinvoima-alalle on kehitetty kotimainen teollinen infrastruktuuri, joka tällä hetkellä mahdollistaa lähes kaikkien hankintojen tekemisen Koreasta. Valtion voimayhtiön tytäryhtiöt suunnittelevat ja rakentavat ydinvoimalat ja toimittavat niihin polttoaineen. Tähän kuvaan on ilmeisesti kuitenkin tulossa säröjä; KEPCO ei ole sitoutunut pelkästään kotimaisiin toimituksiin.

Korealaisten huolenaiheet ovat samoja kuin Euroopassa. Ydinvoiman taloudellista kilpailukykyä uhkaa hiilivoima, jolla tuotetun sähkön hinta on painumassa ydinsähkön hinnan alapuolelle. Koska sähkön kulutus kasvaa noin 10 % vuodessa, tilaa on silti kummallekin: uusi kapasiteetti jakaantuu puolittain molemmille. Nesteytettyä kaasua käytetään, mutta se on kuljetuskustannusten vuoksi hiilivoimaa kalliimpaa.

Ydinvoimateollisuus on erittäin huolissaan ydinvoiman vastustuksesta. Ydinvoiman turvallisuutta painottavaa viestintää on tehostettu. Kuten muillakin ydinvoiman osa-alueilla, valtiovallalla on voimakas ote tiedottamisesta: toiminta on koordinoitu viranomaisten ja voimayhtiöiden kesken tavoitteena ylläpitää yleisön luottamus — Korean malliin.

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

RÉSUMÉ: NUCLEAR POWER – THE KOREAN WAY

Among the most important activities of the Finnish Nuclear Society (ATS) are the annual study tours to countries with major nuclear power programs. The first study tour was made already in the sixties, and since almost all "nuclear" countries have been visited. Therefore, it was not a surprise that the 1996 tour object was the Republic of Korea where no ATS delegation had visited so far.

The participants of the tour found out that the nuclear power community of the country is operated in a straightforward and effective way, which is manifested by the high capacity factors of the power plants. This issue of *ATS Ydintekniikka* contains a collection of topical articles describing various aspects of Korean nuclear industry, research and regulatory activities as observed by the participants of the study tour.

At present, Korea has one of the most vital nuclear power programs in the world. The economic growth in the country has been surprisingly fast, almost 10% annually. The GNP has become fourfold in ten years, and the country is entering the club of industrialized economies. The Korean economy can be characterized by attributes like centralized, aimed, systematic. This approach is especially obvious in the construction and use of nuclear power. The move to nuclear era took place under the patronage of the state. The government is assisted by an atomic energy commission, and its nuclear power program constitutes a part of the national energy program. The entire nuclear industry operates subject to the authority of the state-owned utility, KEPCO. All companies in this field are either subsidiaries of KEPCO or otherwise directly depending on it.

The utilization of nuclear power is commenced in Korea as a part of an economic development program. The power plants were purchased from those who could guarantee the most advantageous financing. As a consequence, the reactor selection is very diversified: Westinghouse, AECL, Framatome, Combustion Engineering. The Koreans, however, regard this diversity as a wealth. When the

country now is developing its own nuclear power plant, the experiences gained in different power plants are taken into consideration. The development work is progressing in a rather conservative way. The Korean Standard NPP is similar to those plants that are built in the country at the moment. Evolutionary plants will be considered after that — the European pursuit towards passive plants does not exist.

The centralized system is accompanied by the preferential treatment of domestic industry. The nuclear power technology which originally was based on import now has a very well developed domestic infrastructure that makes it possible to purchase almost everything in Korea. The subsidiaries of the state-owned utility design and build the nuclear power plants and supply their fuel. This picture will, however, get some cracks in the future; KEPCO is not entirely bound to domestic deliveries.

The concerns that the Koreans have are similar to those of the Europeans. The economic competitiveness of nuclear power is threatened by coal power, as the price of electricity produced by coal power is falling below the price of nuclear electricity. As the electricity consumption is rising about 10% annually in Korea there is still space for both; the new generation capacity is split about fifty-fifty. Liquefied gas is also used, but it is more expensive than coal due to high transportation costs.

The nuclear power industry is very concerned about the opposition to nuclear power. The public information activities emphasizing the safety of nuclear power have been intensified. Parallel to other sectors of nuclear power, the state has a firm hold of information: the activities have been coordinated between the authorities and utilities with the objective to preserve the public confidence — in the Korean way.

Eero Patrakka

President of Finnish Nuclear Society, and Manager, Development, TVO.

ATS:n vuoden 1996 ekskursion suuntautui Etelä-Koreaan.

Viikon aikana 12 ekskursiolaista saivat hyvän kuvan maan ydinvoimaohjelmasta ja siihen liittyvistä keskeisistä yrityksistä ja organisaatioista. Etelä-Korea on toteuttanut kahden vuosikymmenen kuluessa kunnianhimoisen ydinvoimaohjelman osana kansallista energiapolitiikkaa.

Ensimmäisen reaktorin kaupallisen käyttö alkoi vuonna 1978.

Nykyisin on käytössä kymmenen painevesireaktoria ja yksi CANDU. Vuonna 1995 ydinvoimalla tuotettiin 67 TWh sähköä, mikä on 36 % maan sähkön tuotannosta. Rakenteilla on tällä hetkellä seitsemän reaktoria ja useita suunnitteilla.

Korealla on hyvin niukasti omia energiavaroja. Aikanaan keskeinen syy ydinvoiman valintaan olikin riippuvuuden vähentäminen fossiilisista tuontipolttoaineista. Näihin aikoihin yleisesti uskottiin, että fossiilisista polttoaineista tulee niukkuushyödyke lyhyessä ajassa. Useaan otteeseen sodan runtelema maa halusi ydinvoimalla lisätä myös huoltovarmuuttaan.

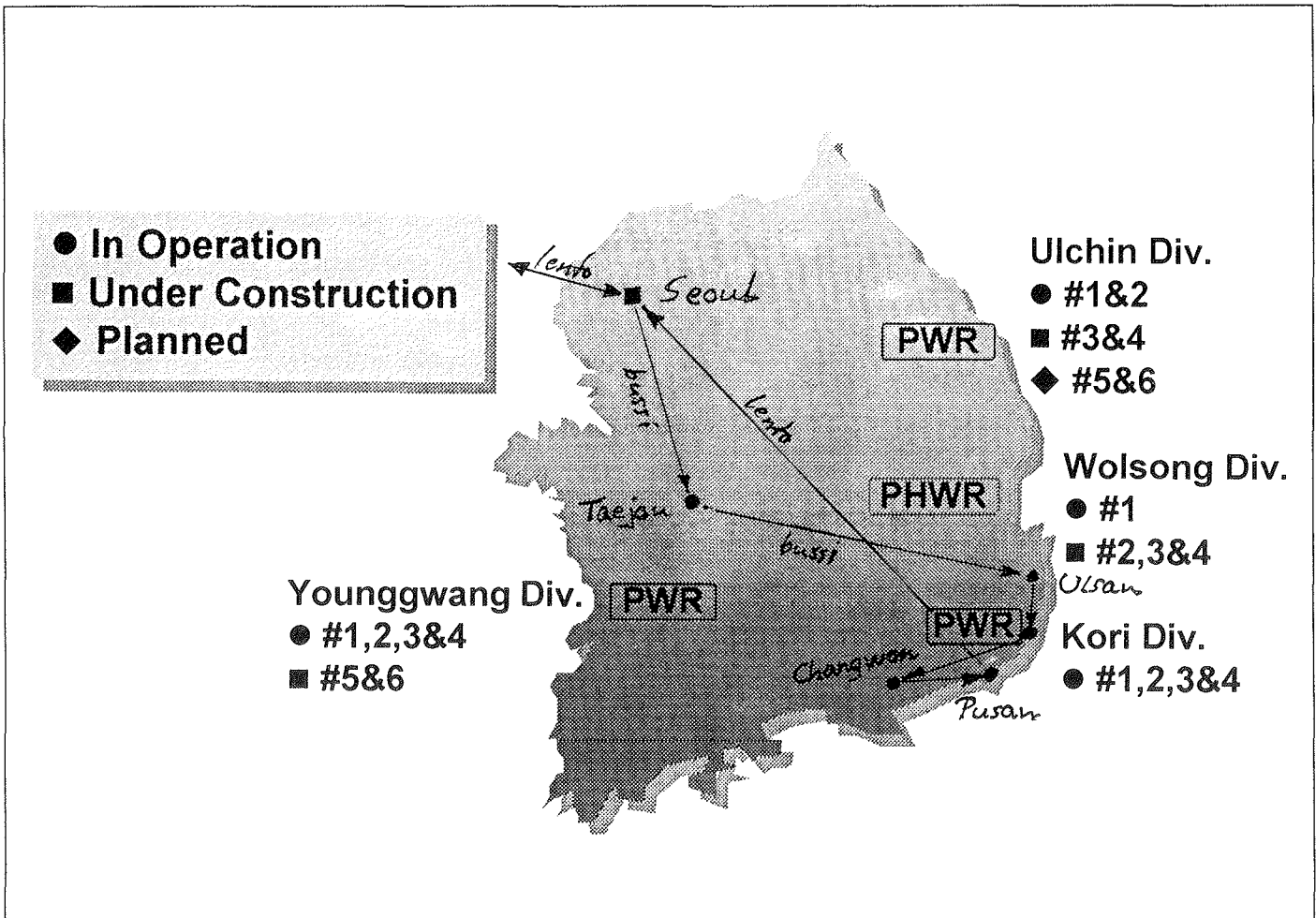
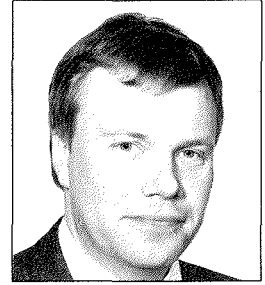
Kun ensimmäisiä päätöksiä ydinvoimasta tehtiin 1960-luvulla, ympäristösyöt tuskin olivat keskeisellä sijalla. Nyt ydinvoiman merkitystä kasvihuonekaasujen ja muiden ympäristöhaittojen vähentämisessä korostettiin. Muutenkin ainakin näytti siltä, että nopeaa talouskasvua ei ole toteutettu ympäristöstä välittämättä, vaikka maan käyttö onkin suhteellisen hultatonta ainakin rannikkoseuduilla.

Ydinvoima on talouskasvun keskeinen voimavara

Vajaa neljä vuosikymmentä sitten Korea päätti lisätä hyvinvointia teollistamisella ja talouskasvulla. Tällöin Korean pää-

ATS:N EKSKURSIO 1996 ETELÄ-KOREAAN

Ydinvoimalla talouskasvua ja elintaso



elinkeino oli vielä maatalous. Luonnonvaroiltaan köyhän Korean oli haettava talouskasvua tavaraviennin lisäämisellä. Vuoteen 1965 mennessä talouskasvu nousi yli 8 prosentin keskimääräiselle tasolle, jolla se on pysytellyt näihin päiviin saakka. Korean päävientituotteita ovat teräs, laivat, kemikaalit, puoli-johteet, autot sekä viime vuosina myös kulutuselektronikka ja muut korkean teknologian tuotteet.

Energian ja etenkin sähkön ratkaiseva merkitys teollisen tuotannon lisäämisessä ja talouskasvun vauhdittajana ymmärrettiin Koreassa hyvin. Talouden refor-

mia ei haluttu riskeerata sähkön hankinnan väärillä valinnoilla, jotka olisivat saattaneet johtaa hallitsemattomaan sähkön hintakehitykseen tai ongelmiin sähkön saatavuudessa. Ydinvoima oli siten varsin luonnollinen valinta, kun otetaan huomioon muutenkin ydinvoiman voimakas tuleminen kehittyneissä maissa noina aikoina. Uraanin louhintaa lukuunottamatta Korean tavoite on pitää omissa käsissään koko ydinvoimateollisuus ja polttoainekierto.

Nopea talouskasvu on tuonut yhden sukupolven aikana korealaisille uskottoman määrän elintaso, mikä näkyy

Etelä-Korean sähkön tuotanto 1995

Tuotantotapa	TWh	%
Ydinvoima	67	36
Hiili	49	27
LNG	21	11
Öljy	42	23
Vesivoima	6	3
Yhteensä	185	100

myös voimakkaana sähkön tarpeen kasvuna. Vuonna 1961 Etelä-Korean sähkön tuotantokapasiteetti oli 370 MW, nykyisin se on noin 35 000 MW ja arvio vuoden 2010 kapasiteettitarpeesta on 80 000 MW.

Suunnitelmien mukaan ydinvoiman ja maakaasun osuutta lisätään sähkön tuotannossa lähinnä öljyn kustannuksella ensi vuosikymmenellä. Hiili- ja vesivoima säilyttävät likimain nykyisen osuutensa.

Kantavatko siivet jatkuvan nousun

Koreassa aistii, että jatkuvasta voimakkaasta kasvusta on tullut itsestäänselvyys. Kaikki suunnitelmat on tehty tämän mukaan, eri skenaarioista ei kukaan ainakaan meille puhunut. Välillä tuli mieleen sama maailmanlopun meininki kuin Suomessa oli 1980-luvun

loppupuolella. Investoidaan suruttomasti, palkat karkaavat käsistä ja korkotasot on sietämättömän korkea.

Tuotantokustannukset ovat nousseet nopeasti viime vuosina, palkat ovat heti Japanin jälkeen Aasian korkeimmat, teollisuustontit maksavat maltaita, yritysten korkotasot 12 prosenttia, kaksinkertainen Japaniin tai Taiwaniin verrattuna ja tuottavuus ei kasva odotetusti, jne. Hallituksen rohkaisemana tehtävät suunnattomat teolliset investoinnit pitävät kasvuluvut kuitenkin ainakin toistaiseksi korkeina.

Olematon sosiaaliturva pitää verot alhaalla. Toisaalta elintason noustessa sosiaaliturvan puuttuminen johtaa ihmisten välillä eriarvoisuuteen, joka on omiaan aiheuttamaan yhteiskunnallisia ongelmia. Hanjungin tehtaalla isäntämme kehui, että heidän keskipalkkansa on 40 000 dollaria vuodessa, josta verot vievät alle 20 prosenttia. Eli korealaisel-

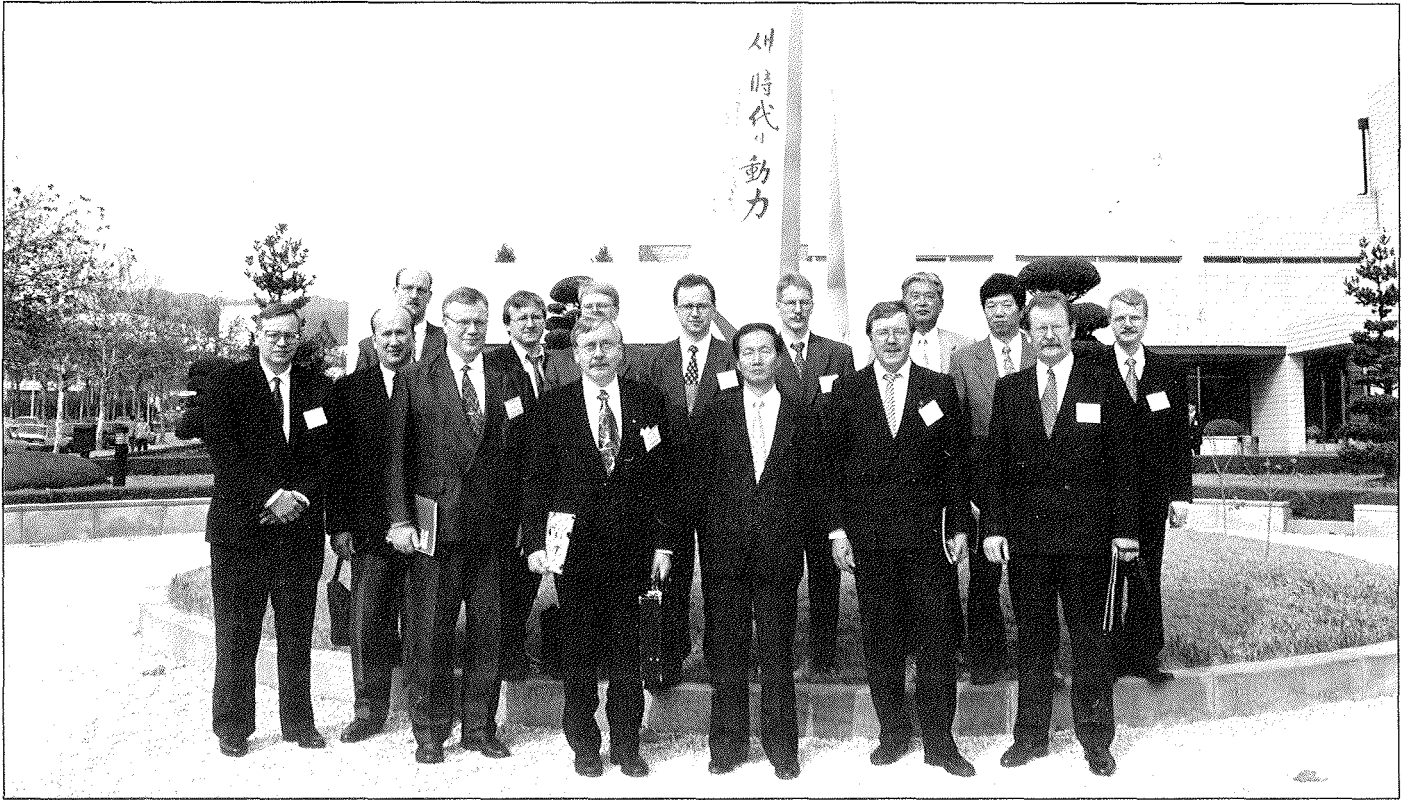
le duunarille jää enemmän käteen kuin suomalaiselle duunarille. Tämä näkyy myös esimerkiksi ruuan hinnassa, joka on paikoin jopa kalliimpaa kuin Suomessa.

Etelä-Korean 45 miljoonaisesta kansasta suuri joukko elää nykyisin perustoi-meentulon rajamailla samalla kun teollisuudessa, pankeissa ja hallinnossa palkat karkaavat käsistä. Mahdollinen Pohjois- ja Etelä-Korean yhdistyminen, jonka 2/3 kansasta uskoo tapahtuvan 10 vuoden sisällä, tuo myös oman epävarmuutensa talouden kehitykseen.

Etelä-Korean olisi nopeasti saatava kuriin ylikuumentunut taloutensa ennen kuin vientiteollisuuden kilpailukyvyyn heikentyminen aiheuttaa rajun taantumman. Toisaalta talouskasvun hedelmät olisi pyrittävä jakamaan niin, että kaikki kansalaiset voivat niistä nauttia. Keskeisiä pikaisesti korjattavia asioita ovat ainakin työn tuottavuuden parantami-

KOREAN YDINVOIMAOHJELMA

Laitos	Tyyppi	Teho MW(e)	Käynnistymisvuosi (suunn.)	Käyttökerroin 1995 (tai valmiusaste)	Toimittaja React / turb
Kori 1	PWR	587	1978	82,2	W/ GEC
Kori 2	PWR	650	1983	95,3	W/ GEC
Kori 3	PWR	950	1985	76,2	W/ GEC
Kori 4	PWR	950	1986	91,5	W/ GEC
Younggwang 1	PWR	950	1986	78,6	W/ W
Younggwang 2	PWR	950	1987	77,1	W/ W
Younggwang 3	PWR	1000	1995	100	Hanj./ CE / GE
Younggwang 4	PWR	1000	1996	- (100)	Hanj./ CE /GE
Younggwang 5	PWR	1000	(2001)	- (17)	Hanj. / CE /GE
Younggwang 6	PWR	1000	(2002)	- (17)	Hanj. / CE /GE
Ulchin 1	PWR	950	1988	90,4	Framat./ Alsthom
Ulchin 2	PWR	950	1989	98,2	Framat./ Alsthom
Ulchin 3	PWR	1000	(1998)	- (79)	Hanj./ CE /GE
Ulchin 4	PWR	1000	(1999)	- (79)	Hanj./ CE /GE
Ulchin 5	PWR	1000	(2003)	-	Hanj./ CE /GE
Ulchin 6	PWR	1000	(2004)	-	Hanj./ CE /GE
Wolsong 1	PHWR	679	1983	83,7	AECL/ NEI-Parsons
Wolsong 2	PHWR	700	(1997)	- (94)	AECL/ Hanjung
Wolsong 3	PHWR	700	(1998)	- (71)	AECL/ Hanjung
Wolsong 4	PHWR	700	(1999)	- (71)	AECL/ Hanjung



nen, korkotason alentaminen sekä sosiaaliturvan kehittäminen.

Ydinvoima lisääntyy kiihtyvällä vauhdilla

Toisin kuin Suomessa, talouden kehittymiselle ja elintason nousulle ei aseta esteitä ainakaan sähkön saatavuus. Siitä huolehditaan tavoitteellisella energiapoliittikalla, jonka keskeinen osa on mittava ydinvoimaohjelma.

Nykyisin käytössä olevat 11 reaktoria ovat kapasiteetiltaan yhteensä 9 600 MW ja rakenteilla olevat seitsemän reaktoria 6 100 MW. Ydinvoimaohjelman mukaan vuonna 2010 ydinvoimaa olisi yhteensä noin 26 000 MW.

Huolimatta nopeasta ydinvoiman rakennustahdistasta Koreassa on onnistuttu vuodesta toiseen saavuttamaan korkea käytettävyys ydinvoimalle. Vuonna 1995 Korea oli maailmantilaston kolmas 87,3 prosentin keskimääräisellä käyttökertoimellaan. Viimeisten kymmenen vuoden keskiarvo on 81,9 prosenttia.

Saavutus on erityisen kunnioitettava, koska reaktori- ja turbiinotoimittajia, jotka ovat osallistuneet Korean ydinvoim

man rakentamiseen, on yhteensä lähes kymmenen useasta eri maasta. Tätä mm. Korean ydinturvallisuusviranomaisen, KINS, piti esityksessään olennaisena epäkohtana turvallisuusnäkökulmasta. Myöskään talouden kannalta nykyinen reaktorikirjo ei voi olla paras mahdollinen. Koreassa onkin tavoitteena standardisointi ja oman 1000 MW:n standardireaktorin sarjavalmistus.

Ydinvoima kuten lähes kaikki sähkön tuotanto on Koreassa yhden yrityksen, KEPCOn business. KEPCO on tavallaan Korean EdF. Sen ympärille tai omistukseen on koottu ydintutkimuskeskus KAERI, voimalaitosten suunnittelutoimisto KOPEC, voimalaitosten komponentteja valmistava Hanjung-tehdas sekä ydinpolttoaineen valmistaja KNFC. KAERIn yhteydessä toimii lisäksi jäte-
ratkaisuja suunnitteleva NEMAC.

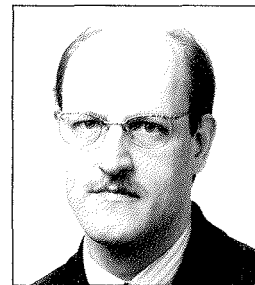
Kaikki mainitut organisaatiot KINSistä alkaen olivat vierailukohteitamme. Matkan järjestäjiä niin Suomessa kuin Koreassakin onkin syytä kiittää onnistuneesta ohjelmasta, joka antoi hyvän läpileikkauksen Korean ydinvoimatilanteesta ja -ohjelmasta.

Ekskursion alkajaisiksi vanhan tavan mukaan Suomen kaupallinen sihteeri

ATS:n retkikunta poseeraa KAERIn edessä.

Koreassa esitteli maan tapoja. Ymmärsimme, että puolessatoista vuodessa ei Koreasta opi vielä juuri mitään, eikä kieltäkään voi oppia, vaikka se on suomen sukulaiskieli. Kuitenkin kaupalliselta sihteeriltä saimme matkan lentävän lauseen ”ei tehdä tätä liian vaikeaksi”, mikä hänen ansiokseen on luettava.

DI Pertti Salminen on osastopäällikkö Teollisuuden ja Työnantajain Keskusliitossa ja ATS:n varapuheenjohtaja, p. (09) 6868 2562.



ATS-ekskursio 1996 Etelä-Koreaan

Osallistujat:

Eero Patrakka (TVO),
delegaation johtaja

Harri Kontio (IVO In)
Olli Kymäläinen (IVO In)
Olli Nevander (IVO In)

Pauli Kopiloff (STUK)
Tero Varjoranta (STUK)

Lasse Koskinen (VTT)

Kari Nieminen (TVO)
Pekka Nousiainen (TVO)
Jussi Salmela (TVO)

Pertti Salminen (TT)

Jukka-Pekka Salo (Posiva)

Matkakohteet:

ma 11.11.

Korea Electric Power Corporation
KEPCO, Seoul

Korea Power Engineering Company,
Inc. KOPEC, Seoul

ti 12.11.

Korea Atomic Energy Research
Institute KAERI, Taejon

Nuclear Environment Management
Center NEMAC, Taejon

ke 13.11.

Korea Nuclear Fuel Corporation,
Ltd. KNFC, Taejon

Korea Institute of Nuclear Safety
KINS, Taejon

to 14.11.

KORI Nuclear Power Plant, Kori

KEPCO Nuclear Training Center,
Ulsan

pe 15.11.

Korea Heavy Industries & Construc-
tion Corporation, Ltd. KHIC
(HANJUNG), Changwon

KOREASSA VOIMAA TUOTTAA KEPCO

KEPCO, Korea Electric Power Corporation, on valtiollinen voimayhtiö, joka omistaa 95 prosenttia Etelä-Korean voimalaitoskapasiteetista. KEPCO:lle kuuluvat yhtä hyvin kaasua kuin ydinvoimalaitokset sekä sähkön tuotto ja siirto. KEPCO omistaa yhteensä yli 200 voimalaitosta, joista 11 oli ydinvoimalaitosta. Lisäksi 7 ydinvoimalaa oli rakenteilla ja noin 10 suunnitteilla. KEPCO ohjaa myös rakentamista sekä suoraan että suunnittelusta vastaavan tytäryhtiönsä KOPEC:n avulla.

K EPCO:n pääkonttori oli suuri ja vaikuttava. Se jäi kuitenkin selvästi jälkeen paikallisen viranomaisen KINS:n pääkonttorin valtaisasta valon ja loiston täyttämästä monumentista. Voimayhtiön tavat ja perinteet oli samat kuin muualla Koreassa: lippu liehui vierailusaliin ja johtaja puhui vieraille — muut kuuntelivat. Näkemäsamme filmissä tytäryhtiön KOPEC:n juhlista voimakkaat taputukset ja näytellyt vaikuttava innostus puheen johdosta kuuluivat viralliseen seremoniaan. Eivät taputtaisi suomalaisinsinöörit kiltisti rivissä johtajansa puheelle.

KEPCO:n omistukseen kuului vuoden 1996 alussa 11 ydinvoimalan (9600 MW) lisäksi 37 vesivoimalaa (2000 MW), 21 raskaan polttoöljyn voimalaa (4350 MW), 60 yhdistetyn sähkön ja lämmön tuottoon käytettyä voimalaa (5880 MW), 23 hiilivoimalaa (7800 MW) ja 6 nesteytettyä kaasua käyttävää voimalaa (1540 MW). KEPCO:n rakennettu tuotantokapasiteetti on yhteensä noin 32 000 MW. Rakenteilla on ydinvoiman lisäksi 21 kappaletta eli noin 16 000 MW:ia muita voimalaitoksia.

Kymmenen käynnissä olleen ydinvoimalaitoksen osuus maan sähköntuotannosta vuonna 1995 oli 36,3 % ja laitosten käyttökertoimet ovat olleet kolmena viimeisenä vuotena yli 87 %.

KOPEC suunnittelee laitokset

KOPEC:n, Korea Power Engineering Company, tehtävänä Korean keskitetyssä energia- ja ydinvoimaohjelmassa on ollut suunnitella laitoskonseptien järjestelmät ja lay-out. Tosin ydinteknisten lämmönkehitysjärjestelmien suunnittelu on kuulunut tähän asti KAERI:lle. Tehtävänsä KOPEC:n insinöörit ovat paneutuneet korealaisella huolellisuudella. He ovat parannelleet alkujaan amerikkalaisen painevesireaktorin peruskonseptin vientikelpoiseen kuntoon, ja tuloksena on syntynyt nykyinen 1000 MW:n 'Korean Standard NPP'. Työssä on ollut varmaan hyvänä apuna ranskalaisen Framatomen toimittamien Ulchin 1 ja 2 -painevesireaktoreiden sekä kanadalaisen AECL:n toimittamien Wolsong 1, 2, 3 ja 4 CANDU-yksiköiden suunnitteluratkaisujen analysointi ja kopiaiminen omaan käyttöön.

Suunnittelutoimistona KOPEC:n toiminta muistutti hyvin paljon IVO:n ydinvoimatekniikan roolia suomalaisessa ydinvoimakokonaisuudessa. Muilta saatuja laitoskonsepteja kehitetään edelleen oman maan tarpeisiin, omia ratkaisuja tarvittaessa lisäten. Standardilaitoksen edelleen kehittäjinä korealaiset eivät olleet joutuneet omaperäisiin innovaatioihin, kuten eräät meillä toteutetut, vain Loviisan laitokselle ominaiset ratkaisut.

Suomalaisiin verrattuna yli kymmenkertaiset resurssit mahdollistavat jatkossa oman laitostyyppin viennin. Kiinalaisten

kanssa oli jo saatu sopimus laitostoimintuksesta. Standardilaitoksen lisäksi myös KOPEC:n kehittämälle 1300 MW:n laitokselle 'Korean Next Generation NPP' odotettiin hyviä vientinäkymiä.

Jätepuolen ratkaisujen suunnittelu oli äskettäin siirtynyt KOPEC:lle. Toisaalla tässä lehdessä kuvatun KAERI:n tytäryhtiön NEMAC:in epäonnistuttua käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikan valinnassa oli jäteratkaisujen suunnittelu siirretty voimayhtiön omalle vastuulle. Saivatko NEMAC:in vastuulliset johtajat 'kenkää' vai vain 'kiitoksia', sitä eivät isännät meille maininneet.

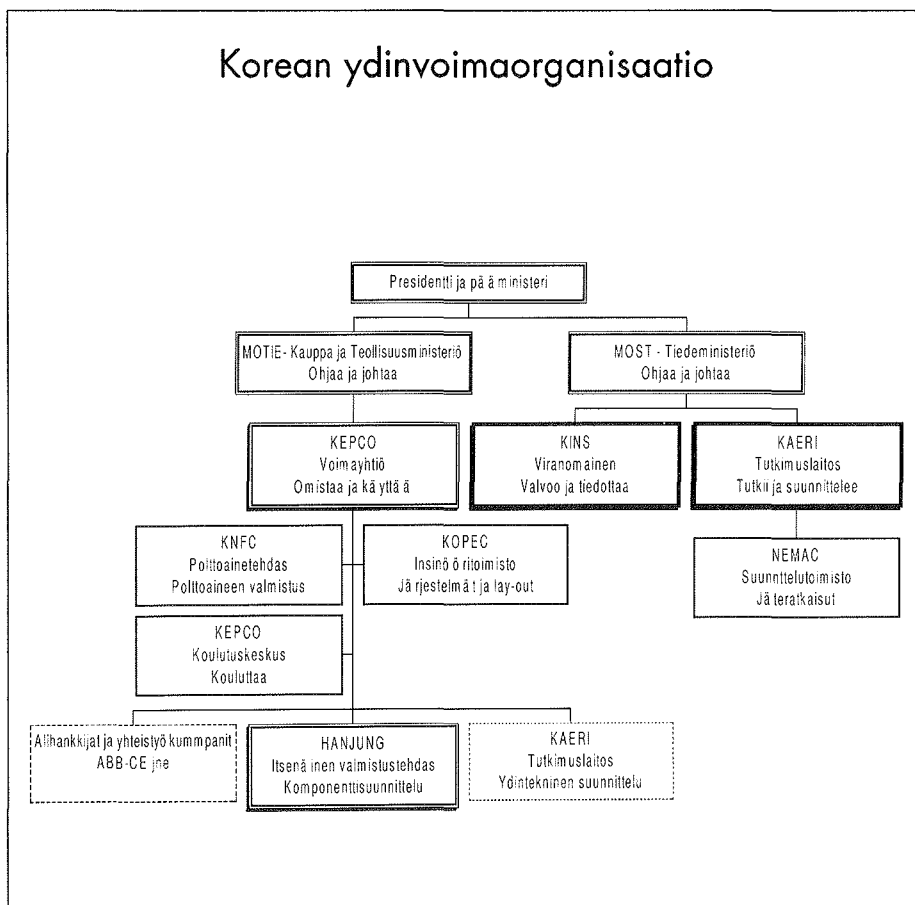
Uusiin järjestelyihin kuului satojen reaktori- ja polttoainesuunnittelijoiden siirtyminen KAERI:lta KOPEC:lle. Tätä uudelleen järjestelyä kutsuttiin 'teknologian siirroksi teollisuuteen'. Tämän hetkisen KOPEC:n noin 1 900 ihmisen henkilöstö vahvistuu muutoksessa yli kolmella sadalla asiantuntijalla.

Laitosratkaisussa käytetty tuttuja periaatteita

Edellä mainitut standardilaitos ja seuraavan sukupolven laitos ovat kumpikin kaksiluuppisia pystyhöyrystimillä varustettuja painevesireaktoreita, joilla on yksi turbiinigeneraattori. Standardilaitoksen suunnittelussa on käytetty jenkkilaitoksista tuttuja periaatteita kuten ALARA, LBB ja NUREG-700. Myös maanjäristykset on otettu huomioon. Työntekijöiden säteilysuojelussa oli säteilyannoksien pienentämiseksi tehty enemmänkin kuin ALARA-periaate vaati.

Redundansseja on periaatteessa kaksi, mutta lisävarmennuksena on esimerkiksi sähkönsyötössä kolmas täysin hätädielgeneraattoreista riippumaton lisädielgeneraattori. Hätäsyöttövesijärjestelmässä on kaksi redundanssia, joissa kummassakin yksi turbiinikäyttöinen ja yksi sähkömoottorikäyttöinen hätäsyöttövesipumppu. Polttoainealtaat ovat erillisessä suojarakennuksessa kiinni olevassa rakennuksessa. Höyrystimien vaihtoon on varauduttu suojarakennuksen suunnittelussa.

Standardilaitoksen referenssilaitoksina ovat Yonggwang 3 ja 4 -yksiköt. Uuden



sukupolven laitoksen suunnittelutietoja ei lyhyessä ajassa paljon isänniltä herunut, mutta siinä on periaatteessa varauduttu mm. sydämen sulamisonnettomuuksiin.

Korealaiset ovat nostaneet omavaraisuusasteensa 95 %:iin juuri käynnistyviä Yonggwang 5 ja 6 -rakennusprojekteja varten. Nämä ovat vielä 1 000 MW:n laitosyksiköitä ja ne valmistuvat vuosina 2003 ja 2004. Seuraavat yksiköt olisivat sitten ehkä Yonggwang 7 ja 8 ja ne olisivat ehkä jo uuden sukupolven 1 300 MW:n yksiköitä. Päätös seuraavista laitosyksiköistä oli juuri tekeillä hallituksessa ja ministeriöissä. Kanadalainen CANDU-vaihtoehto on vielä näennäisesti mukana kilpailussa alentamassa hintoja ja luomassa jonkinlaista kilpailua ydinvoimahankkeisiin.

Isännät innostuivat harvoin

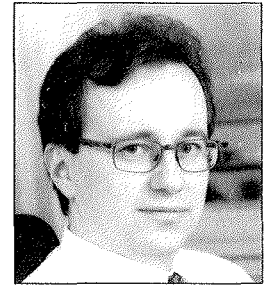
KOPEC:ssa isäntien korealainen, tunteet kätkevä naamio kohosi hiukan erään isännistä muistellussa ilmeisen ihastuneena, kuinka hän näki suomalaisen

naisasiantuntijan pitävän esityksen eräässä PSA-kokouksessa. Hänen tämän selkeän muistikuvansa PSA-kokouksesta selittää osittain se, että Koreassa kaikki suunnittelu- ja asiantuntijaorganisaatiot ovat lähes yksinomaan miesten miehittämiä.

Vertailun vuoksi mainittakoon, että koko Korean vierailukierroksella vain Korin laitoksen isäntä osoitti vastaavaa avomielisyyttä kertomalla toimistaan ja ajatuksistaan laitoksen käytännön johtamisessa. Hänen kuvaillessaan johtamistapaansa ja menetelmiään hehkui voimakas sisäinen innostus hänen silmistään. Tämä herra suositteli meille myös miehistä terveyttä vahvistavaa Ginseng-teetä.

DI Olli Nevander on IVO International Oy:n turvallisuusinsinööri ja tämän lehden erikoistoimittaja, p. (09) 8561 2613; E-mail: olli.nevander@ivo.fi

KOREASSA KEHITETÄÄN POLTTOAINEKIERTOA JA UUSIOKÄYTTÖÄ



Korean ydinpolttoainekiertoa kehitetään voimakkaasti vastaamaan maan reaktoriprojektien tarpeita. Omien uraaniesiintymien puuttuessa toimitusvarmuutta on haettu hajauttamalla hankintoja maailmanmarkkinoilla sekä lähtemällä mukaan ulkomaisiin uraanikaivos-hankkeisiin. Polttoaineen valmistuksessa omavaraisuus on hankittu jo kymmenisen vuotta sitten sekä PWR- että Candu-polttoaineille. Uusia polttoainetehtaita oli rakenteilla, ja polttoaine on varsin modernia. Koreassa tutkitaan myös kehittyneempiä polttoainekiertoja, kuten PWR- ja Candu-kiertojen yhdistämistä. Lupaavia tuloksia antanut DUPIC-projekti tähtää käytetyn PWR-polttoaineen lähes suoraan uusiokäyttöön Candu-reaktorin polttoaineena.

Korea on varsin riippuvainen tuontienergiasta, jonka määrä on noin 95%. Energiatoimitusten varmuus ja mahdollisimman pieni häiriöalttius ovat energiataloudessa korostetussa asemassa.

Korean energiataloutta on systemaattisesti alettu rakentaa ydinenergian varaan. Tämä näkyy myös ydinpolttoainekierron strategiassa. Koska maalla ei ole omia uraanivaroja, raakauraanin sataavuus on pyritty varmistamaan hajauttamalla hankinnat maailmanmarkkinoilla, tekemällä pitkäaikaisia sopimuksia, menemällä itse mukaan ulkomaisiin uraanikaivoshankkeisiin, sekä varastomallalla muutamien vuosien uraanitarve eri puolilla maailmaa olevilla tuotantolaitoksilla.

Uraanin isotooppinen rikastaminen nojaa ulkomaisiin toimittajiin. Rikastus olisi Korealle liian kallis ja kansainvälisen safeguardsin kannalta liian herkkä investointi nykytilanteessa. Pitkällä tähtäimellä omaa rikastuskapasiteettia pidettiin toivottavana. Polttoaineenvalmistuksen suhteen maa on ollut omavarainen jo kymmenisen vuotta.

Akilleenkantapäänä ydinpolttoainekierron on ydinjätehuolto, varsinkin käytetyn polttoaineen huolto. Jälleenkäsittely on teoreettisesti edelleen yksi optio, mutta käytännössä mahdoton. Jälleen-

käsittely yhdistyy Korean niemimaalla voimakkaasti Pohjois-Korean salaiseen ydinaseohjelmaan. Näin siis todelliseksi vaihtoehdoksi jää suora loppusijoitus, jonka eteen ei juuri mitään todellista edistymistä ole onnistuttu tekemään. Varastointikysymyksissä maa on joutumassa samoille linjoille kuin USA.

Ydinenergia rauhanomaisuus ja avoimuus tulivat keskusteluissa isäntiemme kanssa selkeästi esille. Pohjois-Korean salaisen ydinohjelman tilanne on selvästi herkistänyt näiden merkitystä.

Sekä rauhanomaisuuden että avoimuuden korostaminen polttoainekierron strategiassa olivat kuitenkin korealaisille haasteellisia. Maan historia on täynnä sotilasvaltaa, ja sitä johtaa vasta ensimmäinen demokraattisesti valittu presidentti. Sen enempää historiasta kuin voimassa olevasta lainsäädännöstäkään ei oikein löydy pohjaa ja tukea antaa sisältöä näiden termien korostamiselle.

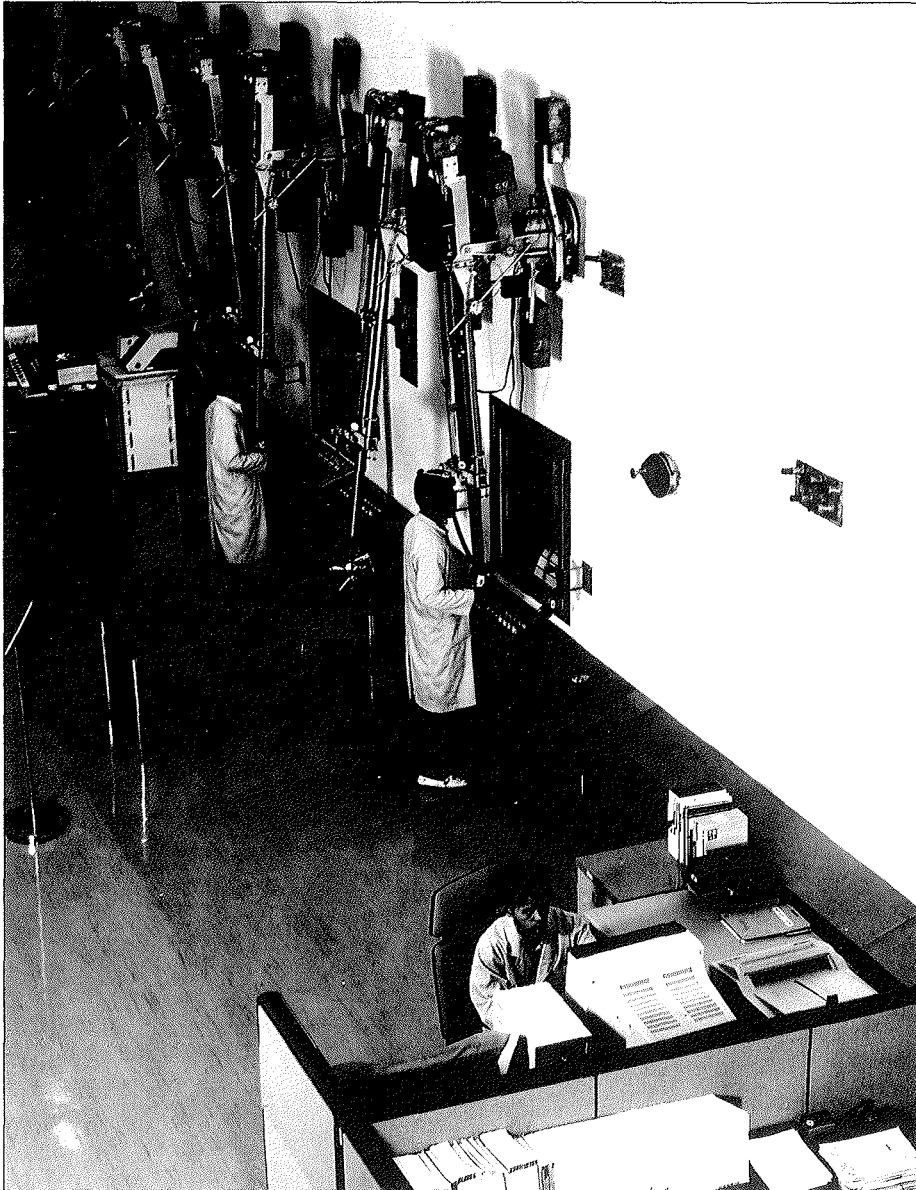
Lisäksi huomio kiinnittyi valtaviin tutkimusresursseihin. Samalla pienellä ja suojaisella alueella sijaitsivat polttoaineenvalmistuslaitokset, 30MW:n reaktori, modernit suuret hot-cellit, joissa pystytään käsittelemään käytettyjä PWR-nippuja, sekä muita suuria laboratoriotiloja.

Polttoainekierto tukeutuu maailman markkinoihin

Koreassa ei ole hyödyntämiskelpoisia luonnonuraanivaroja, joten tarvittava raakauraanin ostetaan Kanadasta, USA:sta, Ranskasta ja Australiasta. Isotooppinen rikastus tapahtuu USA:ssa, Venäjällä sekä Ranskassa, joskin pitkällä tähtäimellä oman rikastuskapasiteetin hankkimista pidettiin suotavana. PWR- ja Candu-laitosten polttoaineen valmistuksessa maa on omavarainen. Nippujen tukirakenteet valmistetaan myös itse, mutta polttoainesauvojen suojakuorien

Korean ydinpolttoainekierron peruspilarit

- materiaalien ja laitteiden saatavuuden ja toimitusten varmistaminen
- uraanin entistä tehokkaampi hyödyntäminen
- ydinjätteiden minimointi
- rauhanomaisuuden korostaminen
- ydinturvallisuuskulttuurin korostaminen
- ehdoton avoimuus



Käytettyä polttoainetta on helppo käsitellä lukuisissa kuumakammioissa.

Korealaisen polttoaineen ominaisuuksia

- korkeahkot palamat: 43 GWD/tU – 48 GWD/tU nipuissa, sekä sauva-kohtainen maksimi 60 GWD/tU,
- luonnonuraaniblanketit sauvojen päissä
- nippujen alapäissä irtoainesuojat: eräänlaisia levyjä, joissa oli pieniä reikiä
- ylimääräisiä välilihjoja, jotka tasasivat virtausta nipun sisällä
- 2-3 eri rikastusasteista sauvaa nipussa
- palavia myrkyjä sisältäviä sauvoja
- irrotettavat yläpäätykappaleet nippujen korjauksia ja sauvan vaihtoja varten

putket tuodaan USA:sta, Saksasta ja pienemmässä määrin Ranskasta. Isäntiemme mukaan putkimateriaalit voidaan tarvittaessa valmistaa myös Koreassa.

PWR-reaktoreista Westinghousen 600 MWe:n yksiköt (Kori 1 ja 2) käyvät 15 kuukauden latausjaksolla sekä muut Westinghousen ja Framatomen 900 MWe:n yksiköt 18 kuukauden latausjaksoilla. Kanadalaista Candu-reaktoria ladataan jatkuvasti käytön aikana.

Käytetyn polttoaineen varastot on mitoitettu yksiköiden 10-15 vuoden käyttöä varten. Näin esimerkiksi Kori 1:llä varastointikapasiteetti on jo loppunut ja polttoainetta on jouduttu siirtämään uudempien 3 ja 4-yksiköiden altaisiin.

Polttoaineen jälleenkäsittely ei tule vähään aikaan edes teoreettiseksi vaihtoehdoksi Pohjois-Korean salaisen ydinaseohjelman takia. Käytetyn polttoaineen loppupään hoidossa ollaan ajautumassa samanlaiseen tilanteeseen kuin USA:ssa, jossa polttoainetta joudutaan enenemässä määrin varastoimaan erilaisin menetelmin laitospaikoilla. Loppusijoitus ei ole näköpiirissä, sillä jopa matala-aktiivisten ydinjätteiden loppusijoituspaikan löytäminen on kohdannut toistaiseksi ylipääsemättömiä esteitä.

Moderni polttoaine valmistetaan itse

Oman PWR-polttoaineen valmistamiseen tähtäävä kansallinen projekti aloitettiin kesäkuussa 1981. Vuotta myöhemmin perustettiin asiaa hoitamaan varsinainen yhtiö, Korean Nuclear Fuel CO (KNFC), joka oli vierailumme yksi kohde. Alkujärjestäytyminen ja prosessien suunnittelu edistyi nopeasti ja yhtiö sai syyskuussa 1986 Tiede- ja teknologia ministeriöltä polttoaineen valmistukseen tarvittavan luvan. Varsinaiset rakennustyöt alkoivat muutamaa kuukautta myöhemmin. Vuoden 1989 alussa aloitettiin PWR-polttoaineen kaupallinen valmistus, ja puolta vuotta myöhemmin ensimmäinen kotimainen erä ydin-polttoainetta lähti Kori 2-yksikölle.

Dupic-projektin tuloksia

- Polttoainetaloudellisesti ja -teknisesti sekä reaktoriteknisesti hanke on täysin realistinen.
- Dupic tosiasiallisesti säästäisi luonnonraunia
- Kaikkiaan käytettyä polttoainetta syntyisi noin 30% vähemmän kuin nykyisissä once-through kierroissa. Paitsi että käytettyä PWR-polttoainetta kulutetaan Dupicissa, se myös lähes tuplasi Candu-polttoaineen palaman.
- Polttamalla käytettyä PWR-polttoainetta Candussa hankalia aktinideja voidaan hävittää transmutaatiolla. Polttamisen ja transmutaation nettovaikutuksena loppusijoitettavien aktinidien määrä vähentyisi jopa kertaluokalla.
- "Jälleenkäsittelymenetelmänä" Dupic on huomattavasti safeguards-ystävällisempi kuin perinteinen kemiallinen jälleenkäsittely.

Niin suunnittelu- kuin valmistustyötkin ovat pitkälle tukeutuneet USA:sta, Saksasta, Ranskasta ja Kanadasta saatun apuun.

KNFC:n laitokset sijaitsevat samalla alueella kuin tutkimuskeskus KAERI. Näin siis pienehkölle suojaisalle paikalle on sijoitettu polttoaineen valmistus, 30 MW:n reaktori käytettyä polttoainetta käsittelemään tarkoitettut modernit hot-cellit sekä laaja muukin T&K toiminta. KNFC:n laitoksella työskentelee noin 500 henkeä.

Tutustumiskäyntimme kohteena ollut polttoainetehdas oli kuin suunniteltu vierailijoita varten: UF6-säiliöiden vastaanotto ja tyhjennys, konversio UO₂:ksi, puristus pelleteiksi, sintraus, pakkaaminen sauvoihin, päätytulppien hitsaukset, nippujen kokoaminen ja nippuvarastot sijaitsivat lattiatasolla, jota kiersi yhtenäinen "piippuhylly". Piippuhyllyltä lasien takaa kaikkia prosesseja oli helppoa ja havainnollista seurata.

Konversiotekniikka perustui vanhaan Siemensin märkäteknikkaan, jonka kanssa laitoksella oli ollut vaikeuksia. Oli esiintynyt vuotoja ympäristöön eivätkä hallitutkaan päästöt tahtoneet pysyä sallituissa, tiukissa rajoissa. Tämän takia ranskalaiseen Cogeman

kuivatekniikkaan perustuva uusi konversioprosessi oli jo tekeillä.

Polttoainetta valmistetaan seuraavia tyyppejä: Siemensin 14x14, 16x16 ja 17x17, Westinghousen 14x14, 16x16 ja 17x17 sekä ABB-CE:n 16x16. Viereisessä rakennuksessa valmistettiin Candu-polttoainetta, missä on 37 lyhyttä sauvaa yhdessä nipussa.

Tähän mennessä tehtaalla oli valmistettu runsaat 2500 PWR-nippua. Viime vuoden tuotanto oli ollut 501 nippu, joihin oli käytetty 212 tU. Vastaava Candu-polttoaineen tuotanto oli noin 100 tU vuonna 1995.

Tehdas vaikutti hyvin siistiltä, vanhahkolta mutta hyväkuntoiselta. Työtahti piippuhyllyltä tarkasteltuna vaikutti kiireettömältä, mutta kaikissa prosessien vaiheissa toimintaa oli koko ajan meillä.

Tulevaisuuteen investoidaan rajusti

Polttoaineen valmistuskapasiteetin modernisointiin ja laajentamiseen sekä kehitys- ja tutkimustyöhön investoidaan rajusti. Uusia PWR- ja Candu-polttoaineiden valmistuslaitoksia oltiin rakentamassa vanhojen tehtaiden kupeisiin.

PWR-polttoaineen valmistuskapasiteettia ollaan tuplaamassa 400 tU/vuosi kapasiteettiin ja Candu-polttoaineen kapasiteettia ollaan nelinkertaistamassa, sitäkin luokkaan 400 tU/vuosi.

Polttoaineen kehittämisen ja tutkimuksen suuntausta ohjaavat kaksi päätekiötä: kustannustehokkuuden lisääminen (uraanin parempi hyödyntäminen) sekä korkea-aktiivisen jätteen, siis käytetyn polttoaineen määrän, minimointi. Edellinen merkitsi lähinnä korkeampi palamaisen polttoaineen sekä pidempien latausjaksojen kehittelyä. Jälkimmäisen osalta avainasemassa oli kehittyneemmän polttoainekierron kehittäminen, ns. Dupic-prosessi.

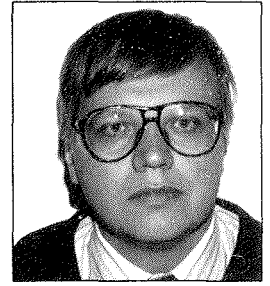
Dupic tarkoittaa käytetyn PWR-polttoaineen lähes suoraan käyttämistä Candu-polttoaineessa. Polttoainetta ei käsitellä kemiallisesti, vaan se rikotetaan mekaanisesti hallitusti irrottamalla pellettejä, jotka ladataan uudestaan Candu-sauvoihin.

Dupicia on tutkittu korealais-amerikkalais-kanadalaisprojektina. Erityisesti sen soveltuvuutta on tutkittu korealaisiin olosuhteisiin, jossa maassa olevien ja rakennettavien PWRien ja Candujen polttoainekierrat yhdistettäisiin ainakin osittain.

Dupicia hyödyntävä kehittynyt polttoainekierto on Koreassa todellisen tutkimuksen kohteena. Sitä osoittaa mm. valtavat investoinnit moderneihin hot-celleihin, joissa käytettyä PWR-polttoainetta voidaan käsitellä.

FL Tero Varjoranta on Säteilyturvakeskuksen polttoainekierto-toimiston toimistopäällikkö, p. (09) 7598 8375; E-mail: tero.varjoranta@stuk.fi

YDINJÄTEHUOLTO NEMACIN KÄSISSÄ



Korean valtiollisen ydintutkimuskeskuksen KAERIn tytäryhtiön NEMACin tehtävänä on ollut Etelä-Korean ydinjätehuollon järjestäminen. Henkilökunnan kokonaismäärä on 325. Yhtiö on toiminut tiede- ja teknologiainisteriön alaisena ja se perustettiin noin 10 vuotta sitten.



Nemacin toimitalo

NEMACin (Nuclear Environment Management Center) tehtäväksi on annettu vähäaktiivisen ydinjätteen loppusijoitustilan sekä keskitetyn käytetyn polttoaineen välivaraston rakentaminen ja käyttö. Lisäksi yhtiö suorittaa ydinjätehuoltoa tukevaa tutkimus- ja kehitystyötä. Myös mahdollisilla laitospaikkakunnilla on ollut tukiohjelmiä. Tämän lisäksi yhtiö on pyrkinyt edistämään ydinjätehuollon hyväksyntää yleisön keskuudessa.

Vähäaktiivisen jätteen loppusijoituspaikan etsinnässä oli päädytty Gurop-do-nimisen saaren käyttöön. Tutkimukset kuitenkin osoittivat, että alueella olikin tektonisesti aktiivinen, suuri kallion heikkousvyöhyke. Näin ollen alue ei enää soveltunut loppusijoitustarkoitukseen, ja hallitus päätti lopettaa loppusijoitusprojektin. Pääjohtaja In Soon Changin mukaan tulee kestävästi kauan ennenkuin seuraava laitospaikka on tiedossa.

ATS:n ryhmälle näytettiin kuva NEMACin käytetyn polttoaineen välivarastosta, joka perustuu vesiallastekniikkaan. Välivarasto-projektikaan ei ole kuitenkaan edennyt, koska laitospaikkaa ei ole onnistuttu valitsemaan. Pääjohtaja Chang totesikin ydinvoiman vastustuksen lisääntyneen maassaan.

Tällä hetkellä käytetty polttoaine varastoidaan voimalaitosten altaissa. Esimerkiksi Korin voimalaitosalueella siirretään yksiköiden 1 ja 2 käytettyä polttoainetta uudempien laitosyksiköiden 3 ja 4 tyhjempiin varastoaltaisiin. Kymmenen vuoden kuluttua nykyinen varastokapasiteetti tulee täyteen.

Ydinjätehuoltoa järjestellään uudelleen

Hallitus on päättänyt, että NEMAC lopettaa itsenäisen toimintansa. Käytetyn polttoaineen välivarasto-projektissa työtä tehneet 156 henkilöä siirtyy KEP-COon. Dr Changin mukaan välivarastokonseptin suunnittelu saatetaan aloittaa uusista lähtökohdista. Korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoituksen tutkimus- ja kehitystyöstä vastaavat henkilöt jäänevät puolestaan KAERIin.

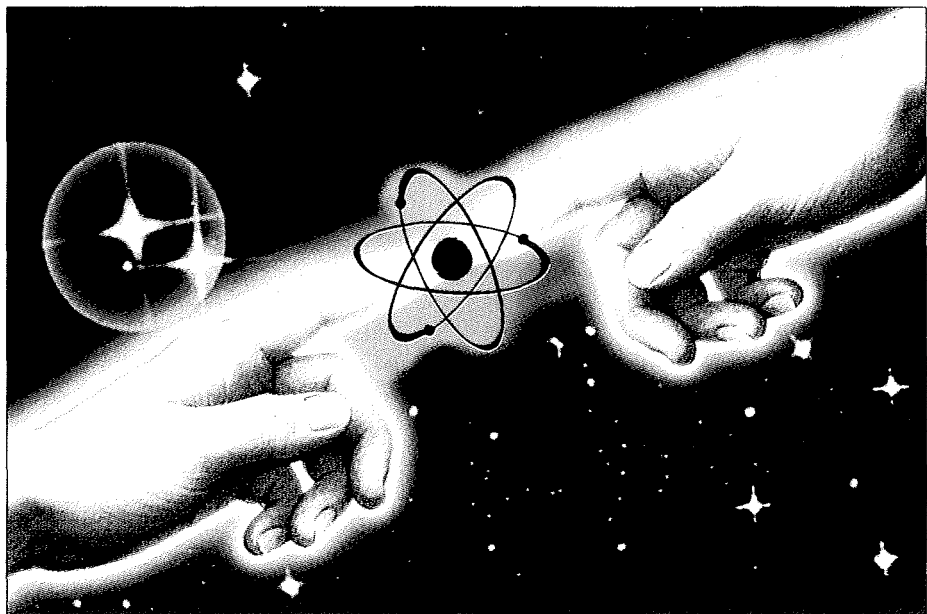
Verrattaessa Suomen ja Etelä-Korean ydinjätehuoltoa keskenään voidaan todeta, että olemme ajallisesti selvästi

edellä. Voimalaitosjätteiden loppusijoitustilat ovat jo hahmottuneet sekä käytetyn polttoaineen välivarastointitekniikat kiinnitetty. Näin ollen Suomella on tarjottavanaan kokemuksensa näiltä aloilta Korean käyttöön. Posiva Oy:llä on jo ollutkin yhteyksiä NEMACiin, mm. korealaisia asiantuntijoita on ollut Suomessa opiskelemaan kalliomekaniikan koodin 3DEC:n käyttöä sekä tutustumassa Suomen ydinjätehuoltoon. Tulevina vuosina ilmeisesti KAERI tulee hahmottelemaan Korean ydinjätehuollon pitkän tähtäyksen ohjelman sekä valmistaudutaan kalliolaboratoriotutkimusten käynnistämiseen. Nämä molemmat aiheet ovat sellaisia, joihin Posiva Oy:llä on tarjota osaamistaan.

TkL Jukka-Pekka Salo on Posiva Oy:n projektipäällikkö, p. (09) 2280 3744.

SUOMEN TAPAAAN KAERI ALOITTI TRIGALLA

Ydintutkimuskeskus KAERI on luonut pohjan Korean ydinvoimateollisuudelle. Tutkimus kattaa lähes kaiken ydinvoimalaan liittyvän kehitystyön perustutkimuksesta polttoaineen valmistukseen. Tutkimusta tehdään sekä voimayhtiölle että viranomaiselle. Korea sai ensimmäisen Triga-tutkimusreaktorin 1960-luvulla, ja nyt töitä tehdään uudella KAERIn suunnittelemalta HANARO-reaktorilla.



KAERI (Korean Atomic Energy Research Institute) on Etelä-Korean valtiollinen ydintutkimuskeskus, jolla on ollut menneinä vuosikymmeninä ja on edelleenkin hyvin merkittävä osuus Korean ydinteknisen osaamisen luomisessa ja kehittämisessä. ATS:n ryhmä teki KAERIn Taejonin lähellä sijaitsevaan tutkimuskeskukseen lyhyen vierailun, jonka aikana meille esiteltiin KAERIn toimintaa yleisesti sekä tehtiin kiertokäynti HANARO-tutkimusreaktorille.

Vierailu alkoi hieman takellessa, sillä lievän väärinkäsityksen vuoksi ryhmämme saapui paikalle puoli tuntia aiemmin kuin KAERIn edustajat olivat odottaneet. Tämä vastoinkäyminen sotki pahemmin kerran ryhmämme vastaanottajaksi määrätyn nuoren korealaisen konseptit, ja meitä siirrettiin jonkin aikaa paikasta toiseen. On kuitenkin sanottava, että kunhan alkuhankaluuksista oli selvitty, vastaanotto KAERIssa oli erittäin hyvä ja myös korkeatasoinen. Isäntänämme toimi KAERIn varatoimintajohtaja Si-Hwan Kim. Valitettavasti

vain ajanpuutteen vuoksi tutustuminen KAERIn tutkimustoimintaan jäi melko pintapuoliseksi.

KAERIn edustajat muistivat kohteliaasti mainita aiemmat kontaktinsa Suomeen: VTT:n termohydrauliikkakoodin, SMABRE, on myyty heille jokunen vuosi sitten. Lisäksi KAERilla on ollut yhteyksiä Suomeen myös ydinjätepuolella.

Suuri osa KAERIn toiminnasta on nykyisin sijoitettu keskitetysti yhdelle kampukselle Taedokin tiedekaupunkiin Taejonissa. Toimintaa on siirretty Taejoniin mm. Seoulista, jossa sijaitsivat esimerkiksi KAERIn aiemmat, äskettäin suljetut, TRIGA-tyyppiset tutkimusreaktorit. Kampus sijaitsee kauniilla paikalla vuorten kupeessa noin kahdenkymmenen minuutin ajomatkan päässä Taejonin keskustasta. Kampuksella sijaitsevat myös mm. KAERIn uusi ylpeydenaihe, HANARO-reaktori, KNFC:n polttoainetehdas sekä NEMAC, joka vastaa Korean ydinjätehuollosta.

Korean ydinvoimatiedotus uskoo vielä huomiseen.

KAERIn kampuksen lisäksi Taedokin tiedekaupungin alueelle on keskittynyt huomattava määrä eri alojen tutkimuslaitoksia ja korkean teknologian yrityksiä. Ydinvoima-alaan liittyvistä laitoksista KAERIn naapurissa sijaitsevat mm. turvallisuusviranomaisen KINS, KEPCOn tutkimusyksikkö KEPRI (Korean Electric Power Research Institute) sekä KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology), joka on paikallinen Teknillinen Korkeakoulu.

KAERI luonut perustan ydinvoimaosaamiselle

KAERI on perustettu vuonna 1959, toisin sanoen samoihin aikoihin, kun Etelä-Korean määrätietoinen teollistaminen päätettiin aloittaa. Maan ensimmäinen tutkimusreaktori — tyyppiltään TRIGA Mark II — otettiin käyttöön

vuonna 1962. Korean ydintekninen historia on siten jokseenkin yhtä vanhaa kuin Suomen.

Historiallisesti KAERIn erityinen rooli Koreassa on ollut kehittää omaa ydinvoimaosaamista ja luoda pohjaa maan ydinvoimateollisuudelle. KAERista ovat aikojen saatossa erkaantuneet omiksi itsenäisiksi yhtiöikseen ja laitoksikseen mm. suunnittelu-yhtiö KOPEC, polttoaineyhtiö KNFC, ydinjäte-yhtiö NEMAC ja myös turvallisuusviranomaisen KINS, joka perustettiin KAERIn alaisuuteen vuonna 1981 ja itsenäistyi KAERista vasta vuonna 1987.

Nykyisellään KOPEC ja KNFC ovat KEPCOn omistamia yhtiöitä. Korealaiset isäntämme kertoivat lisäksi, että ensi vuonna KAERIn osien siirtämistä teollisuuteen on tarkoitus jälle jatkaa. CANDU-polttoaineen valmistus siirretään KAERilta KNFC:lle sekä ydinteknisten lämmönkehitysjärjestelmien (NSSS) suunnittelu KAERilta KOPECiin.

Hallinnollisesti KAERI kuuluu Korean tiede- ja teknologiaministeriön alaisuuteen samoin kuin esimerkiksi turvallisuusviranomaisen KINS. Sen sijaan valtiollinen voimayhtiö KEPCO kuuluu energia- ja teollisuusministeriön alaisuuteen. KAERI kuitenkin tekee tutkimusta sekä viranomaispuolelle että voimayhtiöpuolelle, ts. hieman samoin kuin VTT Suomessa.

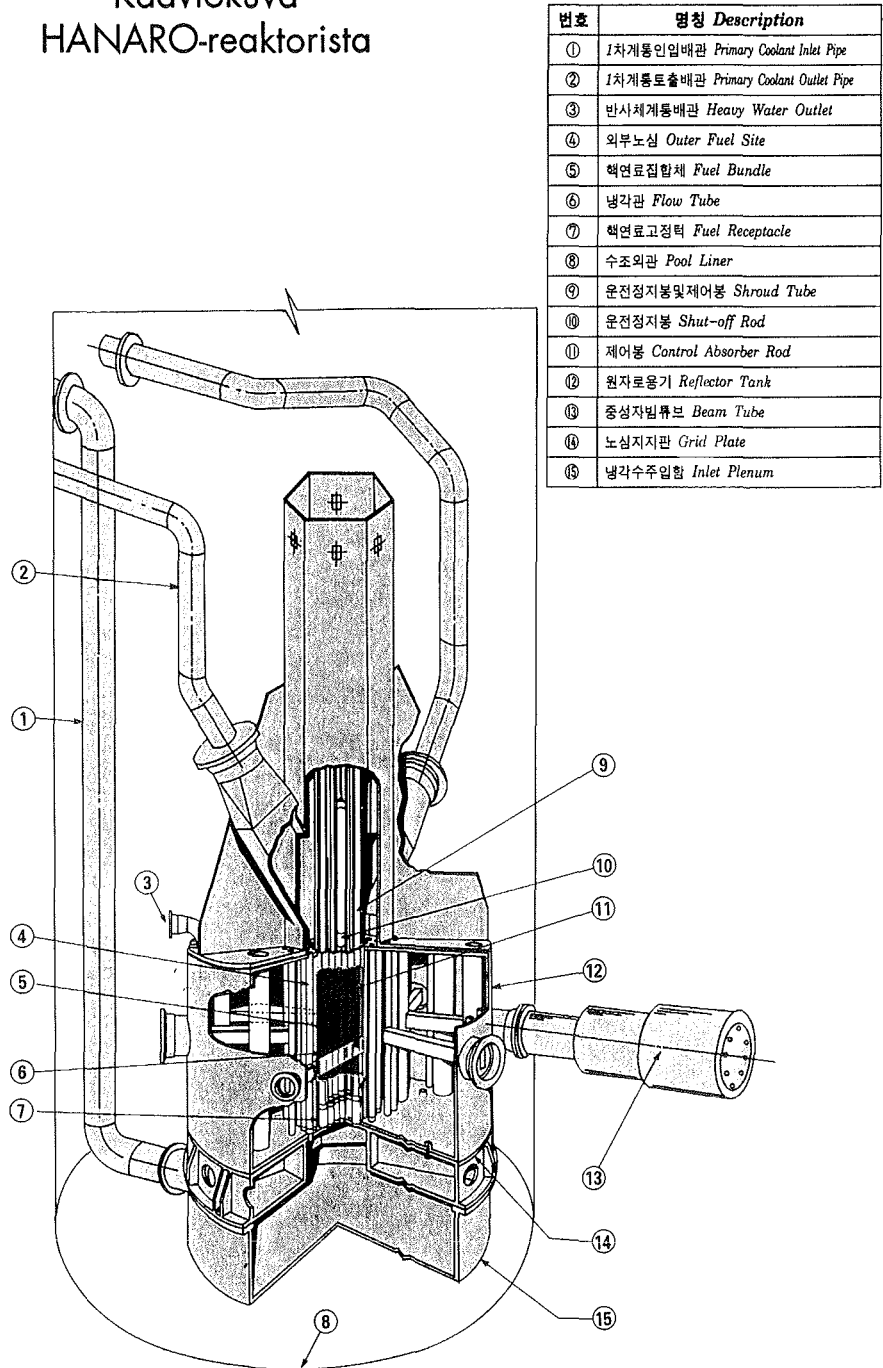
KAERIn tutkimustoiminta on varsin laajaa ja kattaa lähes kaiken ydinvoimalaan liittyvän perustutkimuksesta lähtien hyvinkin soveltavaan tutkimukseen ja jopa järjestelmäsuunnitteluun ja polttoaineen valmistukseen asti. Tutkimustoiminta jakautuu KAERissa yhdeksään pääyksikköön: perustutkimus (Basic Nuclear Research), soveltava ydintutkimus (Advanced Nuclear Research), polttoaine- ja reaktorikehitys, ydinpoltoaine, HANARO-reaktori, ydinvoimalaitosten suunnittelu, ydinvoimaprojektit, ydinvoiman valvonta (Nuclear control) ja koulutusyksikkö.

Perustutkimusyksikössä (Basic Nuclear Research) tutkimusta tehdään mm. materiaalitekniikan, optiikan, robotiikan sekä fuusiotekniikan alueilla. Soveltavan tutkimuksen yksikkö KAERissa on

myös varsin laaja. Siellä tehdään mm. ydinvoimalaitosten turvallisuuteen- ja luotettavuuteen liittyvää tutkimusta. Myös reaktorien termohydrauliikan ja vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimus, jossa korealaiset ovat lisänneet aktiivisuuttaan viime aikoina, kuuluu tähän yksikköön. Tältä alueelta voidaan mainita esimerkkinä sydänsulan jäähdytettävyyttä tutkiva SONATA-koeohjel-

ma, joka on suunnitteilla ja johon KAERI yrittää saada myös muun muassa OECD:n rahoitusta. KAERIn toiminnan laajuudesta kertoo kuitenkin se, että samaan soveltavan tutkimuksen yksikköön mahtuu myös nopeiden reaktorien tutkimus KALIMER (Korean Advanced Liquid Metal Reactor)-ohjelman puitteissa.

Kaaviokuva HANARO-reaktorista



KAERin reaktorikehitysyksikköä voidaan pitää luonteeltaan enemmän suunnittelutoimistona kuin tutkimuslaitoksena. Korean uusimmat, juuri käynnistyneet ydinvoimalaitosyksiköt Yonggwang 3&4 tilattiin ABB Combustion Engineeringiltä sopimuksella, johon kuului hyvin laaja teknologian ja ydinvoimaosaamisen siirto Koreaan. Nyt rakenteilla olevat Ulchin 3&4 perustuvat hyvin pitkälle ABB CE:n System 80-konseptiin samoin kuin Yonggwang 3&4:kin, mutta niiden lopullisessa suunnittelussa korealaisilla itsellään on ollut huomattavasti suurempi vastuu.

Korealaiset kutsuvat Ulchin 3&4:ta KSNP (Korean Standard Nuclear Power Plant)-sarjan ensimmäiseksi reaktoreiksi. KSNP:n suunnittelussa korealaisen keskinäinen työnjako on hoidettu siten, että KAERin reaktorikehitysyksikkö on vastannut laitosten ydinteknisen lämmönkehitysjärjestelmän (NSSS) suunnittelusta kun taas KOPEC on hoitanut muun järjestelmä- ja layoutsuunnittelun. Ensi vuonna myös NSSS:n suunnittelu siirretään KOPECiin. Samoin KAERI on pyrkinyt hankkimaan ja kehittämään omaa osaamista CANDU:n lämmönkehitysjärjestelmien suunnittelussa. Tällä hetkellä Wolsongiin on rakenteilla kolme uutta CANDU-yksikköä.

HANARO-tutkimusreaktori on korealaisen taidonnäyte

KAERin lyhyen yleisesittelyn jälkeen ATS:n ryhmä vietiin kiertokäynnille uudelle HANARO-reaktorille, josta isännät olivat selvästikin varsin ylpeitä. HANARO (Hi-Flux Advanced Neutron Application Reactor) on KAERin itsensä suunnittelema uusi tutkimusreaktori, joka on otettu käyttöön vuonna 1995.

HANARO on allastyypinen tutkimusreaktori, jonka maksimiteho on 30 MW ja termien vuo maksimissaan 5×10^{14} n/cm². Reaktorin moderaattorina on raskas vesi ja jäähdytteenä kevyt vesi. Raskas vesi sijaisee reaktorin sydäntä ympäröivässä, halkaisijaltaan noin kaksi metriä olevassa raskasvesiheijastimessa. Jäähdytteenä toimiva kevyt vesi taas pumpataan polttoaine-elementtien läpi ylhäältä alaspäin. Sydämen yläpuolella polttoaine-elementtien yläpäästä poistuva jäähdyte



Matkalla ehdittiin käyntelemään puikkojakin — tietysti lattialla istuen.

imetään poistokanavaan ja siitä edelleen kahdelle pääkiertopumpulle ja lämmönvaihtimille. Sydämen päällä oleva imu on riittävän suuri, jotta kaikki sydämen läpi virtaava vesi saadaan talteen ja estetään mahdollisten aktivointituotteiden nousu reaktorialtaan pintaan.

HANAROn polttoaineena käytetään matalarikasteista (noin 20 % ²³⁵U) uraania, joka on polttoainesauvoissa muodossa U₃Si-Al. Polttoainesauvojen suojakuori on alumiinia. Kaikkiaan sydämessä on 32 polttoaine-elementtiä, joissa kussakin on joko 18 tai 36 polttoainesauvaa heksagonaalisessa hilassa. Polttoaineen pituus sauvoissa on 70 cm.

Pystysuoria säteilytyspositioita on sekä sydämen että heijastimen alueella. Sydämen sisällä on kaikkiaan kolme sekä välittömästi sydämen vieressä kahdeksan reikää, joissa on käytettävissä myös nopeaa ja epitermistä vuota ja joita käytetään lähinnä materiaalien testaukseen. Heijastintankissa olevia vaakasuoria reikiä on kaikkiaan 25. Näistä kaksi suurihalkaisijaista reikää (18 cm ja 22 cm) on erityisesti tarkoitettu puolijohteiden dopaukseen termisten neutronien avulla. Dopauksessa Si-30:stä syntyy neutronikaappauksen avulla P-31:tä. Yksi vaakasuora reikä, johon on yhdistetty nestemäisellä vedyllä toimiva jäähdytysjärjestelmä, toimii kylmien neutronien lähteenä.

Yksi rei'istä on puolestaan suunniteltu käytettäväksi erityisesti polttoainetestaukseen. Tätä varten on suunniteltu erillinen testiluoppi, joka voidaan laskea ylhäältä paikalleen. Loopin sisään mahtuu yhtä aikaa kolme testattavaa polttoainesauvaa. Testiluoppi polttoaineen testausta varten asennetaan paikalleen vuoden 1996 lopulla. Vastava luoppi transientitestejä varten on suunnitteilla myöhemmin. Lisäksi neutroniaktiivointianalyysejä varten varustettu kolme säteilytysreikää, joihin pneumaattinen putkipostiyhteys sekä yksi suurempi reikä, johon hydraulinen näyteenkuljetusjärjestelmä. Vaakasuo-ria neutronisuihkuputkia HANARossa on kaikkiaan seitsemän.

Mainittakoon, että raskaan veden valmistusta ei ole Koreassa, vaan HANARossa tarvittava määrä ostetaan ulkomailta.

DI Olli Kymäläinen tutkii termohydrauliikkaa ja vakavia reaktori-onnettomuuksia IVO International Oy:ssä, p. (09) 8561 5388.

KORIN YDINVOIMALA JAUHANUT SÄHKÖÄ LÄHES KAKSI VUOSIKYMMENTÄ



Neljannen päivän toinen vierailukohde oli KORI:n ydinvoimalaitos, joka sijaitsee Korean niemimaan luoteisrannikolla KORI nimisessä kylässä Pusan kaupungin läheisyydessä. KORI:n voimalaitos käsittää kaikkiaan neljä voimalaitosyksikköä, joista KORI 1 oli Korean ensimmäinen ydinvoimalaitos. KORI 1:n rakentamisesta solmittiin sopimus Westinghousen/General Electric Companyn kanssa kesäkuussa 1970. KORI 1 otettiin kaupalliseen käyttöön huhtikuussa 1978.

KORI:n kaikkien neljän voimalaitosyksikön yhteenlaskettu teho on 3137 MW, mikä on noin 9,8 % KEPCO:n kaikesta asennetusta sähköntuotantokapasiteetista. Vuotuinen neljän yksikön yhteenlaskettu sähköntuotanto on keskimäärin 24 TWh, mikä oli vuonna 1995 noin 35 % ydinvoimalla tuotetusta sähköstä Koreassa. Lokakuun 7 päivänä 1995 KORI:n voimalaitos saavutti virstanpylvään sähköntuotannon ylitettyä 250 TWh sitten ensimmäisen yksikön käynnistymisen 17 vuotta aikaisemmin.

Laitokset ovat tyypiltään painevesi-reaktoreita, joiden reaktorilaitoksen toimittaja oli Westinghouse ja turpiini/generaattorilaitoksen toimittaja General Electric Company.

Laitosyksiköt KORI 1 ja 2 toimitettiin ”avaimet käteen” periaatteella, kun taas yksiköt 3 ja 4 toteutettiin pitkän tähtäimen kehitysohjelman puitteissa, mikä merkitsi huomattavia kotimaisia toimituskokonaisuuksia.

Laitoksen käyttövarmuus huippuluokkaa

KORI:n voimalaitos on organisatorisesti alistettu KEPCO:n ydinvoimaosaston alaisuuteen yhdessä kolmen muun ydinvoimalaitoksen kanssa. Laitosta johtaa voimalan johtaja, jonka esikuntana toimii QA. Voimala jakautuu hallinnollisesti neljään osaan: yksiköt 1 ja 2, yksiköt 3 ja 4, hallinto ja tekninen tuki.

Henkilöstön kokonaismäärä oli vierailuajankohtana 1 937 henkilöä, joista KEPCO:n kirjoilla oli 1 089 henkilöä, KPS/KOPEC:in kirjoilla 548 henkilöä ja muiden urakoitsijoiden kirjoilla 300 henkilöä.

Henkilöstöstä luettiin käyttöön kuuluvaksi 16 %, kunnossapitoon 62 %, hallintoon 16 % ja tekniseen tukeen 6%.

Vuoden 1996 tuotantovarmuus on edelleen ollut hyvää tasoa. KORI 1-yksiköllä oli polttoaineen vaihtoseisokki 14.1.–31.3. välisenä aikana, minkä jälkeen tuotanto on jatkunut 100 % teholla. KORI 2:lla jatkui polttoaineenvaihtoseisokki vuoden 1996 puolella aina 15.2. saakka, minkä jälkeen laitos on käynyt 100 % teholla. Laitoksella sattui pikasulku 18.6. jolloin laitos oli poissa tuotannosta noin 14 tuntia.

KORI 3-yksikkö oli käynyt täydellä teholla 21.10. saakka, jolloin yksikkö pysäytettiin korjausseisokkiin. Seisokin on määrä jatkua aina 11.3. saakka (höyrygeneraattorin korjaus?). Polttoaineenvaihtoseisokki yksikölle oli suunniteltu 15.12.96 – 22.2.97 väliseksi ajaksi. KORI 4 yksikkö oli polttoaineenvaihtoseisokissa 5.4.–21.6. välisen ajan. Muun osan vuodesta yksikkö on käynyt 100 % teholla.

Vuosina 1995–1996 teki KORI 4-yksikkö Korean 18 kuukauden syklin laitoksen häiriöttömän ajan ennätysen. Yksik-

KORI:n yksiköiden sopimusten solmimis- ja käyttöönottoajankohdat

Yksikkö	Sopimus	Kaupalliseen käyttöön
KORI 1	Kesäkuu 1970	Huhtikuu 1978
KORI 2	Marraskuu 1976	Heinäkuu 1983
KORI 3	Toukokuu 1978	Syyskuu 1985
KORI 4	Toukokuu 1978	Huhtikuu 1986

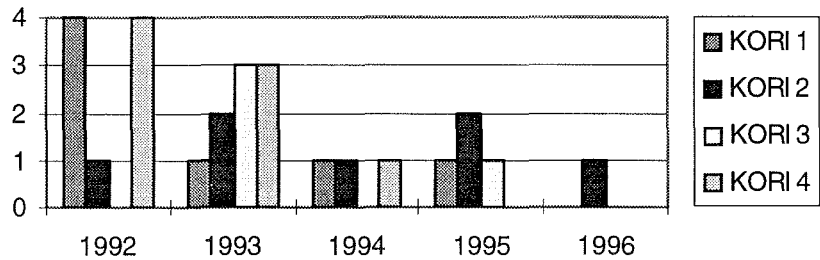
kö oli verkossa yhtämittaisesti 423 vuorokautta.

Pikasulkujen määrä on laskenut vuodesta 1992 lähtien jatkuvasta. Suotuisa kehitys on saatu aikaan järjestelmällisellä panostamisella ennakkohuoltoon ja koulutukseen.

Vuosien aikana on KORI:n voimalaitosyksiköille suoritettu mittavia raskaiden komponenttien vaihtotoita ja laitteistojen parannuksia. Tällaisista vaihto- ja muutostöistä voi mainita KORI 3 ja 4 -yksiköiden välitulistimien vaihdon uuteen konstruktion, jolla saavutettiin 20 MW tehonlisäys. KORI 1:n meriveden puhdistusvälpät on vaihdettu uudempaan konstruktion. KORI 2:n jäähdytysveden sisääntulokanavaan on asennettu roskapoistolaitteisto poistamaan taifuunikauden aikana sinne tulevaa moskaa.

KORI 1:lle on tilattu uudet höyrygeneraattorit ja kaikille KORI:n voimalaitosyksiköille on tilattu uudet matalapaineturpiinit.

Pikasulkujen määrä vuosina 1992–1996



Pikasulkujen syyntä ovat olleet kunnossapitovika (6), laitteiston vikatoiminto (6), laitteiston ikääntyminen (6), rakennevika (5) ja inhimillinen virhe (2).

Vuoden 1996 tammi-syyskuun aikana oli työntekijöiden säteilyannoksia rekisteröity KORI:n voimalaitoksilla kaikkiaan 2 122 henkilölle. Yli puolet annoksista oli alle 0,01 remiä ja yli 5 remin annoksia ei ollut yhdelläkään työntekijällä.

Jättemäärät yritetään saada kuriin

KORI:n voimalaitoksilla on jätevarastossa tilaa 50 000 jätetynnyrille, mitä määrästä on tällä hetkellä käytetty hieman yli puolet. Jätteiden käsittelymenetelminä käytetään haihduttamista

Korin laitosten tekniset tiedot

	KORI 1	KORI 2	KORI 3 & 4
Reaktorityyppi	2-piirinen PWR	2-piirinen PWR	3-piirinen PWR
Terminen teho (MW _t)	1723,5	1876,5	2775
Sähköteho (MW _e)	587	650	950
Höyrygeneraattori	Westinghouse, sarja 51	Westinghouse, malli F	Westinghouse, malli F
Höyrygeneraattorien lukumäärä	2	2	3
Polttoaine-elementtien lukumäärä	121	121	157
Polttoaine-elementtien tyyppi	14 x 14	16 x 16	17 x 17
Polttoainesyklin pituus (kk)	15	15	18
Palama (MWd/MTU)	noin 14500	noin 15000	noin 17000
Suojarakennus	Sisempi suojarakennus teräksestä, ulompi teräsbetonista	Sisempi suojarakennus teräksestä, ulompi teräsbetonista	Esijännitetty teräsbetoni + liner

ja kuivaamista sekä puristuskelpoisten jätteiden käsittelyssä 2 000 tonnin superkompaktoria. Kiinteitysaineena käytetään bitumia.

KORI:n laitoksilla on panostettu mahdollisesti loppusijoitettavan jätemäärän minimoimiseksi. Päämääränä on pienentää tietyllä aikajaksolla varastoitavien jätteiden määrä kolmanteen osaan nyt vallitsevasta tilanteesta.

KORI:n laitoksilla on varastopaikka kaikkiaan 2 843 käytetylle polttoaine-elementille. Tästä varastotilasta on lokakuussa 1996 käytetty 2 223 paikkaa. Jäljellä oleva 620 paikkaa riittää vielä viiden vuoden tarpeisiin. Odottaessa lopullisen kaikkien laitosten yhteisen välivaraston valmistumista on KORISSA ryhdytty selvittämään käytetyn polttoaineen varastointikapasiteetin lisäämistä. Yhtenä varastointikapasiteetin lisäämisekeinoja selvitetään kuivavarastointimahdollisuuksia.

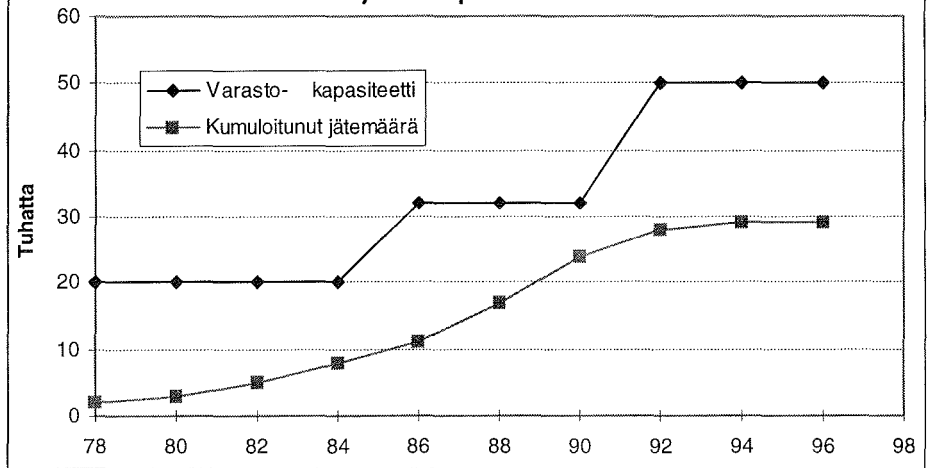
Yhteistyö paikallisen väestön kanssa kiinteä osa toimintaa

Ympäristön säteilyvalvonta KORIN alueella on järjestetty on-line mittapisteillä, joita on sijoitettu eri etäisyyksille laitoksista kaikkiaan 12 kappaletta. On-line mittauksen lisäksi seurataan ympäristön tilaa keräämällä maastonäytteitä kaikkiaan 101 eri paikasta.

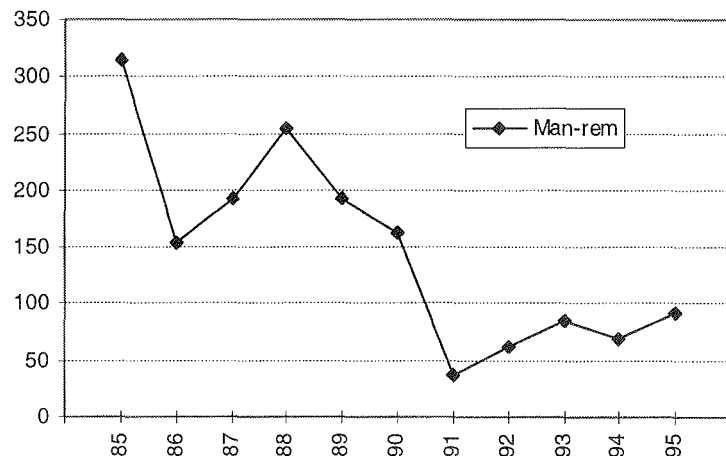
Yhteistyötä ympäristöasioissa laitospaikkakunnan väestön kanssa tehdään myös maaliskuussa 1996 perustetussa yhteistyöelimestä, jonka 14 jäsentä on koottu paikallisten asukkaiden ja hallintoelinten edustajista. Yhteistyöelimen tehtävänä on seurata mittauksin ympäristön säteilytasoa ja yhteistyössä KORIN voimalaitoksen kanssa julkaista ympäristön säteilytasoa koskevia tiedonantoja.

Vuonna 1989 säädetyin lain mukaan voimalaitoksien tulee osallistua sijoituspaiikkakuntansa kehittämiseen ja hyvinvoinnin lisäämiseen. Tällaisia kehitystoimenpiteitä ovat mm. projektit, jotka lisäävät paikkakunnan tulotasoa, yleisten rakennusten rakentaminen ja koulutuksen edistäminen. Lakiin vaadittiin 1995 muutoksia, joiden perusteella voimalaitoksen velvoitteet edelleen

Kiinteiden jätteiden varastointikapasiteetti ja kertyneet jätemäärät



Keskimääräinen laitoskohtainen kokonaisannos vuosihuoltojen yhteydessä vuosina 1985–1995



Vuoden 1995 tuotanto KORIN laitoksilla

Laitos-yksikkö	Tuotanto kerroin (TWh)	Käyttökerroin (%)	Käytettävyyksyksikkö (%)	Oma-käyttö (%)	Suunnitelmattomia seisokkeja (kpl)
KORI 1	4,2	82,2	99,4	6,1	1
KORI 2	5,4	95,3	95,5	5,9	2
KORI 3	6,3	76,2	78,4	4,4	1
KORI 4	7,6	91,5	89,3	3,9	0

lisääntyivät. Lain muutoksen jälkeen voimalaitoksen tulee edellisten lisäksi osallistua sosiaalihuollon tukemiseen, teollisuuden toimintaedellytysten parantamiseen sekä paikallisten asukkaiden sähkönhinnan subventoimiseen.

Myös KORI:n voimalaitos osallistuu edellämämainitun lain velvoittaman sijoitusalueensa kehittämiseen. Lakiin 1995 tehty muutos näkyy varsin selvänä menojen lisääntymisenä. Kun vuonna 1991 ympäristökunnille maksettava tuki oli runsas viisi miljoonaa markkaa ja vuonna 1995 runsas 10 miljoonaa markkaa, oli tuki vuonna 1996 jo lähes 25 miljoonaa markkaa.

Laitoksen sisätilat ja ulkoalueet varsin huoliteltuja

Laitoskäynnin yhteydessä käytiin KORI 4-yksiköllä, jätteidenkäsittelylaitoksella sekä laitosalueelle rakennetussa näköalalaitoksessa. Isäntinä toimi 3- ja 4-yksiköiden päällikkö. Laitokselle mentäessä huomio kiinnittyi laitoksien ulkoalueisiin. Rahaa oli käytetty moni-

naisiin istutuksiin, pengerryksiin ja kiveyksiin.

Laitoksella käytiin keskusvalvomon lasiseinän takana katsomassa valvomon työskentelyä. Kuriositeettina mainittakoon, että valvomon näköalatiloihin mentäessä jätti niin isännät kuin vieraatkin ulkokenkensä oven ulkopuolelle ja sisään mentiin sandaalit jalassa. Jalkineiden vaihto ei liene johtunut niinkään "perinteisestä" kenkäräjästä, vaan pikemminkin maan tavasta jättää ulkokengät pois mentäessä arvokkaisiin tiloihin.

Valvomossa työskentelee yhdessä vuorossa kuusi henkilöä: vuoropäällikkö, reaktoriohjaaja, turpiiniohjaaja, sähkötyönjohtaja ja kaksi laitoksella kiertelävää ohjaajaa. Laitoksen ohjaajat olivat pukeutuneet yhdenmukaisiin asuihin (suorat housut, pikkutakki, valkoinen paita, solmio). Käyttövuoroja on kuusi, joista neljä on vuorossa, yksi vapaalla ja yksi koulutuksessa.

Laitoskierros jatkui turpiinisalin läpimarsilla. Huonetilat olivat silmiinpistävän siistejä. Kaikki pinnat olivat kuin

juuri maalattuja, eikä roskaa tai roinaa näkynyt missään. Lieneekö vieraskoreutta ja vierailureitti oli täten laitettu viimeisen päälle paraatikuntoon?

Matka jatkui jätteidenkäsittelylaitokselle. Vierailu rajoittui kuitenkin pelkästään eteisaulassa esiteltäviin tauluihin, joissa kuvattiin käsiteltävien jätteiden laatua ja määriä.

Viimeiseksi ajettiin yhdelle alueen kukkuloista perustetulle näköalatasanteelle, josta oli upeat näköalat voimalaitosalueen ja Korean salmen yli. Huomio kiinnittyi voimalaitosyksiköiden ulkopinnan käsittelemättömyyteen vastakohdina laitosten sisäpintojen viimeistelylle. Vierailun isäntä ilmoitti ulkopintojen käsittelemättömyyden olleen yksinkertaisesti kustannuskysymys.

Ins. Pekka Nousiainen on Teollisuuden Voima Oy:n voimalaitostekniikan yksikön suunnitteluinsinööri, p. (02) 8381 4212.

JUKKA LAAKSOSESTA STUK:N PÄÄJOHTAJA 1.4.1997



Tasavallan presidentti Martti Ahtisaari nimitti 20.12.1996 pidetyssä presidentin esittelystä tekn. lis. Jukka Laaksonen Säteilyturvakeskuksen pääjohtajaksi 1.4.1997 alkaen. Hän seuraa tehtävässä vuodesta 1984 ylijohdajana, 1987 lähtien pääjohtajana palvellutta, nyt eläkkeelle siirtyvää tekn. tri Antti Vuorista.

Jukka Laaksonen on syntynyt 1948 Tampereella, tullut ylioppilaaksi Sammon yhteislyseosta 1966, valmistunut Helsingin teknillisen korkeakoulun teknillisen fysiikan osastolta diplominsinööriksi 1972 ja tekniikan lisensiaatiksi 1973. Laaksonen työskenteli tutkijana Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa 1972–1974 ja sen jälkeen Säteilyturvakeskuksessa eri tehtävissä, viimeksi ydinturvallisuusosaston päällikkönä vuodesta 1989 lähtien. Vuosina 1981–1982 hän oli Yhdysvaltain ydin-

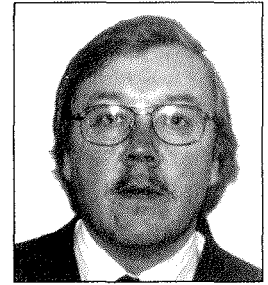
turvallisuusviranomaisen NRC:n tehtävissä vierailevana asiantuntijana ja 1987–1989 Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n palveluksessa Wienissä. Lisäksi hän on toiminut eri kansainvälisten ydinturvallisuusjärjestöjen asiantuntijana.

Jukka Laaksonen on naimisissa, ja hänellä on neljä lasta: 26-, 22-, 19- ja 15-vuotiaat. Hän asuu Espoossa omakotitalossa, ja harrastaa vapaa-aikanaan kuntoliikuntaa eri muodoissa.

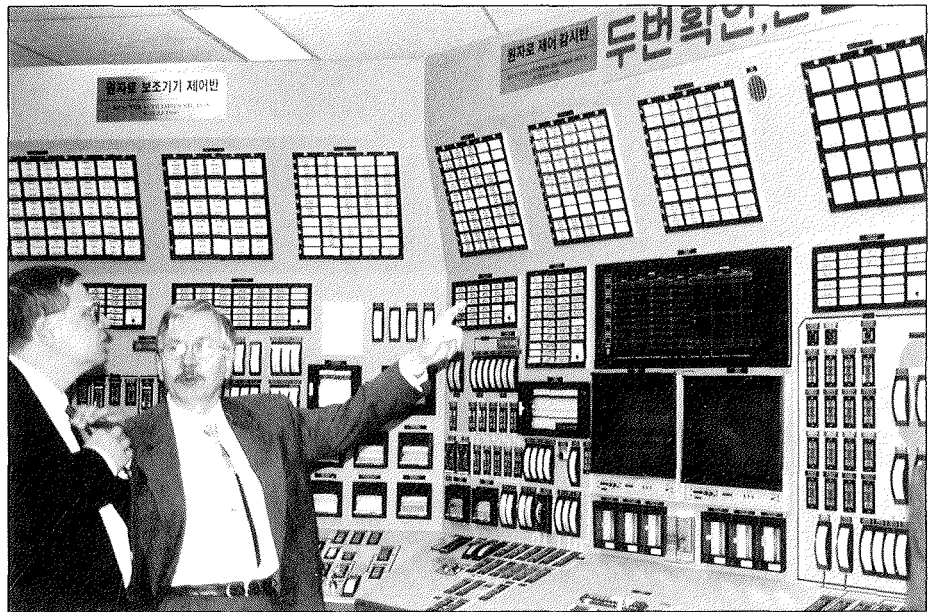
Toimitus onnittelee uutta pääjohtajaa!

(AI/STUK)

KNTC – MONIPUOLINEN YDINVOIMALAITOSTEN KOULUTUSKESKUS



Korean voimakkaasti laajeneva ydinvoiman hyväksikäyttö edellyttää hyviä valmiuksia ja jatkuvaa lisäpanostusta ydinvoiman parissa työskentelevän käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön kouluttamisessa. Vuosittain alku- ja kertauskoulutuksessa käyvien henkilöiden määrä ylittää 4 000 rajan vuonna 1996. Koulutettavien määrä tulee kasvamaan vajaa 6 000 henkilöön vuoteen 2000 mennessä.



(ATS:n) Presidentti ja varapresidentti simulaattorilla.

ATS:n 12-henkinen delegaatio tutustui KEPCO:n (Korea Electric Power Corporation) koulutuskeskukseen (Nuclear Training Center) 14.11.1996. Koulutuskeskus sijaitsee Korean niemimaan kaakkoisrannikolla noin 2–3 kilometrin etäisyydellä Korin voimalaitokselta, aivan Japanin meren rannalla paikkakunnalla, jonka nimi on Ulsan-Si.

Tiloja simuloinnista meditointiin

Koulutuskeskuksen yli 251000 m²:n alueella sijaitsevat rakennukset jalkapallo- ja tenniskenttineen muodostavat vaikuttavan kokonaisuuden. Koulutus-, hallinto- ja huoltotilarakennusten yhteenlaskettu pinta-ala on 24000 m².

Päärakennuksessa on hallintotoimistojen lisäksi 19 luokkahuonetta, audio-visuaalinen valvomo opetusvideointeja varten, kaksi täysimittakaavaista koulutussimulaattoria (KORI PWR 650 MW ja 950 MW), kielilaboratorio, kirjasto,

säteilysuojelu- ja kemian laboratoriot sekä 300 hengen auditorio. Päärakennuksen yleisiä tiloja ja auditoriota käytetään koulutustilaisuuksien lisäksi yleisiin ja yksityisiin tarkoituksiin, kuten häiden, konserttien, urheilutapahtumien ja filmsesitysten pitopaikkana.

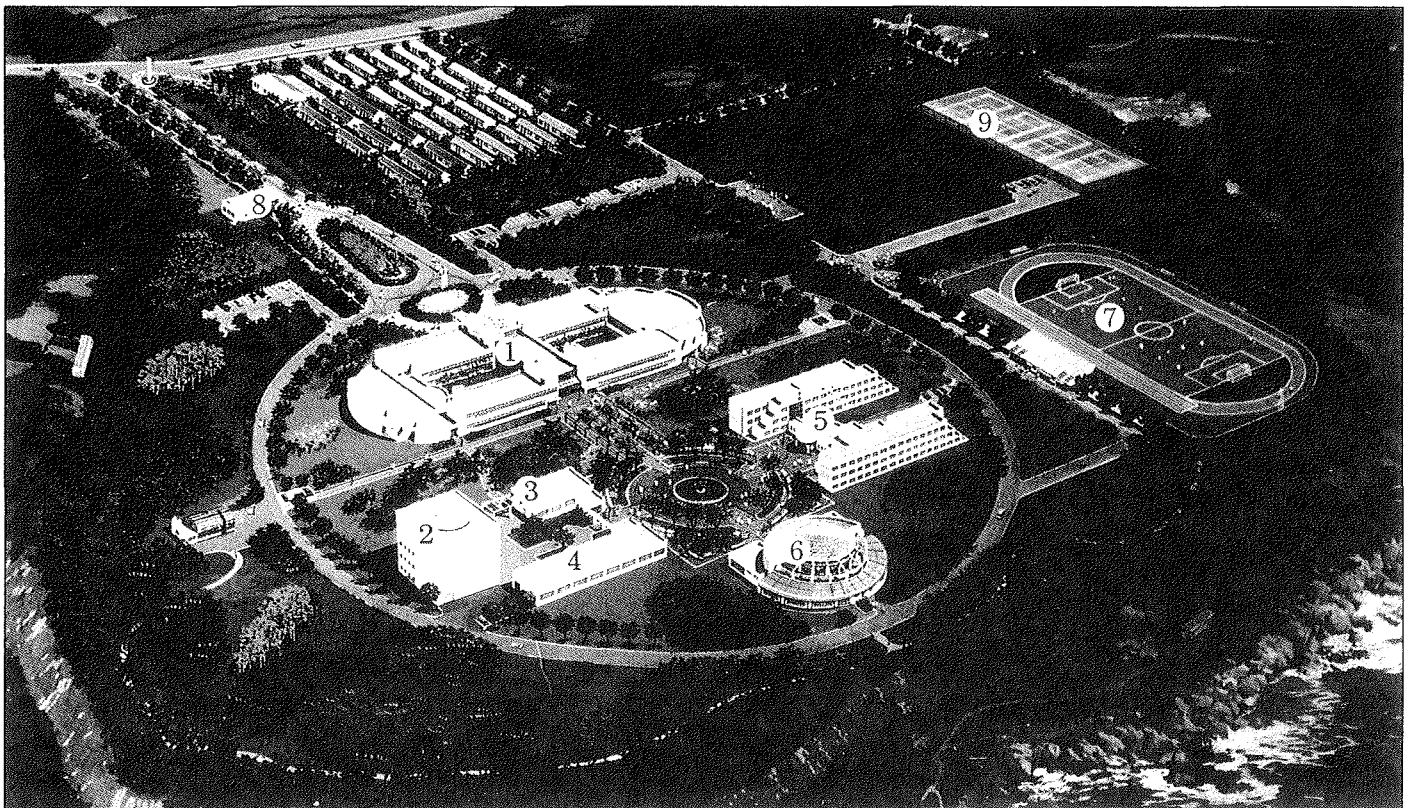
Kunnossapidon koulutusrakennuksessa on puolimittakaavainen reaktori altai-
neen, latauskoneineen ja reaktorin eri osien käsittelylaitteineen. Lisäksi rakennuksessa on eri tiloihin sijoitettuna esimerkiksi höyrygeneraattorin päätyosan mock-up tuubien korjausharjoittelua varten, pääkiertopumpun tiivisteosa, erilaisia venttiileitä, pumppuja ja lämmönvaihtimia piireineen. Edelleen rakennuksessa sijaitsevat sähkö- ja instrumentointimekaniikan laboratoriot.

Hitsaus- ja työstökoulutusta varten oli erillinen rakennus. Samaten ainetta rikkomattoman testauksen (NDT) koulutusta varten oli oma rakennuksensa.

Kaikkiaan kunnossapitohenkilöstön koulutuspuitteet vaikuttivat erittäin hyviltä, ja ne tarjosivat mahdollisuuden kouluttaa voimalaitosten ko. alan henkilöstöä laitteiden ja järjestelmien tunte-
muksessa.

Huoltorakennuksessa oli kaksi ruokasalia, terveyskeskus, mietiskelyhuone (Meditation) ja lepohuoneet. Majoitus-tilat sijaitsivat erillisessä rakennuksessa. Siinä oli yhteensä 150 kahden hengen huonetta. Niissä on mahdollisuus opiskella mm. kieliä oman valinnan mukaan sekä valmistautua seuraavan päivän koulutukseen. Ryhmämme majoitettiin näihin tiloihin tutustumispäivämme iltana vaiheikkaan ja voimia koettelevan bussimatkan jälkeen.

KORI:n voimalaitoksen koulutusjaosto perustettiin vuonna 1976. KORI 1:n käyttöönottoa (1978) varten ensimmäinen koulutussimulaattori otettiin käyttöön vuonna 1979. Tiede- ja teknologia-
ministeriön (MOST) valtuuttamana koulutuskeskus aloitti reaktorioperaattorien koulutuksen vuonna 1980. Nykyi-



- ① 본관(Main Building) ② 정비훈련동(Maintenance Training Building) ③ 용접훈련동(Welding Practice Building)
 ④ 기계실습동(Mechanical Practice Building) ⑤ 생활관(Dormitory) ⑥ 후생관(Welfare Center)
 ⑦ 운동장(Sports Ground) ⑧ 정문(Main Entrance) ⑨ 정구장(Tennis Court)

selle paikalleen koulutuskeskus perustettiin 1991 nimellä KEPCO Nuclear Training Center (KNTC).

Koulutuskeskus toimii ministeriön lisenssillä

Koulutuskeskuksessa annetaan perus- ja jatkokoulutusta. Osa koulutuksesta on KEPCO:n neljän laitospaikan (Kori, Wolsong, Yonggwang ja Ulchin) uusien yöntekijöiden peruskoulutusta.

Täydennyskoulutuksena koulutuskeskus tarjoaa ohjaajien, teknisen henkilökunnan suunnittelijoiden, kunnossapitohenkilöstön sekä linjaesimiesten kertaus- ja lisäkoulutusta. Käyttöhenkilöstön (ohjaajien) simulaattorikoulutus, Korin laitosta lukuunottamatta, tapahtuu kyseisen laitoksen laitospaikan koulutus-simulaattorilla.

Myös Korin laitoksen kaksi koulutus-simulaattoria (650 MW ja 950 MW) sijaitsevat koulutuskeskuksessa. Ensimmäinen valmistui vuonna 1979 ja toinen

vuonna 1986. Toinen soveltuu myös Yonggwang 1 -laitosyksikön koulutus-simulaattoriksi.

KNTC:n koulutuskeskuksessa työskentelee yhteensä 135 henkilöä ja laitospaikkakunnilla (Ulchin, Yonggwang ja Wolsong) kullakin 20 henkilöä. Koulutuskeskuksessa eri alojen kouluttajia on 32 henkilöä, assistentteja 14 ja muuta koulutushenkilöstöä 47. Avustavissa tehtävissä väkeä on 35 henkilöä.

Tiede- ja teknologiaministeriö on antanut KNTC:lle lisenssin kouluttaa ydinvoimateollisuuden palveluksessa olevan henkilökunnan. Käytännössä tämä tarkoittaa, että lisenssioidulla koulutuskeskuksella on lupa hyväksyä mm. ydinvoimalaitosten ohjaajat. Simulaattorikouluttajina toimivat ”instruktöörit” on lisensoitu kyseiselle laitostyypille, kuten esimerkiksi Korin 650 MW:n tai 950 MW:n simulaattorille. Valokuvilla varustetut lisenssit ovat nähtävillä simulaattoritilojen seinällä.

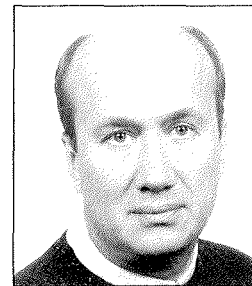
Vuoden 1996 koulutusohjelma sisälsi yhteensä 107 eri kurssia. Kokonaisuus piti sisällään yhteensä 4 095 henkilön aiku- tai jatkokoulutuksen. Mainittakoon, että koulutettavien henkilöiden joukossa oli vain kolme naispuolista koulutettavaa.

Koulutettavien henkilöiden määrä on noussut vuosittain hyvin voimakkaasti, mikä johtuu ydinvoiman ripeästä rakentamisesta. Vuonna 1994 käytössä oli yhdeksän reaktoria ja koulutettavia oli 3 010 henkilöä. Vuonna 2000 ennusteen mukaan käytössä tulee olemaan 16 reaktoria ja koulutettavien määrä noin 5 800 henkilöä.

Ohjaajien taidot tarkastetaan joka toinen vuosi

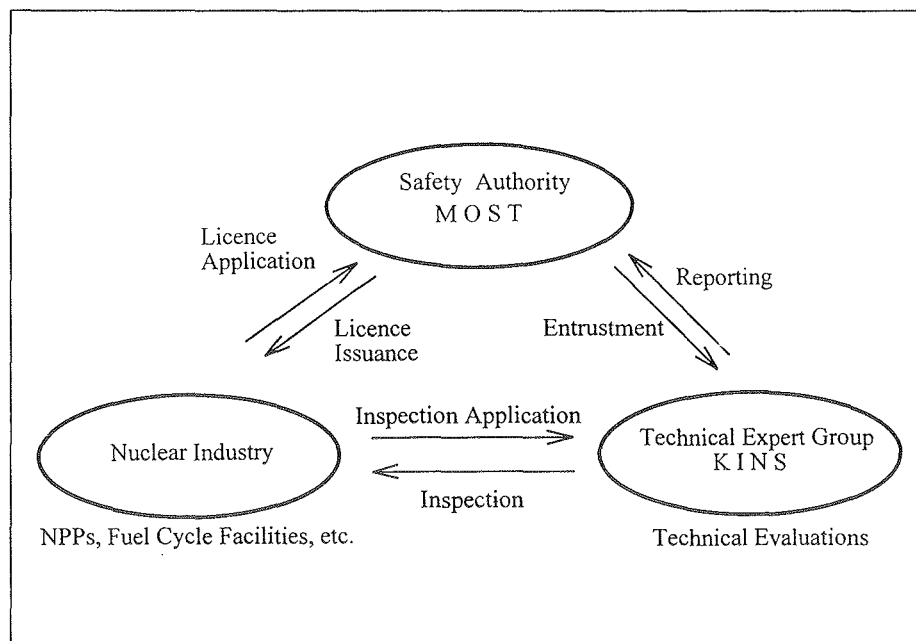
Koulutusjärjestelmä sisältää peruskoulutusosan sekä kertaus- ja jatkokoulutusosan. Lisäksi järjestelmä tarjoaa johtamiskoulutuskursseja.

Pauli Kopiloff



KINS TURVALLISUUDEN TAKUUMIEHENÄ

Korean ydinturvallisuusvalvonnasta vastaa KINS, Korean Institute of Nuclear Safety. Varapääjohtaja YOUNG-SOO EUN'n johdolla ATS:n delegaatiolle esiteltiin Korean ydinenergian rauhanomaisen käytön viranomaisvalvontaa. Samalla käytiin kiinnostavia keskusteluja erityisesti kansalaisten ydinvoima-asenteista sekä ydinvoimasta yleisölle tiedottamisesta. Ohjelmaan sisälsi myös tutustumisen KINS'n toimitiloihin ja siellä lähinnä valmiustiloihin, joissa oli muun muassa onnettomuustilanteen johtamisessa käytössä oleva tietokoneavusteinen tukijärjestelmä.



Korean ydinenergian käyttöön liittyvä viranomaisvalvonnan kehitys on kytkeytynyt tiiviisti kaupallisen ydinvoimaohjelman kehitykseen. Kolme ensimmäistä laitostyöyksikköä toimitettiin Koreaan 1970-luvulla avaimet käteen periaatteella. Paikallinen lainsäädäntö ja lisensointia koskeva säännöstö olivat tällöin kehittymättömiä. Tämä johti siihen, että laitosten lisensoinnissa sovellettiin toimittajamaiden, USA:n ja Kanadan, lainsäädäntöä ja säännöstöä.

Ydinlaitosten rakennusohjelman laajetessa 1980-luvun alussa kasvoi Korean teollisuuden osallistuminen projekteihin.

Se toimitti komponentteja ulkomaalaisille päätoimittajille. Tilatuista kuudesta PWR:stä neljä toimitettiin USA:sta ja kaksi Ranskasta. Vuonna 1981 perustettiin valvonnan asiantuntijaorganisaatioksi Nuclear Safety Centre (NSC). Lainsäädäntöä täydennettiin kaksivaiheisella, rakentamis- ja käyttöluvan sisältävällä lisensointimenettelyllä. Kuitenkin näiden kuuden laitoksen osalta sovellettiin lisensoinnissa toimittajamaiden lainsäädännön ja standardien vaatimuksia. NSC toteutti lainsäädännön edellyttämät turvallisuusarviot. Se käynnisti myös viranomaisvaatimusten kehittämishohjelman.

Peruskoulutusta anetaan uusille työntekijöille aloittivatpa he työnsä käyttö-, kunnossapito-, teknisen tuen- tai suunnittelutehtävissä. Koulutukseen sisältyy alkuperehdytyskoulutusta, peruskurssi, ydinvoimalaitosten järjestelmäkoulutusta sekä useampia jaksoja laitostyökohtaista yksityiskohtaan menevää koulutusta. Peruskoulutuksen eri osien pituudet vaihtelevat kolmesta kahdeksaan viikkoon. Käyttötehtäviin perehdytettäviltä voimalaitoksen ohjaajilta koko peruskoulutusjakson pituus on kaikkiaan 39 viikkoa.

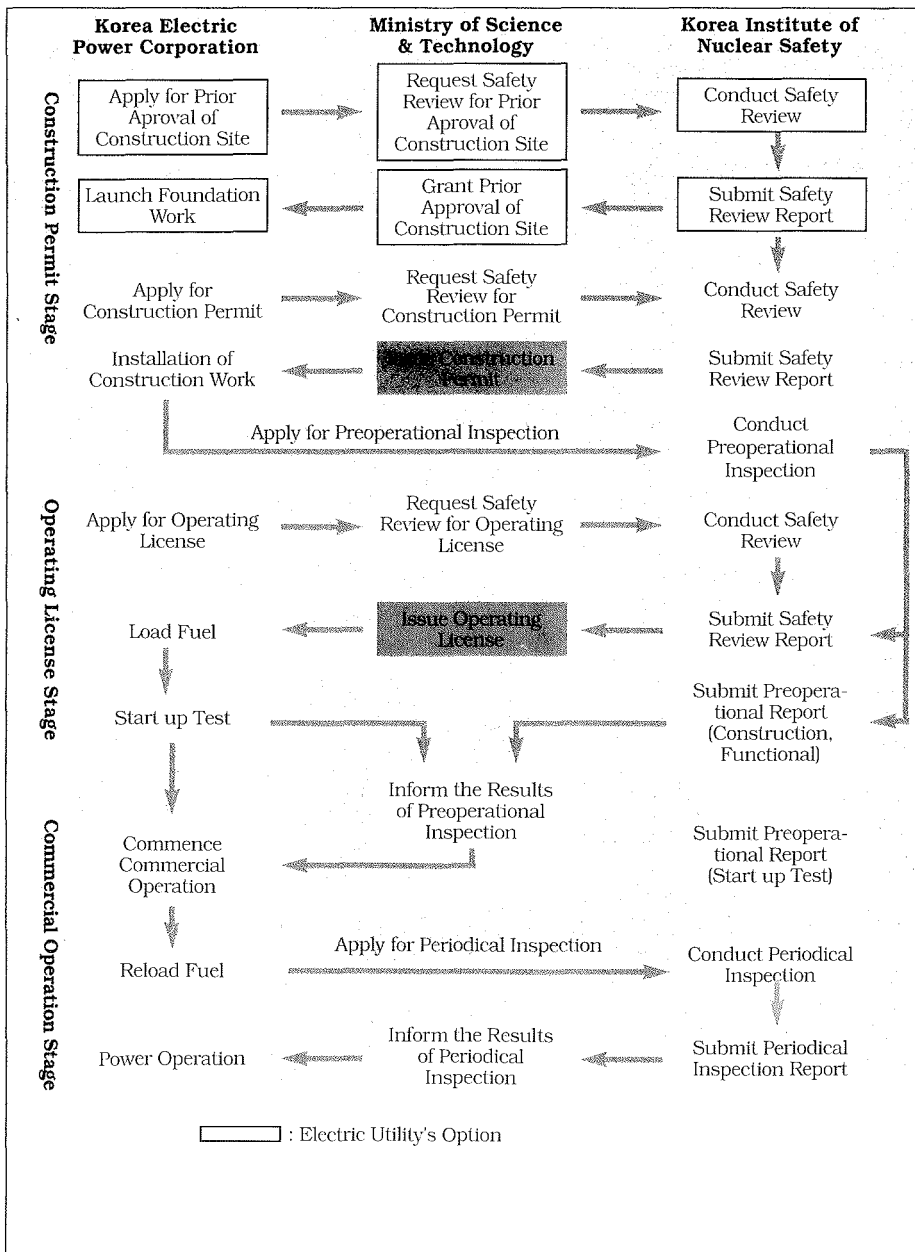
Jatko- ja kertauskoulutuksen määrä vaihtelee työtehtävien mukaan. Eniten panostetaan ydinvoimalaitosten ohjaajien kertauskoulutukseen. Kertauskoulutusta ohjaajille annetaan laitosspesifisellä simulaattorilla kaksi kertaa vuodessa aina neljä viikkoa kerrallaan. Tähän määrään sisältyy myös teoreettinen koulutus, joka annetaan pääosin KNTC:n koulutuskeskuksessa. Ohjaajien tietotaitotasoa seurataan kahden vuoden välein toteutettavalla lisenssitutkinnolla. Tutkintoon kuuluu kirjallinen ja suullinen osa sekä työtaidon osoitus simulaattorilla.

Johtamistaidollisten kurssien kohteena ovat esimiesasemassa toimivat henkilöt. Peruskurssin pituus on neljä viikkoa ja kertauskurssien pituus vaihtelee kolmesta neljään päivään.

KEPCO ylläpitää koulutusmielessä yhteyksiä myös ulkomaisiin tahoihin pitääkseen varsinkin suunnitteluhenkilöstönsä uusimman teknologian tietämyksen korkealla tasolla.

Tulevia suuria koulutushankkeita ovat uuden koulutussimulaattorin rakentaminen Wolsongiin vuonna 1997 ja KNTC:n koulutuskeskukseen rakennettava uusi KORI 2 simulaattori. Wolsongin simulaattori soveltuu sikäläisille vuosina 1997–1999 käyttöön otettaville yksiköille Wolsong 2–4, kuten myös käytössä olevalle yksikölle Wolsong 1.

Ins. Jussi Salmela on Olkiluoto 1:n käyttöpäällikkö, p. (02) 8381 5210.



Ydinvoimalaitoksen viranomaisvalvonnan vaiheet ja toimenpiteet Koreassa laitospaikan valinnasta laitoksen käyttöön asti.

laitosratkaisuihin tehtyjen muutosten ja parannusten arviointiin. Myös laitosten turvallisuusratkaisut arvioidaan kansainvälistä vaatimustasoa vasten. Lupakäsittelyissä on otettu huomioon myös rakentamis- ja käyttötoiminnan ympäristövaikutukset. Standardilaitoksen osalta noudatettavien Korean viranomaisvaatimusten, ohjeiden ja menettelyjen osalta kerrottiin saavutetun merkittävää edistystä. Teollisuutta koskevan lainsäädännön ja standardien kehitys on meneillään, mutta niiden valmistuminen kestää vielä joitakin vuosia.

Laitosten ikääntyminen alkaa vaikuttaa myös Koreassa. KINS on tutkinut aihetta ja esittänyt, että laitoksilla otetaan käyttöön vanhenemisen hallintaohjelmat, joista esimerkkinä mainittiin määrävälein tehtävät turvallisuusarviot. Tämän kehityksen nähtiin johtavan käyttöluopien määrävälein tapahtuvaan uusintaan.

Valtiolla tiukka ote koko ydinalaan

Korean ydinenergian käytön turvallisuusvalvonnan perusteet ja tavoitteet sekä niihin liittyvät vaatimukset ja menettelyt noudattavat muualla käytössä olevia malleja ja ratkaisuja. Merkille pantava piirre Koreassa on valtion osallistuminen tai osuus lähes kaikessa alan toiminnassa, niin rakennuttajana, suunnittelijana, toimittajana, käyttäjänä kuin valvojanakin.

Ydinenergian käytön valvonnassa ja lupakäytännön perustana ovat lainsäädäntö ja siihen perustuva säännöstö sekä asianomaisten ministeriöiden ohjeet ja turvallisuustekniset käyttöehdot, jotka ovat osa lopullista turvallisuuslupaa.

Koreassa — kuten muuallakin — vastuu ydinlaitoksen turvallisuudesta kuuluu

Aluksi voimayhtiöllä kokonaisvastuu

Laitosten rakennusohjelma siirtyi uusimpaan vaiheeseen vuonna 1987, jolloin Korean valtion voimayhtiö KEPCO otti kokonaisvastuun uusien laitosprojektien rakentamisessa. Myös teknisen tietotaidon siirto ja osaamisen taso oli edennyt niin, että jatkossa laitosten päätoimittajat olivat paikallisia yhtiöitä. Ulkomaalaiset yritykset jäivät alihankkijan rooliin.

Pitkäjänteisen toiminnan tuloksena korealaiset kehittivät oman PWR-tyyppisen 1 000 MW:n standardilaitoksen. Pääosa Koreassa rakenteilla ja suunnit-

teilla olevista laitoksista pohjautuu ko. laitosratkaisuun.

Viranomaisvalvonnan riippumattomuuden ja tehokkuuden varmistamiseksi perustettiin vuonna 1990 KINS, Korean Institute of Nuclear Safety. Sen tehtävänä on ydinlaitosten osalta tehdä rakennus- ja käyttöluupihakemuksien turvallisuusarviot sekä suorittaa ja osallistua rakennetarkastuksiin ja järjestelmien toiminnallisiin kokeisiin. KINS suorittaa laitosten käytön valvontaa ja tekee määräaikaista tarkastuksia.

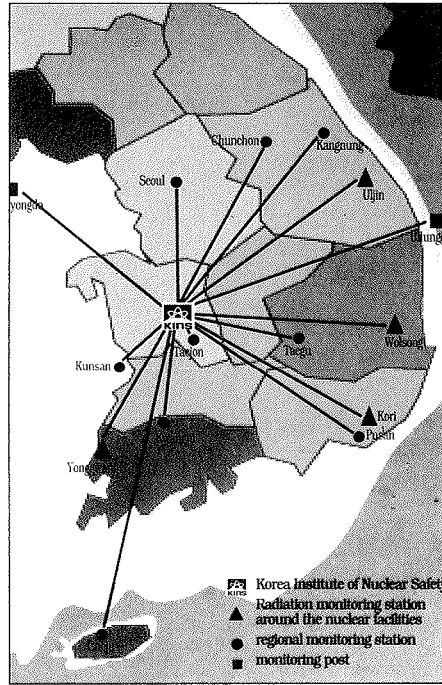
Standardilaitoksiin siirtymiseen johdosta on rakentamislupavaiheen viranomaisvalvonta kohdistunut enenevässä määrin

Korean valtakunnallinen säteilyvalvontaverkko.

sitä käyttävälle käyttöorganisaatiolle. Hallitustasolla ydinenergian käyttöön liittyvästä ihmisten terveyden ja turvallisuuden varmistamisesta vastuussa on Tiede- ja teknologiaministeriö, MOST. Teknisenä asiantuntijaorganisaationa KINS suorittaa hallituksen nimittämänä valvontaviranomaisena yksityiskohtaista tekniikan eri osa-alueiden arviointia ja valvontaa sekä ydinlaitosten käytön tarkastuksia.

Lupien ja muiden lainsäädännön edellyttämien hakemusten ja asiakirjojen käsittely tapahtuu Koreassa siten, että luvanhakija/haltija toimittaa asiakirjat MOST'lle. Tämän jälkeen KINS suorittaa tarvittavat turvallisuusarviot ja tarkastukset ja raportoi niiden tuloksen MOST'lle. Raportti käsitellään hallitustasolla ja tämän jälkeen MOST myöntää haetun luvan tai hyväksynnät KINS'n raporttiin perustuen.

Hakemusten ja lupakäsittelyn lisäksi MOST, KINS ja niiden yhteiset jokaisella laitospaikalla olevat paikallistoimistot valvovat viranomaisvaatimusten ja



lupaehtojen noudattamista. Ne valvovat ja tarkastavat laitetoimittajien tiloissa sekä rakenteilla ja käytössä olevilla laitosyksiköillä.

Valvonta jakautuu kolmeen tasoon. Ylimmällä tasolla on ydinenergian neuvottelukunta (Atomic Energy Commission, AEC), joka päättää tärkeistä ydinenergian käyttöön liittyvistä kansallisen tason asioista. Viranomaisvalvonnan toimeenpanovalta on MOST'illa, jota tukee arviointia ja tarkastuksia sekä valvontatyön kehittämistä suorittava asiantuntijaorganisaatio KINS.

KINSin vastualueet

- ydinlaitosten turvallisuuden varmistamiseksi tehtävistä turvallisuusarvioinneista ja -tarkastuksista,
- tarkastuksista ydinlaitoksilla,
- valvomohenkilöstön ja muun vaatimusten mukaisten henkilöpatenttien valvonnasta,
- teknisen tuen antamisesta säteilyonnettomuuksissa,
- ympäristön säteilyvalvonnasta,
- teknisten standardien kehittämisestä,
- säteilylähteiden ja -laitteiden valvonnasta ja
- valvontamenettelyjen kehittämisestä.

KINS'issä työskentelee noin 310 henkeä. Lisäksi jokaisella laitospaikalla on KINS'illä kaksi paikallistarkastajaa. Viranomaistoiminnan lisäksi KINS on voimallisesti mukana monenkeskisessä ja kahdenvälisessä yhteistyössä.

Myös KINSissä harjoiteltiin INEX 2

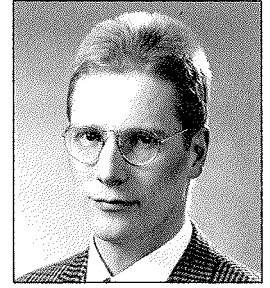
KINS oli muuttanut uuteen toimitalonsa pari viikkoa ennen vierailuamme. Talo oli iso ja tilat avarat sekä laadukkaasti rakennettu ja sisustettu. Kokoustilan lisäksi tutustuimme onnettomuustilanteita varten kalustettuihin valmiustiloihin.

KINS tehtävänä ydinlaitosonnettomuudessa on muodostaa pääkonttoriin ja laitospaikalle muita valmiustilanteen organisaatioita säteilysuojelussa, onnettomuusanalyysissä ja onnettomuustilanteen hallinnassa avustavat tekniset tukiryhmät. Valmiustilojen kerrottiin olevan vielä väliaikaisia, uudet tilat valmistuvat lähiaikoina. Valmiustilaa oli käytetty 7.11.1996, kun Korea osallistui kansainväliseen INEX 2 -harjoitukseen, jossa Leibstadtin laitoksella Sveitsissä tapahtui kuviteltu onnettomuus.

Meille esiteltiin KINS'n käytössä oleva tietokoneavusteinen reaaliaikaisia laitos-tietoja ja säätöä käyttävä onnettomuustilanteen hallinta ja tukijärjestelmä, CARE. Sen avulla on mahdollista seurata laitoksen prosessien tilaa ja tehdä mm. ympäristön säteilytilanteesta ennusteita. Järjestelmä tuotti myös väestön evakuoitiin liittyviä suosituksia. KINS'illä on tietoliikenneyhteydet ulkomaille, mm. NRC'lle.

Ins. Pauli Kopiloff on Säteilyturvakeskuksen ydinturvallisuusosaston ylitarkastaja, p. (09) 7598 8344; E-mail: pauli.kopiloff@stuk.fi

HANJUNG – TÄYDEN PALVELUN VOIMALAITOSTOIMITTAJA



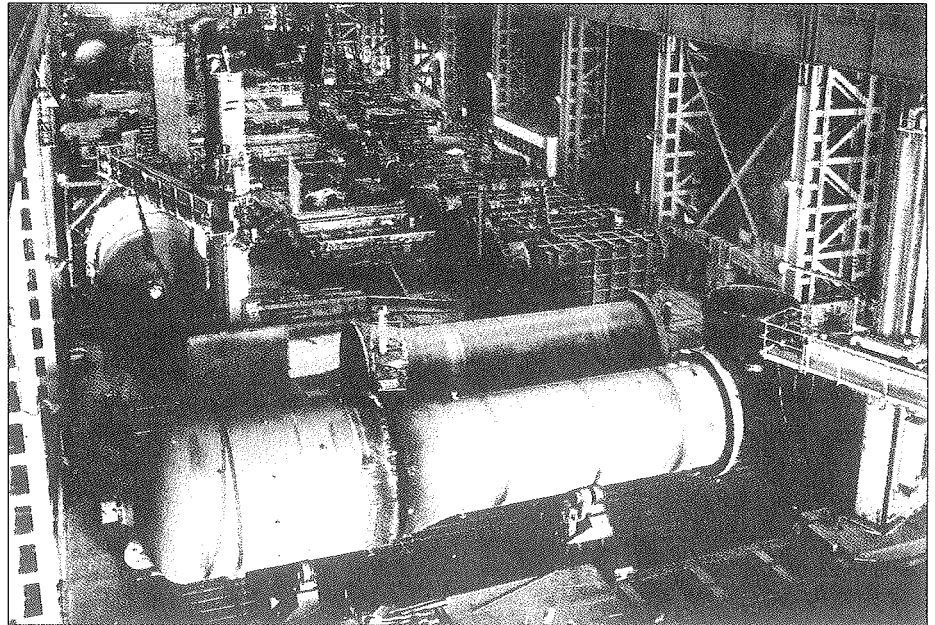
Tehdas oli aloittanut toimintansa 1962 nimellä Hyundai International Inc., mutta muuttanut nimensä 1980 Korea Heavy Industries & Construction Co. Ltd:ksi eli Hanjungiksi. Varsinainen tehdaskompleksi, kokonaisalaltaan 3,5 miljoonaa m² ja lattia-alaltaan 391 000 m², valmistui 1982. Tehtaan suunnittelusta on vastannut Hanjungin oma konstruktio-osasto ja kokonaisinvestoinnin arvo on noin 650 miljoonaa USD:tä. Päätoimialueet ovat eri voimalaitostyyppien valmistuksen lisäksi teräs-, sementti- ja kemiallisen teollisuuden laitteistot, vedenkäsittelylaitteet, materiaalin käsittelylaitteet, Offshore-tuotteet, ilmanpuhdistuslaitteet, takeet ja valut sekä kaasuturbiinit ja dieselmoottorit.

Tuotantoa kaikille voimalaitostyypeille

Tehtaan tuotevalikoimaan kuuluvat kaikkien tärkeimpien voimalaitostyyppien pääkomponentit. Hiilivoimalaitosten kattiloiden valmistuksessa tehdään yhteistyötä ABB CE:n kanssa, ja valikoimaan kuuluvat ylikriittiset läpivirtauskattilat, lieriökattilat sekä kiertoaijupetikattilat. Hanjung on kehittänyt ns. Korean standard -hiilivoimalan, ja toimitukseen kuuluu kokonaisuus suunnittelusta käyttöönottoon ja koekäyttöön asti. Pääkomponenttien lisäksi valmistetaan myös tärkeimmät apulaitteet.

Turbiinien ja generaattorien staattorit sekä roottorit kuuluvat myös tuotevalikoimaan, ja ne valmistetaan GE:n lisenssillä. Vuonna 1994 on otettu käyttöön uusi tasapainotuslaitteisto. Suurimmat tällä hetkellä valmistuksessa olevat koneet ovat teholtaan 1000 MW:ia, mutta jatkossa suunnitellaan valmistettavaksi jopa 1350 MW:n turbiineja ja generaattoreita.

Tiukan matkaohjelman ”huipentumaksi” oli viikon lopulle perjantaiksi ajoitettu käynti mm. eri voimalaitosten pääkomponentteja valmistavalle Hanjungin tehtaalle Changwonissa. Tehdas sijaitsee Masanin kaupungin ja sen sataman läheisyydessä Korean kaakkoisrannikolla vastapäätä 1900-luvun alun meritaistelusta tunnettua Tshusiman saarta. Vaikutelma Hanjungin tehtaasta vastasi hyvin saamaamme kuvaa koko Koreasta: toiminta on laajentunut nopeasti ja kaikessa pyritään pitkälti omavaraisuuteen. Usko ydinvoiman tulevaisuuteen oli vahva, ja töitä oli tiedossa vuosiksi eteenpäin.



Kaksikymmenmetristen pystyhöyryrystimien valmistus oli rutiinia Hanjugissa.

Mittava fossiilisten polttoaineiden käyttö on pakottanut keskittymään ilmansuojeluun, ja Hanjungin tuotteisiin kuuluvat myös kombilaitokset. Näillä saavutetaan paras mahdollinen kokonaisuhyötysuhde ja kyetään käyttämään valmistuksessa yksinkertaisia standardikomponentteja ja säästämään investointikustannuksissa. Kaasuturbiinitehdas on aloittanut toimintansa 1993, ja lisäksi valmistetaan myös lämmöntalteenotto-kattiloita. Suurimmat kombilaitokset ovat teholtaan 940 MW:ia; laitoksia on viety myös Intiaan. Yhdistettyyn sähkön- ja lämmöntuotantoon tarkoitettuja

vastapaineturbiineja on toimitettu teräs-, paperi- ja tekstiiliteollisuudelle.

Tehtaan tuotteisiin kuuluvat myös dieselvoimalat. Niitä on toimitettu mm. Chedjun saarelle Koreaan ja 2*20 MW:n laitokset Kreikkaan sekä 2*40 MW:n laitokset Guamille. Hanjung on valmistanut päälaitteet MUJU:n 2*300 MW:n pumppuvoimalaitokselle ja yhteensä noin kymmenelle muulle vesivoimalalle. Valmistuksessa on tällä hetkellä 2*350 MW:n vesivoimaloiden koneikot.



Viiri vaihtoi omistajaa.

Fossiilisten polttoaineiden rajallisuus ja riippuvuus tuonnista on pakottanut Korean ja samalla myös Hanjungin keskittymään ydinvoimalaitoksiin ja niiden komponenttien valmistukseen. Vuodesta 1981 alkaen on hankittu yli 10 kappaletta ASME:n mukaisia valmistus-oikeuksia ydinvoimalaitosten komponenteille. Tuotevalikoimaan kuuluvat mm. reaktoripaineastiat ja höyrykehittimet sekä reaktorien sisäosat. Komponentteja on toimitettu omille laitoksille ja myös vientiin, esimerkiksi reaktoripaineastia Kiinaan. Korean oma standardivoimala on kehitetty 1991, ja sen lähtökohtina ovat olleet aluksi Palo Verden, Perryn ja Yonggwangin (1 & 2) laitokset sekä toisessa vaiheessa Yonggwangin laitokset 3 & 4.

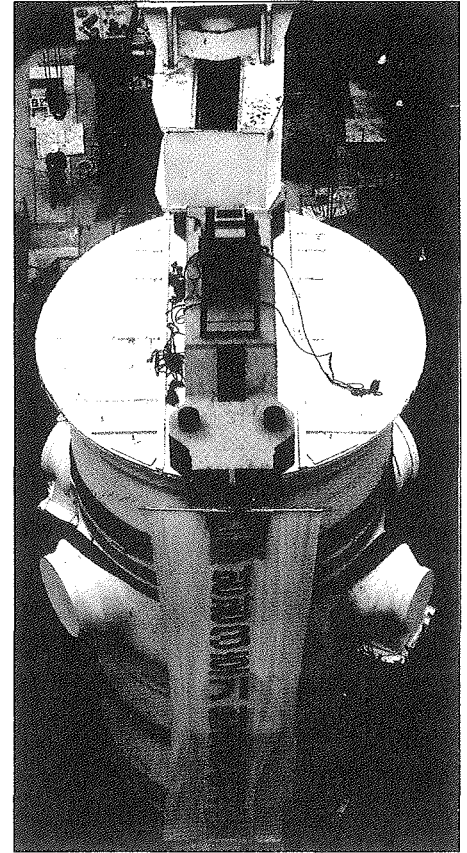
Hanjung on kiinnittänyt voimakkaasti huomiota QA-toimintaan hankkien mm. ASME:n, ISO 9001:n (useita sarjoja) ja ISO 9002:n (dieseille) mukaiset valmistusoikeudet. Käyville laitoksilta kerätään palautetta ja alihankkijoiden QA/QC -valvontaan panostetaan. Tehtaalla tehdään myös runsaasti erityyppistä tutkimus- ja kehitystyötä, joka painottuu

mm. ympäristöasioihin sekä uusiin energiatekniikoihin.

Voimalaitoksiin tarvittavista komponenteista osa ostetaan alihankintoina, mm. suuret pumput, putkimateriaalit jne. Hanjungin työtä valvovat KEPCO tilaajan edustajana, KINS viranomaisena (esimerkiksi vesipainekokeet) ja ANI. Tarvittava suunnittelutyö hankitaan palveluina KOPEC:lta ja KAERI:lta ja I & C -suunnittelussa käytetään apuna mm. ABB CE:tä. Työntekijöiden kokonaismäärä on noin 7 000 henkeä, joista tuotannossa on noin 3 100 ja ydinvoimapuolen töissä noin 800 henkeä.

Tehdaskierroksella keskityttiin ydinosaamiseen

Tehdasalueen kuudesta valmistuslinjakokonaisuudesta valittiin kohteeksi ydinvoimalaitosten pääkomponenttien valmistushalli. Hanjung on poikkeuksellinen laitostoimittaja, sillä sen tuotteisiin kuuluvat sekä painevesi- että Candu-tyyppisten laitosten reaktorien pääkomponentit. Tehtaalla oli nähtävillä useita



Yonggwang 3:n paineastia.

PWR-laitosten osia, mutta Candu-laitosten Wolsong 2, 3 ja 4 osat oli jo toimitettu asennustyömaalle.

Vaativien komponenttien valmistus edellyttää suoritettaviksi tyyppi- ja menetelmäkokeita. Em. kokeiden mallikappaleita esiteltiin tehdaskierroksen aluksi (mm. höyrygeneraattorin putkilevyn pinnoitus, höyrystinputkien liitokset ja pääläipan hitsaus).

Tehdashallissa näimme komponentteja, jotka olivat menossa Yonggwang 5 ja 6 laitoksille (reaktoripaineastian sekä höyrygeneraattorin osia) ja Kori 1 -laitokselle 1998 vaihdettavien höyrygeneraattorien komponentteja. Reaktoripaineastian valmistusaika on noin 32 kuukautta, kun taas höyrytimen valmistus kestää noin 39 kuukautta ja on myös kalliimpaa johtuen suuremmasta koosta ja sisäosien määrästä.

Yhteen hitsaus reaktoripaineastiaan on vaativa tehtävä. Kierroksella näimme meneillään olevan pääyhteen hitsauksen. Sauman esilämmitys suoritettiin kaasulla ja lämpötilaa valvottiin lämpö-

liiduilla. Sauman hitsaus kesti kokonaisuudessaan noin 100 tuntia. Hitsauksen jälkeen suoritetaan valmiille komponenteille jännityksenpoistohehkutus. Höyrygeneraattorit joudutaan hehkuttamaan kahdessa osassa johtuen suuresta (korkeus jopa 20 metriä) koosta.

Tehtaan yleiskuva oli siisti. Kaapelit, paineilmaletkut yms. johdettiin kulureittien yli käyttäen kevytrakenteisia siltoja. Kypäriä ja suojalaseja käytettiin aktiivisesti. Tehdasalueen infrastruktuuria hyödynnettiin tehokkaasti. Aluetta oli vuokrattu ulkopuolisille firmoille, joiden tuotteita olivat mm. petrokemian teollisuuden astiat ja tankit. Hanjungin suunnitelmissa oli laajentaa omaa tuotantoaan rakentamalla uusi ydinvoimakomponenttien valmistushalli. Satama sijaitsee tehtaan välittömässä läheisyydessä, ja käytössä oli 2*500 tonnin nosturit. Isojen komponenttien kuljetukset laitospaikoille hoidettiin proomuilla ja ne kestivät 3-4 päivää.

Tavoitteena 555 vuoteen 2001 mennessä

Isäntiemme puvuissa oli merkintä: "555", joka oli yrityksen johdon viesti koko henkilöstölle: vuoteen 2001 asti ulottuvan 5-vuotissuunnitelman mukaisesti tavoitteena oli nostaa tuottavuus 5-kertaiseksi, alentaa kustannuksia 50 % ja olla viidenneksi suurin voimalaitoskomponenttien toimittaja maailmassa. Toisaalta lehtitietojen mukaan Hanjung oli saamassa kovan kilpailijan, sillä Hyundai oli alkuvuodesta ottanut käyttöönsä uuden kaikkia voimalaitosten pääkomponentteja valmistavan tehtaan tavoitteena markkinaosuuden valloitus Hanjungilta!

Vierailun päätteeksi nautimme erinomaisen lounaan, jonka aikana isäntämme kyselivät runsaasti myös Suomesta. Kysymysten laatua kuvastakoon esimerkki: "Maanne on kolme kertaa Koreaa suurempi, mutta teitä on vain viisi miljoonaa, miksi ihmeessä ei enempää...?"

DI Kari Nieminen on Teollisuuden Voima Oy:n kunnossapitopalvelun päällikkö, p. (02) 8381 5300.

Hederspris och stipendier ur dipl.ing. Edmund Wilhelm Guerrillot's fond 1996

Hederspris

"För utmärkta förtjänster i att befordra forskning av teknologi i kärnkraft med syfte att öka användningen av kärnkraft för elproduktion i Finland:"

Professor **Veikko Palva**, 50 000 mk;
Professor **Jarl Forsten**, 50 000 mk;
Direktör **Jukka Laaksonen**, 50 000 mk; Professor **Pekka Salmi**, 40 000 mk; energirådet **Esko Haapala**, 40 000 mk

Stipendier

TkL **Jarmo Ala-Heikkilä**, 10 000 mk, för utveckling av ett expertsystem för nukleidentifikation till stöd för ett beslutsfödsystem i strålningsövervakning

FD **Mikael Björnberg**, 30 000 mk, för att utveckla accelerator driven hantering av kärnavfall samt accelerator driven fission

DI **Seija Hietanen**, 18 000 mk, för att studera omgivningspåverkad bränslenägenhet i ångturbiners komponentmaterial

DI **Mikko Ilvonen**, 10 000 mk, för att utveckla ett datorprogram för atmosfärrisk spindning och dosberäkning i fall av en reaktorolycka

Professor **Heikki Kallis forskargrupp:**

TkL **Josef Banati**, 20 000 mk, för att studera provapparatur som simulerar kärnkraftolyckor

DI **Virpi Korteniemi**, 20 000 mk, för att studera termohydraulisk modellering av kärnkraftverk

DI **Cristine Sarette**, 20 000 mk, för att modellera hur kväve från nödkylsystemet rör sig i reaktorkretsen

DI **Minna Tuomainen**, 20 000 mk, för att studera inverkan av sk. vattenlås i reaktorkretsen vid kylsystemlekage

DI **Juhani Vihavainen**, 20 000 mk, för att studera ALWR-kraftverkens säkerhetssystem

DI **Eero Virtanen**, 20 000 mk, för att studera sk. ATWS-händeseförlopp som leder till allvarliga olyckor

TkT **Timo Laitinen & prof. Göran Sundholm**, 58 000 mk, för karakterisering av ytfilmer på konstruktionsmaterial i kärnkraftverk

DI **Tuomas Mankamo**, 47 000 mk, för att studera de säkerhetstekniska kriterierna för bruksvillkor vid kärnkraftverk

DI **Timo Narumo**, 20 000 mk, för att utveckla en fysikalisk tvåfasströmningsmodell som beskriver termohydrauliken i ett kärnkraftverk

FD **Rolf Rosenberg**, 60 000 mk, för speciering av ⁹⁰Sr och ²³⁹Pu i vattensystem

TkL **Miki Sirola**, 20 000 mk, för att utveckla en beslutsfattningsmodell i ett mångagentsystem

TkL **Pekka Viitanen**, 10 000 mk, för att studera utnyttjande av tracer metoder i uppskattning vid slutförvaring av radioaktivt avfall

Professor **Björn Wahlström**, 50 000 mk, för att studera kärnsäkerhetsarbetets operativa ledning; mål, medel och mätmetoder

Understöd

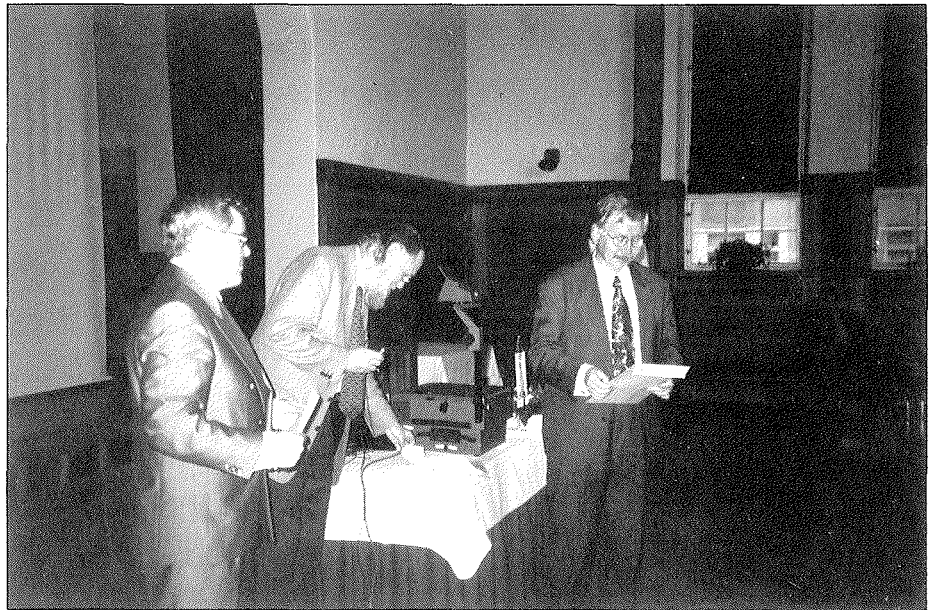
Atomtekniska Sällskapet i Finland, 30 000 mk, för tidskriften ATS Ydintekniikka

Totalt 713 000 mk

ATS TÄYTTI 30 VUOTTA JA KATSOO TULEVAISUUTEEN



Pimeässä lokakuussa ennen vielä pimeämpää marraskuuta juhli ATS 30-vuotista taivaltaan. Perinteiseen tapaan ensin pidettiin juhlaseminaari, ja sitten iltajuhla Vanhalla Polilla (Lord Hotelli). Paikalla oli runsaasti väkeä armeijasta vapaata ottaneista nuorukaisista virkeisiin eläkeläisiin asti. Tilaisuudet voi helposti tulkita onnistuneiksi, ja päivä voidaan kunnan näytelmän mukaisesti jakaa kolmeen näytökseen.



1. näytös: tulevaisuuden ennakkointia fantastisesti

Seminaarin teema oli Suomen ydinvoimatilanne vuonna 2016, jolloin ATS täyttää 50 vuotta. Paikalle oli kutsuttu neljä alustajaa, joille oli annettu erilaiset skenaariot ennustustensa pohjaksi. Koko tilaisuuden juontajana toimi ATS:n puheenjohtaja **Eero Patrakka**, joka selvisi hyvin myös myöhemmin rönssyilevän keskustelun koossapitävänä voimana.

Illuusiot aloitti **Harri Tuomisto**, jonka piti nähdä vuonna 2016 neljä uutta ydinvoimayksikköä, ja yhden vielä rakenteilla. Urheasti suoraan USAsta tullut tohtorimme asiaansa ajoi, ja lopulta hän ennusti etteivät vuoden 2010 tienoilla ekonomistuneet teknokraatit pysty estämään ytimien voimaa.

Henrik Nordman näki edessään nykyiset laitokset, yhden uuden ja vielä rakenteillakin yhden laitoksen. Hän taisi jopa uskoa sanomaansa, ja tässä vaiheessa keskustelukin vilkastui. Edellytykse-

nä visiolleen hän piti Ruotsin pysyttämistä ydinvoiman käyttäjänä, ja kovasti Henrik pohdiskeli myös Kiinan ja Intian sekä kasvihuoneilmiön kehittymisen vaikutuksia.

Pertti Salminen kuvasi pysähtyneisyyden ajan. Nykyiset ydinvoimayksiköt käyvät viimeisiä vuosia, ja sillä siisti. Lopputulos voi kuulostaa mielikuvitukseksi, mutta paikalla olleet tietävät, että Pertin esitys oli mukaansatempaava. Hänen näkökulmansa oli Suomen poliittinen kehitys, ja sukupuolien välisen jännitteiden korostaminen. Niinpä vaali vaalilta iskut ja vastaiskut johtivat uusiin käännteisiin, ja vain ydinvoimat saattoivat rauhallisesti jauhata sähköä Pertin skenaariossa.

Lopulta astui puhujanpönttöön kiihkeän poleeminen **Anneli Nikula**. Hänen esityksensä voitti pisteillä Pertin, sillä Anneli oli äänensävyjään myöten uskollinen annettulle roolilleen. Ydinvoimaloita poistetaan, ja Suomessa tullaan toimeen miten pystytään. Esitystään Anneli oli valmistellut huolellisesti mm.

Edmund Wilhelm Guerrillot'n säätiön edustajat Kenneth Holmberg ja Johan Gullichsen jakamassa säätiön kunnia-palkintoja ja tutkimusstipendejä. ATS Ydintekniikan tuen on juuri vastaanottanut seuran puheenjohtaja Eero Patrakka.

lehtileikkeillä, ja esityksen päättyessä moni varmaan huoautti, että onneksi ei maailma sentään noin hassuksi mene.

2. näytös: tulevaisuuden ennakkointia realistisesti

Jukka Laaksonen aloitti hieman normaalimpien esitysten sarjan. Yleisön kiinnostus ei silti vähentynyt, sillä Jukan näkemykset ydinturvallisuudesta ja säteilysuojelusta eivät olleet pölyttyneitä. Uudet evoluutioperustaiset ydinvoimalaitokset olivat hänen ennustuksensa vuonna 2016 voimakkaimmillaan Venäjällä, joka tulee tuolloin olemaan myös ydinjätehuollon edelläkävijä. Taustaksi hän kertoi, että silmännäkijähavainnot

vahvistavat esimerkiksi Sosnovyi Borin VVER 640-laitoksen olevan jo rakenteilla, ja myös Kuolan laitokselle nousuvan evoluutiolaitoksen.

Uusista energialähteistä kertoi **Rainer Salomaa**. Hän summasi lopussa kehityksen vuoteen 2016 sanoilla mökkipaneelit ja ITER. Aurinkosähkön huipputeho on nyt maailmassa 600 MW, ja tuulivoimaloita oli Suomessa vuonna 1995 vain 6,4 MW:n edestä, ja maailmassa vuonna 2000 on teho noin 6000 MW. International Tokamak Experimental Reactor rakennetaan, ja se valmistuu vuoden 2008 tietämissä. Myös suomalaiset ovat tässä projektissa mukana. Ongelma on, että hinta koe-laitokselle tulee kovaksi, ja arviona on pidetty 10 kertaa fissiolaitoksen hintaa.

Johtaja **Hannu Salokorpi** Raha-automaattiyhdistyksestä ennusti Suomen asenneilmastoa vuonna 2016. Hän painotti asenteiden muuttumisen hitautta. Esimerkkinä hän peilasi tilannetta 20 vuotta taaksepäin: tällöin liikenneministeri vaati hevosten määrän lisäämistä ja moottoritiehankkeiden jäädyttämistä. Edellämäinnittu oli seurausta 1. energiakriisistä, ja hidasti tieverkon kehittymistä 10 vuotta.

Viimeisenä alustajana esiintyi **Pekka Silvennoinen**, joka vyörytti esiin tietotekniikan kehitystä tästä eteenpäin. Hän siteerasi hyväksi lopuksi Antoine de Saint Exuperyä: "On turha yrittää ennustaa tulevaisuutta, parempi tehdä se mahdolliseksi".

Iltajuhlan pääpuheen piti pääjohtaja Antti Vuorinen, joka vastasi myös ATS Ydintekniikan 25-vuotisnumeron pääkirjoituksesta. Hän kertasi suomalaisen ydinvoiman historiaa, ja erityisesti turvallisuusvaatimusten kehittäminen 60- ja 70-lukujen taitteessa sai hänen puheessaan erityisen painon. Vuorinen lainasi ns. vanhempia suomalaisuusmiehiä seuraavasti: "ruotsalaisia turvallisuusvaatimuksia ei ole, vendläiset ratkaisut eivät meille riitä, siis tehdämme suomalaiset vaatimukset".

ATS:n kunniajäsenet

Aiemmin nimetyt:

Vuorineuvos **Pekka Alajoki**
Akateemikko **Pekka Jauho**
Akateemikko **Erkki Laurila**
Akateemikko **Jorma K. Miettinen**
Vuorineuvos **Björn Westerlund**
Professori **Antti Vuorinen**

ATS:n 30-vuotisjuhlassa viiritetty:

Vuorineuvos **Kalevi Numminen**
Tekn. lis. **Olavi Vapaavuori**
Fil. lis. **Anneli Salo**
(poissa matkaesteen vuoksi)

* * *

Kunniajäseniä nimitettäessä ATS:n johtokunta painottaa erityisesti seuraavia seikkoja:

Kunniajäsen on aktiivisesti osallistunut Seuran päämäärien mukaiseen toimintaan Suomessa ja saavuttanut tässä työssä merkittäviä tuloksi.

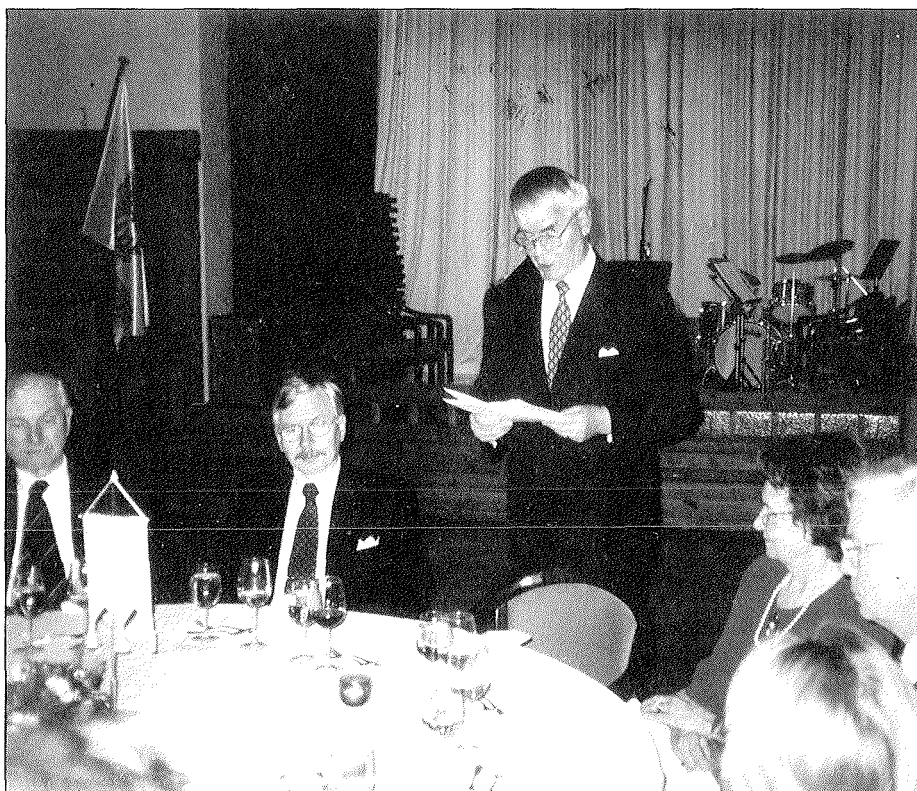
Kunniajäsen on osallistunut vastuullisessa asemassa Seuran toimintaan lähinnä johtokunnan jäsenenä, Seuran tai ATS Ydintekniikan toimihenkilönä tai Seuraan kiinteässä yhteydessä olevan järjestön toimihenkilönä.

Kunniajäsenen nimeämisessä otetaan huomioon tasapuolisuus Seuran edustamien eri toimialojen välillä.

Kunniajäseniksi nimitetään pääsääntöisesti aktiivisen työelämänsä jo päättäneitä tai päättämässä olevia henkilöitä.

Kunniajäsenen valinnassa otetaan huomioon myös muilta alan järjestöiltä, erityisesti ENS:ltä saadut tunnustukset.

Lähtökohtana on, että kunniajäsen täyttäisi useamman kuin yhden kriteerin.



Alustusten ja vilkkaan keskustelun jälkeen jakoi Dipl. Ing Edmund Wilhelm Guerrillot'n säätiö kunniapalkinnot ja tutkimusstipendit. Mainittakoon, että ATS Ydintekniikka sai 30 000 markan tuen, joka kanavoidaan mm. vuoden 1996 parhaille kirjoittajille.

3. näytös: 30 vuotta Atomitekniillistä seuraa

ATS:n 30-vuotisjuhla oli perinteinen. Hyvää ruokaa, viirien jakoja, kunniajäsenten kutsuminen esiin, pääpuhe ja joitakin joviaaleja juontoja. ATS:n kunniajäseniksi valittiin vuorineuvos **Kalevi Numminen**, filosofian lisensiaatti **Anneli Salo** ja tekniikan lisensiaatti **Olavi Vapaavuori**. Sitten Rempsetti, tanssia ja niin edespäin. Kyllähän sen tietää. Kaikki viihtyivät, ja keskustelu aaltoili sinne tänne. Ihan hyvä juhla.

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

JÄSENPALSTA

ATS:n uudet jäsenet 1996

Ismo Kokko
Markku Puustinen
Minna Tuomainen
Pia Oesch
Heidi Lähdesmäki
Jari Tuunanen
Heikki Purhonen
Jarmo Ala-Heikkilä
Pia Paakkari
Kimmo Tompuri
Kalle Bergius
Pertti Huhta
Mikko Ilvonen
Osmo Kurki
Mauri Lindquist
Björn Palmén
Minna Ilman
Ulriikka Katila
Kari Kankaanpää
Kari Monto
Lasse Koskinen
Keijo Westerberg
Pekka Nousiainen

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA –

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Kannatusjäsenet

ABB Power Oy

Fintact Oy

IVO International Oy

Kemira Oy Konsernihallinto

Oy Mercantile-KSB AB

Neste Oy Keskushallinto

Perusvoima Oy

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PRG-Tec Oy

Rados Technology Oy

Saanio & Riekkola Oy

Siemens Osakeyhtiö

Soffco Oy Ab

Suomen Atomivakuutuspooli

Suomen Malmi Oy

Teollisuuden Voima Oy

VTT Energia

YIT-Yhtymä Oy