

# ATS Ydintekniikka 4/1982

VUODEN VAIHTUESSA	2
SUOMEN YDINVOIMALAITOSTEN TOIMINNASTA	4
VTT OSALLISTUU VIIDENTEEN KANSAINVÄLISEEN MARVIKENIN TURVALLISUUSTUTKIMUSPROJEKTIIN	
Lasse Mattila	12
MIKÄ ON RIITTÄVÄN TURVALLISTA	15
KOKEMUKSIA TYÖSKENTELYSTÄ USNRC:n PALVELUKSESSA	
Jukka Laaksonen	16
YDINVOIMATALOUS, SEN NYKYPÄIVÄ JA TULEVAISUUS	
A.M.Petrosjants	28
YDINVOIMALAITOSTEN SUUNNITTELUSSA NOUDATETTAVAT TURVALLISUUSPERIAATTEET	
Alpo Ranta-Maunus	38
BUFFERT- OCH ÅTERFYLLNADSMATERIAL	
Roland Pusch	43
MATKAKERTOMUS ENS:n KOKOUKSISTA PARIISISSA 2. ja 3.12.1982	
Olli Tiainen	49
MATKAKERTOMUS ATS:n ESKURSIOSTA UNKARIIN JA ITALIAAN 30.9...9.10.1982	54
- PAKSin ydinvoimalaitos	58
- ENEA	64
- CASACCIA:n ydintutkimuslaitos	69
- CAORSON ydinvoimalaitos	73
- BREDAN TERMOMECCANICA	77
- FRANCO TOSI	83
- EUREX -jälleenkäsittelylaitos	85
- FIAT TTG	88

# ATS YDINTEKNIikka

NUMERO 4/1982  
JOULUKUU 1982  
JULKAISIJA Suomen Atomiteknillinen Seura –  
Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.

## TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA  
TKT HEIKKI REIJONEN  
PUH. 90-4564148

VTT/SÄHKÖ- JA ATOMITEKNIKAN  
TUTKIMUSOSASTO  
VUORIMIEHENTIE 5  
02150 ESPOO 15

ERIKOISTOIMITTAJA  
TKT LASSE MATTILA  
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIKAN LABORATORIO  
LÖNNROTINKATU 37  
00180 HELSINKI 18

TOIMITTAJA  
FM LAUNO TUURA  
PUH. 90-6172471

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS  
PL 469  
00101 HELSINKI 10

## JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA  
DI PAAVO HOLMSTRÖM  
PUH. 333-37211

RAUMA-REPOLA OY, PORIN TEHTAAT  
PL 27  
28101 PORI 10

JOHTOKUNNAN JÄSEN  
DI MATTI KOMSI  
PUH. 90-6160383

IMATRAN VOIMA OY  
EERIKINKATU 27  
00180 HELSINKI 18

VARAPUHEENJOHTAJA  
DI HEIKKI RAUMOLIN  
PUH. 90-523522

TEOLLISUUDEN VOIMA OY  
KUTOJANTIE 8  
02630 ESPOO 63

JOHTOKUNNAN JÄSEN  
TKT LASSE MATTILA  
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIKAN LAB.  
LÖNNROTINKATU 37  
00180 HELSINKI 18

RAHASTONHOITAJA  
TKT AITO OJALA  
PUH. 90-448311

INS.TSTO AITO OJALA  
RUNEBERGINKATU 60 B 44  
00260 HELSINKI 26

JOHTOKUNNAN JÄSEN  
TKT ALPO RANTA-MAURUS  
PUH. 90-6167245

SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS  
KALEVANKATU 44  
00180 HELSINKI 18

SIHTEERI  
DI SEPPÖ RUOTSALAINEN  
PUH. 90-523671

TEOLLISUUDEN VOIMA OY  
KUTOJANTIE 8  
02630 ESPOO 63

## TOIMIHENKILÖT

YLEISSIHTEERI  
DI LIISA MÄKI  
PUH. 90-6160510

IMATRAN VOIMA OY  
EERIKINKATU 27  
00180 HELSINKI 18

EKSKURSIOSIHTEERI  
DI KLAUS KILPI  
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIKAN LAB.  
LÖNNROTINKATU 37  
00180 HELSINKI 18

KANS.VÄL.ASIAIN SIHT.  
TKT OLLI TIIAINEN  
PUH. 90-6172470

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS  
PL 469  
00101 HELSINKI 10

ATS-INFO PUHEENJOHTAJA  
TKT PEKKA HIISMÄKI  
PUH. 90-4566362

VTT/REAKTORILABORATORIO  
OTAKAARI 3 A  
02150 ESPOO 15

LEHDESSÄ JULKAISTUT ARTIKKELIT EDUSTAVAT  
KIRJOITTAJIEN OMIA MIELIPITEITÄ, EIKÄ  
NIIDEN KAIKISSA SUHTEISSA TARVITSE VASTATA  
ATS:IN KANTAA.



HYVIA TILASTOJA.

VUODELLE 1983

T. TOIMITUS

Ulla Riihimäki

Kalle Järvelä

## V U O D E N   V A I H T U E S S A

Kuluneen vuoden aikana vakiintui ydinvoiman asema maassamme. Vuonna 1982 ydinvoiman osuus Suomessa tuotetusta sähköstä oli n. 40 prosenttia. Ydinvoimalaitostemme käytettävyys on sekin osoittautunut hyvinkin kansainvälisen vertailun kestäväksi. Esimerkiksi ATS:n ulkomaan ekskursioilla on parin viime vuoden aikana voitu kertoa alan saavutuksista Suomessa ilman pahempia alemmuudentuntoja.

Vuoden 1983 aikana odotetaan yleisesti maamme ydinvoiman kohdalta jonkinlaista jäidenlähtöä. Ei ehkä niinkään entisten aikojen rajua jäämassojen irtiryöstäytymistä, vaan pikemminkin säännöstellyn vesistön hiljaista jäidenlähtöä, jossa paikoilleen lahonneet jäät ajan kypsyessä ja veden virtaaman suuretessa lähtevät kuin luonnon pakosta kaikki yhtäaikaan liikkeelle. Eduskuntavaalien jälkeen odotetaan uudelta hallitukselta kauan vireillä olleen uuden ydinenergialainsäädännön osalta esityksiä eduskunnalle ja näin lainsäädäntötyön käynnistymistä. Myös seuraavan, maamme heti vuosikymmenen vaihteen jälkeen tarvittavan suurvoimalaitoksen osalta toivotaan yleisesti ratkaisua ennen vuoden 1983 loppua.

Myöskin Suomen Atomiteknillisen Seuran toiminnan voidaan katsoa vakiintuneen viime vuosien aikana. Vuotuinen jäsenmäärä kasvu ei ole enää ollut kovin suuri, mutta uusien jäsenten luku on kuitenkin keskimäärin selvästi ylittänyt jäsenyydestä luopuneiden määrän. Kiinnostus Seuran esitelmätilaisuuksia, ekskursioita ja ilmeisesti myöskin ATS Ydintekniikkaa kohtaan on jatkunut osoittamatta laantumisen merkkejä. Eräitä uusiakin toimintamuotoja on onnistuttu toteuttamaan. Esimerkkinä parilta viime vuodelta runsaasti lisääntynyt kansainvälinen yhteistyö ja sen mukana myös Nuclear European vuotuisten 12 numeron lisääminen jäsenetujen piiriin, samoin viime vuodelta pienryhmien kongressimatkojen aloittaminen.

ATS voikin odottaa luottavaisena vuoden 1983 haasteita. Ennakoitavissa olevista tapahtumista voitaneen mainita ensi syksyksi suunniteltu pitkä Neuvostoliiton ekskursio. Kauan vireillä ollut ydinvoimateknisen sanaston kokoaminen pääsee vakavasti käyntiin vuoden 1983 aikana. Sekä ydinenergia- laista että suurvoimalaitosratkaisusta viriävä keskustelu tulee varmuudella antamaan Seuralle, sen jäsenille ja ennen- kaikkea ATS Infolle vaativia haasteita vuoden 1983 ja sitä seuraavienkin vuosien aikana.

Kun toimintavuoden päättyessä - käytettyäni kaikki ATS:n sääntöjen sallimat mukanaolomahdollisuudet - jätän Seuran johtokunnan, saanen lopuksi kiittää kaikkia ATS:n jäseniä ja varsinkin sen luottamustehtävissä viimeisten kuuden toi- mintavuoden aikana vaikuttaneita hyvästä yhteistyöstä. Seu- ran asioiden hoitamiseen on tänä aikana aina löytynyt paitsi auliita suorittajia myös kiitettävää aloitteellisuutta. Toivotan ATS:lle ja kaikille sen jäsenille menestyksellistä uutta vuotta 1983.

Paavo Holmström

Lähde: Säteilyturvallisuuslaitoksen  
raportti STL-B-RTO-82/2 lokak.82  
Neljännesvuosiraportti 1982/2  
huhti - kesäkuu

## SUOMEN YDINVOIMALAITOSTEN TOIMINNASTA HUHTI - KESÄKUUSSA 1982

Ydinvoimalla tuotettiin sähköä huhti-kesäkuussa 1982 yhteensä 3634 GWh. Sähkön kulutus oli Suomessa vastaavana aikana 9303 GWh. Ydinvoiman osuus sähkön tuotannosta oli siten 39,1 % vuoden 1982 toisen neljänneksen aikana.

Kaikilla laitossyksiköillä oli lupa toimia nimellistehollaan. Loviisa 1, TVO I ja TVO II laitossyksiköt toimivat koko jakson ajan jatkuvassa tuotantokäytössä. Loviisa 2 laitossyksikkö siirtyi jatkuvaan tuotantokäyttöön 31.5.1982, jolloin säteilyturvallisuuslaitos katsoi koekäyttövaiheen päättyneeksi.

Mikään tapahtuma tarkastelujakson aikana ei vähentänyt oleellisesti laitossyksiköiden turvallisuutta eikä aiheuttanut vaaraa laitossyksiköiden henkilökunnalle tai ympäristön asukkaille.

Sähköntuotannon käyttökertoimet (tuotetun sähköenergian suhde sähköenergiaan, joka olisi tuotettu toimittaessa koko tarkasteluajan nimellisteholla) sekä tuotetun sähköenergian määrät olivat vuonna 1982 kesäkuun loppuun mennessä seuraavat:

Loviisa 1	0,95	1821 GWh
Loviisa 2	0,90	1723 GWh
TVO I	0,76	2162 GWh
TVO II	0,82	2331 GW

Henkilöstön saamat kollektiiviset säteilyannokset ovat:

	huhti-kesäkuu	tammi-kesäkuu
Loviisa	0,037 manSv	0,089 manSv
Olkiluoto	0,730 manSv	0,813 manSv

Olkiluodossa säteilyannosten suuruuteen on vaikuttanut ensi sijassa molemmilla laitossyksiköillä olleet vuosihuoltoseisokit (TVO I:n vuosihuoltoseisokin aikana henkilökunnan saama kollektiivinen säteilyannos oli 0,390 manSv).

Radioaktiivisten aineiden päästöt ympäristöön ovat olleet huomattavasti alle asetettujen rajojen.

## Loviisa 1

Loviisa 1 laitossyksikkö toimi 100% teholla lähes koko tarkastelujakson ajan. Laitos oli huhtikuussa viiden vuorokauden korjausseisoissa. Toukokuussa tehoa alennettiin muutamia kertoja pääasiassa pienen sähköntarpeen vuoksi. Kesäkuussa oli vain kaksi tehonalennusta.

Yksi käytetty Loviisa 1:n ydinpolttoainenippu kuljetettiin 4...5.6. Ruotsiin tutkittavaksi AB Studsvik Energiteknikin kuumalaboratoriossa.

## Loviisa 2

Loviisa 2 laitossyksikkö toimi 100% teholla lähes koko tarkastelujakson ajan. Huhtikuussa tehoa jouduttiin alentamaan muutaman kesran lyhyeksi ajaksi laitehäiriöiden vuoksi. Toukokuussa laitos kävi vajaateholla kolmeen otteeseen pienen sähköntarpeen takia. Kesäkuussa laitehäiriöt aiheuttivat tehonalennuksen pari kertaa ja kuun lopussa laitos ajettiin kylmäseisokkiin korjaustöiden tekemiseksi 24...30.6.

## TVO I

TVO I laitossyksikkö toimi runsaan kuukauden kestänyttä vuosihuoltoseisokkia lukuun ottamatta pääasiassa 100% teholla koko tarkastelujakson ajan. Huhtikuun loppupuolella alkoi reaktorin teho alentua (ns. stretch-out -ajo). Seisokki alkoi toukokuun puolessa välissä ja kesti kesäkuun puoleen väliin. Tehoa jouduttiin alentamaan muutamia kertoja pienen sähköntarpeen vuoksi. Laitossyksikkö oli seisokissa 14.5.-18.6 vuosihuoltoa ja polttoaineenvaihtoa varten.

Merkittävin seisokin aikana tehty havainto oli jännityskorroosiovaurioiden löytyminen sydänritilän ohjauskiskojen pultteista, reaktoripeineastian kannen palkeista sekä niiden tukilaakereista. Vaurioiden vuoksi 37 polttoainenippuun vaihdettiin uudet väliaikaiset yläpäätylevyt. Myös reaktoripaineastian kannen palkit ja tukilaakerit vaihdettiin. Kaikki sydänritilän ohjauskiskojen pultit on tarkoitettu vaihtaa vuoden 1983 vaihtolatausseisokin aikana.

## TVO II

TVO II laitosyksikkö toimi tarkastelujakson alkupuolen täydellä teholla lukuunottamatta muutamaa kertaa, jolloin tehoa alennettiin pienen sähköntarpeen vuoksi. Kesäkuun 11. päivänä alkoi seisokki vaihtolatausta ja vuosihuoltoa varten.

TVO II:lla päätettiin vaihtaa seisokin aikana sydänritilän ohjauskiskojen kiinnityspultit, joissa TVO I:llä oli todettu olevan jännityskorroosiovaurioita. Ennen heinäkuun alkua tarkastettiin generaattori, koska laitoksen vastaanoton Oy Asea-Atom AB:ltä oli määrä tapahtua 1.7. Generaattorista ei löytynyt vikoja.

### TEHODIAGRAMMOISSA KÄYTETYT MERKINNÄT

#### - tapahtuma

A,a	reaktorin pikasulku
B,b	reaktorin alasajo seisokkiin
D,d	reaktorin alasajo pienteholle
E,e	muu käyttöhäiriö, huomattava korjaustoimenpide suuri tehonmuutos, tai muu tapahtuma
G,g	generaattorin irtoaminen verkosta reaktorin pysyessä kriittisenä

#### - tapahtuman syy

A,B,D,E,G käyttöhäiriön tai tapahtuman syy reaktorissa tai sen apujärjestelmässä

a,b,d,e,g käyttöhäiriön tai tapahtuman syy muissa järjestelmissä tai ulkoisissa tapahtumissa

käyttöhäiriöllä tai tapahtumalla on turvallisuusmerkitys

tapahtuma on suunniteltu



KÄYTTÖTIETOJA SUOMEN YDINVOIMALAITOKSILTA AJALTA 1.1.-30.6.1982

LOVIISA

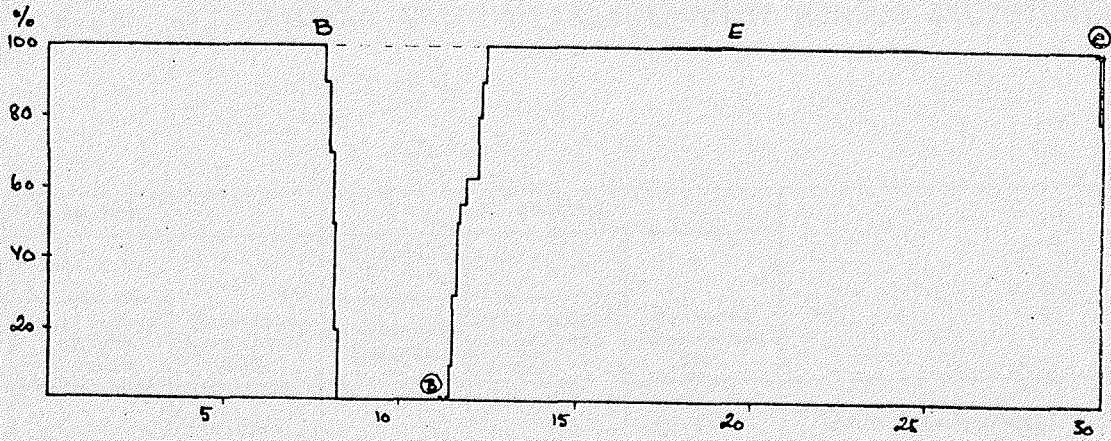
	Loviisa 1			Loviisa 2		
	yhteensä tammi-kesä 1982	9.5.1977	21.1.1977 8.2.1977	yhteensä tammi-kesä 1982	5.1.1981	17.10.1980 4.11.1980
		kaupallisen käytön alusta	käynnisis- tyksestä		kaupallisen käytön alusta	käynnisis- tyksestä
Reaktorin lämmönkehitys (GWh)	5671,45			5355,94		
Reaktorin käytettävyys (aika kriittisenä)	0,979 (4245,8 h)			0,939 (4078,9 h)		
Reaktorin käyttökerroin (perusteho 1375 MW)	0,950			0,897		
Reaktorin keskiteho (MW)	1306			1233		
Laitoksen sähkökehitys (GWh)						
- brutto 465 MW	1926,05	15 144	15 647	1821,34	4 641	5 050
- netto 440 MW	1821,05	14 252	14 722	1722,89	4 396	4 760
Laitoksen käytettävyys (generaattori verkossa)	0,973 (4227,1 h)	0,791 (35 685 h)	0,793 (37 474 h)	0,923 (4010,7 h)	0,849 (11 036 h)	0,856 (12 400 h)
Laitoksen käyttökerroin - netto	0,953	0,718	0,708	0,902	0,768	0,747
Laitoksen keskiteho (MW) - netto	419,3	316	312	397	338	329

OLKILUOTO

	TVO I			TVO II		
	yhteensä tammi-kesä 1982	10.10.1979	21.7.1978 2.9.1978	yhteensä tammi-kesä 1982	-	13.10.1979 18. 2.1980
		kaupallisen käytön alusta	käynnisis- tyksestä		kaupallisen käytön alusta	käynnisis- tyksestä
Reaktorin lämmönkehitys (GWh)	6631,41		45 264,50	7216,51		20 307,24
Reaktorin käytettävyys (aika kriittisenä)	0,816 (3543,8 h)			0,871 (3782,7 h)		
Reaktorin käyttökerroin (perusteho 2000 MW)	0,763			0,831		
Reaktorin keskiteho (MW)	1527			166		
Laitoksen sähkökehitys (GWh)						
- brutto 683 MW	2240,13	12 602	15 078	2402,91		6 687,79
- netto 658 MW	2162,41	12 147	14 562	2330,52		6 489,68
Laitoksen käytettävyys (generaattori verkossa)	0,803 (3487,9 h)	0,815	(26546,0 h)	0,865 (3757,7 h)		0,514 (10 658,4 h)
Laitoksen käyttökerroin - netto	0,757	0,773		0,817		0,477
Laitoksen keskiteho (MW) - netto	498,1	508,6		537,6		313,9

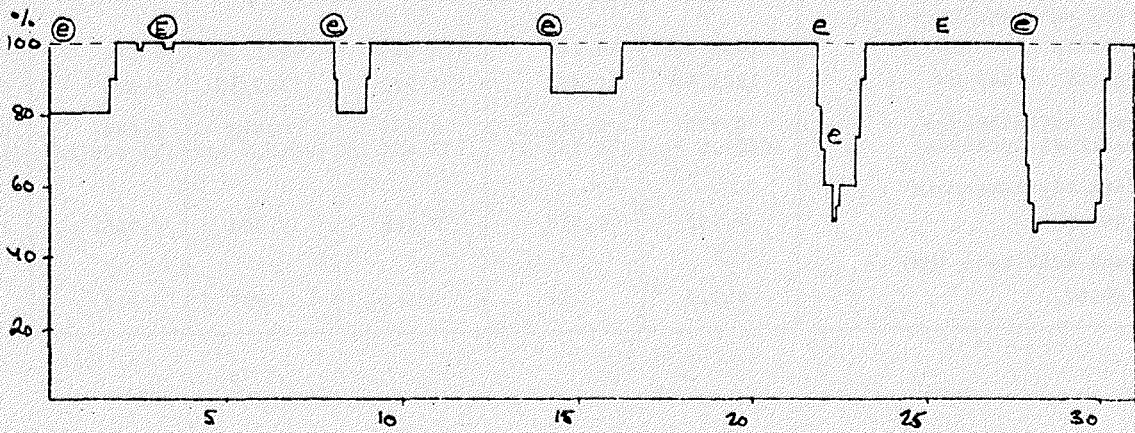
## TEHODIAGRAMMAT

LOVIISA 1 YDINVOIMALAITOS  
HUHTIKUU 1982, REAKTORIN TEHO



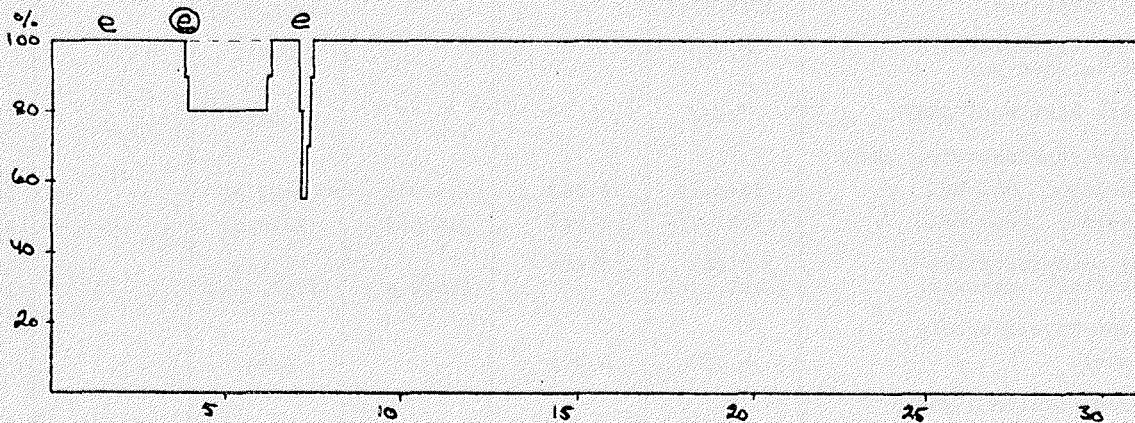
- 8.4. Alasajo kylmäseisokkiin säätösauvakoneiston vuodon korjaamiseksi.  
21.4. Reaktorin suoritusarvolaskennan vian aiheuttamia reaktoriparametrien virrehälytyksiä.  
30.4. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.

TOUKOKUU 1982

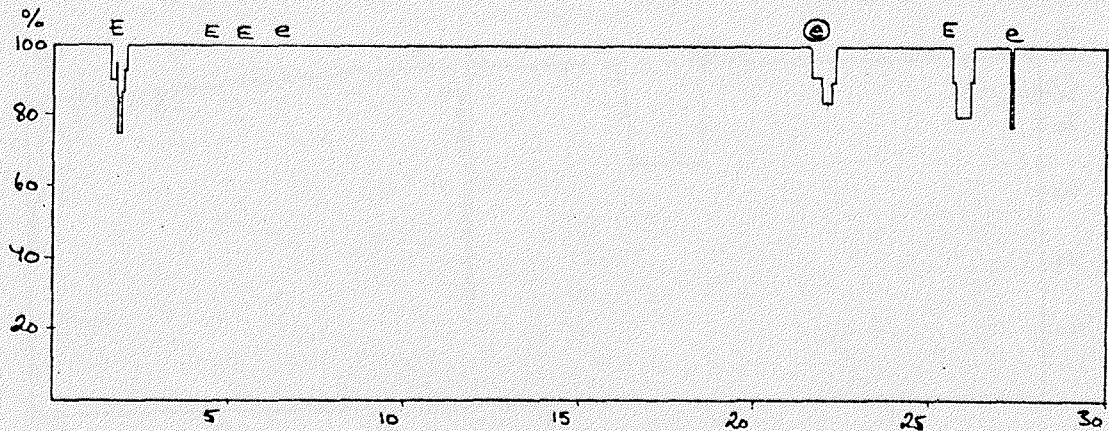


- 1.-2.5. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.  
3. ja 4.5. Pieniä tehonalennuksia reaktoripuolen testauksia varten.  
9.-10.5. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia. Merivesipumpun VC51D01 tarkastus.  
15.-17.5. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.  
22.-24.5. Tehonalennus ja generaattorin SP50 irrotus verkosta liukurenkaiden hiontaa varten.  
23.5. Häätäsyöttövesipumpun käynnistyminen laitossuojaussignaalista YZ51 (höyrystimen YB54 matala pinta). Matalapaine-esilämmitin RH15 ohitukseen.  
26.5. Höyrystintilassa todettu pieni puhtaan veden vuoto.  
28.-31.5. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia. Tehonlaskun aikana korkeapaine-esilämmitin RD10 meni ohitukseen.

KESÄKUU 1982

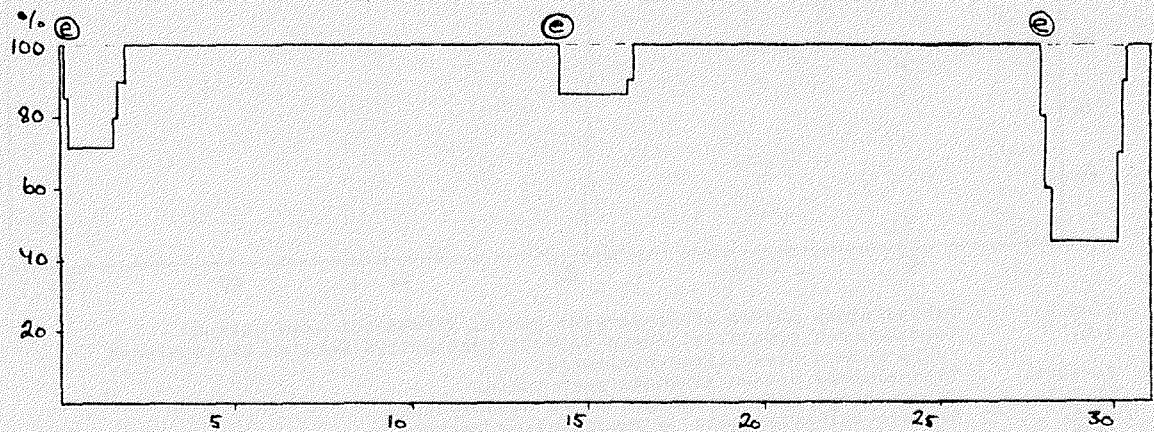


- 2.6. Höyrystimissä YB11 ja 54 pinnansäätövalkeuksia syöttöveden säätöventtiilien vikojen takia.  
4.-7.6. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.  
8.6. Turbiinin 1 alasajo öljyvuodon korjaamiseksi.



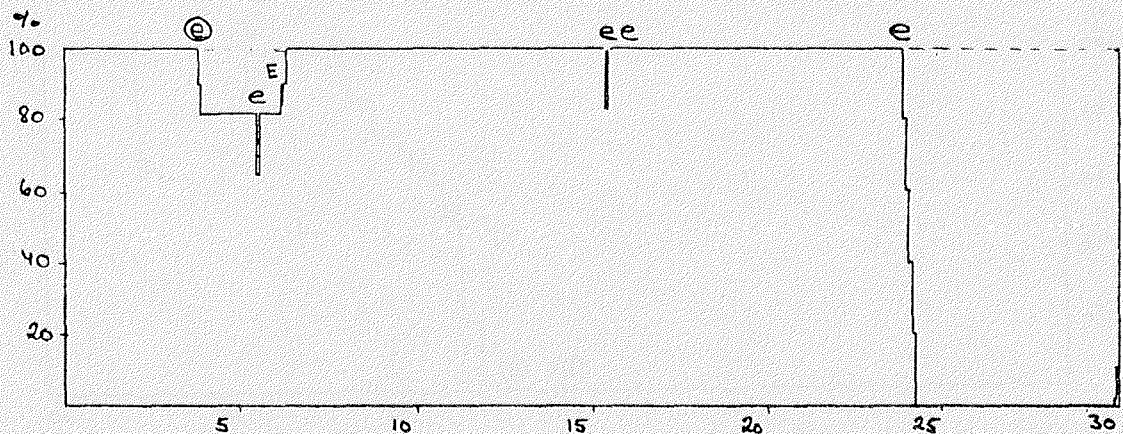
- 2.4. Kolme yksittäisen säätösauvan putoamista.  
5.-6.4. Hätäakuissa TH41B01 ja TH81B01 todettu indikaatioita perustarkastuksissa.  
7.4. Turbiinin 2 kahden lauhdepumpun pysähtyminen lauhteenpuhdistuslaitoksen huollon yhteydessä.  
22.4. Tehonalasku takuukokeiden suorittamiseksi.  
26.4. Tehonalennus pääkiertopumpun YD16D01 pysäytystä ja tiivisterungon puhdistusta ja huuhtelua varten.  
28.4. Tehonalennus syöttövesipumpun RL61D01 pysähtyttyä alhaisesta öljynpaineesta öljysuodatinta vaihdettaessa. Korkeapaine-esilämmittimien ohitus.

TOUKOKUU 1982



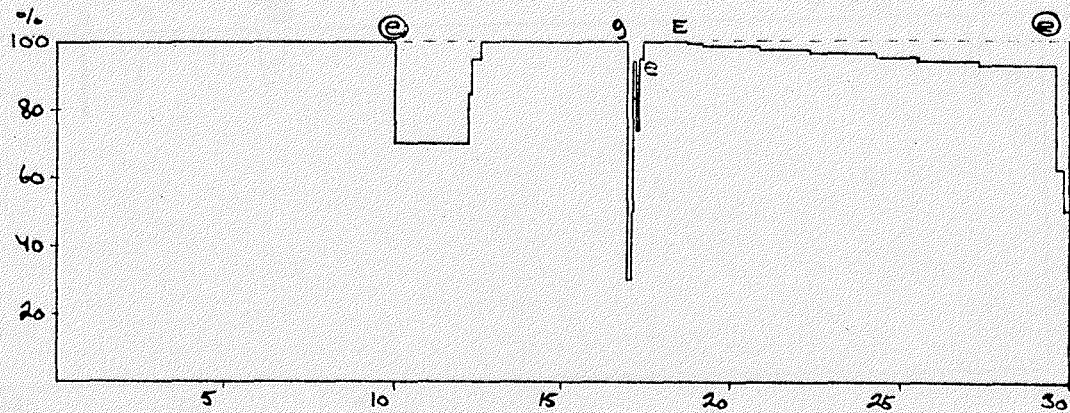
- 1.-2.5. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.  
15.-17.5. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.  
28.-31.5. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.

KESÄKUU 1982



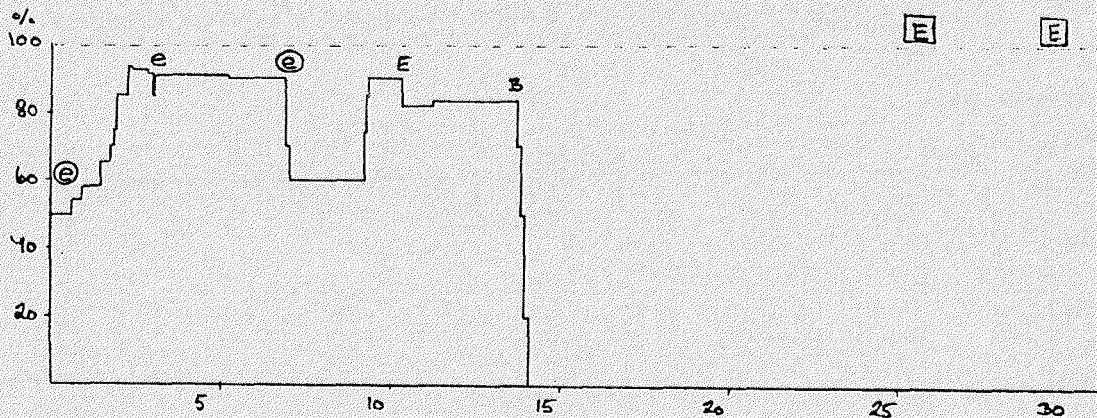
- 4.-7.6. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.  
6.6. Tehonalennus lauhdepumpujen RM52, 53D01 pysähtymisen seurauksena.  
7.6. Tehonalennus reaktorin tehonsäätöjärjestelmän häiriön johdosta.  
16.6. Tehonalennus lauhdepumpujen RM51, 53D01 pysähtyttyä pienestä virtauksesta.  
16.6. Välitulistimen RB suojaus lauhteenkokoajan RN53 alhaisesta pinnasta.  
24.-30.6. Kylmäseisokki primaariveden puhdistusjärjestelmän venttiilin korjaamiseksi sekä eräiden muiden huoltotöiden tekemiseksi. Ylösajo viivästyi pääkiertopumpun YD16D01 ja yhden säätösauvan asennonosoittimen laipan tiivisteongelmien johdosta.

TVO I, YDINVOIMALAITOS  
HUHTIKUU 1982, REAKTORIN TEHO



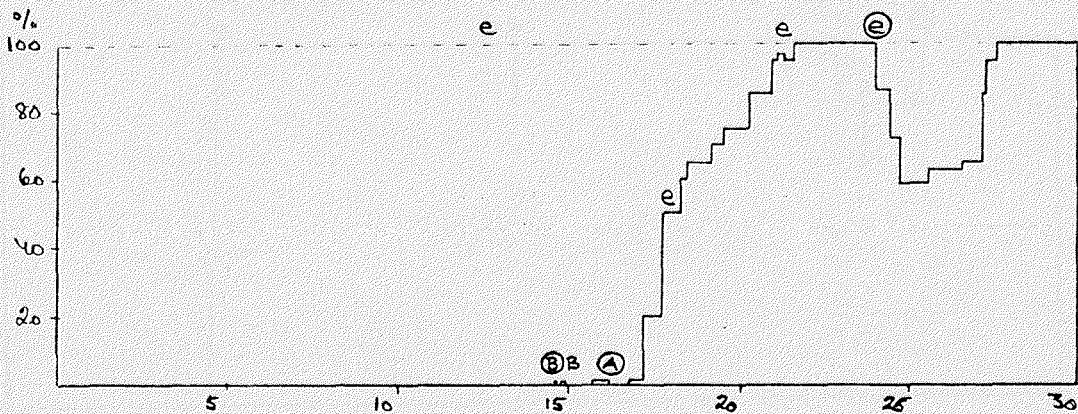
- 11.-13.4. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.
- 17.4. Turbiinin pikasulku välitulistimen pinnasta
- 18.4. Tehonalennus välitulistimien pikasulkuventtiilien avaamiseksi.
- 19.4. Strech-out -ajo aloitettu.
- 30.4. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.

TOUKOKUU 1982



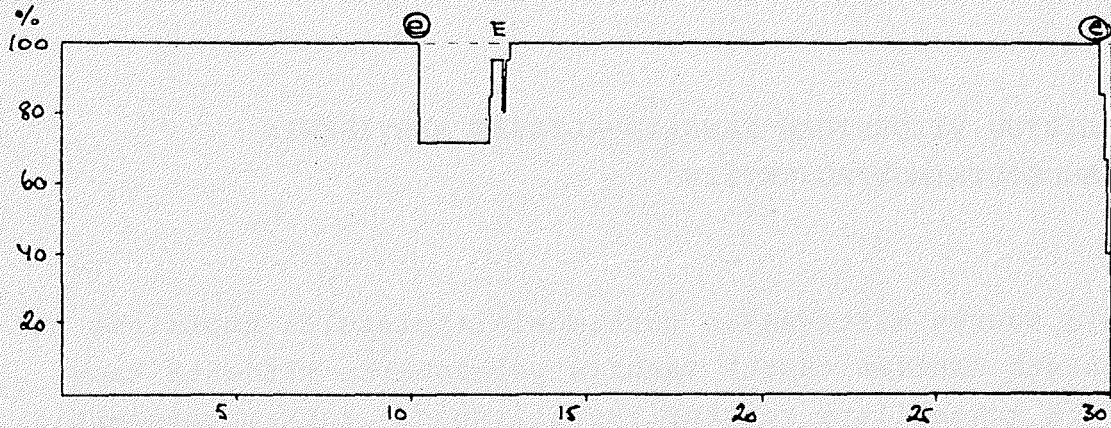
- 1.-3.5. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia. Strech-out -ajo jatkuu.
- 4.5. Tehonalasku syöttövesipumpun 445P301 pysähtyneenä matalan öljynpaineen takia pumpun P304 ollessa huollossa.
- 7.-10.5. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia.
- 11.5. Tehonalennus pääkiertopumpun 313P1 pysähtyneenä.
- 14.5. Alasajo vaihtolatausta ja vuosihuoltoa varten.
- 26.5. Käynnistyksen lukitusketjun (S-ketju) toiminnan havaittiin olleen estettyä säätösauvojen ohjausjärjestelmän virhekytkennän johdosta.
- 30.5. Jännityskorroosiosäröjen toteaminen reaktoripaineastian sisäosissa (toimenpiteinä polttoaineriippujen päätälevyjen ja kannen jousipalkkien vaihto).

KESÄKUU 1982



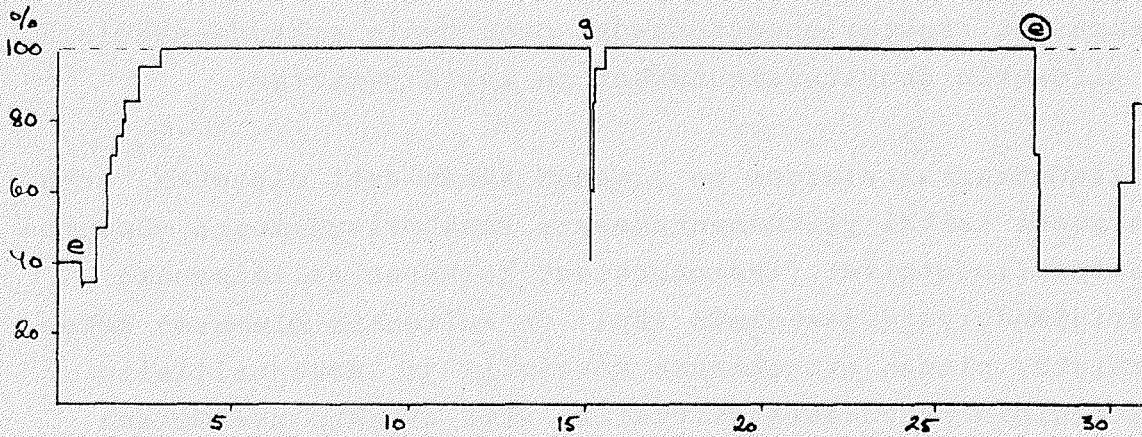
- 13.6. Vaihtolataus ja vuosihuolto jatkuu.
- 13.6. Reaktorin kansi suljettu. Se avattiin uudelleen tiivistevuodon johdosta.
- 15.6. Reaktorin alasajo kylmään tilaan ulospuhallusventtiilin 314V2 kiinniasentotiedon puuttuessa testauksessa paine-erolähtetimen vian johdosta.
- 15.6. Reaktorin teko kriittiseksi ja suunniteltu alasajo ruvisammutusketjun avulla.
- 16.6. Reaktorin pikasulkukoe (SSI, valkoiset sauvat). Myöhemmin sama koe mustilla sauvilla.
- 18.6. Lauhduttimessa merivesivuoto.
- 22.6. Turbiinin ohitusventtiilit avautuivat.
- 25.-28.6. Tehonalennus pienen sähköntarpeen takia. 10.

TVO II, YDINVOIMALAITOS  
HUHTIKUU 1982, REAKTORIN TEHO



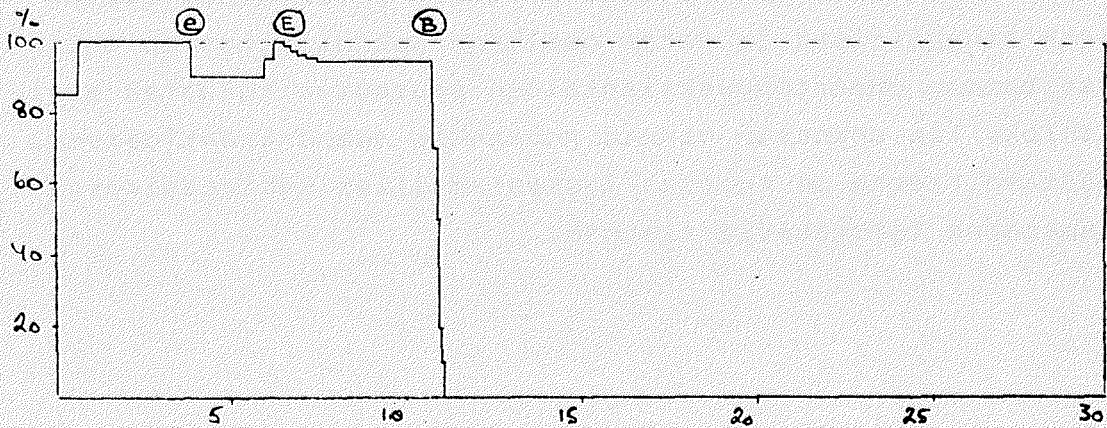
- 11.-13.4. Tehonalennus pienen sähkötarpeen takia.
- 13.4. Tehonalennus pääkiertopumpun 313P3 käynnistämiseksi.
- 30.4. Tehonalennus pienen sähkötarpeen takia.

TOUKOKUU 1982



- 1.-3.5. Tehonalennus pienen sähkötarpeen takia.
- 1.5. Tehonalennus välitulistimen lauhdesäiliöiden 412T3 ja T1 korkeasta pinnasta.
- 16.5. Generaattorikatkaisijan avautuminen ja tehonalennus generaattorin jäähdyttimien virtausvahdin virhetoiminnan takia.
- 28.-31.5. Tehonalennus pienen sähkötarpeen takia.

KESÄKUU 1982



- 4.-6.6. Tehonalennus pienen sähkötarpeen takia.
- 7.6. Strech-out -ajo aloitettiin.
- 10.6. Alasajo vaihtolatausta ja vuosihuoltoa varten.

L. Mattila

VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio

## VTT OSALLISTUU VIIDENTEEN KANSAINVÄLISEEN MARVIKENIN TURVALLISUUSTUTKIMUSPROJEKTIIN

Marvikenin suuren mittakaavan tutkimuslaitteistolla Ruotsissa on viime kesästä lähtien täyttä vauhtia valmisteltu viidettä kansainvälistä kokeellista reaktoriturvallisuuden tutkimusprojektia, Marviken Aerosol Transport Tests. Aiheena on tällä kertaa fissiotuotteiden kulkeutuminen vakavasti vaurioituneesta reaktorisydäimestä primäärijäähdytysjärjestelmän läpi esim. suojarakennukseen. Tämäntapaiset reaktorionnettomuudet ovat hyvin epätodennäköisiä, mutta niidenkin seurausvaikutukset on syytä ymmärtää.

Turvallisuustarkasteluissa on yleensä tähän asti oletettu, että olennaisesti kaikki ylikuumeneesta reaktorisydäimestä vapautuneet aerosolimuotoiset fissiotuotteet kulkevat sellaisenaan primäärijäähdytysjärjestelmän läpi. On kuitenkin olemassa kokemusperäistä, pienen mittakaavan kokeisiin ja laskennallisiin tarkasteluihin perustuvia viitteitä, että ainakin useimmissa ajateltavissa olevissa onnettomuustilanneolosuhteissa fissiotuotteista valtaosa, esim. luokkaa 99 %, tarttuisi matkallaan primääripiirin pintoihin tai sitoutuisi primääripiirissä esiintyviin vesimassoihin. Marvikenissa nyt käynnistymässä olevilla täyden reaktorimittakaavan kokeilla pyritään parantamaan tietämystä tästä aihepiiristä ja siten osaltaan mahdollistamaan entistä realistisemmän onnettomuustilanteiden seurausvaikutusten arvioinnin. Tuloksilla uskotaan olevan suoraakin demonstraatioarvoa, joskin päätavoitteena on tuottaa laskentamallien kehittämisessä ja testaamisessa tarvittavia tietoja.

Varsinaiset kokeet, joita suoritetaan vähintään 6 kpl, käynnistyvät vuoden 1983 helmikuussa. Kokeet ja tulosten analyysi jatkuvat vuoden 1985 alkukuukausiin asti. Projektin kokonaisbudjetti on 53 miljoonaa Ruotsin kruunua, jonka keräävät Kanadaa, Suomea, Ranskaa, Italiaa, Alankomaita, Ruotsia, Englantia ja USA:ta ja todennäköisesti myös Japania edustavat julkiset ja yksityiset organisaatiot. Isäntäorganisaationa on ruotsalainen Studsvik Energiteknik AB.

Projektin sisältö ja hallinnolliset järjestelyt saatiin sovittua lopullisesti joulukuun 1982 alussa. Suomalaisia edustaa Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT). VTT:n maksuosuus on 1,1 miljoonaa Ruotsin kruunua, josta valtaosa suoritetaan lähettämällä asiantuntijoita määrääjäksi projektin palvelukseen Marvikiin. Tämä osallistumistapa on osoittautunut saadun tiedon hyödyntämistä ajatellen erittäin hyödylliseksi aikaisemmissakin Marvikenprojekteissa, joissa on tutkittu lähinnä erilaisia reaktorijärjestelmien lämpö- ja virtausteknillisiä ilmiöitä.

VTT:n edustajaksi projektin johtoryhmään on nimetty prof. V. Palva ja tekniseen tukiryhmään TkT L. Mattila. VTT tulee kertomaan projektin edistymisestä järjestämissään eri reaktoriturvallisuuksaiheisissa tiedotustilaisuuksissa ja ydinenergia-alan kotimaisten yhteistyöelinten kokouksissa.

Liitteenä on projektin julkaisema lehdistötiedote.

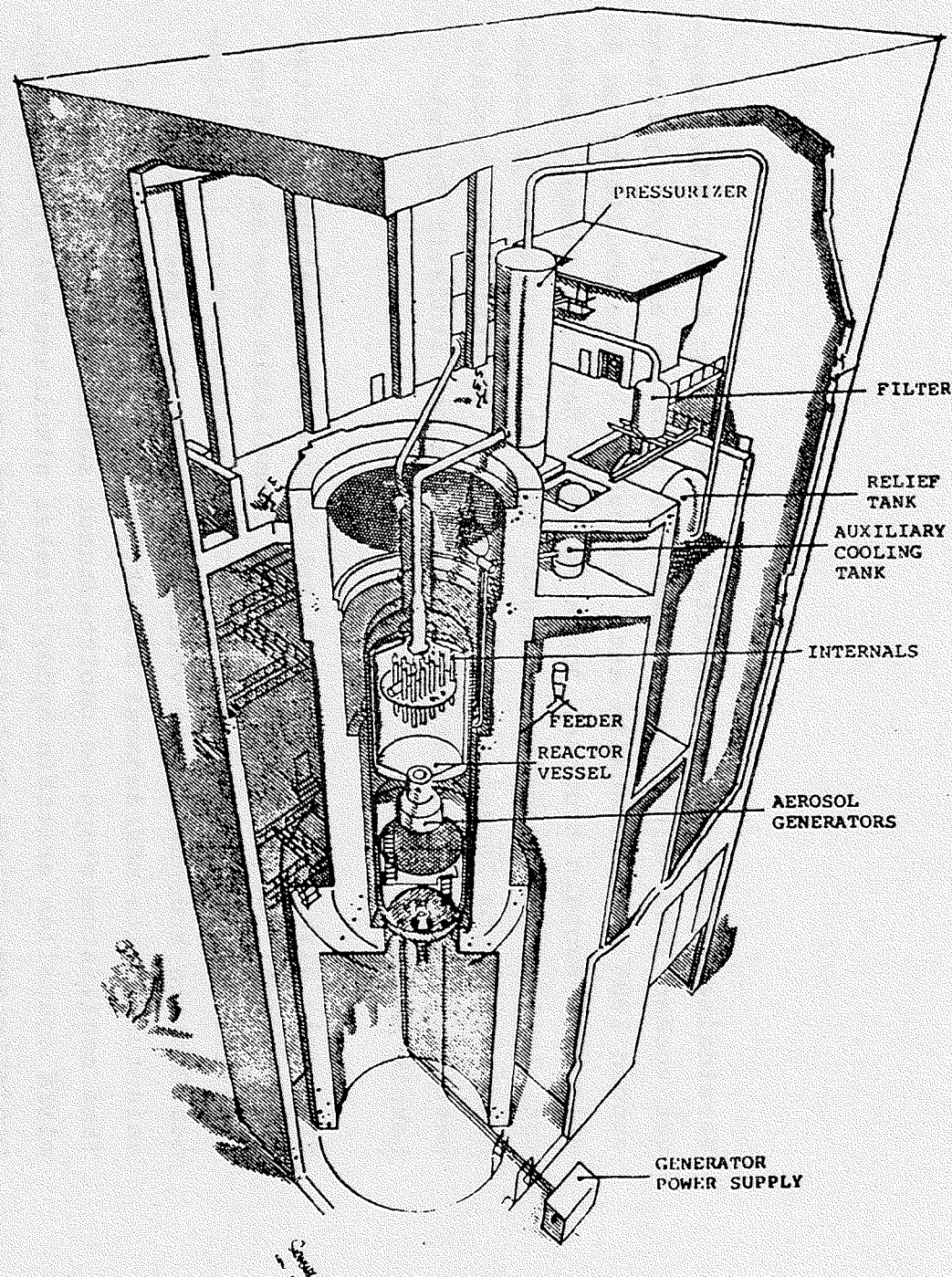
PRESS RELEASE**THE FIFTH INTERNATIONAL REACTOR SAFETY PROJECT AT MARVIKEN, SWEDEN**

Representatives from organizations in 8 countries met this week in Norrköping, Sweden, to formalize the "Marviken Aerosol Transport Tests (ATT) project". This project relates to the effects of those potential accidents in light water power reactors where some fuel may have melted and vaporized. Although such reactor accidents are extremely unlikely it is important to understand their consequences. The program consists of six large scale tests at the Marviken facility in Sweden. The preparations are in full swing and the project will continue into the first part of 1985.

The participants that support the project are from Canada, Finland, France, Italy, the Netherlands, Sweden, the United Kingdom and the USA and include government and private sector organizations. Negotiations are in a concluding phase also concerning participation from Japan. Studsvik Energiteknik AB, Sweden, is responsible for the execution of the project.

A Project Board and Technical Advisory Committee, both with members from all participating organizations, have been formed to direct the research program. The project staff of 24 persons includes nuclear safety specialists from several countries. The project budget is 53 MSEK.

Marviken has proved to be an ideal facility for several types of large scale tests. As in earlier projects these reactor safety tests will model reactor accident conditions without using radioactive material. The data from the Marviken ATT project, together with results from related research in other countries, will enable scientists and engineers to make more realistic estimates of the releases from postulated reactor accidents.



14



The nuclear community has long pondered and philosophized over the question of adequate safety as applied to nuclear power plants. Toward that end the Nuclear Regulatory Commission (NRC) has recently proposed a safety goal that, when finally adopted, will be the NRC's answer to the question, How much protection is adequate protection of the public health and safety from the risks of nuclear power plants? More concisely the question is, How safe is safe enough? Unfortunately the answer cannot be this concise.

There is an important limitation on the scope of our proposed safety goal. We have focused only on the risk of accidental releases of radioactive material from a nuclear power reactor to the environment. In formulating the goal, we did not attempt to deal with risks associated with routine nuclear plant emissions, with nuclear fuel-cycle facilities other than power reactors, with the danger of sabotage, or with the possibility that stolen nuclear materials could pose an accidental or deliberate threat to public safety. These are not negligible risks, and we have not and will not ignore them. However, we have precluded them from the range of this first version of the safety goal. Our interest in doing so is our concern that the goal not try to cover every imaginable risk and, in the process, lose direct relevance to any one of them. Rather, we have tried to cover possible accidents that could bring about a radioactive release, including earthquakes.

Although we speak of the safety goal in the singular, the first of two qualitative goals is that "the risk of a nuclear power plant accident not be a significant contributor to a person's risk of accidental death or injury." The individual risk of death here includes the risks of both prompt and delayed fatalities. The second qualitative goal relates to collective risks to society from nuclear power generation. It states that such risks shall be as low as can reasonably be achieved with current technology and shall be comparable to or less than the risks posed by other viable means of producing electricity.

We are proposing several specific numerical guidelines in the policy statement. But I want to emphasize in the strongest terms that, when we speak of acceptable levels of risk, we are not talking at all about acceptable numbers of deaths. What we accept is the undeniable fact that the risk of injury and death cannot be completely eradicated from any human endeavor. Although that fact may sound obvious, you might be surprised to find how many people do not accept it when they think about nuclear power. Since removing all risk is not possible, it is our intent to limit the risks without losing the benefit of the resource and without imposing more risk than is imposed in producing that benefit another way.

So what does it all mean in hard numbers? The first guideline states that the risk of prompt fatalities to an individual or to the population in the vicinity of a nuclear power plant site should not exceed one-tenth of 1% of the sum of prompt fatality risks resulting from other accidents to which members of the U. S. population are generally exposed. The second guideline provides that the risk of cancer fatalities to an individual or to the population in the area near a nuclear power plant site should not exceed one-tenth of 1% of the sum of cancer fatality risks resulting from all other causes.

We believe that one-tenth of 1% of the sum of risks to a person or persons near a nuclear power plant is tolerable. We also believe that this 1 part in 1000 ratio is low enough to mean that people living near nuclear plants should not be unduly concerned. That consideration, in fact, is part of the proposed policy objective. It is offered so that persons living near or working in nuclear power plants can go about their daily lives without special concern by virtue of their proximity to such plants.

We should not underestimate the importance of this proposed safety criterion to public acceptance. Admittedly, it is not a scientific test, but it is crucial. The future of the nuclear power industry depends on a number of factors, but one precondition to all the others is public confidence. Such confidence must be part of the concept even if it is the hardest to identify and may be the hardest to attain or to measure.

—Adapted from a talk by NRC Chairman N. J. Palladino at the American Power Conference, Chicago, Ill., on Apr. 28, 1982.

Jukka Laaksonen  
ATS:n kokous 23.9.1982

### Johdanto

Tämä esitys perustuu niihin kokemuksiin, joita sain työskennellessäni Yhdysvaltain ydinvalvontaviranomaisen, U.S.NRC:n, palveluksessa 1.5.-81 - 30.6.-82. Työyksikköni oli koko ajan Reactor Systems Branch (RSB), joka on n. 35 insinöörin vahvuuisena NRC:n suurin yksittäinen toimisto ("branch"). RSB on yksi laajempaan yksikköön "Division of Systems Integration" kuuluvista yhdeksästä toimistosta (kts. organisaatiokaavio kuvassa 1).

Tehtäviini ei sisällynyt lupakäsittelyä, jota teki suurin osa työtovereistani. Laajin työni oli PWR-laitosten hätätilan-ohjeiden käsittely, jota tein loppuaikaa lukuunottamatta ainoana NRC:n edustajana. Ohjeet olivat reaktorivalmistajakohtaisia ja tarkoitettu käytettäväksi kaikilla ao. valmistajan laitoksilla laitoskohtaisten ohjeiden mallina. Muita laajempia tehtäväkokonaisuuksia olivat osallistuminen vanhimpien amerikkalaisten laitosten turvallisuuden arviointiin nykyisten vaatimusten pohjalta sekä osallistuminen Ginnan höyrystintuubivuoto-onnettomuuden jälkiselvittelyyn. Näiden lisäksi tein joitakin yksittäisiä tarkastustehtäviä.

Työssäni perehdyin yksinomaan "review and assessment"-tyyppistä työtä tekevän NRC:n pääkonttorin toimintaan. "Inspection"-tyyppistä työtä laitoksilla tekeviä henkilöitä en tavannut.

### NRC:n organisaatio

- NRC:n palveluksessa on nykyisin n. 3500 henkeä; useita vuosia jatkuneen nopean kasvun (n. 300/vuosi) jälkeen henkilömäärä on ilmeisesti saavuttanut huippunsa ja kääntyy laskuun lupakäsittelyssä olevien laitosten vähentyessä.
- organisaatiota on uudistettu perusteellisesti lähes vuosittain ja suurempien uudistusten välillä tehty lisäksi pienempiä tarkistuksia; yleensä on organisaatiokaavio ollut vanhentunut tullessaan ulos painosta.
- kuvassa 1 esitetty helmikuinen kaavio lienee kuitenkin vielä pääosiltaan voimassa; teknistä työtä tekevät yksiköt on kuvassa reunustettu vahvennetulla viivalla.
- "Chairman/commissioners" on poliittisesti valittu elin, joka johtaa NRC:tä.
- "Advisory Committee on Reactor Safeguards", ACRS, on 15 kokeneesta henkilöstä muodostuva osapäivätoiminen neuvosto, joka antaa suosituksia tärkeimmistä asioista; jäsenet ovat nykyisiä

tai eläkkeellä olevia professoreita tai entisiä pääinsinöörejä teollisuuden piiristä; neuvoston jäsenillä on lisäksi henkilökohtaiset konsultit ja avustavaa henkilökuntaa.

- "Executive Director for Operations", EDO, oli ennen henkilö, jonka ohitse raportoitiin suoraan komissiolle, mutta hänen asemaansa vahvistettiin viime talvena lisäämällä hänen esikuntaansa kaksi vaikutusvaltaista johtajaa; EDO:n tehtävänä on valvoa säännösten ja muiden vaatimusten kehitystä ja huolehtia komission asettamien tavoitteiden toteutumisesta.
- "Office of Nuclear Reactor Regulation", NRR, suorittaa lupa-käsittelyt ja muun "review and assesment" -tyyppisen työn sekä kehittää turvallisuusvaatimuksia; sen alayksiköistä "Division of Licensing" huolehtii projektien koordinoinnista ja kirjeenvaihdosta, mutta ei tee varsinaista teknistä tarkastusta; "Division of Engineering" käsittelee laitteita ja rakenteita koskevat asiat, myös niihin vaikuttavat ympäristö- ja luonnon olosuhteet; "Division of Systems Integration" käsittelee kaikki järjestelmien suunnittelua koskevat asiat (myös reaktorin) ja kaikki onnettomuus- ja häiriöasiat; "Division of Safety Technology" käsittelee yleisiä teknisiä ongelmia, jotka eivät liity mihinkään määrättyyn laitokseen; tämä on pieni yksikkö ja sen tehtävä on myös paljolti pelkkää muiden ihmisten töiden koordinoimista; "Division of Human Factors Safety" etsii vielä itseään n. kolme vuotta perustamisensa jälkeen.
- "Office of Nuclear Regulatory Research", RES, ohjaa kansallisten laboratorioden ja muiden konsulttien tekemiä tutkimuksia; tulosten perusteella annetaan suosituksia NRR:lle.
- "Office of Inspection & Enforcement", IE, joka ennen piti sisällään myös aluetoimistot, tekee nykyisin aluetoimistoille tarkastusohjeita ja suunnittelee tarkastustoiminnan kehittämistä.
- "Regional Offices" toteuttavat voimalaitoksiin ja valmistavaan teollisuuteen kohdistuvia kenttätarkastuksia.
- "Office for Analysis and Evaluation of Operational Data", AEOD, on riippumaton toimisto, joka analysoi käyttöhäiriöitä ja antaa toimenpidesuosituksia muille yksiköille; pelkistetyesti voisi sanoa, että toimisto kehittää ongelmia ja antaa ne muiden yksiköiden ratkaistavaksi; AEOD kirjoittaa myös NRC:stä ulospäin lähtevät käyttökokemusraportit.
- henkilöstön jakautuminen yksiköiden kesken on sellainen, että IE ja aluetoimistot työllistävät runsaan neljänneksen, NRR vajaan neljänneksen, hallinto noin viidennenneksen sekä komission neuvoa antavat elimet, tutkimus ja ydinmateriaalivalvonta kukin n. kymmenen prosenttia.

## NRC:n toimintaa koskevia havaintoja

### Lupakäsittely

- TMI:n aiheuttaman hämmennyksen jälkeen sujuu rutiinilla kesällä -81 uusittujen Standard Review Plan" -ohjeiden mukaan; FSAR:n käsittely kestää n. puoli vuotta.
- tarkastajat itsenäisiä; tarkastuksen syvyys ja laatu riippuu edelleen paljon henkilöstä, sillä järjestettyä vuorovaikutusta ei ole eri laitoksia käsittelevien välillä, ei myöskään ohjausta ylhäältä päin.
- tarkastustyö on pilkottu pieniin osiin ja tehdään vahvistetun työnjaon mukaan eri toimistoissa, yleensä yksi henkilö/toimisto ja laitos.
- kokonaiskuvaava laitoksen toiminnasta ei muodostu kenellekään.
- kukin toimisto valmistelee yhden sarjan kysymyksiä, joihin luvanhakija vastaa kirjallisesti; mahdolliset lisäselvitykset saadaan kokouksissa ja tarpeen mukaan täydennetyissä vastauksissa.
- turvallisuusarviointi valmistuu n. vuotta ennen luvan myöntämistä, loppuaika varattu ACRS:n ja komission käsittelylle, julkiselle kuulemiselle ja mahdolliselle valitusmenettelylle.
- lupakäsittely pysyy nyt aikataulussa eikä käyttöilupien puute yleensä viivästyttä laitosten käynnistämistä.
- viimeiset käyttöilupalausunnot ovat valmiita runsaan vuoden kuluttua; kenelläkään ei ollut selvää kuvaa siitä, mitä sen jälkeen tapahtuu suurelle lupakäsittelijöiden joukolle.

### Käyviä laitoksia koskevien asiakirjojen ja raporttien käsittely

- asiakirjat, joille luvanhakija pyytää selvästi hyväksymistä, esim. seuraavaa polttoainejaksoa koskevat analyysit ja muutosesitykset, käsitellään samoissa toimistoissa, jotka tekevät lupakäsittelyn; väliaikaisesta käytännöstä, jossa käyviä laitoksia valvoi oma organisaationsa, on luovuttu nopeasti.
- muiden asiakirjojen, esim. käyttöä koskevien raporttien ja laitostoimittajakohtaisten yleisten turvallisuusongelmien käsittely vaikutti jäsentymättömältä; tietyn asian käsittelyvastuu saattoi kuulua joko AEOD:lle, kolmelle eri NRR:n toimistolle tai jollekin aluetoimistolle; seurauksena tehtiin jollekin asialle päällekkäistä käsittelyä ja jokin asia jäi unohduksiin.
- käyttökokemusten huomioon otto vaikutti sattumanvaraiselta.
- ellei asiakirja vaikuta jonkin laitoksen käynnistämiseen, sen käsittely kestää vähintään muutamia kuukausia.

### Toiminta akuuteissa tilanteissa

- NRC:llä on jatkuvasti miehitetty valmiuskeskus pääkaupungissa ja alueelliset valmiuskeskukset; näihin keskuksiin saadaan suoraan prosessitietoa miltä tahansa laitokselta ja keskuksiin kerääntyy akuuteissa tilanteissa suuri joukko NRC:n eri toimintojen väkeä.
- tammikuu -82 Ginnan tapaus osoitti, että NRC:n mahdollisuudet myötävaikuttaa akuutin tilanteen käsittelyyn ovat hyvin pienet.
- NRC:llä on tuskin lainkaan henkilöitä, jotka tuntevat laitoksen kokonaiskäyttäytymisen ja tietävät, mitä häiriön/onnettomuuden yhteydessä odotetaan tapahtuvan tai mitä operaattorin pitäisi tehdä.
- näyttävien tapausten (esim. Ginna) jälkiselvittely vaikutti yllämuutulta, selvittelyn tavoitteet olivat epämääräiset.

### Säännösten kehitys

- säännöstöä kehittelevät NRR:ään kuuluvat esimiesasemassa olevat tai pitkän kokemuksen omaavat henkilöt, joilla on myös paljon muuta työtä: joukko on siis hyvin suppea.
- rajallisten resurssien vuoksi on keskitytty välittömästi turvallisuutta lisääviin sääntöihin eikä vanhoja sääntöjä ehditä uudistaa, vaikka ne tiedettäisiin ylikonservatiivisiksi; esim. hätäjähdytyskriteereiden ("Appendix K") lieventämiseen ei liienne lähivuosina aikaa.
- tämän vuoden alussa lisättiin EDO:n toimintaan arvovaltainen esikunta, joka käsittelee "kokonaisvaltaisella näkemyksellään" kaikki säännösten muutosehdotukset ja muut yleistä luonnetta omaavat vaatimukset.

### Tutkimustoiminnan ohjanta

NRC:n teettämän tutkimustoiminnan pitäisi palvella NRR:n tarpeita.

- käyttäjän (NRR) esittämät tutkimuspyynnöt ovat usein niin ylimalkaisia, että tutkijat eivät tarkkaan tiedä mitä heiltä odotetaan.
- tutkijoiden ongelmana on myös se, että heillä ei ole riittävän yksityiskohtaista laitostietoa; vaikka pyydetty tieto voimayhtiöltä saataisiinkin, eivät tutkijat välttämättä osaa ottaa huomioon kaikkia tuloksiin vaikuttavia laitoksen ominaisuuksia.
- tutkimuksia NRC:n puolesta johtava RES toimii melko itsenäisesti ja teettää myös paljon sellaista, jota NRR pitää lähes hyödyttömänä.
- NRR:n resurssit tutkimustulosten hyödyntämiseen ovat rajalliset ja tutkimusyhteisö tuottaa tietoa enemmän kuin käyttäjä pystyy sulattamaan ja hyödyntämään.

## Asiakirjojen julkisuus

- pääosa NRC:n tuottamista papereista on sisäisiä muistioita yksiköltä toiselle, esim. projektiosastolle osoitettuja pyyntöjä lisätietojen hankkimiseksi tai hyväksyvään kannanottoon liittyviä turvallisuusarviointeja (tarkastuksen lopputuloksena syntyy aina turvallisuusarviointi).
- sisäiset muistiot ovat periaatteessa julkisia, mutta käytännössä yksittäinen muistio hukkuu valtavaan asiakirjatulvaan.
- luvanhakijoille osoitetut kirjeet menevät automaattisesti tiedoksi erilaisille intressipiireille, mm. paikallisille viranomaisille ja ydinvoimaa vastustaville järjestöille.
- julkisuus vaikuttaa selvästi NRC:n käyttäytymiseen: jyrkkiä vaatimuksia tai voimakasta huolestumista erityisesti käyvien laitosten tai tietyn laitostyyppin osalta ei haluta esittää kirjallisesti; tuloksena on usein hedelmätön suukopu kokouksissa.

## Ydinteollisuutta koskevia havaintoja

### Luvanhakijat

- luvanhakijat ovat vaikeimmassa asemassa oleva teollisuuden osa, koska heihin kohdistuvat mm. kaikki uudet TMI-vaatimukset ja koska NRC:n käsittelyssä tulevat mahdolliset viiveet maksavat paljon.
- useat luvanhakijat ovat valinneet NRC-myönteisen linjan, jossa NRC:n tarkastajien vaatimukset pyritään täyttämään; tällä tavalla varmistetaan turvallisuusarvioinnin valmistuminen ajallaan.
- eräissä yhtiöissä pidetään edelleen kiinni periaatteesta, jonka mukaan NRC:n on hyväksyttävä ratkaisut, jotka täyttävät vahvistetut säännöt; tälläkin tavalla hyväksyminen tulee, mutta saattaa viivästyä laitoksen käynnistämistä.
- luvanhakijoissa on monentasoista yrittäjää ja projektin eteneminen aikataulussa on ensisijaisesti kiinni siitä, miten hyvin projektia johdetaan; aikataulun mukaisesti käynnistyviä laitoksia on vielä tänäkin päivänä.
- likimainkaan kaikkia laitoksia ei vastusteta eikä käyttölupekäsittelyyn näin ollen sisälly aikaa vievää yleistä kuulemistä.
- luvanhakijoiden joukko on viimeksi kuluneen vuoden aikana harventunut merkittävästi, sillä hyvin pitkällekin edenneitä rakennusprojekteja on keskeytetty rahoitusvaikeuksien ja ole-mattoman sähkönkulutuksen kasvun vuoksi; eräissä näistä projekteista on käyttölupehakemus ollut jo pitkälle käsitelty.

## Luvanhaltijat

- käyttöluja katsotaan hyvin vahvaksi paperiksi, NRC:n mahdollisuudet vaatia muutoksia luvan saaneille laitoksille ovat rajoitetut ja luvanhaltija voi halutessaan suhtautua melko yliolkaisesti NRC:n tarkastajien esittämiin näkemyksiin, jotka eivät perustu suoraan lupaehtoihin.
- kirjoituspöydän ääressä keksityt puutteet käyvien laitosten turvajärjestelmissä eivät yleensä johda parannustoimenpiteisiin edellyttäen ettei lupakäsittelyn yhteydessä ole tapahtunut selvää lipsahdusta.
- uusia vaatimuksia luvanhaltijoille esitetään yleensä vain suurempien häiriöiden seurauksena ja tällöin erityisesti häiriön kohteena olleelle laitokselle.
- mikäli jokin turvallisuutta parantava toimenpide halutaan NRC:n päätöksellä käynnistää kaikilla tietyn tyyppisillä laitoksilla, pitää NRC:n saada siihen GAO:n suostumus (General Accounting Office); tätä varten pitää arvioida asian turvallisuusmerkitys ja toimenpiteestä aiheutuvat kustannukset eri osapuolille.
- luvanhaltijan omasta asenteesta riippuu, parannellaanko laitosta sen valmistuttua vai ei, monessa laitoksessa sellaiseen työhön ei haluta käyttää rahaa.
- luvanhaltijoiden erilainen suhtautuminen laitoksensa käyttötapaan ja kunnossapitoon heijastuu suurena vaihteluna amerikkalaisten laitosten käytettävyytilastoissa.
- kymmenelle vanhimmalle laitokselle tehdään systemaattista turvallisuusarviointia nykyisten vaatimusten pohjalta, mutta tarkoitus ei ole vaatia kaikkien vaatimusten täyttämistä; kun puutteet on tiedossa, tehdään kokonaissuunnitelma mahdollisiksi korjaustoimenpiteiksi.

## Voimayhtiöiden välinen yhteistyö

- yhteistyö virisi pääasiassa TMI-onnettomuuden seurauksena muutaman kuukauden kuluttua onnettomuudesta.
- kunkin reaktorivalmistajan laitoksia omistavat voimayhtiöt muodostivat yhteistyöryhmiä: GE Owners Group, WOG, B & W OG ja C-E OG; näiden työryhmien puitteissa mm. pyritään yhtenäiseen käytäntöön TMI:n johdosta esitettyjen vaatimusten täyttämässä.
- kaikki ydinvoimaa käyttävät tai rakentavat voimayhtiöt liittyivät osakkaiksi uusiin yhtiöihin INPO ja NSAC.
- INPO (Institute of Nuclear Power Operations) pyrkii parantamaan ydinvoimalaitosten käyttäjien ja käyttörutiinien tasoa laatimalla ohjeita ja opastamalla yksittäisiä yhtiöitä (mm. mallit koulutusohjelmaksi ja laitoksen käyttöohjeiksi); ulkomaiset voimayhtiöt ovat tervetulleita osakkaiksi; myös NRC on jättänyt eräitä asioita sen varaan, että INPO hoitaa ne kuntoon.

- NSAC (Nuclear Safety Analysis Center) perustettiin kehittämään turvallisuusanalyysissä tarvittavia laskentamenetelmiä teollisuuden tarpeisiin; se toimii teollisuuden omistaman vanhemman tutkimuslaitoksen EPRI:n yhteydessä (Electric Power Research Institute).

### Reaktorivalmistajat

- tilausten käytännöllisesti katsoen loputtua ovat reaktorivalmistajat keskittyneet tarjoamaan palveluksiaan käynnissä oleville laitoksille.
- uusia laitoksia tarjoaa enää kolme valmistajaa, B & W on luopunut toistaiseksi; kaikki neljä ovat kyllä mukana sotilaalliseen käyttöön tarkoitettujen reaktoreiden valmistuksessa ja B & W:kin on valmis nopeasti käynnistämään siviilipuolen tarjoukset jos markkinat alkavat kasvaa.
- reaktorivalmistajien kiinnostuksessa kehittää laitostensa turvallisuutta NRC:n toivomaan suuntaan oli merkittäviä eroja ja asenteet heijastuivat selvästi "Owners Group":eissa vallinneisiin mielipiteisiin.
- reaktorivalmistajien toiminnasta jäi sellainen kuva, että motiiveina ei aina ollut vilpittömän pyrkimys parantaa turvallisuutta; erilaisten järjestelmien kehittäminen voimayhtiöiden kustannuksella on myös liiketoimintaa.

### Arkkitehti-insinööritoimistot

- tutustuminen ydinvoimalaitoksia rakentaviin projektiorganisaatioihin osoitti, että arkkitehti-insinööritoimistot (mm. Bechtel, Stone & Webster, Ebasco, Burns & Roe) ovat yhtä merkittävä osapuoli kuin voimayhtiö tai reaktorivalmistaja.
- arkkitehti-insinööritoimisto suunnittelee paitsi laitosten rakennukset ja lay-out:in myös suuren osan järjestelmistä; jopa reaktorijärjestelmiä koskevista kysymyksistäkin suuri osa meni a-i:n vastattavaksi.
- samaan reaktorijärjestelmään (NSSS) perustuvat laitokset voivat poiketa toisistaan huomattavasti, jos laitoksilla on eri a-i; referenssilaitoksista on siis aina syytä puhua tietyllä varauksella.

### Yleishavaintoja ydinturvallisuustyöstä USA:ssa

#### Kaavamaisuus

- suunnittelu ja turvallisuusarviointi perustuvat pitkälle siihen, että tiettyjen pykälien täyttyminen varmistetaan; talonpoikaisjärjen ja käyttökokemusten tuominen kuvaan vaikuttaa hyvin hitaalta.



### Erikoistuminen/yleisnäkemys

- suurissa organisaatioissa ihmiset ovat erikoistuneet pitkälle ja tuntevat hyvin oman alueensa; esim. prosessijärjestelmiä käsitellään kolmessa eri toimistossa ja säätöjärjestelmiä niistä erillään; henkilöstö kiertää jossain määrin toimistosta toiseen; mutta ei kuitenkaan tutustu samaan laitokseen eri toimistoissa ollessaan.
- erityisesti Ginnan onnettomuuden yhteydessä tuli ilmi, että NRC:n sisällä ei ollut yleismiehiä, jotka olisivat nopeasti osanneet analysoida tapahtunutta koko laitoksen kannalta.
- ainoat tapaamani henkilöt, joissa yhdistyi ydinvoimalaitoksen käytännön ja teoreettisen puolen tuntemus olivat reaktorivalmistajien palveluksessa; NRC:n ja tutkimuslaitosten edustajilta puuttui käytännöllinen laitostieto, voimayhtiöistä teoreettisen puolen osaaminen.

### Säännösten tulkinta

- säännösten osalta totesin, että amerikkalaista säännöstöä tulkitaan Euroopassa kirjaimellisemmin kuin alkuperämaassa; eräs syy lienee siinä, että täällä ei huomata sanakäänteisiin sisältyviä porsaanreikiä.

### Paras mahdollinen/hyväksyttävä

- turvallisuustason nostamista ajatustoiminnan ja pienten investointien avulla ei tunnuttu pidettävän tavoitteena; kun kerran oli kehitetty hyväksyttävät järjestelmät ja toimintarutiinit, oltiin tyytyväisiä.
- poikkeuksellisiakin yhtiöitä on, kuten näkyy mm. käytettävyyss-tilastoista.

### Kustannus/hyöty

- ihmetystäkin herätti pyrkimys säästöihin laitepuolella, vaikka niiden perustelemiseksi tarvittaisiin paljon kallista työtä ja aiheutettaisiin viiveitä projekteille.
- yleinen käsitys NRC:ssäkin oli, että vahvemmat kuin kaksinkertaiset redundanssit turvajärjestelmissä olisivat kuolinisku teollisuudelle; samaan aikaan on kuitenkin varaa maksaa eurooppalaisiin verrattuna huikeita korkomenoja pitkien rakennusaikojen johdosta.
- esimerkkinä lisättyjen laitekustannusten vastenmielisyydestä voisi mainita, että NRC:n hyväksymän ja hyvänä pitämän Westinghousen standarditurvaselosteen mukaisia laitoksia eivät voimayhtiöt halua rakentaa vaan ostavat riisuttuja malleja.

## Ajankohtaisia ydinturvallisuuskysymyksiä

### Häiriö- ja onnettomuustilanteiden tarkastelu realistiselta pohjalta

- perinteisesti on lupakäsittelyn yhteydessä analysoitu joukko postuloituja onnettomuuksia käyttäen konservatiivisia olettamuksia, olettaen tietyt yksittäisviat ja unohtaen operaattorin olemassaolo; analyysit on ulotettu vain niin pitkälle, ettei ole enää vaaraa polttoaineen lämmönsiirtokriisistä tai suuresta ylipaineesta pri-maaripiirissä.
- käytännön kokemukset ovat osoittaneet, että onnettomuudet eivät ole vain nopeita automatiikalla hallittavia transientteja, vaan että laitos on saatava alkutapahtuman jälkeen kylmäseisokkiin ennen kuin tilanne on turvallinen.
- erityisesti hätätilanneohjeiden pohjaksi tehty työ on osoittanut, että kylmäseisokin saavuttaminen ei aina ole yksinkertaista ja että operaattoria tarvitaan eräissä tilanteissa nopeasti; esim. ns. 30 minuutin säännön soveltaminen painevesilaitokseen johtaisi yli-voimaisiin vaikeuksiin.
- nopeasti tarvitaan operaattorin reaktioita esim. pääkiertopumppujen operointiin, liiallisen syöttöveden tulon pysäytykseen, höyryvuotojen erotukseen ja höyrystimen tuubirikon käsittelyyn; alle puolen tunnin on yleensä ohjattava myös hätäjähdytysjärjestelmiä.
- pitkää aikaväliä tarkastelevat realistiset analyysit ovat osoittaneet, että lupakäsittelyssä käytettyihin hyväksymisperusteisiin olisi syytä lisätä ainakin riittävä suojautuminen liian nopealta ja suurelta jäähdytykseltä; tämä on vaarana monista eri alkutapahtumista lähtevissä häiriöissä.
- höyrystimen tuubirikon lähempi tarkastelu on osoittanut, että hyväksytyissä lupakäsittelyanalyseissa on tehty perusteettoman optimistisia oletuksia vuodon pysäytysmahdollisuuden suhteen.
- oikeiden toimintaohjeiden antamiseen operaattoreille on todettu tarvittavan lisää analyyseja, erityisesti jos varaudutaan erilaisiin vikayhdistelmiin alkutapahtuman lisäksi.

### Reaktoripaineastian lämpöshokit

- USA:ssa on n. 15 laitosta, joiden paineastian on todettu haurastuvan ei-hyväksyttävälle tasolle ennen suunniteltua käyttöikää ellei jotain tehdä.
- yksimielisyys tarpeesta tehdä jotain vallitsee, keinoja ei ole vielä ratkaistu.
- Loviisan tilanne ja toimenpiteet ovat olleet NRC:n suuren mielenkiinnon kohteena.
- amerikkalaisilla ei tunnu olevan varaa valita IVO:n käyttämää selkeää determinististä menettelytapaa, tulokset näyttäisivät ilmeisesti liian pahoilta.
- lämpöshokkikysymystä yritetään lähestyä todennäköisyyspohjalta perustelemalla, että suuri jäähtyminen, sopiva alkusärö paineastiassa ja epävarmuustekijöiden esiintyminen epäedullisimpana

kombinaationa on erittäin epätodennäköistä.

- lämpöshokkiongelman on ehkä polttavin käyviä laitoksia koskevista ja se pyritään selvittämään mahdollisimman pian runsain tutkimusresurssein.
- STL:n Rainer Rantala työskentelee parhaillaan NRC:ssä tämän aiheen parissa.

#### Sydämen sulamiseen johtavat onnettomuudet

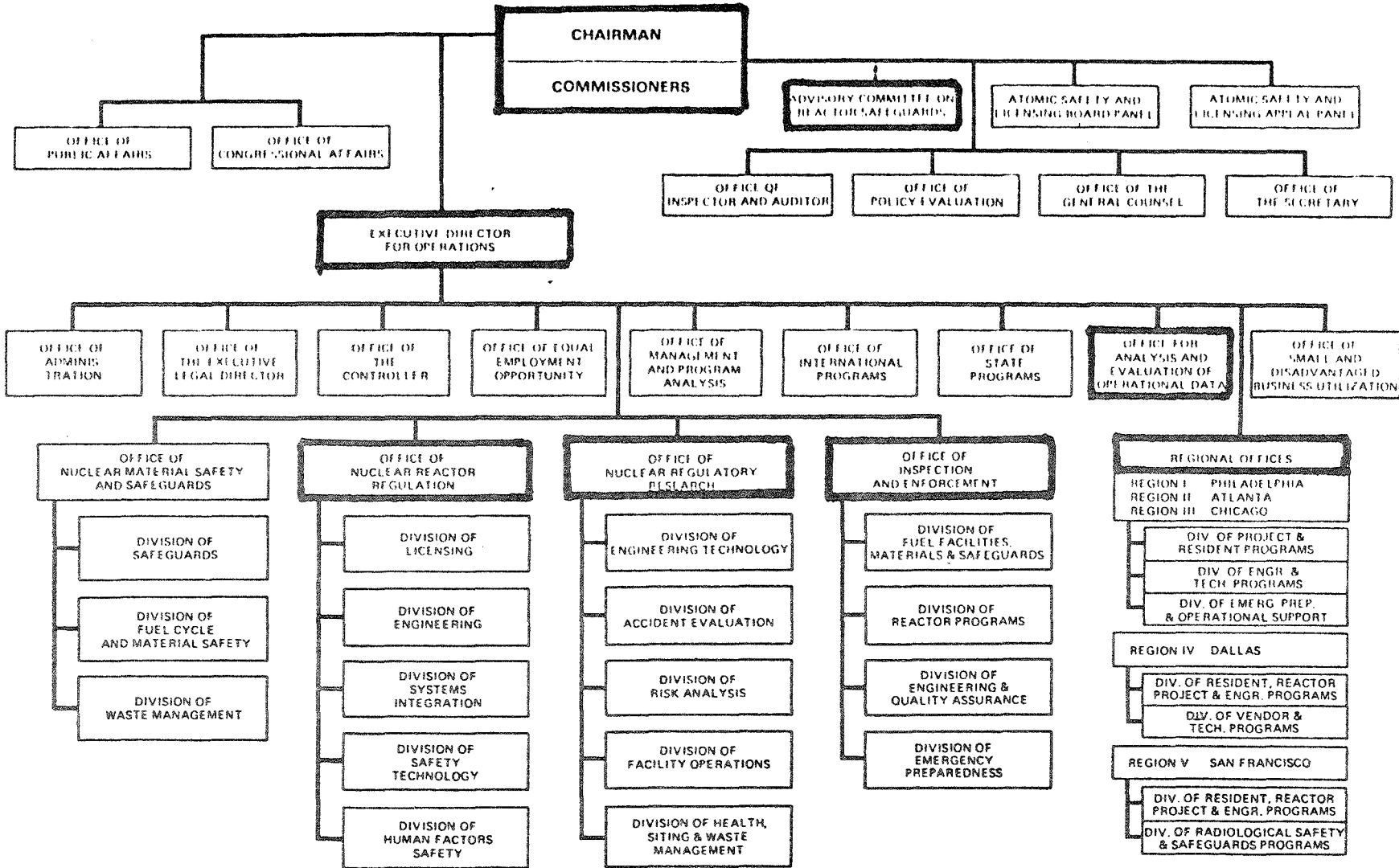
- NRC:ssä on vähitellen vahvistunut se käsitys, että ydinvoiman yleisen hyväksyttävyyden saavuttamiseksi tulee selvittää, mitä todella tapahtuu, jos sydän sulaa; sulamiselta tulee myös mahdollisuuksien mukaan suojautua.
- sydämen sulamiselta suojaavien suunnittelukriteereiden kehitys on käynnissä; mikäli USA:ssa vielä joskus anotaan ja myönnetään laitosten rakennuslupia, tultaneen vaatimaan, että suojarakennus säilyy ehjänä muutamia päiviä sydämen sulamisen jälkeen.
- sydämen sulamiseen johtavista tapahtumaketjuista ja sydämen sulamisen seurauksista on jo saatu melko hyvä kuva mm. Indian Point- ja Zion -laitoksille tehtyjen turvallisuustutkimusten yhteydessä.
- todennäköisimpiä sydämen sulamiseen johtavia tapahtumia Westinghousen laitoksella ovat täydellinen vaihtosähkötehon menetys 4 - 5 tunniksi, pikku-LOCA yhdistettynä kp-hätäjäähdytyksen pettämiseen sekä sumpikierron tukkeutuminen LOCA:n jälkitilanteessa.
- jos laitos on varustettu kuivalla täyspainesuojarakennuksella, ei pidetä todennäköisenä, että se rikkoutuisi missiilin, höyryräjähdysten tai vetyräjähdysten seurauksena.
- ellei suojarakennuksen ehevttä voida kokonaan varmistaa, on suunnittelussa valittava joko ylipaineesta aiheutuva rikkoutuminen tai sydämen painuminen rakennuksen pohjasta läpi; näitä kahta mekanismia vastaan suojautuminen asettaa keskenään ristiriitaisia vaatimuksia.
- ylipainetta lisää mm. veden pääsy reaktorikuoppaan sulan sydämen päälle, jos suojarakennukseen tulevaa höyryä ei pystytä lauhduttamaan (sähkönmenetystilanne); edelleen painetta lisää kaasuja vapauttava reaktorikuopan pohjamateriaali; kolmas tekijä saattaisi olla vetyvalo, joka voi syttyä rajuna käynnistettäessä viiveellä suojarakennuksen jäähdytys ja lauhdutettaessa pois syttymisen estänyt höyry.
- sulan sydämen painumista pohjan läpi hidastavat samat tekijät, jotka lisäävät ylipainetta: huuhtelu vedellä ja kaasun kehitys pohjarakenteista; asiaa voidaan kuitenkin auttaa myös laittamalla reaktorikuoppaan sopivia materiaaleja, jotka estävät tai viivästävät sulan sydämen pääsyä vuorovaikutukseen betonin kanssa.
- tällä hetkellä on käynnissä laaja tutkimusohjelma, jolla sulan sydämen käyttäytyminen aiotaan selvittää ja jonka perusteella löydettäneen oikeat suojausmenetelmät; suurimpia kysymysmerkkejä on

sulan sydämen ottama muoto ja jäähdytettävyyys reaktorikuopan pohjalla; toisaalta halutaan tietää, miten kauan kestää radioaktiivisten aerosolien laskeutuminen pois suojarakennuksen ilmatilasta, koska tämän jälkeen olisi päästö oleellisesti pienempi.

- tutkimukset saattavat osoittaa, että jo eräät nykyiset suojarakennukset tarjoavat riittävän suojan; esim. pahimmassa Indian Point/Zion -skenariossa hajosi suojarakennus ylipaineesta 13 tunnin kuluttua onnettomuuden alusta ja suojarakennuksen pohjan puhkeaminen kesti vähintään 2 päivää (pohjan betonikerros on 2,7 m); näissä luvuissa on vielä ilmeisesti konservatiivisuutta.
- suojakeinoja, joilla sydämen sulamiseen voidaan joitässä vaiheessa varautua ovat: suuri paineenkestävä suojarakennus tai varautuminen Filtra-tyyppiseen ratkaisuun, mahdollisuus pitää reaktorikuoppa tarpeen mukaan kuivana tai huuhdeltuna, mahdollisuus täyttää reaktorikuoppa myöhemmin sopivaksi osoitetulla materiaalilla ja tehokkaat vedynpolttojärjestelmät.

# U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION

## ORGANIZATION CHART



27

KUVA 1.

A. M. Petrosjants

Esitelmä ATS:n ja AEN:n  
yhteisessä tilaisuudessa  
2.11.1982

## YDINVOIMATALOUS, SEN NYKYPÄIVÄ JA TULEVAISUUS

V. 1982 on ydinfysiikan ja ydinvoimalouden juhluvuoosi.

Tasan 50 vuotta sitten, v. 1932, kuuluisan fyysikon Rutherford'in laboratoriossa, Englannissa, hänen assistenttinsa James Chadwick keksi neutronin. Tämä oli viides fysiikan löytämä alkeishiukkanen. Aikaisemmin keksittiin elektroni, fotoni, protoni, neutri-  
no ja nyt neutroni.

Neutronin keksimisellä oli ratkaiseva merkitys koko ydinfysiikalle.

Kahden kuukauden kuluttua, v. 1932, neuvostoliittolainen tiedemies D.D. Ivanenko julkaisi englantilaisessa lehdessä, ja hänen jälkeensä saksalainen tiedemies Werner Heisenberg, postulaatin atomiytimen ns. protoni-neutronisesta mallista. Muuten, samana vuonna keksittiin myös raskas vety-deuterium ja positii-  
visesti latautunut elektroni-positroni.

Ydinvoimalouden kannalta erinomaisinta oli neutronin keksiminen sen sähköneutralisuuden vuoksi. Neutroni on maaginen mikro-avain, joka aukaisi oven suureen ydinvoimalouteen. Ja juuri neutroni oli se ihanteellinen ammus, joka antaa mahdollisuuden toteuttaa raskaitten alkuaineiden ydinfission.

V. 1932 on tunnettu myös siitä, että Rutherfordin Cavendishin laboratoriossa, hänen assistenttinsa Koekroft ja Wolton toteuttivat ensimmäisen ydinreaktion, halkaisten litiumin ytimen kiihdytettyjen protonien avulla.

Mutta vielä ihmeellisempää oli se, että nuoret venäläiset tiedemiehet Sinelnikov, Leipunskij, Walter ja Latyshev hajoittivat litiumytimen pommittamalla sitä suurjännitekiihdyttäjän purkausputkessa kiihdytetyillä protoniytimillä. Tämä tapaus oli todellinen sensaatio. Se, että litiumytimen hajoittaminen toteutettiin Englannissa, otettiin monella taholla vastaan tiedetapahtumien luonnollisena kulkuna, koska se tehtiin maailman suurimmassa laboratoriossa, maineikkaan Rutherfordin johdolla, laboratoriossa, joka oli

erinomaisesti varustettu kaikkia lajeja olevilla ajanmukaisilla laitteilla. Mutta se, että litiumytimen fissio toistettiin puolen vuoden kuluttua Harkovissa Neuvostoliitossa, joka juuri ja juuri oli selvinnyt v. 1914-1917 sodasta ja sisällissodastaan, hävitettynä, tyhjiin ammennettuna, se hämmästytti kaikkia. Se oli tosiaan ihme. Mutta ihme selittyi yksinkertaisesti: Neuvostohallitus, valtaantullonsa ensimmäisistä päivistä lähtien ryhtyi antamaan tiedemiehille kaikinpuolista apua ja tukea, kaikista hävitetyn maan vaikeuksista huolimatta.

Näin tuli v. 1932 keksinnöistä käännekohta koko ydinfysiikan kehityksessä.

V. 1932 tehdyt keksinnöt johtivat huomattaviin tuloksiin ydinfysiikan kehityksessä ja raskaan ytimen v. 1939 keksitty fissioreaktio pani alulle uuden aikakauden tieteen ja tekniikan historiassa, jota nyt sanotaan ydinvoimatalouden aikakaudeksi. Ensimmäinen ydinreaktori rakennettiin mitä ankarimman salaisuuden olosuhteissa USA:ssa v. 1942 E. Fermi johdolla, monen USA:han siirtyneen etevän tiedemiehen ja asiantuntijan voimin. Ensimmäisen tutkimusreaktorin Euroopassa kehittivät ja rakensivat neuvostotiedemiehet ilman minkäänlaista ulkopuolista apua I.V. Kurtshatovin johdolla v. 1946.

Näin ihmiskunnalle avautuivat laajat mahdollisuudet käyttää atomin sisäistä energiaa, joka vapautuu uraanin ja plutoniumin raskaiden ytimien fissiossa. Mutta samalla se avasi mahdollisuuden rakentaa atomipommi, jonka ensimmäinen koe suoritettiin USA:ssa v. 1945. Samana vuonna ensimmäiset pommit pudotettiin japanilaisiin kaupunkeihin Hiroshimaan ja Nagasakiin. Huolehtien omasta turvallisuudestaan, Neuvostoliiton oli pakko toimia myös tässäkin suunnassa. Ja jo v. 1949 kokeiltiin NL:ssa ensimmäistä koeatomipommiä ja v. 1953 - vetypommiä. Oivaltaen kuitenkin ydinvoiman rauhanomaisen käytön merkityksen ja tarpeen, NL oli aloitteentekijänä maailman ensimmäisen ydinvoimalaitoksen rakentamisessa ja käyttöönottamisessa v. 1954 Obninskin kaupungissa. Tätä tapahtumaa voidaan täysin oikeutetusti pitää maailman ydinvoimatalouden kehityksen alkuna. Sen jälkeen se on kulkenut pitkälle. Tänäpä on koko maailmassa käytössä 272 yvl, yhteisteholtaan 175.000 MW, sijoittuen 24 eri maahan. On todettava, ettei yksikään tekniikan haara ole kehittynyt niin nopeasti kuin ydinvoimatalous.

Ennusteiden mukaan saavuttaa kaikilla YVL:lla kehitetty sähkövoima v. 2000 mennessä n. 30, jopa

40 % maailman koko sähkönkehityksestä. Tähän on jo tänään olemassa vakaat edellytykset.

Riittää kun mainitaan, että nykyään USA:ssa toimivien yvlaitosten (n. 75 laitosta, teholtaan 57.000 MW) osuus on 12-13 %, Englannissa ja Länsi-Saksassa 15-17 %, Sveitsissä 25 %, Ruotsissa 30 %, Bulgariassa 25 %, Ranskassa 40 %, Japanissa 15 % asennetusta voimantuotantotehosta. Täällä Suomessa ydinvoiman osuus on 30 %. Onko tämä paljon vai vähän - 175.000 MW asennettua ydinvoimatehoa? Arvioikaa itse, jos se on melkein yhtä paljon kuin Englannin, Ranskan ja Italian koko voimateho yhteensä. Kuten tulemme jäljempänä näkemään, ydinvoimatalous kehittyy menestyksekkäästi myös Neuvostoliitossa, vaikka sen osuus koko voimataloudessa on verrattain pieni, ollen teholtaan n. 16.000 MW.

Sähköä kehitettiin yvl:lla v. 1980 73 TWh, v. 1981-86 TWh. Verrattain hidas yvl:n kasvu NL:ssa johtuu suurista orgaanisen polttoaineen varoista. Hiilen luonnolliset kokonaisvarat ovat noin puolet koko maailman varoista ja määrältään 5-6 triljoonaa tonnia.

v. 1981 hankittiin hiiltä 704 milj. tn., öljyä 609 milj. tn., kaasua 465 mrd. m<sup>3</sup>.

Tällä hetkellä (tammik. 1982 tilanteen mukaan) NL:ssa on käytössä 13 yvl, joissa 30 yksikköä, mukaanluettuna kolme koelaitosta.

Novovoronezhin, Kuolan, Armenian ja Rovenskin yvl. on varustettu VVER-tyyppisillä painevesireaktoreilla.

Leningradin, Tsherobylskin, Kurskin, Siperian, Belojarskin, Bilibinin yvl:ssa on uraani-grafiittiset, kanavareaktorit tyyppiä RBMK. Muun tyyppiset reaktorit, nopeat l. hyötöreaktorit, ovat käytössä Dmitrovgradin, Shevtshenkan ja Belojarskin yvl:n III yksikössä.

Leningradin Leninin nimelle omistetussa yvl:ssa on neljä yksikköä, sähköteholtaan 1000 MW kukin. I yksikkö käynnistettiin v. 1973, II-1975, III-1977 ja 1981 viimeinen IV yksikkö.

NL:n 50-vuotispäivälle omistettu Novovoronezhin yvl:n I yksikön sähköteho on 210 MW, II-365 MW, III 440 MW, IV 440 MW ja V 1000 MW. Laitoksen yhteisteho - 2455 MW.

Kuolan yvl. on käytössä I, II ja III yksikkö teholtaan 440 MW kukin, IV yksikön valmistuminen on loppuvaiheessa.



Armenian laitoksella toimii kaksi yksikköä, kukin 408 MW.

Rovenskin laitoksella on käytössä I ja II 440 MW:n yksikkö. Seuraavien 1000 MW:n yksiköiden rakentaminen jatkuu.

Belojarskin yvl:ssa toimii kaksi yksikköä kanava-reaktoreilla ja höyryn ydintulistuksella. Leningradin laitoksella on neljä reaktoria a 1000 MW, kukin RBMK-tyyppiä. Näin tämän laitoksen yhteisteho on 4000 MW. Tshernobylskin laitoksella ovat käynnissä I, II ja III yksikkö, teholtaan 1000 MW kukin. Seuraavien yksikköjen rakentaminen jatkuu.

Kurskin laitoksella on toiminnassa RBMK-reaktoreilla varustetut I ja II yksiköt, kukin 1000 MW:n tehoinen. III rakennustyöt ovat päätösvaiheessaan.

RBMK-reaktorilla varustetun 1000 MW:n I yksikkö on valmistumassa Smolenskin yvl. Seuraavien tämän laitoksen 1000 MW:n yksiköiden rakentaminen jatkuu.

Bilibinin ydinlämpö- ja sähkölaitos on ensimmäinen NL:ssa, joka toimii kyllästetyn höyryn kierrolla, 4:llä uraani-grafiittisella reaktorilla. Asennettu kokonaisteho on lämpöpuolella 248 MW ja sähkön osalta 48 MW.

Tunnettua on, että termisillä neutroneilla toimivat reaktorit käyttävät luonnonuraania 1,0-1,5% silloin, kun hyötöreaktoreissa on mahdollista nostaa luonnonuraanin käyttöaste 40-50 %:iin, ts. suurentaa yhdestä uraanitonista saatava voimataloudellinen hyöty noin 100-kertaisesti. Tässä on syy, miksi hyötöreaktorien tutkimustyöt aloitettiin NL:ssa jo -50 luvun loppupuolella.

Dmitrovgradissa rakennettiin ja otettiin käyttöön hyötöreaktorilla varustettu koelaitos, jonka lämpöteho oli 60 MW ja sähköteho 12 MW.

Shevtshenkossa, Kaspian meren rannalla, otettiin käyttöön ydinvoimalaitos, jossa oli lämpöteholtaan 1000 MW hyötöreaktori. Tämä laitos on kaksikäyttöinen kehittäen sähkötehoa 125 MW ja makeuttaen 120 000 tn Kaspian meren vettä vuorokaudessa. Uraalilla otettiin v. 1980 käyttöön I.V. Kurtshatovin nimelle omistetun Belojarskin yvl:n III yksikkönä uusi kaupallinen yvl. varustettuna sähköteholtaan 600 MW:n hyötöreaktorilla. Yvl:n panos NL:n voimalaitosten yhteiseen säästölippaaseen on melko tuntuva. Näin,

pelkästään Novovoronezhin laitos kehitti v. 1981 15 TWh sähköenergiaa. Ja Leningradin yvlaitos tätäkin enemmän eli 24,1 TWh oli tämän laitoksen tuotanto.

Pieni armenialainen yvl. kehitti sekin melkoisesti - 5,5 TWh. Tämä on muuten 38,3 % Armenian voimaverkon koko tuotannosta ja Transkaukaasian tuotannosta - 12,3 %. Ydinvoimatalouden pääsuuntana NL:ssa, kuten nykyään maailman voimataloudessa yleensäkin, katsotaan olevan hyötöreaktoreilla varustettujen voimalaitosten rakentaminen, niveltäen ne asteettain hitailla neutroneilla toimivien ydinvoimalaitosten järjestelmään ja korvaten nämä joskus v. 2000 jälkeen.

Tällainen ydinvoimatalouden kehitys tekee mahdolliseksi tarkastella ydinpolttoainevarojen ongelman ratkaisua monta vuosisataa eteenpäin. On otettava huomioon, että hyötöreaktorilla varustetut voimalaitokset soveltuvat parhaiten käyttöön suurten peruskuormaa ajavien ydinvoima- ja kaukolämpölaitosten osana.

Viime vuosikymmenille on ollut luonteenomaista huomattava edistyminen natriumjäähdytteisten hyötöreaktoreiden omaksumisessa. NL:n monivuotinen kokemus natriumin käyttämisessä jäähdytteenä on edesauttanut tämän jäähdytelajin hyväksymistä ja se on saanut "kansalaisoikeudet" monessa teollisesti kehittyneessä maassa (Ranskassa, Iso-Britanniassa, Japanissa, Länsi-Saksassa ym.).

Voidaan olettaa, että n. 30 vuoden kuluttua uusien termisillä neutroneilla toimivien tehoreaktoreiden valmistus tullaan lopettamaan ja koko tehonkasvu ydinvoimataloudessa tulee tapahtumaan hyötöreaktoreilla varustettujen yvl:n avulla

Ydinvoiman osuuden arvo NL:n sähkötaloudessa ja polttoaine-voimataloudellisessa kokonaisuudessa määrittyy muutamalla periaatteellisella seikalla:

- Ensinnäkin, varsinaisen taloudellisen hyödyn orgaanisen polttoaineen korvaamisesta ydinpolttoaineella sen korkeasta kalorisuudesta johtuen, kansantalous saa ei ainoastaan välittömästi yvl:lla sähkötaloudessa, vaan myös orgaanisen polttoaineen hankinnan ja kuljetuksen piirissä. Tämän vuoksi on ydinvoimalaitosten ja niiden polttoainekierron taloudellisia kysymyksiä selvitettäessä otettava huomioon myös lämpövoimalaitosten ja niiden polttoainetaseen talous.

- Toiseksi pääomasijoitukset yvl:een voivat olla 1,5 kertaa suuremmat kuin konventionaaliseen voimalaitokseen. Tästä huolimatta yvl:t ovat taloudellisesti edullisia, joihtuen oleellisesti pienemmistä pääomasijoituksista polttoainekierron yrityksiin, verrattuna orgaanisen polttoainehankinnan laajentamiseen ja kuljetusneuvoihin sijoitettaviin pääomiin.

Ydinpolttoaineen käyttö tuo mukanaan jyrkän työmäärän supistuksen orgaanisen polttoaineen valtaviin tonnimäärien hankinnassa ja kuljetuksessa.

Orgaanisen polttoaineen käyttötason kasvaessa, kriisitilanne tulee esille myös ympäristön lisääntyvässä saastumisessa, tuhkapäästöjen ja vaarallisten poistokaasujen vuoksi. Rikkipitoisuus voi orgaanisessa polttoaineessa olla 3 % massasta. Tämän vuoksi, jos voimalaitoksen teho on esim. 2500 MW, rikinpäästöt savupiippujen kautta rikkikaasujen muodossa voivat olla 150 000 tonniin asti vuodessa.

Hiilivoimalaitoksesta poiketen yvl:ssa ei näitä päästöjä ole. Yvl:sta päästettävien kaasujen radioaktiivisuus on verrattain pieni ja, kuten kokemus osoittaa, oleellisesti alle terveysnormien asettamien pitoisuuksien. Kaikki nämä luetellut ja eräät muut, vähintään yhtä tärkeät tekijät puhuvat ydinvoimatalouden kehittämisen puolesta NL:ssa ja eräillä muilla alueilla maapallolla. Perustekijät ydinvoimatalouden kehittämisen puolesta ovat:

- edelleen kärjistyvät resurssi-, taloudelliset ja ekologiset ym. ongelmat konventionaalisisessa, orgaanisia polttoainelajeja käytävässä voimataloudessa;
- ydinvoimatalouden kasvavat edut sekä varmuus ja turvallisuus;
- yksinkertaisempi ekologisten ongelmien ratkaisu.

Esitetään tätä varten muutamia konkreettisia lukuja. Yhden ehdollisen polttoainekilogramman polttamiseksi kulutetaan 2 kg happea. Tästä nähdään, että hiilen, öljyn ja kaasun polttaminen järkyttää luonnon tuottaman hapen ja sen käyttämisen välistä tasetta. On laskettu, että v. 1975 poltettu  $8 \cdot 10^9$  tonnin määrä ehdollista polttoainetta kulutti  $16 \cdot 10^9$  tn. happea, eikä tässä kaikki, vaan ympäristöön joutui:

tuhkaa  $150 \cdot 10^6$  tn  
 hiilihappokaasua ( $\text{CO}_2$ ) =  $20 \cdot 10^9$  tn  
 rikkidioksidia ( $\text{SO}_2$ ) =  $100 \cdot 10^6$  tn  
 typpidioksidia ( $\text{NO}_2$ ) =  $60 \cdot 10^6$  tn.

Lisäksi ei sovi unohtaa, että kivihiiltä, ligniittiä ja turvetta poltettaessa erittyy melko huomattavissa määrin radioaktiivisia aineita: radium - 226, torium - 232, polonium - 210, kalium - 40, lyijy - 210.

NL:n kiinnostuksen ydinvoimatalouden kehittämiseen määrää: väestön keskittyminen euroopanpuoleiseen osaan maata; teollisuusyritysten keskittyminen suuriin kaupunkeihin; olemassa olevat keskitetyn lämpöhuollon laajat verkkojärjestelmät.

Tehtäväksi on annettu rakentaa ydinvoimalaitoksilla 24.000-25.000 MW uutta tehoa; jatkaa hyötöreaktoreiden "sisäänajo"-töitä ja käyttää ydinpolttoainetta lämpövoiman tuottamiseksi. Toteuttaa Ignalinskin suurvoimalan ensimmäisen, sähköteholtaan 1500 MW:n vaiheen käyttöönotto.

Neuvostohallituksen päätöksien mukaisesti ydinvoimalaitosten rakentaminen on saanut laajat mittasuhteet.

Ydinvoimalaitoksia on parhaillaan rakenteilla yli 20 paikassa, syrjäyttäen vähitellen orgaanista polttoainetta käyttävät peruskuormalaitokset maan euroopanpuoleisen osan (luoteis-, länsi-, keskus- ja eteläalueilta). Uusia yvl:a rakennetaan Kaukasuksen, Volgan ja Uraalin alueilla. Ydinvoimalaitoksiin asennettavan tehon kasvu XI viisivuotissuunnitelman aikana tapahtuu ensisijaisesti käyttöönotettavien 1000 MW:n RBMK- ja VVER-yksiköiden avulla.

XI viisivuotiskauden loppupuolella alkavat toimia ensimmäiset 1500 MW:n RBMK-yksiköt Ignalinskin yvl:lla, ja tulevaisuudessa XI viisivuotiskauden jälkeen myös Kostroman ja Smolenskin voimalaitoksilla. Tällä hetkellä on rakenteilla Odessaan yhdistetty sähkö- ja lämpövoimalaitos, johon tulee 1000 MW:n VVER-reaktori.

Suunnitteilla on vielä muutaman, samantyyppisen sähkö- ja lämpölaitoksen rakentaminen. X viisivuotiskauden aikana aloitettiin ydinkaukolämpölaitoksien rakentaminen.

Kaukolämpöä varten on käytettävä mahdollisimman paljon yvl:ien ei-säädettäviä höyryväliottoja. Tällä hetkellä höyryn väliotto voimalaitoksien lähellä sijaitsevien asuntoalueiden, pienehköjen kaupunkien lämpöhuoltoa varten toteutetaan Belojarskin, Kurskin, Tshernobylskin, Novovoronezhin, Kuolan ja Armenian yvl:lla. Tarkoituksena on rakentaa tuotannoltaan suurempi prototyyppikaukolämpölaitos Rostovin

yvl:n yhteyteen. Esimerkkinä etäällä sijaitsevien alueiden kaukolämpöongelman ratkaisusta ydinpoltt-  
 aineen avulla voi toimia Tshukotkassa sijaitseva  
 Bilibinin sähkö- ja lämpölaite, jossa on neljä  
 sähköteholtaan 12 MW:n uraani-grafiittista reaktori-  
 a ja lämpöväliottoja yhteisteholtaan 100 Gcal/h.

Jo v. 1971 neuvostovaltuuskunta 4:ssä Geneven  
 konferenssissa viittasi mahdollisuuteen kehittää  
 atomikaukolämpöä, ts. atomikattilalaitoksia tai,  
 kuten me niitä nykyään kutsumme, ydinkaukolämpö-  
 laitoksia (AST).

Meidän suunnittelijamme ovat ehdottaneet AST:t kehi-  
 tettäväiksi teholtaan 500 MW:n reaktorin pohjalta.  
 Tämä tarkoittaa, että tällainen reaktori voi kehit-  
 tää noin 430 Gcal lämpöä tunnissa. Tällöin, kulut-  
 tajalle menee 130 °C asti lämmitetty vesi ja lai-  
 toksele se palaisi 70 °C lämpötilassa. AST:ssa  
 käytetään astiatyyppistä painevesireaktoria lämpö-  
 huollon luonnollisella tai pakkokierrolla. Tällaisen  
 AST:n järjestely on kolmipiirinen: I-piiri radio-  
 aktiivinen, II-piiri - ei-radioaktiivinen välipiiri  
 ja III, jossa kiertää kuluttajalle menevä verkkovesi,  
 myös ei-radioaktiivinen. Veden paine verkkopiirissä  
 -20 ata, joka on korkeampi kuin välipiirissä, jossa  
 se on 12 ata. Tämä merkitsee, että missään tapauk-  
 ssa ei radioaktiivinen vesi, radioaktiiviset ai-  
 neet voi millään päästä ensimmäisestä, radioaktii-  
 visesta piiristä kuluttajan verkkopiiriin. Kahta  
 tätä tyyppiä olevaa laitosta on alettu rakentaa  
 NL:ssa. Toista Gorkin ja toista Voronezhin alueelle.

V. 1985 lopussa odotamme näiden koelaitosten käyn-  
 nistystä koekäyttöön.

Näiden ensimmäisten AST:n käyttö tulee osoittamaan  
 meille, miten varmoja, käyttökelpoisia ja turvalli-  
 sia nämä ovat. Tämä on hyvin tärkeää, koska tällai-  
 set laitokset tulevat huolehtimaan väestörikkaiden  
 kaupunkien lämmöstä.

Ajanjaksolle 1990 asti ja edelleen v. 2000 asti tu-  
 lee Neuvostoliitossa olemaan ominaista nopea kasvu  
 maan voimataloustaseessa ja ydinpolttaineen koros-  
 tunut osuus.

Kiistatonta on myös, että uusiutuvien energialäh-  
 teiden, kuten aurinko, tuuli, maanlämpö, merien ja  
 valtamerien nousu- ja laskuvesi, osuus lisääntyy.  
 Niiden osa sähkökehityksen kokonaistaseessa tulee  
 olemaan avustava. Eräissä tapauksissa niihin kiin-  
 nitetään perusteettoman suuria toiveita, mitä tulee  
 niiden osuuden suuruuteen yleisessä polttoaine-voi-  
 mataloudellisessa taseessa.

Tietystikään ei voida sulkea pois tekniikan nopeata kehitysmahdollisuutta fotoelementtien, biosynteesin teknologiassa, mutta luottaa niiden tuntuvaan osallistumiseen lähiajanjakson kuluessa on mahdollonta. Kaikkien näiden energiamuotojen osuus maamme kokonaisenergiataseessa v. 2000 mennessä tulee tuskin ylittämään 5 %. Oleellista osaa energiataseesta v. 2000 jälkeen kaavaillaan fuusiovoimalaitosten varaan.

NL:n ehdotuksesta perustettiin v. 1978 IAEA:n alainen työryhmä Neuvostoliiton, USA:n, Japanin ja länsimaiden edustajista, joka asetti tehtäväkseen laatia alustavan skitsiprojektin kansainvälisestä fuusioreaktorista. Perustaksi otettiin neuvostoliittolainen lämpöydinlaitteisto "TOKAMAK".

Tämä kansainvälinen tiedemiesten, laitesuunnittelijoiden ja suunnittelijoiden työryhmä "INTOR" pystyi suorittamaan laajan työn tulevan, suuren fuusioreaktorin projektin perustelemiseksi. Tulevaisuus tulee näyttämään, kuinka käytännössä pystytään toteuttamaan kansainvälisen lämpöydinreaktorin rakentaminen. Edessä on vielä hyvin paljon hankaluuksia, teknillisiä vaikeuksia sen toteuttamisen tiellä. Joten toistaiseksi tänään ja näkyvissä olevan tulevaisuuden vaihtoehtona on ydinvoimala- ja ydinvoimalaitokset uraanin ja plutoniumin raskaiden ytimien fission pohjalla ja jossakin tulevaisuudessa kevyiden alkuaineiden synteessin pohjalla.

Esityksenipäätteeksi haluaisin pysähtyä neuvostoliittolaisen tiedemiehen, akateemikko V.I. Vernadskin lausumaan. Nämä sanat, jotka nyt esitän, hän lausui jo kaukaisena v. 1922:

"Olemme ihmiskunnan elämässä lähestymässä suurta käännekohtaa, jonka kanssa ei voi kilpailla mikään sen aikaisemmin eletyistä. Ei ole kaukana se aika, jolloin ihminen saa käsiinsä atomivoiman, sellaisen voiman lähteen, joka antaa hänelle mahdollisuuden rakentaa elämänsä, niin kuin hän itse haluaa. Tämä voi tapahtua lähivuosina, voi tapahtua vuosisatojen kuluttua. Mutta on selvää, että tämä pitää tapahtuman.

Oppiikohan ihminen hyväksikäyttämään tätä voimaa, ohjata se hyvään, eikä itsetuhoon? Onko hän kasvanut niin, että osaa käyttää tätä voimaa, jonka väistämättä tieteen pitää hänelle antaa?

Tiedemiehet eivät saa sulkea silmiänsä tieteellisen

työnsä, tieteellisen edistyksen mahdollisilta seuraamuksilta. Heidän pitää tuntea itsensä vastuulliseksi omien keksintöjensä seuraamuksista. Heidän tulee sitoa työnsä koko ihmiskunnan parempaan järjestämiseen"...

Tämä lausuttiin v. 1922, jolloin atomiytimen arvoitus oli vielä ratkaisematta, neutronin keksimiseen oli vielä kymmenen vaikeata vuotta monen kansallisuuden tiedemiesten uutteraa työtä, ensimmäiseen koeatomimiilun aikaansaamiseen (1942) oli vielä 20 vuotta voimaperäistä työtä monen maan tunnettujen fyysikkojen ja insinöörien taholta ja 25 vuotta atomipommien räjähdysksiin Hirosiman ja Nagasakin yllä.

Kuinka selvänäköinen oli eteenpäin katsova neuvostotiedemies! Hänen sanansa tiedemiesten vastuusta omien keksintöjensä seuraamuksista, tänäänkin v. 1982, 60 vuoden kuluttua, soivat ajankohtaisesti ja täysin sopusoinnussa meidän päiviemme aikakauden kanssa, kun eräissä maissa voimaperäisesti ja kiihtyvästi rakennetaan yhä uusia ja uusia ydinaseiden kuolettavien lajien sukupolvia.

Tieteellisen työn tulokset on annettava vain maailman hyväksi, vain ihmiskunnan hyvinvointiin, vain ihmiselämän parantamiseen Maa-planeetallamme.

A. Petrosjantz

YDINVOIMALAITOSTEN SUUNNITTELUSSA NOUDATETTAVAT  
TURVALLISUUSPERIAATTEET

Ns. suunnittelukriteereiden uudistaminen on vireillä. Nykyiset kriteerit vastaavat USA:ssa 1960-luvun lopulla vallinnutta käsitystä. Sen jälkeen amerikkalainen lainsäädäntö ei ole merkittävästi muuttunut. Sen sijaan kehitystä on tapahtunut muualla. IAEA on julkaissut vastaavasta aiheesta "Design for Safety" -asiakirjan 1978. Samoihin aikoihin Euroopassa on ilmestynyt kansallisia kriteereitä. Uudistamista puoltaa myös vuosien varrella kertynyt tutkimustieto ja käyttökokemukset, ei vähiten TMI-onnettomuus.

Uusia turvallisuusperiaatteita on valmisteltu säteilyturvallisuuksilaitoksessa kolmen vuoden aikana. Virka-aikaa on työhön käytetty arviolta 2000 tuntia. Työ on muodostunut useista iteraatiokierroksista, joista neljään viimeisimpään ovat merkittäväällä panoksella osallistuneet myös voimayhtiöt ja VTT.

Uusien kriteereiden rakenne noudattelee IAEA:n esimerkkiä ja kattavuus on laajentunut jonkin verran. Merkittävimmät asia-muutokset koskevat sydämen sulamiseen johtavien onnettomuuksien sisällyttämistä eräisiin suojarakennusta ja instrumentointia koskeviin vaatimuksiin sekä tärkeimpien järjestelmien varmistusvaatimuksia. Näitä redundanssivaatimuksia havainnollistaa liitteenä oleva taulukko.

Vuoden 1982 lopulla ohje YVL 1.0 "Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa noudatettavat turvallisuusperiaatteet" lähetetään lopullisia kommentteja varten eri organisaatioille. Oman kopion ohjeesta saa pyytämällä sitä DI Kirsti Tossavaiselta (p. 616 7271).

LIITE 1 Sisällysluettelo ja johdanto ohjeesta YVL 1.0

LIITE 2 Järjestelmien varmistusvaatimukset



1.12.1982

1 (37)

YDINVOIMALAITOSTEN SUUNNITTELUSSA NOUDATETTAVAT  
TURVALLISUUSPERIAATTEET

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. JOHDANTO	4
2. YLEISET VAATIMUKSET	5
2.1 Säteilysuojelu	5
2.2 Ulkoisten tapahtumien vaikutukset	6
2.3 Turvajärjestelyt	7
2.4 Laadunvarmistus	7
2.5 Varautuminen tarkastukseen, testaukseen ja huoltoon	8
2.6 Yhteisten rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden käyttö	9
2.7 Tiiveys ja vuodonilmaisuus	9
2.8 Lämmönsiirto lopulliseen lämpönieluun	9
2.9 Laitoksen sisäisten tapahtumien ja olosuhteiden vaikutukset	10
2.10 Palontorjunta	10
2.11 Varautuminen toimintaan onnettomuustilanteissa	11
2.12 Käytöstäpoisto	11
3. REAKTORI	11
3.1 Reaktorin suunnittelu	11
3.2 Reaktorin sammutus ja reaktiivisuuden säätö	12
3.3 Polttoaineen suunnittelu	14
4. REAKTORIN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ	14
4.1 Yleiset vaatimukset	14
4.2 Primaaripiiri	15
4.3 Jäähdytteen korvaaminen ja sydämen hätäjäähdytys	16
4.4 Primaaripiirin jäähdytys ja jälkilämmön poisto	16
5. SUOJAUSJÄRJESTELMÄ	17
5.1 Suojausjärjestelmän tarkoitus	17
5.2 Suojausjärjestelmän luotettavuus ja testattavuus	17
5.3 Suojaus- ja säätöjärjestelmien erottaminen toisistaan	19

6.	INSTRUMENTOINTI JA SÄÄTÖ	19
	6.1 Yleiset vaatimukset	19
	6.2 Valvomo	20
7.	SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	22
	7.1 Sähkötehon syöttöjärjestelmä	22
8.	SUOJARAKENNUSJÄRJESTELMÄ	24
	8.1 Suojarakennuksen tarkoitus	24
	8.2 Suojarakennuksen suunnittelu- periaatteet	24
	8.3 Suojarakennuksen läpiviennit ja kulkuaukot	25
	8.4 Suojarakennuksen eristysventtiilit	25
	8.5 Suojarakennuksen tarkastus- ja testausmahdollisuudet	26
	8.6 Suojarakennuksen lämmönpoisto	27
	8.7 Suojarakennuksen kaasunkäsittely	28
9.	POLTTOAINEEN KÄSITTELY JA VARASTOINTI	29
	9.1 Tuoreen polttoaineen käsittely ja varastointi	29
	9.2 Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi	29
10.	SÄTEILYSUOJELU	30
	10.1 Säteilysuojelunäkökohdat laitoksen suunnittelussa	30
	10.2 Säteilyvalvonta	31
	10.3 Radioaktiivisten jätteiden käsittely ja varastointi	32
	10.4 Ilmastointi	32
	10.5 Radioaktiivisten päästöjen valvonta	33
	MÄÄRITELMÄT	34

## 1. JOHDANTO

Tämä asiakirja sisältää kevytvesireaktorilla varustetun ydinvoimalaitoksen rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden suunnittelun yleiset turvallisuusperiaatteet. Näiden periaatteiden tavoitteena on ydinvoimalaitoksen ympäristön väestön ja laitoksen työntekijöiden säteilyaltistuksen pitäminen pienenä. Tässä tarkoituksessa tulee suunnittelulla pyrkiä ehkäisemään turvallisuutta vaarantavia tapahtumia ja lieventämään niiden seurauksia. Nämä tapahtumat voivat olla

- laitospaikasta tai ympäristöstä riippuvia,
- tahallisesta tai tahattomasta inhimillisestä toiminnasta johtuvia tai
- ydinvoimalaitoksen käyttötapauksista alkavia.

Edellämainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi

- ydinvoimalaitoksen, sen rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden suunnittelun, rakentamisen ja käytön tulee täyttää korkeat laatuvaatimukset,
- laitoksen turvallisuustoimintojen tulee tapahtua luotettavasti häiriö- ja onnettomuustilanteissa; tärkeimpiä näistä toiminnoista ovat reaktorin sammuttaminen, reaktorisydämen jäähdyttäminen ja jälkilämmön poisto,
- laitos tulee varustaa moninkertaisella sululla (polttoaineen suojakuori, primaaripiiri ja suojarakennusjärjestelmät) radioaktiivisten aineiden ympäristöön leviämisen estämiseksi.

Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota laitoksen turvallisen käytön varmistamiseksi tarvittaviin vaatimuksiin ja rajoituksiin, joita ovat mm.

- tärkeitä käyttösuureita koskevat rajoitukset,
- turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien toimintavaatimukset ja
- huoltoa, testauksia ja tarkastuksia koskevat vaatimukset, joilla varmistetaan, että rakenteet, järjestelmät ja laitteet toimivat luotettavasti suunnitellulla tavalla.

Näiden vaatimusten ja rajoitusten perusteella laaditaan turvallisuustekniset käyttöehdot, joita noudatetaan käytettäessä ydinvoimalaitosta.

Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa noudatettavien turvallisuusperiaatteiden noudattaminen tarkastetaan ydinvoimalaitoksen suunnittelun ja rakentamisen aikana.

Säteilyturvallisuuslaitos antaa näiden suunnitteluperiaatteiden soveltamista koskevia yksityiskohtaisempia ohjeita.

## JÄRJESTELMIEN TOIMINNAN VARMISTUSVAATIMUKSET

JÄRJESTELMÄ	VAATIMUS	VARMISTUS	KÄYTTÖTILANNE
REAKTIIVISUUDEN HALLINTA	RF	2 x 1-Vs	K + 00
SUOJAUSJÄRJESTELMÄ	FP	2-V	K + 00
INSTRUMENTOINTI			K + 0
SÄHKÖNSYÖTTÖ	R FPC	2 x 2-V(1-V)	K + 00
REAKTORIN JÄÄHDYTYS	FP	2-Vs	K + 00
PRIMAARIPIIRIN JÄÄHDYTYS		2-Vs	K + 00
SUOJARAKENNUKSEN JÄÄHDYTYS	C	2-Vs	K + 00 (0)
LÄMPÖNIELU		2-Vs	K + 00
SUOJARAKENNUSJÄRJESTELMÄT	S	1-Vs	K + 0
VALVOMON ILMASTOINTI	S	1-Vs	K + 0
SÄTEILYVALVONTA	S		K + 0

R = REAKTORIN KRIITTISYYDEN ESTÄMINEN, SAMMUTTAMINEN

F = POLTTOAINEEN SUUNNITTELURAJAT

P = PRIMAARIPIIRIN SUUNNITTELUARVOT

C = SUOJARAKENNUKSEN SUUNNITTELUARVOT

S = SÄTEILYANNOSTEN HYVÄKSYTTÄVYYS

1-V = YKSITTAISVIKA

2-V = "AKTIIVINEN KAKSITTAISVIKA"

s = SÄHKÖNSYÖTTÖ SISÄISESTÄ JA ULKOISESTA VERKOSTA

K = KÄYTTÖTILANTEET = NORMAALIT + HÄIRIÖT

00 = OLETETUT ONNETTOMUUSTILANTEET

0 = ONNETTOMUUSTILANTEET

## BUFFERT- OCH ÅTERFYLLNADSMATERIAL

Den barriären jag skall tala om är den som utgör isoleringen av metallkapslarna i de deponeringshål som skall befinna sig i i tunnelgolven på 500 m djup i det kristallina berg som deponeringsanläggningen avses bli förlagd i. Kraven på denna barriär kan man formulera på följande sätt. Först och främst är det viktigt att den kan fungera som ett mekaniskt skydd för kapseln i varje hål mot nedfallande, lösa bitar från berget. Det förutsätter en betydande fasthet och en sådan krävs också för att materialet skall förmå att bära kapseln, som kan väga 10-15 ton. Det är ett vanligt geotekniskt bärighetsproblem som här närmast innebär att sjunkningen bara får bli marginell. Samtidigt skall barriären vara tillräckligt mjuk och eftergivlig för att små rörelser i berggrunden ska kunna ske utan att överföras till kapslarna så att oacceptabla spänningar alstras i dessa. Kort sagt är problemet att välja ett material som har plastiska egenskaper, men som ändå har hög E-modul.

Ytterligare viktiga egenskaper är låg genomsläpplighet för vatten och låg jondiffusivitet. Alla dessa egenskaper leder tanken till att använda någon lersubstans, speciellt som omgivningen utgörs av berg och barriärmaterialet lätt bör jämviktas med detta medium. Tidigt föll ögonen på sådana leror som innehåller svällande lermineral och som därigenom har förmågan att ta upp mycket vatten och svälla ut och fylla upp deponeringshålen. Det framstår ju som ganska meningslöst med en låg permeabilitet om man inte har kontakten med berget respektive kapseln perfekt utbildad och det åstadkommes just av en lersubstans som tar upp vatten och sväller ut. Om man i praktiken skulle packa in en blöt lera får man problem med att få den homogen. Om man å andra sidan närmar sig sluttillståndet från den torra sidan, alltså har ett torrt lerpulver, får man problem med att värmeledningsförmågan blir för dålig.

Man får för hög yttemperatur på kapseln, och därmed hög temperatur hos lermaterialet självt och det är avgörande eftersom det påverkar den kemiska beständigheten hos den aktuella typen av substans. I vattenmättat tillstånd bör temperaturen inte överstiga 100 grader. Den nödvändiga värmeledningsförmågan och bärigheten åstadkommer man genom att pressa lermaterialet i torkad pulverform under högt tryck, ungefär som Lars Werme nämnde nyss för kopparpulvret. Det lämpligaste utgångsmaterialet för en sådan behandling är s k bentonit som förekommer relativt rikligt i naturen. Bentoniten har normalt mycket hög halt av det svällande lermineralet montmorillonit och pressas lätt till block av olika storlek. Idag är det med tillgänglig teknik ingen konst att pressa cylindrar som är ca 40 cm i diameter och en och en halv meter långa och tekniken kan utvecklas vidare så att man kan pressa mycket större kroppar. Av dessa förfärdigas mindre block som kan sättas på plats ungefär som ett murverk, eller som i Stripa-testet, i nästan fullstora bitar liknande ananasskivor som passas in i deponeringshålet. Den schematiska bilden i Fig 1 illustrerar ett arrangemang av bentonitblock som sätts på plats med ett utrymme i mitten i vilket man sänker ner kapseln och över vilket man bygger på med block uppåt. Härigenom skapas den önskade närmiljön runt kapseln.

Resten av utrymmena, dvs tunnlarna och schakten, kan packas in med material som man ställer lägre krav på. Här är det tillfyllest med en blandning av sand och bentonit som man har föreslagit i KBS-1 och KBS-2 och också i KBS-3.

Vad händer när bentonitblocken sätts ned i deponeringshålen i berget? Av Otto Brotzens föredrag framgick att dessa hål befinner sig i ett berg med ganska liten vattengenomsläpplighet och det betyder att det tar tid för vattnet att tränga in i deponeringshålen. Det sker via enstaka sprickor och härifrån sprids vattnet så småningom i bentoniten som sväller och efterhand ger en god kontakt med omgivande berg. Eftersom bentoniten är instängd i deponeringshålen utvecklas ett tryck, svällningstryck, mot berget respektive

mot kapslarna och det bör avvägas så att det får lämplig storlek. Densiteten hos de pressade bentonitblocken, är cirka  $2,1 \text{ t/m}^3$  vid en vattenkvot av 10%, vilket svarar mot en vattenmättnadsgrad på ungefär 50-60%. Ungefär 50-60% av porerna i materialet är sålunda redan vattenfyllda i de pressade blocken när de sätts på plats i deponeringshålen. Det är alltså ytterligare så mycket vatten som redan finns i materialet som ska tas upp för att full vattenmättnad skall ske. En viss svällning sker då bentoniten fyller ut deponeringshålen och det betyder att ~~ytterligare~~ <sup>ännu något mer</sup> vatten tas upp och härigenom blir i slutstadiet densiteten inte högre än  $2,0$  till  $2,1 \text{ t/m}^3$ . Det innebär att svällningstrycket blir av storleksordningen 10 MPa och det motsvarar faktiskt, i runda tal, det bergtryck som existerar på den här nivån före utförandet av deponeringsanläggningen. Fördelen med detta är att man närmast återställer den ursprungliga spänningssituationen, vilket är idealiskt eftersom knappast några mekaniska eller strukturella förändringar då orsakas hos det omgivande berget.

Bentonitpulvret är handelsvara och framställs i många länder. I KBS-koncepten används en amerikansk bentonitprodukt som referensmaterial men fyndigheterna av den här typen av naturliga lerlager är så många och framställningen så omfattande att det knappast kommer att bli några problem med att få fram tillräckliga kvantiteter. Betraktar man pulvret med blotta ögat så kan man urskilja de enskilda kornen. Men varje korn innehåller miljontals eller miljarder små montmorillonitkristaller. Totala kristallytan per gram torrt bentonitpulver är cirka  $500-800 \text{ m}^2$  vilket betyder 1 miljard kvadratmeter mineralyta i den bentonit som finns i varje deponeringshål. Det är denna oerhörda yta som tillsammans med kristallernas speciella uppbyggnad <sup>som</sup> gör att vatten adsorberas och binds hårt till mineralytorna och att katjoner, t ex åtskilliga radionuklider, adsorberas. Denna jonbytande egenskap borde egentligen vägas in i KBS-analysen, men står nu som en outnyttjad säkerhetsmarginal. Förklaringen till att permeabiliteten blir utomordentligt låg beror på att nästan

allt vatten är fast bundet till mineralpartiklarna och att vandringsvägarna är starkt vindlande genom det täta partikelsystemet.

Svällningen är som nämnts önskad därför att den skapar en perfekt kontakt mellan berg och buffertmassa och mellan kapsel och buffertmassa. Den är också välsignad ur en annan synpunkt. Om man skulle få ett öppnande av en spricka i det omgivande berget, så kommer lermaterialet spontant att långsamt vandra ut i sprickan. Den potentiella förmågan att tränga ut och täta är i hög grad önskvärd och såvitt vi vet nu - och det kommer att slutgiltigt utredas i en systematisk studie under hösten - så riskerar man inte att få bort så stora mängder material i på så sätt öppnade sprickor att det är någon risk för att vi hamnar i en situation med för låg densitet och därmed för låg bärighet hos bentonitmassan.

Förmågan att svälla ut och vandra in också i mycket små hålrum kan ha betydelse vid en eventuell sprickbildning i kopparn som följd av höga dragspänningar. I någon mån är risken för att vi får sådana eliminerad i och med att ett allsidigt svällningstryck av storleksordningen 10 MPa kommer att utbildas. Svällningsförmågan gör det också möjligt att täta borrhål. En teknik som vi har utvecklat är att använda pressad bentonit i såväl de långa borrhål som krävs för förundersökningen av tunnlarna, som för pilot-hålsbörning i tunnelgolv. I sådana hål för man in perforerade metallrör som med fördel kan vara av koppar eftersom det är visat att denna metall är termodynamiskt hyggligt stabil i grundvatten. Dessa rör fylls med förkompakterade kutsar av bentonit som tar upp vatten. Bentoniten kommer härigenom att svälla ut genom perforeringen och så småningom bilda ett homogent medium i borrhålet (Fig 2). Processen tar tid men slutdensiteten blir tillräckligt hög för att ge en mycket låg vattengenomsläpplighet och mekanisk styrka som är helt tillräcklig för att förhindra jättsjunkning. Tekniken är användbar i full skala i Stripa och i havet utanför Forsmark i samband med pluggning av undersökningshål där.



Jag vill avsluta med att presentera den testlokal i Stripa där KBS 2 konceptet sedan 1980 prövas i ungefär halv skala som en del av ett stort internationellt forskningsprogram (Fig 3). Här finns 6 deponeringshål som är tre meter djupa och som har en diameter av 76 cm. De innehåller inte några deponeringskapslar för radioaktivt avfall utan metallbehållare med elektriska uppvärmningsanordningar som simulerar värmeavgivningen från kapslar med radioaktivt innehåll. Behållarna omges av högkompakterad bentonit och över varje hål har en blandning av sand och bentonit anbringats i enlighet med konceptet. I deponeringshålen såväl som i utrymmena häröver sker mätning med en ytterligt omfattande instrumentering av både svällningstryck, temperaturutveckling<sup>(och</sup> vattenupptagning och det är med tillfredsställelse man konstaterar att den teoretiska modellen stämmer mycket bra. Jag tror därför på den här lösningen.

R. PUSCH

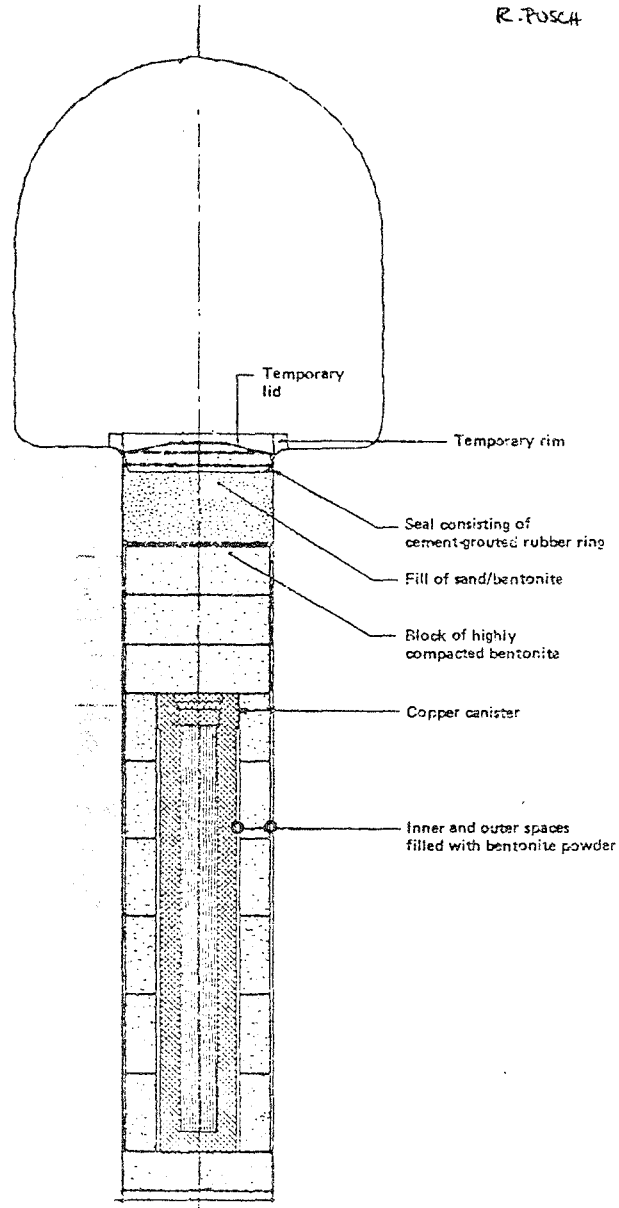


Fig. 1. Schematisk sektion genom tunnel med dekontamineringskammare

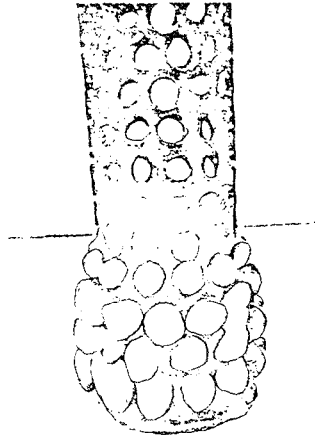


Fig. 2. Exempel på utvällning av bentonit genom perforerat kopparcylinder som varit utsatt för vatten några timmar

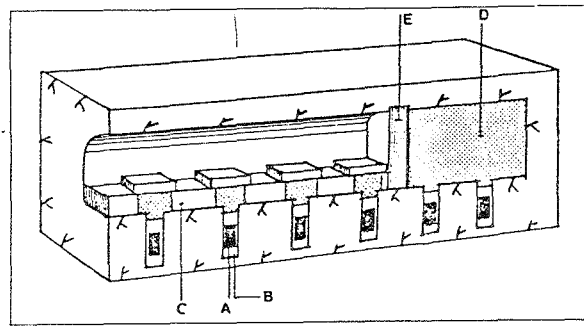


Fig. 3. Schematisk bild av "Buffer Mass Test" i Skipton. A) Högkompakterad bentonit, B) Betongplatta med utspädd bentonit, C) Tunnelutfyllning med sand/bentonit, E) Skiljerögg.

86

Tekn.tri Olli J A Tiainen

1982-12-10

1 (5)

EUROPEAN NUCLEAR SOCIETYN JOHTOKUNNAN JA STEERING COMMITTEEN  
SEKÄ NUCLEAR EUROPE -LEHDEN JOHTOKUNNAN KOKOUKSET  
PARIISISSA 2. JA 3.12.1982

## 1 Yleistä

European Nuclear Society (ENS) ja Nuclear Europe -lehden johtokuntien sekä ENS:n Steering Committeeen kokoukset oli keskitetty Pariisiin ja Chatouhun 2. ja 3.12.1982. Osallistuin jäsenenä näihin kolmeen kokoukseen. Steering Committeeen kokouksen yhteyteen oli järjestetty tutustuminen Ranskan valtion voimayhtiön Électricité de Francen (EdF) tutkimustoimintaan Chatoussa Pariisin lähellä, koska Steering Committeeen kokous pidettiin EdF:lla Chatoussa. Tutustumiskohteina olivat vesistömittausmallit, Na-jäähdytteisten nopeiden reaktoreiden onnettomuusanalyysitutkimuslaitteistot sekä kevytvesireaktoreiden virtaustutkimuslaitteistot.

## 2 Nuclear Europe -lehden johtokunnan kokous Pariisissa 2.12.1982

Edellinen Nuclear Europe -lehden johtokunnan kokous pidettiin ATS:n isännyydessä Helsingissä 26.8.1982 yhdessä ENS:n johtokunnan kokouksen kanssa. Nuclear Europe -lehden johtokunnan kokouksessa hyväksyttiin ensin Helsingin kokouksen pöytäkirja. Tämän jälkeen julkaisujohtaja Dr. Peter Feuz kertoi lehden toimitustilanteesta. Vuoden 1982 aikana ilmoituksia on saatu kohtalaisen hyvin ilmoitusmäärän riippuessa numeron aihepiiristä. Vuoden 1983 numeroiden aihepiirit on jo valittu, joskin heinä- elokuun numeron aihetta joudutaan muuttamaan. Jäsenseuroilta on pyydetty artikkeliehdotukset teemanumeroihin. On ilmeistä, että vuoden 1983 aikana artikkeleita tarjoutuu Nuclear Europe -lehdelle enemmän kuin lehteen mahtuisi. Kuitenkin päätettiin, ettei

60 sivun kattoa saa ylittää kuin vain lehden johtokunnan päätöksellä. 21.9.1982 pidetyssä lehden Editorial Advisory Boardin kokouksessa suomalainen edustaja (Lasse Mattila) oli ehdottanut lehden kansiväriytyksen vaihtamista vuoden 1983 numeroille. Tämä toteutetaan. Myöhemmin harkitaan uutta kantta. Edelleen keskusteltiin myönteisessä hengessä lehden jakamisesta ilmaiseksi eri maiden sellaisille poliitikoille, joilla on asiantuntemusta energia-asioissa. Todettiin, että ENS:n jäsenseurat voivat ilmaiseksi julkaista noin puolen sivun ilmoituksia järjestämistään kokouksista tai julkaisustaan. Edelleen todettiin, että Nuclear Europe -lehden kirjeenvaihtajaseminaari järjestetään syksyllä 1983. Taloudellisesti lehti menee nyt hyvin. ENS:n rahoitustarve vuoden 1983 aikana on 20 000...40 000 Sveitsin frangia. On jopa mahdollista, että lehti tulee ensi vuonna toimeen omilla tuloillaan.

### 3 ENS:n johtokunnan kokous Pariisissa ja Steering Committeeen kokous Chatoussa

Koska ENS:n johtokunnan ja Steering Committeeen kokouksissa käsiteltiin samoja asioita, kerron näistä yhdessä. Kokousten alussa hyväksyttiin johtokunnan 26.8.1982 Helsingissä pidetyn kokouksen ja Steering Committeeen 27.4.1982 Brysselissä pidetyn kokouksen pöytäkirjat muutoksitta. ENS:n puheenjohtaja Dr. Pierre Zaleskin raportissa kerrottiin mm. kansainvälisestä ydinteknillisten seurojen yhteistyöstä. Tämä tapahtuu nyt "klubi-muotoisena". Yhteistoimintaryhmän nimenä on International Nuclear Societies Group (INSG).

Hankaluutena on ollut, että toimintaan pyrkii osallistumaan tuntemattomasta syystä liikaa henkilöitä. Ryhmä harkitsee "International Safety Institute":n perustamista. Tätä varten ENS perusti ranskalaisen A Gauvenet'n johdolla toimivan ad hoc -työryhmän, johon ENS:n jäsenseurat voivat nimetä edustajansa. Tämän lisäksi perustettiin ad hoc -työryhmä, jonka tarkoituksena on edistää yhteyksien luomista kansainvälisiin järjestöihin, joita ovat esim. IAEA, OECD/NEA ja WEC. Myös tähän työryhmään jäsenseurat voivat nimetä edustajansa. Kolmantena työryhmänä perustettiin ad hoc -ryhmä etsimään sopivia ehdokkaita ENS:n tehtäviin jäsenseurojen myötävaikutuksella. Tähänkin komiteaan jäsenseurat voivat nimetä edustajansa. Edelleen ENS:llä on kunniajäsen- ja kunnianosoituskomitea. Tuntuu siltä, että ENS:lle on muodostumassa resursseihin nähden liian laaja työryhmäverkosto. Tähän täytyykin tulevaisuudessa kiinnittää huomiota.

Oleellisena kohtana kokouksissa hyväksyttiin menettely, että ENS myy 50 % osuutensa Nuclear Technology -lehdestä ja ostaa samalla 10 % osuuden lehdestä. Koska kauppahintoja voitiin pitää ENS:lle edullisina, voidaan päätöstä pitää hyvänä. Näin poistetaan ENS:n ja ANS:n välillä vallinnut kitka aineiston ja tilausten hankkimisen tasamisessa ja tilintarkastuksissa syntyneet vaikeudet. Kuitenkin yhteistyö lehden julkaisemiseksi jatkuu. Kaikkiaan Nuclear Technology -lehti on ollut ENS:n talouden kannalta hyvä sijoitus.

ENS:n komiteoiden katsauksissa todettiin Suomessa 6. - 9.6.1983 järjestettävä Third International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems sekä sveitsiläisten 21. - 23.3.1983 järjestämä ENS Public Acceptance Workshop Luzernissa. Luzernin

kokoukseen toivottiin Suomesta esitelmää ja paneeliin osallistujaa. Planning Committee valitteli toimintaan osanoton vähyyttä, mikä onkin selvää ajateltaessa ENS:n roolia kansallisten jäsenseurojen rinnalla. Finance Committee esitteli vuoden 1982 arvioidun tilinpäätöksen ja vuoden 1983 budjetin. Kummatkin hyväksyttiin Steering Committeeen taholta. Jäsenmaksukaton nostaminen on vielä epäselvä. Asian annetaan kypsyä, koska ENS ei tällä hetkellä tarvitse lisää jäsenmaksutuloja.

Uutena jäsenenä ENS:iin hyväksyttiin Tanskan ydinteknillinen seura (Dansk Kerneteknisk Selskab, DKS), joten ENS:llä on nyt 18 jäsenseuraa. Myös Puolan ja Unkarin teholta on ollut kiinnostusta ENS:ia kohtaan. Ongelma sosialistisissa maissa on ENS:iin liittymisen edellytykset omaavan riippumattoman henkilöseuran löytäminen. Kokouksessa hyväksyttiin kaksi uutta kannatusjäsentä, toinen Yhdysvalloista ja toinen Sveitsistä.

Vuonna 1986 järjestettävän neljännen Euroopan ydinenergiakonferenssin (ENC 4) järjestelyt riippuvat Italian tilanteesta ja FORATOM:in kannanotoista. ENS on valmis järjestämään kokouksen samassa paikassa FORATOM-järjestön kanssa. Tulevat ENS:n suurkokousten järjestelykysymykset jätettiin kantojen selkiytymisen varaan. Steering Committeeen kokouksessa hyväksyttiin menettelytapaohje ENS:n kunniajäsenten valitsemiseksi. Menettelytapaohje oli Planning Committeeen esittämä ja siihen oli paljolti vaikuttanut komitean suomalaisen jäsenen (Heikki Raumolin) kirjallinen kannanotto. Seuraavaksi ENS:n puheenjohtajaksi on ehdolla ENS:n varapuheenjohtaja H Cartwirght Englannista.

## 4 Seuraavat kokoukset

ENS:n ja Nuclear Europe -lehden johtokuntien seuraavat kokoukset ovat 4.3.1983 joko Bernissä tai Espanjassa ja 24.5.1983 Cadarache'ssa Marseille'n lähellä. Steering Committee kokoontuu 25.5.1983 Cadarache'ssa, jossa myös pidetään ENS:n yleiskokous 26.5.1983. Todennäköisesti myös muut ENS:n komiteat ja Nuclear Europe -lehden Editorial Advisory Board pitävät kokouksia toukokuun viimeisellä viikolla Cadarache'ssa, jonne on myös kaavailtu korkeatasoista ydinenergia-alan seminaarituloisuutta.

*Olli J. A. Tiainen*

MATKAKERTOMUS SUOMEN ATOMITEKNILLISEN SEURAN EKSKURSIOSTA  
UNKARIIN JA ITALIAAN 1982

Sisällys	Sivu
Ohjelma	55
Osanottajat	56
Saatesanat matkakertomukseen	57
Vierailukohteet	
PAKSin ydinvoimala	58
ENEA	64
CASACCIAN ydintutkimuskeskus	69
CAORSON ydinvoimala	73
BREDA TERMOMECCANICA	77
FRANCO TOSI	83
EUREX-jälleenkäsittelylaitos	85
FIAT TTG	88



SUOMEN ATOMITEKNILLISEN SEURAN EKSKURSIO UNKARIIN JA ITALIAAN  
30.9...9.10.1982

Ohjelma

- 30.9. Lento Helsinki-Budapest
- 1.10. Bussimatka Budapest-Paks  
Vierailu Paksin ydinvoimalassa  
Bussimatka Paks-Budapest
- 2.10. Lento Budapest-Wien-Rooma
- 3.10. Rooma
- 4.10. Italian vierailun avauskeskustelut ENEAn  
pääkonttorissa Roomassa  
Bussimatka Rooma-Casaccia  
Tutustuminen Casaccian ydintutkimuskeskukseen  
Bussimatka Casaccia-Rooma
- 5.10. Bussimatka Rooma-Caorso  
Tutustuminen Caorson ydinvoimalaan  
Bussimatka Caorso-Milano
- 6.10. Tutustuminen Breda Termomeccanican tehdaslaitokseen  
Tutustuminen Franco Tosin tehdaslaitokseen  
Bussimatka Milano-Torino
- 7.10. Bussimatka Torino-Saluggia  
Tutustuminen ENEAn EUREX-jälleenkäsittelylaitokseen  
Bussimatka Saluggia-Torino
- 8.10. Tutustuminen FIAT TTG:n tehdaslaitokseen  
Bussimatka Torino-Milano
- 9.10. Paluulento Milano-Frankfurt/M-Helsinki

OSANOTTAJAT

<u>nimi</u>	<u>toimipaikka</u>
1. Holmström, Paavo	Rauma-Repola Oy, Porin tehtaat
2. Jåfs, Daniel (6.10.82 saakka)	Finnatom Oy
3. Kauppi, Risto	Imatran Voima Oy
4. Koskinen, Sakari	"
5. Levonen, Markku	"
6. Poikonen, Leo	"
7. Tinell, Teuvo	"
8. Tirri, Erkki	"
9. Jokitulppo, Taisto	Teollisuuden Voima Oy
10. Lahti, Sakari	"
11. Riutta, Markku	"
12. Kilpi, Klaus	Valtion teknillinen tutkimuskeskus
13. Mikkola, Timo	"

Suomen Atomiteknillisen Seuran vuoden 1982 varsinainen ulkomaanekskursio suuntautui Unkariin ja Italiaan. Unkarissa tutustuttiin Paksin ydinvoimalaitokseen, jossa on eri rakennusvaiheessa kaikkiaan neljä neuvostoliittolaista VVER-440-reaktorilaitosta. Vastaanotto oli - kuten aina Unkarissa - ylitsevuotavan ystävällinen. Tunsimme olevamme toivottuja vieraita.

Italiassa saatiin selostus maan ydinvoimaohjelmasta, vierailtiin Caorson BWR-laitoksessa, ENEA:n Casaccian tutkimuskeskuksessa ja saman organisaation Eurex-jätteenkäsittelylaitoksessa sekä kolmessa ydinvoimalaitosten laitteita valmistavassa yhtiössä, ANSALDO/Bredalla, Franco Tosilla ja Fiat TTG:llä. Myös Italiassa vastaanotto oli kaikkialla erittäin ystävällinen ja vierailuohjelma hyvin suunniteltu ja se vietiin italia-laisten isäntien toimesta läpi tehokkaasti ja täsmällisesti.

Ainakin allekirjoittaneella oli Italiassa yllättävintä ja vaikuttavinta se tehokkuus ja menestyksellisyys, millä valmistava teollisuus on selvinnyt huolimatta Italian kovin hitaasti edistyvän oman ydinvoimaohjelman aiheuttamista vaikeuksista. Ratkaisuna on ollut ennakkoluuloton ja hämmästyttävän menestyksellinen satsaus vientiin. Italian valtion tälle teollisuudelle ilmeisesti antama runsas tukikaan ei hälvennä nykyaikaisten tehokkaasti toimivien ja selvästi kehityksen eturivissä olevien konepajojen ansaitsemaa ihailua. Vaikean markkinatilanteen takia voitiin kaikissa kolmessa valmistajayhtiössä todeta ydinvoimalaitoskomponenttien osalta kapasiteetin vajaakäyttöä, joka on kuitenkin ainakin näihin asti onnistuttu korvaamaan konventionaalisella tuotannolla.

Kokonaisuutena erittäin miellyttävä ja onnistunut ekskursio. Osanottajamäärä jäi - ilmeisesti ATS:n kuluvana vuonna järjestämien monien ryhmämatkojen takia - vain runsaaseen tusinaan. Matkan järjestelyistä ja häiriöttömästä kulusta vastasi tunnetulla taidollaan Seuran ekskursionsihteerillä Klaus Kilpi, joskin tärkeä osuus valmisteleviin järjestelyihin oli myös Olli Tiiaisella koko matkan osalta ja Svante Erntenillä Unkarin matkan osalta.

FQ

L Poikonen/JAK

20.10.1982

ATS:N TUTUSTUMISKÄYNTI PAKSIN YDINVOIMALAITOKSELLE 1.10.82

1

Yleistä

Paksin Voimalaitos - PAKSI ATOMERÖMÜ VALLALAT - sijaitsee Tonavan rannalla n. 115 km Budapestista etelään lähellä Paksin kaupunkia. Alunperin oli 18 vaihtoehtoista sijoituspaikkaa, joista Paks valittiin lähinnä riittävän jäähdytysveden saannin ja energiansiirtoon nähden keskeisen sijainnin takia.

Ajanjaksona 1950 - 1980 on Unkarin sähköverkon huippukuorma kasvanut n. kymmenkertaiseksi arvoon 5000 MW. Seuraavan kymmenen vuoden kuluessa sen ennustetaan vielä kaksinkertaistuvan tästä arvoon 10 000 MW. Suoritetuissa selvityksissä on päädytty siihen, että huolimatta muiden energiamuotojen mahdollisimman tehokkaasta hyväksikäytöstä, energian tuotanto tulee yhä enemmän olemaan ydinvoiman varassa.

Paksin ensimmäinen rakennusvaihe käsittää neljä kappaletta VVER-440 tyyppistä painevesilaitosyksikköä. Toisessa rakennusvaiheessa rakennetaan kaksi 1000 MW:n yksikköä. Lisäksi on vielä kaavailtu kolmannen 1000 MW:n yksikön rakentamista. Näin ollen lopullinen Paksin voimalaitoksen teho tulisi olemaan lähes 5000 MW.

Unkarissa ainoastaan Tonava voi tarjota riittävän jäähdytyskapasiteetin. Tämänhetkinen suunniteltu yhteisteho 4000 MW edellyttää jäähdytysvettä 220 m<sup>3</sup>/s, mikä vastaa noin kolmatta osaa Tonavan pienimmästä virtaamasta. Lauhdutusveden lämpötilannousuksi on arvioitu 8 °C.

2

Rakennusaikataulu

Valtioidenvälinen sopimus	1968
Rakennustyöt alkoivat	1975
Asennustyöt alkoivat	1978
1. blokki verkossa (suunn.)	1980
" (tavoite nyt)	1982

Kaikkiaan ensimmäinen yksikkö on tällä hetkellä myöhässä n. 2 vuotta alkuperäisaikataulusta. Oppaanamme toimineen Andres Donkon mukaan myöhästyminen ainakin osaltaan vaikutti se, että laitossuunnittelun alku viivästyi turvallisuusfilosofiassa tapahtuneen muutoksen takia. Tämän seurauksena konstruktio oli uusi, mitä seurasi paljon muutoksia. Erittäin suuret perustamis- ja rakentamistyöt viivästyivät resurssipulan takia. Jouduttiin käyttämään liian pieniä urakoitsijoita, joiden resurssit eivät riittäneet aikataulun mukaiseen työn läpivientiin. Koko betonointityösystemi onkin toisen laitoksen osalta täysin muutettu perustuen nyt esivalmistettujen elementtien käyttöön.

Tällä hetkellä ensimmäinen yksikkö on kuumakokeen jälkeisessä tarkastus- ja revisiovaiheessa ja isännät olettivat polttoainelatauksen mahdollisesti alkavan muutaman viikon kuluessa. Toinen yksikkö on asennusvaiheessa ja sen pitäisi valmistua vuoden kuluttua. Kolmannen yksikön rakennustyöt ovat menossa. Kaikkien neljän yksikön pitäisi alkuperäisen aikataulun mukaan valmistua vuoteen 1986 mennessä, johon kuitenkin vaikuttanee tähänastinen viivästyminen. Lopullisia laitteiden toimitussopimuksia ei vielä ole tehty 3. ja 4. yksikön osalta.

Rakennus- ja asennustyön suorittivat unkarilaiset neuvostoliittolaisten asiantuntijain valvonnassa. Työntekijämäärä on suuruusluokkaa 16 000, joista aikaisemmin saadun tiedon mukaan neuvostoliittolaisia n. 400. Käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan määrä tulee olemaan n. 1300.

3

Laitostietoja

Teknillisiä tietoja päälaitteista on esitetty liitteissä 1 ja 2.

4

Turvajärjestelmät

Turvallisuusfilosofia vastaa pääpiirteiltään länsimaista käytäntöä. Turvajärjestelmien mitoituksen perustana (DBA) on käytetty primääriputken katkeamaa, kuten meilläkin. Turvajärjestelmiä on kolme:

- painehätävesisäiliöt, jotka huolehtivat sydämen jäähtymisestä primääripiirin paineen laskettua säiliöiden painetta pienemmäksi (kuten Loviisassa)

- matala- ja korkeapainehätävesipumput (kuten Loviisassa)
- vesiallastyyppinen lauhdutin ja sprinklerjärjestelmä, jolla lauhdutetaan primääripiiristä onnettomuustilanteessa purkautuva höyry. Järjestelmä muodostuu erillisiin bokseihin sijoitetuista vesialtaista, joiden läpi höyry johdetaan ja lauhdutetaan sprinklauksella. Loviisassa tätä järjestelmää vastaavat suojakuoren sisällä olevat jäälauhdutin ja sprinklerjärjestelmä.

Loviisan tyyppistä terässuojakuorta laitoksessa ei ole, vaan primääripiirin laitteet on sijoitettu ns. hermeettiseen tilaan, joka on tehty massiivisista paineenkestävistä ( $P = 2,5$  bar) betoniseinistä, joissa on molemmin puolin tiiviiksi hitsattu teräsverhous. Hermeettisen tilan tilavuus on n.  $50\,000\text{ m}^3$ , tiiveyskoestuspaine  $2,5$  bar, sallittu vuoto  $13,5\%$  ilmatilavuudesta ja tiiveyskokeessa mitattu vuoto n.  $12\%$ . Sallittu verraten suurelta tuntuva vuoto selittyy sillä, että paineen vaikutusaika onnettomuustilanteessa on lyhyt - 12 minuutissa on lauhdutin- ja sprinklerjärjestelmällä paine pudotettu  $0,8$  bar:iin.

5

## Kiertokäynti

Oppaina kiertokäynnillä toimivat jo Budapestissa mukaan liittyneet Tamas Katona Erötervistä ja Andres Donko voimalaitokselta. Yhteydenotolla voimalaitoksen johtoon saatiin alunperin kaavailtu käynti info-rakennuksessa ja bussilla tehty kiertoajelu työmaalle muuttumaan "open doors"-tyyppiseksi tutustumiseksi itse laitokseen. Suomi ja Erötervin yhteydet Loviisaan ja IVOon ilmeisesti auttoivat kovasti, koska Mr. Katona totesi, että yksin hän ei missään tapauksessa olisi päässyt sisälle laitokselle.

Valvomoinstrumentointi oli neuvostoliittolaista toimistusta ja vaikutti hieman vanhahtavalta. Muualla näkyi joko neuvostoliittolaista tai unkarilaista alkuperää olevia instrumentteja.

Turpiinihalli vaikutti verraten valmiilta, eristystyöt kuitenkin jossain määrin kesken.

Reaktorirakennuksen päätaso vaikutti erittäin avartalalta, koska se on yhteinen 1. ja 2. laitokselle. Päätasolla oli mm. reaktoripaineastian kansi säätösauvoineen ja reaktorin sisäosia kuumakokeessa muodostuneen oksidikerroksen ja myös kohtalaisen pölykerroksen peittäminä.

Puhdasasennus meikäläisessä mielessä ei ollut vielä alkanut. Päätasolla sijaittivat käytetyn polttoaineen säilytysaltaat, joissa polttoainetta säilytetään 3 vuotta. Tämän jälkeen polttoaine siirretään erilliseen käytetyn polttoaineen varastoon, jossa sitä säilytetään 10 vuotta, jonka jälkeen käytetty polttoaine kuljetetaan Neuvostoliittoon jälleenkäsiteltäväksi.

Laitoksen osoite

PAKSI ATOMERÖMÜ VALLALAT  
H-7031 PAKS  
Pf. 71  
Unkari

Oppaat

M. Sc. ENG. TAMÁS KATONA  
DESIGN ENGINEER

FRÓTERV.  
POWER STATION AND NETWORK ENGINEERING CO.  
BUDAPEST, V.  
SZÉCHÉNYI RKP. 3

TEL: 314 100  
TELEX: 603

Andres Donko  
Paksin voimalaitos

# REACTOR

Thermal output	1375 MW
Electrical output	440 MW
Heat carrier flow through the reactors	43,000 m <sup>3</sup> /h
Pressure of the heat carrier	12.26 MPA
Mean warming up	28 °C
Outlet temperature	295 °C
Core load	42 tU
Enrichment	1.6-3.6%
Number of fuel assemblies	37
Number of regulating assemblies	37
Overall height of the pressure vessel	11,800 mm
Max. diameter	4270 mm
Transport weight	215 t

## Steam generator

Number of loops per unit	6
Steam pressure	4.13 MPA
Feedwater temperature	223 °C
Steam temperature	259 °C
Steam production	452 t/h
Humidity of the steam	0.25%
Heat exchange surface	2510 m <sup>2</sup>

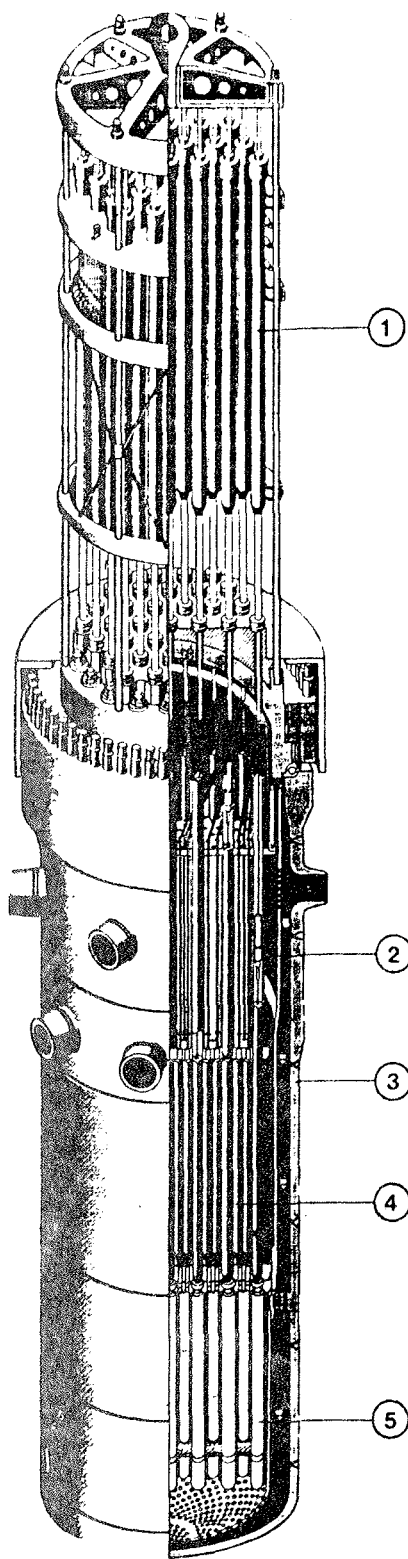


Fig. 9: The reactor  
 1. Regulating rod drives  
 2. Protecting tubes  
 3. Pressure vessel  
 4. Core  
 5. Damping tubes

## A VVER-440-ES BLOKK GŐZFEJLESZTŐ BERENDEZÉSE

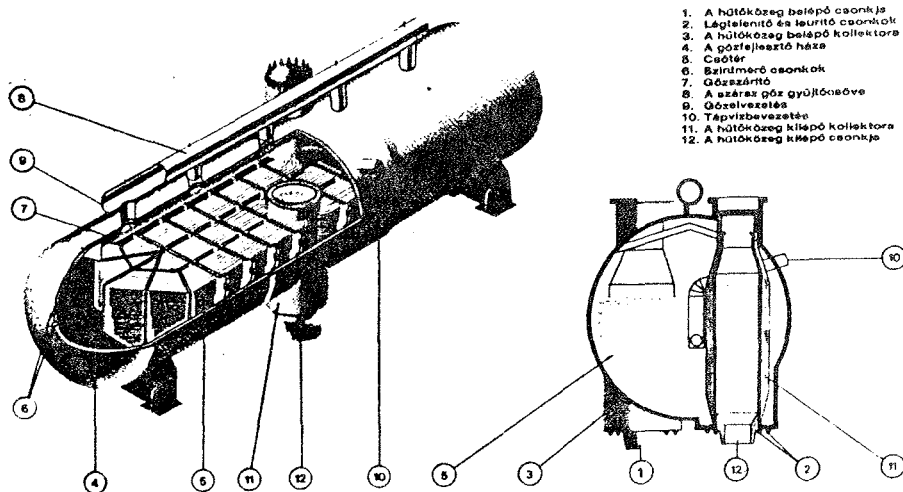
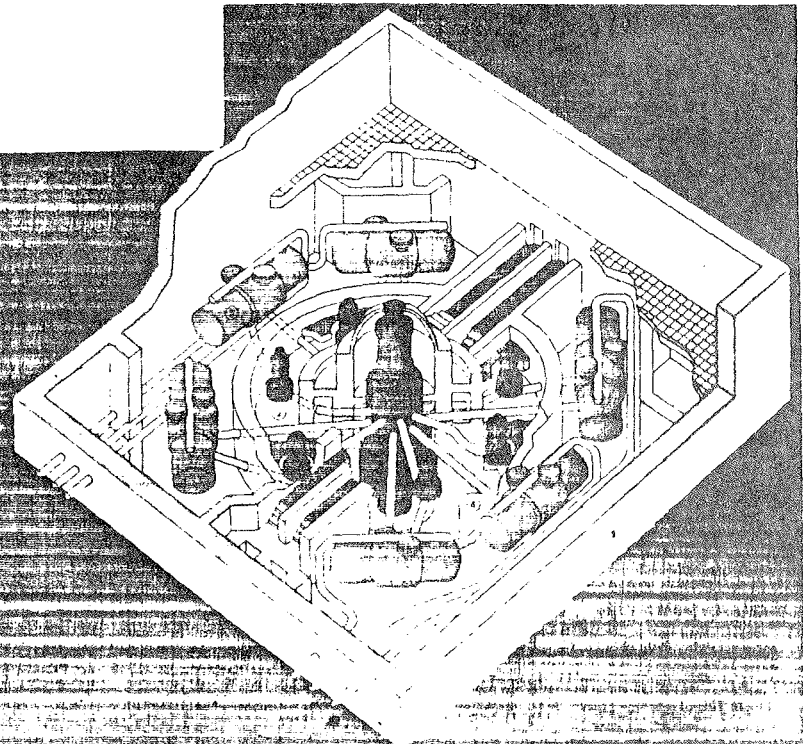




Fig. 8: The primary circuit

1. Reactor
2. Main circulating pump
3. Steam generator
4. Primary loop pipeline
5. Wall of the hermetic area



## Turbine

Number per unit	2
Nominal output	220 MW
RPM	3000
Steam consumption	1338 t/h
Specific heat consumption	31,052
Steam pressure	4.31 MPa
Steam temperature	255 °C

## The generator

Capacity	220 MW
Output voltage	15.75 kV
Cos $\varphi$	0.85
Stator cooling	coil H <sub>2</sub> O magnet H <sub>2</sub>
Rotor cooling	H <sub>2</sub>
Overall efficiency	98.68%



Klaus Kilpi

13.12.1982 1(5)

AVAUSKESKUSTELUT ENEAN PÄÄKONTTORISSA ROOMASSA 4.10.1982

Italian vierailuohjelman avaukseksi suomalaisille esiteltiin Italian energiaohjelmaa, menneisyyttä ja tulevaisuudensuunnitelmia, ydintutkimuksen ja valmistavan teollisuuden organisointia sekä viranomaiskäytäntöä. Isäntinä toimivat Dr. Carlo Mancini (ENEAn ulkomaisten yhteyksien vastuhenkilö) ja Dr. Giuseppe Basso (ENEA/Thermal Reactors, Italian edustaja ENS:n Steering Committeeessa).

Italian energiaohjelmasta

Nykyisin Italian sähkövoimantuotannosta vastaavat tahot ovat mittavien ongelmien edessä. Italia on Länsi-Euroopan maista suurin sähköntuoja (tuonti vastaa kahden ydinvoimalaitoksen kapasiteettia). Tähän tilanteeseen on vähitellen jouduttu 1960-luvun alkupuolelta lähtien sovelletun energiapolitiikan seurauksena. Tällöin Italian hallitus voimakkaiden monikansallisten öljy-yhtiöiden tuella päätti perustaa voimantuotantonsa käytännössä pelkästään öljyllä tuotettavan sähkön varaan. Tuolloin, vuonna 1964, maassa oli jo 5 % sähkön-  
tuotannosta ydinsähköä, 3 % geotermistä ja 80 % vesivoimaa. Ydinvoiman rakennusohjelma oli käynnistetty v. 1955 valtion ja yksityisten yhtiöiden välisellä sopimuksella. Kolme ydinvoimalaitosta (PWR, kaasujäähdytteinen ja BWR) rakennettiin, Latinan 210 MW:n laitos oli aikanaan Euroopan suurin.

Noin 3 vuotta sitten Italian parlamentti päätti luopua öljyyn perustuvasta sähköntuotannosta. Päätöksen mukaan öljylaitokset muutetaan hiilellä toimiviksi, mikä edellyttää suuria muutoksia maan infrastruktuurissa (satamat, hiilen käsittely). Rinnan hiilen käyttöönoton kanssa ydinvoiman ja maa-

kaasun rakennusohjelmilla pyritään turvaamaan maan sähkön-  
tuotannon riittävyys. Nykyinen kulutus, 150 miljoonaa öljy-  
ekvivalenttitonnia, kasvaa ennusteiden mukaan 200:an vuonna  
1992. Kaikkiaan 16 000 MW:n lisäkapasiteetin rakennusohjel-  
masta puolet perustuu hiileen ja puolet ydinvoimaan. Voima-  
laitokset suunnitellaan rakennettavaksi kahdeksalle paikka-  
kunnalle 2×1000 MW:n yksikköinä. Samaan aikaan maakaasun  
tuonti kaksinkertaistuu Siperian kaasuputken valmistuttua  
(nykyään Algeriasta 12 milj.m<sup>3</sup>/vuosi, Neuvostoliitosta 10  
milj. m<sup>3</sup>/vuosi).

Eräs erityispiirre Italian energiaohjelman toteuttamisessa on  
vaikeus löytää voimalaitosten sijoituspaikkoja. Maa on valta-  
osaltaan vuoristoista, kun taas asuttujen alueiden asumis-  
tiheys on noin 600 henkeä/km<sup>2</sup>. Tämä niin hiili- kuin ydin-  
voimalaitoksia koskeva ongelma on kuitenkin vähitellen väis-  
tymässä, mm. Po-joen varrelle (Piemonten ja Lombardian maa-  
kuntiin) tultaneen rakentamaan useita voimalaitoksia. Eräs  
sijoituspaikka lienee Kaakkois-Italiassa oleva Napolia. Maan  
parlamentissa yksi pienpuolue (n. 4 % edustajista) vastustaa  
ydinvoimaa, muut puolueet hyväksyvät ydinvoiman tietyin va-  
rauksin.

#### Sähköntuotannon, tutkimuksen ja teollisuuden organisoinnista ja viranomaiskäytännöstä

Italiassa sähköntuotanto on valtion valvonnassa ja sähkön  
hintaa on hyväksyttävä maan parlamentissa. Voimantuotannosta  
ja sähköverkon rakentamisesta ja ylläpidosta (aina koti-  
talouksiin asti) huolehtii valtion voimayhtiö, ENEL (Ente  
Nazionale per l'Energia Elettrica, Italian State Electricity  
Board), jolla on palveluksessaan n. 110 000 henkeä.

Ydintutkimus ja ydinvoimalaitosten viranomaisvalvonta kuuluu  
valtionhallinnossa kauppa- ja teollisuusministeriön alaisuus-  
teen. Toistaiseksi molemmat toiminnot ovat saman organisaa-  
tion (ENEA) tehtäviä, mutta parin vuoden kuluessa viranomais-  
valvonta tultaneen siirtämään uudelle organisaatiolle. Myös

ENEA on kokenut organisaatiomuutoksen keväällä 1982. Aiemmin sen nimi oli CNEN (Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare eli Italian atomienergianeuvottelukunta), mikä muuttui nykyiseksi ENEAksi (L'Ente Nazionale per l'Energia Nucleare e le Fonti Alternative). Nimenmuutoksella pyritään painottamaan myös vaihtoehtoisia energiantuotantojärjestelmiä, erityisesti aurinkoenergian hyväksikäyttöä sähköntuotannossa. Lähempänä meitä samankaltainen organisaationmuutos on suoritettu mm. Ruotsissa (vrt. Studsvik Energiteknik AB).

Valmistavasta teollisuudesta valtaosa (n. 80 %) Italiassa on valtion omistuksessa. Yksityisessä omistuksessa olevasta teollisuudesta merkittävin on FIAT (n. 300 000 työntekijää). Mm. reaktorin sisäosia valmistavasta FIAT TTG:stä samoin kuin lämmönvaihtimia valmistavasta Franco Tosista on tarkempi kuvaus jäljempänä. Huolimatta toistaiseksi varsin vaatimattomasta ydinvoiman osuudesta maan sähköntuotannossa Italia on ylläpitänyt ydinvoiman suurvallalle tyypillisiä resursseja erityisesti ydinvoimalaitosten raskaitten komponenttien valmistuksessa. Valtiollinen ANSALDO-ryhmittymä (n. 20 000 työntekijää Italiassa) on hankkinut itselleen lisenssit sekä PWR- (Westinghouse) että BWR- (General Electric) -laitosten rakentamiseen. Ryhmittymän lippulaivana on Breda Termomeccanica (josta esittely erikseen ATS:n matkakertomuksessa), lisäksi ANSALDolla on mm. oma tutkimuskeskus (AMN Genovassa) sekä laitossuunnitteluun erikoistunut yhtiö (NIRA Genovassa). ANSALDolla on myös koko maailman kattava organisaatio, 40 % liikevaihdosta menee vientiin. Ryhmittymä osallistuu mm. merkittävällä panoksella nopean hyötöreaktorin SUPERPHENIXin rakentamiseen Ranskassa.

Ydinvoimalaitosten luvitusmenetelmä on osoittautunut aikaa vieväksi, ja menetelmää pyritään jatkossa parantamaan. Eräänä hidastavana tekijänä on hankala esiselvitys sijoituspaikan valitsemiseksi. ENEAn, ENELin ja ANSALDON lisäksi paikalliset poliittiset päätäntäelimet ja viranomaiset ovat merkittävällä panoksella mukana valmistelutyössä. Sijoituspaikkaongelma on

kuitenkin vähitellen väistymässä, joten laitosten rakentamisen aikaisen luvitusmenetelmän nopeuttaminen edesauttaisi laitosten nopeaa käyttöönottoa. Varoittavana esimerkkinä hitaasta käyttöönotosta on Caorson ydinvoimalaitoksen n. viisi vuotta kestänyt (vuosina 1976...81) käyttöönotto, mihin vaikutti merkittävästi mm. TMI-onnettomuus johtaen lisäselvityksiin turvallisuusanalyysissä. Mittavan ydinvoimalaitosrakennusohjelman läpiviemiseksi italialaiset keskittyvät jatkossa pelkästään Westinghousen 950 MW:n PWR-laitokseen, jolloin luvituskäytäntö voidaan standardisoida (3 erillisen lisenssin periaate).

#### ENEAn toiminnasta

ENEA vastaa pääosasta Italian ydinenergiatutkimusta (myös ANSALDolla omaa tutkimusta). Toukokuussa 1982 tehdyn organisaationmuutoksen seurauksena myös vaihtoehtoinen energiantuotantotutkimus kuuluu ENEAn tutkimusaihepiiriin (ei kuitenkaan hiili- ja geoterminen energiatutkimus). ENEAn ydinenergiatutkimus on jaettu tällä hetkellä viiteen eri aihepiiriin: 1) termiset reaktorit, 2) nopeat hyötöreaktorit, 3) polttoainekierto, 4) fuusiotutkimus ja 5) perustutkimus. Kaikkiaan ENEAn palveluksessa on n. 4 000 työntekijää.

ENEAn tutkimustoiminta jakautuu alueellisesti eri puolille Italiaa. Tärkeimmät keskuksat ovat Rooman pääkonttori (viranomaisvalvonta, hallinto, n. 800 työntekijää) ja lähellä Roomaa Casaccian ydintutkimuskeskus (josta enemmän jäljempänä, 1 400 työntekijää). Fuusio- ja lasertutkimusta suoritetaan Frascatissa lähellä Roomaa (n. 400 työntekijää). Hyötöreaktoritutkimusta suoritetaan Bolognassa, lähellä olevassa Brasimoneassa sekä etelässä Trisaiassa. Polttoaineen jälleenkäsittelyn ja valmistuksen tutkimusta suoritetaan Saluggiassa lähellä Torinoa (ks. jäljempänä esittely EUREX-laitoksesta). Ympäristötutkimusta suoritetaan S. Teresassa lähellä Genovaa.

Termisten reaktorien tutkimuksessa on kaksi sektoria: 1) yhteistyö teollisuuden kanssa ja 2) termisten reaktorien kehittäminen. Yhteistyössä teollisuuden kanssa ENEA pyrkii tukemaan

teollisuutta reaktorikomponenttien ja -systemien viennissä sekä osallistumalla yhteistyötutkimusprojekteihin että koor-dinoimalla tutkimusta. Tärkeimmät yhteistyökumppanit ovat ANSALDO ja FIAT, erityisenä pyrkimyksenä viennin edistäminen kehitysmaihin. Termisten reaktorien kehitystyössä pääpaino on kehittyneen raskasvesireaktorin prototyypin kehitystyössä. Tämän kanadalaista CANDU-reaktoria muistuttavan CIRENE-lai-toksen (40 MW<sub>e</sub>) odotetaan valmistuvan v. 1985 (lähelle kaasujäähdytteistä LATINA-reaktoria).

Nopeiden hyötöreaktorien tutkimuksessa tähdätään siihen, että Italian teollisuus ja tutkimus olisivat kilpailukykyisiä tämän reaktortyyppin kehityttyä varsinaiselle kaupalliselle toteutusasteelle arviolta seuraavien 15...20 vuoden kuluttua. Italia on 35 % osuudella mukana SUPERPHENIXin rakennustyössä. Brasimoneen lähelle Bolognaa on suunnitteilla nopea hyötö-reaktori PEC (120 MW<sub>th</sub>) plutonium-polttoaine-elementtien testausta ja instrumentoinnin kehittämistä varten.

Polttoainetutkimuksen alueella PEC-projektin lisäksi tehdään myös BWR-laitoksen polttoaine-elementin kehitystyötä hyödynnettäväksi Caorson BWR-laitoksella. Pohjois-Italiassa on myös kapasiteetiltaan 200 tonnia/vuosi polttoaineen valmistuslaitos (mahdollisuus tuotannon kaksinkertaistamiseen) tähdäten maan omavaraisuuteen ydinvoimantuotannossa tälläkin sektorilla.

Merkittävä ydintutkimuskeskus on lähellä Milanoa oleva EURATOMin päätutkimuskeskus ISPRA, aiemmin ENEAn edeltäjän CNENin oma tutkimuskeskus. Tutkimuskeskuksen päätutkimus-ohjelma on nimeltään Super-Sara. Lisäksi tutkitaan poltto-aineen käyttäytymistä onnettomuustilanteissa. TMI-onnettomuu-den jälkeen tutkimusohjelmaa on suunnattu voimakkaasti pien-ten murtumien aiheuttamien vakavien sydämen vaurioitumis-onnettomuuksien tutkimukseen.

ENEA:n osoite: ENEA  
Viale Regina Margherita, 185  
I-00198 ROMA

Klaus Kilpi

14.12.1982 1(4)

VIERAILU CASACCIAN YDINTUTKIMUSKESKUKSESSA 4.10.1982

Casaccian ydintutkimuskeskus sijaitsee n. 25 km Roomasta pohjoiseen. Se on ENEAn suurin ja tärkein ydintutkimuskeskus (n. 1 400 työntekijää) muiden tärkeimpien ollessa Frascatin ja Bolognan tutkimuskeskukset. Vierailuohjelma laitoksella oli järjestetty siten, että alussa tapahtuneen ruokailun jälkeen suomalaisille esiteltiin termisten reaktorien tutkimusosaston koelaboratorion höyrygeneraattorikoelaitteistoja ja polttoainetutkimusosaston uutta kuumakammiolaboratoriota. Itse tutkimuskeskuksesta kononaisuutena jäi vierailuohjelmasta johtuen varsin puutteellinen käsitys. Suomalaisvieraitten isäntinä Casacciassa toimivat prof. Augusto Gandini (nopeat hyötöreaktorit), Dr. Catello Cesarano (polttoainekierto), Mrs. Loredana Borrello (public relations) ja Dr. Antonio Bazzan (turvallisuuspäällikkö). Lisäksi Dr. Giuseppe Basso oli suomalaisryhmän italialaisena isäntänä aina kekiviikko-iltapäivään asti eroten ryhmästä vasta Franco Tosin vierailun jälkeen.

Casaccian ydintutkimuskeskuksen eri tutkimusosastot

Tutkimuskeskuksessa on 5 eri tutkimusosastoa.

**Perustutkimuksen ja kehittyneen teknologian tutkimuksen osasto** jakautuu kolmeen laboratorioon. Materiaalitutkimuslaboratoriossa tutkitaan nopeiden ja termisten reaktorien komponenttien materiaalien mekaanista, mikrorakenne- ja korroosiokäyttäytymistä. Kehittyneen teknologian alueella tutkitaan vedyn käyttöä energiantuotannossa ja uraanin erottamista merivedestä. Fysiikan laboratorioissa suoritetaan tietokoneohjelmien kehitystyötä (reaktorifysiikka, -dynamiikka, fuusio). Myös Casaccian 5 tutkimusreaktorin käyttö ja yllä

pito kuuluu laboratoriolle. Teknologian laboratorio vastaa järjestelmien (valvonta, suojaus yms.) ja instrumentoinnin kehitystyöstä ja testauksesta yhteistyössä teollisuuden kanssa.

### **Säteily-, turvallisuus- ja suojaustutkimuksen osasto**

käsittää neljä laboratoriota. Ympäristön suojauksen tutkimus käsittää mm. maanjäristysten ennustamisen tutkimusta, geologian perus- ja sovellettua tutkimusta ydinvoimalaitosten sijoituspaikkojen valitsemiseksi, ympäristön, elintarvikkeiden ja juomaveden radioaktiivisuuden mittausta koko maassa sekä radioaktiivisten jätteiden tutkimusta. Säteilysuojauksen laboratorio ylläpitää mm. n. 40 000 koe-eläintä käsittävää Animal Housea suorittaen tutkimusta säteilyn vaikutuksesta koe-eläimiin sekä kehittää ja standardoi säteilyn mittauslaitteita. Säteilysovellutusten laboratorio tutkii säteilyn ja ydintekniikan sovellutuksia maanviljelyyn. Turvallisuustutkimuslaboratorio tutkii ydinvoimalaitosten ympäristövaikutuksia suorittaen laitoskonstruktion ja suojarakennusjärjestelmien sekä laitosturvallisuutta palvelevan instrumentoinnin kehitystyötä päämääränä laitostonnettomuuksien ympäristövaikutusten minimointi.

**Polttoaineosasto** käsittää polttoainemateriaali-, polttoaineteknologia- ja jälleenkäsittelylaboratoriot. Osasto johtaa mittavaa kehitystyötä, jota suoritetaan myös ENEAn muissa tutkimuslaitoksissa Saluggiassa ja Trisaiassa, missä pilotlaitokset ovat. Tutkimusohjelma perustuu arviolle, että vuosisadan vaihteessa Italiassa on 40 000 MW asennettua ydinsähkötehoa (aikaisempi optimistinen arvio). Osastolla tutkitaan sekä säteilytetyn rikastetun uraanin ja plutoniumin että polttoainesauvojen ja -elementtien ominaisuuksia in-pile mittauksilla. Nyt jo käytöstä poistettu kuumakammiolaboratorio valmistui vuonna 1962. Meille esitelty uusi moderni kuumakammiolaboratorio (esittelijöinä Mr. Bruno Marsico ja Gianfranco Caporossi) on käytännössä valmis, mutta otettaneen käyttöön vasta parin vuoden kuluttua (hidas luvitusmenetelmä). Siinä on kaksi korkea-aktiivisen ja 5 keskiaktiivisen näytteen kammiota, joissa voidaan tutkia 3 metrin pituisia polttoainesauvoja.



Polttoaineosaston päämääränä on kehittää Italian omaa polttoaineen valmistus- ja jälleenkäsittelyteknologiaa, jotta maa ei olisi riippuvainen ulkomaisista lisensseistä omassa polttoainehuollossaan.

**Termisten reaktorien osasto** käsittää tutkimus- ja kehityslaboratorion, kevytvesireaktorilaboratorion ja raskasvesireaktorilaboratorion. Viimeksimainitussa laboratoriossa tutkimus liittyy rakennettavaan 40 MW<sub>e</sub> CIRENE-raskasvesireaktoriin. Reaktorin tilaaja on valtiollinen ENEL ja suunnittelija ANSALDO-ryhmittymän NIRA-yhtiö. Tutkimus keskittyy laitoksen ydinpuolen konstruktion ja polttoaine-elementtien kehitystyöhön. Kokeellista tutkimusta suoritetaan polttoaineen käyttäytymisestä niin stationaari- kuin transientti- ja onnettomuustilanteissa.

Kevytvesireaktorien tutkimus käsittää kokeellista tutkimusta koskien jäähdytteen ja polttoaineen välistä vuorovaikutusta (virtausdynamiikka, polttoaine-elementtien mekaaninen käyttäytyminen) ja jäähdytteen kiertojärjestelmää ja järjestelmän komponentteja. Erityisesti tutkitaan tällä hetkellä Westinghousen PWR-laitoksen höyrygeneraattorin erityiskysymyksiä, mikä selvästi johtuu Italian suunnitelmista rakentaa 8 seuraavaa ydinvoimalaitosta juuri tätä tyyppiä. Suomalaisille näytettiin osaston koelaitteistoja (esittelijöinä Mr. Tampone Oronzo ja Parrizio Farbizi). Uusin laitteisto oli 4 MW:n looppi (150 bar, 350°C,  $\dot{m}_{\text{vesi}}$  200 tonnia/h ja  $\dot{m}_{\text{höyry}}$  22 tonnia/h). Yhteistyössä ANSALDON kanssa on suunnitteilla 20 MW:n looppi sijoitettavaksi AMN:n laitokseen Genovassa. Erityinen paino oli aukko-osuuden mittauksella (laser, doppler anemometri, infraredmenetelmä, gammadensitometri). Mm. Höyrygeneraattorin transienttikäyttäytymistä tutkittiin mittaamalla sekä primaari- että sekundaaripuolen virtausta ja aukko-osuutta.

Osastolla suoritetaan sekä pienen mittakaavan kokeita fyysikaalisten ilmiöiden tutkimiseksi että suuren mittakaavan kokeita lähellä reaktorin todellisia olosuhteita komponenttien testaamiseksi. Viimeksi mainittuja kokeita suoritetaan yhdessä teollisuuden (erityisesti ANSALDO) kanssa useissa tutkimuskeskuksissa.

**Nopeiden hyötöreaktorien osastolla** tutkimus on suuntautunut Brasimoneen, Bolognan lähelle rakennettavan polttoaine-elementtien tutkimusreaktorin PEC ( $120 \text{ MW}_{\text{th}}$ ) tutkimukseen. Tutkimus on aloitettu 10 vuotta sitten ja käsittää mm. PEC-laitoksen reaktorikomponenttien, polttoaineen latauskoneen ja säätösauvojen testausta. Samoin suoritetaan kokeellista tutkimusta koskien onnettomuuksia natriumin kiehuessa (17 ja 19 sähköisesti lämmitettävän sauvan nippu, natrium jäädyttinä).



28.10.1982

...  
VIERAILU CAORSON YDINVOIMALASSA 5.10.1982

Tiistaiamu valkeni Roomassa varsin sumuisena. Herätys oli viideltä aamulla ja matkalle kohti Caorson ydinvoimalaa lähdettiin kuudelta. Edessä oli n. 500 km:n bussimatka yli Keski-Italian vuoriston Po-joen laaksoon. Bussimatka sujui mukavasti pysähtyen pari kertaa nauttimaan kahvista ja lounaasta moottoritien yläpuolelle rakennettuihin ravintoloihin. Bussimatkan vaikein asia lienee ollut WC:n löytäminen lounaspaikassa. Perille Caorsoon saavuttiin klo 14 aikoihin ilman eksymisiä, olihan matkaoppaana ENEAn "Basso", alias "Isä Camillo".

Sisäänpääsy voimalaitosalueelle sujui nopeasti joskin asiallisesti. Kaikilla oli passit mukana, joten ei tarvinnut käyttää henkilöllisyyspapereina ajokorttia tai kalenteria kuten edellisenä päivänä ENEAn tutkimuslaitoksella.

Isäntinä olivat laitoksen varapäälikkö OSCAR PISACANE, käyttöpäälikkö ALBERTO ZURLI ja koulutuspäälikkö UGO GIUNTINELLI.

Laitos sijaitsee Piacozan provinssissa Po-joen rannalla 13 km Cremonasta. Po-joen laakso on erittäin tiheään asuttu. Niinpä Caorson ydinvoimalan ympäristössä asuu 15 km:n säteellä 500.000 ihmistä.

Laitoksen rakentaminen alkoi 1969, rakennuslupa saatiin 1971. Lataus aloitettiin 1977 marraskuussa ja reaktori oli ensimmäisen kerran kriittinen uudenvuodenyönä 1977/78. Laitos oli ensimmäisen kerran verkossa toukokuussa 1978 ja lupa kaupalliseen käyttöön saatiin 1981.

Laitos on käynyt viime aikoina hyvin, viime maaliskuusta yhtäjaksoisesti. Ensimmäinen polttoaineenvaihtoseisokki alkaa vielä tämän vuoden puolella. Ensimmäiseksi latausväliksi tulee 18 kk, normaalisti se tulee olemaan 13-15 kk.

Laitoksen käyttöönottovaiheen ongelmat ovat olleet pääasiassa mekaanisia. Viime kesänä ongelma oli riittämättömän jäähtytys, koska Italiassa oli trooppinen sää.

Laitos on tehty General Electricin lisenssillä ja on GE BWR-4 tyyppinen (2-sub). Reaktorin lämpöteho on 2590 MW ja nettosähköteho 840 MW.

Reaktoripaineastian on toimittanut AMN/Getesco, valmistaja on BREDA. Reaktorissa on 2 ulkopuolista pääkiertopumppua ja reaktorin sisäpuolella on 20 suihkupumppua. Jäähdytteen kokonaisvirtaus on 8900 kg/s. Reaktorin paine on 70 bar ja lähtevän höyryn lämpötila 287 °C. Reaktorisydämessä on 560 polttoaineenippua, joissa on 64 (8x8) polttoainesauvaa. Nippujen korkeus (polttoaine) on 3,71 m. Säätosauvoja on 137 kpl ja niitä käytetään hydraulisesti voimanlähteenä 2 pumppua, joista toinen käy koko ajan säätosauvojen toimilaitteiden jäähtytysten takia. Reaktorin suojarakennuksen suunnittelupaine on 3,56 bar.

Laitoksella on yksi turpiinigeneraattori, 1500 rpm, toimittaja on AMN/ASGEN. Turpiini koostuu 1 korkeapaineturpiinista ja kolmesta matalapaineturpiinista. Höyry kuivataan ja tulistetaan korkeapaineturpiinin jälkeen. 50 %:n lauhdepumppuja on kolme. Matalapaine-esilämmitimiä on kolmessa linjassa yhteensä 15 kpl ja korkeapaine-esilämmitimiä kaksi kpl. 50 %:n syöttövesipumppuja on kolme, joista kaksi on höyryturpiinikäyttöisiä ja yksi sähkömoottorikäyttöinen. Syöttöveden lämpötila on 219 °C.

Laitoksen jäähdytysvesi otetaan Po-joesta. Virtaus on  $32 \text{ m}^3/\text{sek}$ . Lisäksi laitoksella on jäähdytystorni, jota käytetään sammutetun reaktorin jälkilämmön poistoon sekä hätäjäähdytykseen.

Sähkönsaannin varmistamiseksi laitoksella on 4 dieselgeneraattoria, joista kaksi on kytketty kiinteästi subeihin (2-sub) ja kaksi muuta voidaan kytkeä valinnaisesti jompaan kumpaan subiin. Näin voidaan dieselien huoltotilanteessa varmistaa sähkönsaanti. Dieseleille tehdään kerran kuukaudessa käynnistystesti ja kerran 18 kuukaudessa testi, jossa simuloidaan LOCA onnettomuustilanne.

Laitoksella on omaa henkilökuntaa 360, joista käytössä 70, kunnossapidossa 150 ja loput hallinnossa, QA:ssa, koulutuksessa, teknisissä osastoissa jne. Kussakin vuorossa työskentelee 10 henkeä.

Revisiossa arvellaan tehtävän 300.000 miestyötuntia. Suurten laitteiden toimittajat tekevät myös niiden huolto-työt. Reaktoripaineastian tarkastukset tekee amerikkalainen tarkastusfirma. Revision aikatauluseurantaan on kehitetty oma aikatauluohjelmisto tietokoneelle.

Laitoskierroksella tutustuimme reaktorihalliin ja lyhyesti turpiinisaliin sekä valvomoon. Säteilysuojelutoimenpiteet eivät ole yhtä tarkkoja kuin Suomessa. Omien vaatteiden päälle vedettiin valkoinen takki, kenkien päälle kenkäsuojat, lakki päähän ja hansikkaat käteen.

Laitoksella oli vielä melko siistiä, koska yhtään revisiota ei ole ollut. Reaktorihalli ei suomalaisia liene säväyttänyt. Työkalut samoin kuin latauskone olivat luvalla sanoen heppoisen näköisiä. Esim. latauskoneen ajotarkkuus ei ole tarkempi kuin  $\pm 2-3 \text{ cm}$ , ilmeisesti se riittää, heille. Vaikka laitos olikin kontaminaation suhteen puhdas, se ei todennäköisesti revision jälkeen ole sitä, ei ainakaan reaktorihalli. Reaktorin sisäosien säilytysallas on reaktorialtaan vieressä kiinteällä väliseinällä erotettuna. Reaktoria purettaessa ja kasattaessa

molemmat altaat ovat tyhjiä ja reaktorin pinta niin alhaalla että nostotyökalu voidaan kiinnittää ja irroittaa käsin. Näin ollen reaktorin sisäosat ovat pitkän aikaa ilmassa ja reaktorihallin ilmakontaminaatio on tosiasia.

Turpiinisolissa vierailu oli varsin pikainen. Säteilytaso oli max 1300 mrem/h. Turpiinisolissa ei näkynyt juuri muuta kuin turpiinin ja generaattorin yläosat. Kaikki muut laitteet olivat alemmissä kerroksissa, joten huoltotöille siellä oli erinomaisesti vapaata lattiatilaa.

Ulostulo valvotulta alueelta sujui hyvin huolimatta hitaista monitoreista. Eräitä suomalaisia monitori halusi tosin mitata kahteen kertaan (syy ei ollut kontaminaatio).

Valvomo oli tyypillinen GE:n valvomo tuhansine palavine merkkivaloineen. Valvomohenkilökunta oli erittäin kiinnostunut Suomessa käytössä olevasta BWR-laitoksesta, mutta valitettavasti aika keskusteluun oli turhan lyhyt.

Vierailu Caorson BWR laitokselle oli mielenkiintoinen ja antoisa siinä määrin kuin noin viiden tunnin pituinen vierailu voi olla. Caorsosta matka jatkui yöpymispaikkaan Milanoon.



Timo Mikkola

6.10.1982 1(6)

VIERAILU BREDA TERMOMECCANICAN TEHTAILLA MILANOSSA,  
ITALIASSA

Breda Termomeccanica yhtiön perusti Ernesto Breda v. 1876 ja se on kuulunut vuodesta 1977 Ansaldo yhtymän energiasektoriin muodostaen yhdessä Etelä-Italiassa toimivan Termosudin kanssa yhtiön Ansaldo spa Steam Generation Division.

Ansaldo on valtion omistama teollisuusyhtymä, jonka päätoimialoja ovat konventionaalisten ja ydinvoimalaitosten sekä niiden komponenttien suunnittelu ja valmistus, sähköiset liikennevälineet ja teollisuusautomaatio. Yhtymään kuuluu useita yhtiöitä, joilla on yhteensä 12 tuotantolaitosta ympäri maata ja yli 20 000 työntekijää. Yhtymällä on toimipisteitä ympäri maapallon ja 40 % tuotannosta menee vientiin.

Termosud on Breda Termomeccanicaa pienempi tehdas, työntekijöitä n. 700. Se valmistaa konventionaalisille voimalaitoksille keskisuuria ja pieniä höyrykehittämiä.

Vierailuohjelmaan kuului tehtaiden yleisesittely ja tämän jälkeen tutustuminen tehdassaleihin. Lopuksi oli vielä lounaalla mahdollisuus esittää kysymyksiä isännille. Vierailun isäntinä toimivat dr.ing. Stefano Berni Canani, tehtaiden apulaismyyntijohtaja, joka lisäksi hoiti yleisesittelyn sekä dr.ing. Mario Romano, myyntijohtaja. Lounaalla oli mahdollisuus keskustella myös suunnitteluosaston johtajan dr.ing. Pinaccin sekä muutaman muun eri alojen asiantuntijan kanssa.

## Tehtaan yleisesittely

Breda Termomeccanica on keskittynyt valmistamaan ydinvoimalaitosten komponentteja kuten höyrykehittäjiä, konventionaalisten voimalaitosten ns. korkeapaineosia sekä komponentteja ruostumattomasta tai muista erikoisteräksistä sekä ydinvoimalaitoksille että kemian ja petrokemian teollisuudelle.

Tehtaan liikevaihto oli v. 1981 160 milj. \$ ja tuotannosta menee vientiin 63 %. Ydinvoimalaitoskomponenttien tuotannon tämänhetkistä vähyyttä on yhtiö pyrkinyt korvaamaan konventionaalisten voimalaitosten komponenttien tuotannolla. Yhtiön tuotantokapasiteetti on kuitenkin selvästi mitoitettu suurten ydinvoimalaitoskomponenttien, kuten reaktoripaineastia tai höyrykehittäjän, tuotantoon.

Työntekijöitä on yhteensä n. 2100, joista n. 200 on laadunvarmistus- tai tarkastustehtävissä, n. 500 suunnittelu- ja tutkimustehtävissä sekä loput n. 1400 tuotannossa. Tehtaalla tehdään pääasiassa kolmivuorotyötä, koska useat valmistusprosessit, kuten paksujen hitsien hitsaukset, on tehtävä yhtäjaksoisesti alusta loppuun.

Breda Termomeccanicalla kiinnitetään suurta huomiota tuotteiden laatuun. Niinpä tehdas on ensimmäisenä Euroopassa saavuttanut ASME:n hyväksynnän ydinvoimaloiden luokkien 1, 2 ja 3 komponenttien valmistajana.

## Valmistuksen esittely

Paineastiat valmistetaan tehtaalla yhdestä levystä taivutetuista lieriöistä. Tehtaan valssilla voidaan taivuttaa levyä kylmänä aina 160 mm:n paksuuteen asti ja tästä ylöspäin kuumana, kun myötöraja on 52 kg/mm<sup>2</sup>. Paksuin taivu-



tettu levy on ollut 320 mm. Tällöin jouduttiin lieriö valmistamaan kahdesta levystä, koska riittävän suuria levyjä ei ole saatavissa. Valssin leveys rajoittaa valmistettavan lieriön korkeudeksi 2.5 m. Paineastioiden päätyjä ei tehtaalla valmisteta. Paineastioiden pitkittäis- ja poikittaissaumat hitsataan tehtaan suunnittelemissa jauhekaarihitsauslaitteistoilla. Suurin valmistettu paineastia on ollut v. 1976 Länsi-Saksaan Kruemmelin 1300 MWe:n ydinvoimalaitokselle toimitettu reaktoripaineastia, jonka mitat ovat halkaisija 6.81 m ja korkeus 22 m.

Työkappaleen kuumennukseen, myöstöön ja normalisointiin on tehtaalla kaksi uunia joista pienemmällä (7x4.5x13 m kapasiteetti 150 tn) päästään 1300 °C:een ja suuremmalla (8x9x20 m, kapasiteetti 350 tn) 950 °C:een. Tehdashallin nostokapasiteetti valmiille tuotteille on 2x225 tn ja nostokorkeus 32 m.

Hitsauslaitteet ovat Bredan omaa kehitystyötä ja hitsaukset suoritetaan järjestään automaattisesti: Esimerkiksi automaattiset hitsausyksiköt paineastian pitkittäis- ja poikittaishitsien sisä- ja ulkopuoliseen hitsaukseen, paineastian yhteiden hitsaukseen, paineastian lieriöosan sekä päädyn ruostumattoman vuorauksen hitsaukseen.

Paineastian päädyn hitsaukseen on käytössä pyörivä hitsauspöytä, joka pitää hitsattavan kohdan vaakatasossa. Pöydällä hitsattavan suurimman työkappaleen mitat ovat minimi sisähalkaisija 3,0 m maksimi sisähalkaisija 5,7 m ja paino 250 tn. Käännettynä 90 ° kulmaan saa hitsattava kappale painaa enintään 110 tn.

Hitsausyksikköihin kuuluu automaattinen hitsauksen ohjauslaite, joka pystyy myös mittaamaan hitsattavan railon leveyttä ja sen avulla päättelemään tarvittavien palkojen lukumäärän, sekä automaattinen kuonanpoisto.

Uusinta kehitystä edustaa hitsausyksikkö, jolla plasmahitsauksella voidaan hitsata ruostumaton kerros sekä levyihin että putkien ulkopinnoille. Yksikköä käytetään ruostumattoman kerroksen hitsaamiseen höyrykehittimien putkilevyihin.

#### Toimitukset

Breda on toimittanut komponentteja sekä PWR-tyyppisille (KWU ja Westinghouse) että BWR-tyyppisille (GE) ydinvoimalaitoksille. Esimerkiksi reaktoripaineastioita kaikkiin voimalatyyppeihin. Tärkeimpiä asiakasmaita ovat olleet Länsi-Saksa, reaktoriastioita sekä höyrykehittäjiä, sekä Espanja höyrykehittimien, paineistimien ja reaktoripaineastioiden osia. Lisäksi on toimitettu ydinvoimalakomponentteja Ranskaan, Iraniin, Sveitsiin, Itävaltaan ja Englantiin. Kotimaassa Breda on toimittanut mm. Caorson ydinvoimalan reaktoripaineastian ja toimittaa uusiin rakennettaviin voimaloihin paineastiat, höyrykehittimet ja paineistimet.

Breda on toimittanut merkittävän osan Ranskan Superphoenix FBR-ydinvoimalaitoksen komponenteista.

Breda vie myös valmistustietouttaan ja laitteita. Esimerkteinä tästä ovat hitsauslaitteiden toimitukset Neuvostoliittoon Atommash-tehtaalle sekä konsultointi ja vienti Espanjaan ENSA:lle, Equipos Nucleares S.A., joka on ydinvoimalaitoskomponenttien valmistaja. Mainittakoon, että ATS:n Espanjan ekskursiolla 1981 vierailtiin ENSA:n tehtailla.

#### Tutkimus ja suunnittelu

Suunnitteluosastolla on käytössä suuri määrä elementtimenetelmään perustuvia ohjelmia rakenneanalyysien suorittamiseksi. Osa on ostettuja kuten ADINA ja ADINAT, mutta suuri osa on myös itse kehitettyjä.

Kaikille valmistettaville rakenteille tehdään huomattava määrä jännitysanalyysejä. Käytännössä suurin osa analyysistä tehdään 2-dimensiomalleilla ja kolmiulotteisuuden vaikutus otetaan huomioon erilaisina jännityskonsentraatio-kertoimina. Kertoimet on saatu 3-dimensioisilla malleilla tehdyistä analyyseista ja tuloksia on myös verrattu kokeellisesti saatuihin tuloksiin.

Rakenteille suoritetaan myös rutiinivaihteluna väsymisanalyysit perustuen vanhakantaiseen S-N-käyrien käyttöön. Murtumismekaniikkaan perustuvassa väsymisanalyysissä pyritään arvioimaan hyväksyttävä vikakoko, kun laitoksen on kestettävä 40 vuotta. Murtumismekaniikkaan perustuva väsymisanalyysi on tällä hetkellä vielä kehitysvaiheessa ja se perustuu yksinkertaisten käsikirjakaavojen käyttöön.

Yhtiön tutkimusbudjetti on kuluvana vuonna 4 milj. \$ ja tutkimuksen päätavoitteena on höyrykehityskonstruktio-  
parantaminen.

Tällä hetkellä tutkimusohjelmassa on viisi koelooppia joista kolme on jo toiminnassa. Tutkimusta harjoitetaan yhteistyössä ENEA:n Casaccia instituutin kanssa jossa vieraillessamme näimme ko. tutkimusloopeja. Suurin projekti on tällä hetkellä valmisteilla oleva 20 MW:n höyrynerottimen mittakaavassa 1:1 tutkimiseen tarkoitettu looppi, joka rakennetaan konventionaalisen voimalan yhteyteen höyrynsaannin takaamiseksi.

Yhtiön tutkimusohjelmaan kuuluvat myös automaattisten hitsauslaitteistojen ja uusien työskentelymenetelmien sekä aineettarikkomattomien tarkastusmenetelmien kehitys sekä lisäksi rakenneanalyysimenetelmien kehitys.

Tehtaan osoite:

ANSALDO, Steam Generation Breda Division  
336, Viale Sarca  
20126 Milan, Italy

**Kontaktihenkilöt:****ANSALDO**  
divisione breda  
generazione vapore

viale Sarca, 336  
20126 Milano - Italia  
tel. 02 - 6997 / 451  
telex 331280

**dr. Ing. STEFANO BERNI CANANI**  
Vice Direttore Commerciale

**ANSALDO**  
steam generation  
breda division

336, viale sarca  
20126 milan, italy  
phone (02) 6997 306  
telex 331280

**Dr. Ing. MARIO ROMANO**  
Commercial Manager

Voimalaitosos. S Koskinen/HTN 26.10.1982

## FRANCO TOSI FACTORY, LEGNANO

Franco Tosi S.p.A. on yksityinen konepaja-alan yritys, joka toimii Italiassa valtion omistaman ANSALDO-GROUP'in vastapainona, muodostaen kuitenkin ulkomaanprojekteissa tämän kanssa eräänlaisen konsortion ja omistamalla Ansaldoon kuuluvan NIRA'n (Nuclear Components) osakkeita.

Vuonna 1874 perustettu yhtiö on vähitellen kasvanut 4500 työntekijän yritykseksi, jonka omistaman tehdasalueen 35 hehtaarista noin puolet on rakennettua. Tehtaiden lisäksi sijaitsevat Legnanossa myös valimo ja lämpökäsittelylaitos siihen liittyvine laboratorioineen sekä uudenaikainen virtausteknillinen laboratorio. Tehtaan tutkimus- ja kehityskeskus samoinkuin tietojenkäsittelykeskuksinkin tukevat suunnittelutoimintaa.

Franco Tosi on sodanjälkeisen kasvun aikana ratkaissut kehittämispulmansa solmimalla yhteistyö- ja lisenssisopimuksia mm. seuraavien yritysten kanssa:

- Westinghouse: höyryturpiinit, lauhduttimet, lämmönvaihtimet, puhaltimet ja kosteudeneortin-välitulistimet
- Combustion Engineering: kattilat
- The Air Preheater Company: Ljungström-ilmanesilämittimet

Edellälueteltujen päätuotteiden lisäksi kuuluvat valmistusohjelmaan myös diesel-moottorit, vesiturpiinit, pumput ja venttiilit, kompressorit, vedenkäsittelylaitokset ja työstökoneet. Myös kokonaisten laitosten toimitukset ovat ohjelmistossa. Kyetäkseen toimimaan myös YVL-komponenttien parissa on tehtaalla asianmukainen laadunvarmistusjärjestelmä käsikirjoitettu ja ASME-stamps'eineen (S-U ja U2).

Tehtaskäynti kohdistettiin pääosin turpiinitehtaaseen, jossa isäntänä toimi tohtori-insinööri Marenzi (di).



TEOLLISUUDEN VOIMA OY  
INDUSTRIENS KRAFT AB  
TVO POWER COMPANY

MATKAKERTOMUS

Tuotanto-osasto  
Taisto Jokitulppo

28.10.1982

VIERAILU FIAT TTG:LLÄ 7.10.1982

#### YHTIÖN TOIMINTA

Fiat TTG:n toimintaa esitteli Giuseppe Previti.

Fiat TTG:llä on kaksi n. 150 000m<sup>2</sup> ja 95 000m<sup>2</sup> tehdaslaitosta Italiassa Torinossa. Henkilökuntaa n. 1 600.

Tehdaslaitos (konepaja) on jakautunut pääpiirteissään kahteen tuotantoyksikköön. Westinghouse Electric ydinvoimalaitoksen reaktorin sisäosien sekä reaktorijärjestelmien kuten venttiilien, pumppujen ja säätösauvojen toimilaitteiden valmistukseen, sekä näiden laitteiden koekäyttö laboratoriossa normaalikäyttöolosuhteissa. Toisen suuren alueen tehtaantuotannosta muodosti kaasuturpiinien valmistus ja koekäytöt.

#### YDINVOIMALAITOSTEN REAKTORIN LAITTEIDEN TUOTANTO

Fiat TTG:n suuri aktiviteetti muodostui ydinvoimalaitoksen laitteista jakaantuen seuraavasti:

- polttoaine-elementtien ja säätösauvojen mekaaniset osat
- säätösauvojen käyttölaitteet
- sydämen sisäosat
- primääri pumput
- venttiilit ja ulkopuoliset pumput
- uudelleen latauksen ja käytetyn polttoaineen varastoinnin laitteet

- erikoiskomponentit kuten polttoaine-elementtien sekä nopean hyötyreaktorin sydämen testaus ja käsittelylaitteet

Em. tuotteet edellyttävät erikois työmenetelmät ja laitteet kuten:

- Superphenix reaktorin polttoaine-elementin jalkaosan sähköhitsaus
- kipinätyöstömenetelmä säätösauvojen ohjausputkien tukilevyjen työstön
- automaattihitsaus käytetyn polttoaineen säilytyselementeille
- raskaiden komponenttien porauslaite sydämen ylä- ja alakannatinlevyjen poraukseen

Em. erikoistyöstökoneet oli Fiat TTG itse suunnitellut ja toteuttanut.

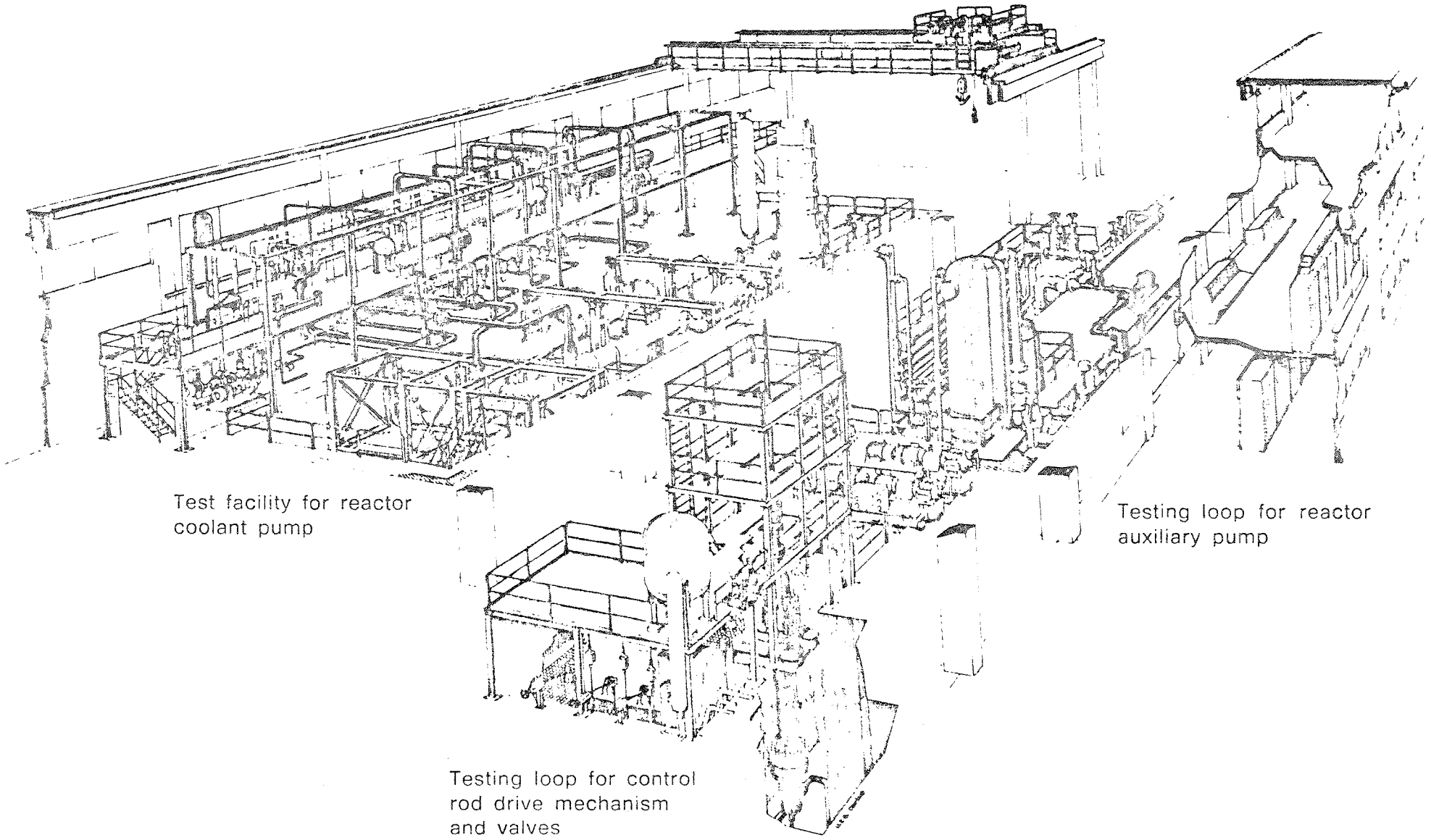
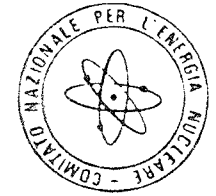
#### YDINVOIMALAITOKSEN KOMPONENTTIEN TESTAUS

Fiat TTG:n testauslaitelaboratorio, joka sijaitsee Torinossa, mahdollistaa seuraavat reaktoriin liittyvien laitteiden testiajot:

- reaktorin jäähdytuspumppujen testi "looppi"
- reaktorin ulkopuolisten pumppujen testi "looppi"
- säätösauvojen ja venttiilien testi "looppi"

Liitteissä: testilooppien suunnittelu arvot.

# TESTING AND ASSEMBLING HALL FOR NUCLEAR COMPONENTS: Prospective view



Test facility for reactor coolant pump

Testing loop for reactor auxiliary pump

Testing loop for control rod drive mechanism and valves

90



TEST FACILITY FOR REACTOR COOLANT PUMPS  
MAIN CHARACTERISTICS OF THE PRIMARY LOOP

- Design code	: ANCC - ANSI B 31 - 1 ASME VIII DIV. 1
- Design pressure	: 192 bar
- Design temperature	: 345 °C
- Piping inside diameter	: 800 mm
- Cross section	: ~ 0,5 m <sup>2</sup>
- Maximum electric Power (steady state) (start - up)	: 6,000 V - 50 Hz 12.5 MVA 50 MVA
- Total volume	: ~ 40 m <sup>3</sup>
- Thermal transient (maximum rate)	: 55 °C h
- Piping material	: SA 182 F1 clad with AISI 309 L
- Total weight of the primary loop (excluding pump)	: 136.5 t
- Fluid	: Demineralized water
- Flow rate measurement	: Venturi tube
- Flow rate regulation	: Angle-cage valve (Fig. 4)

# TEST FACILITY FOR REACTOR COOLANT PUMPS

## FLOW REGULATING VALVE: Main characteristics

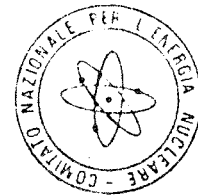
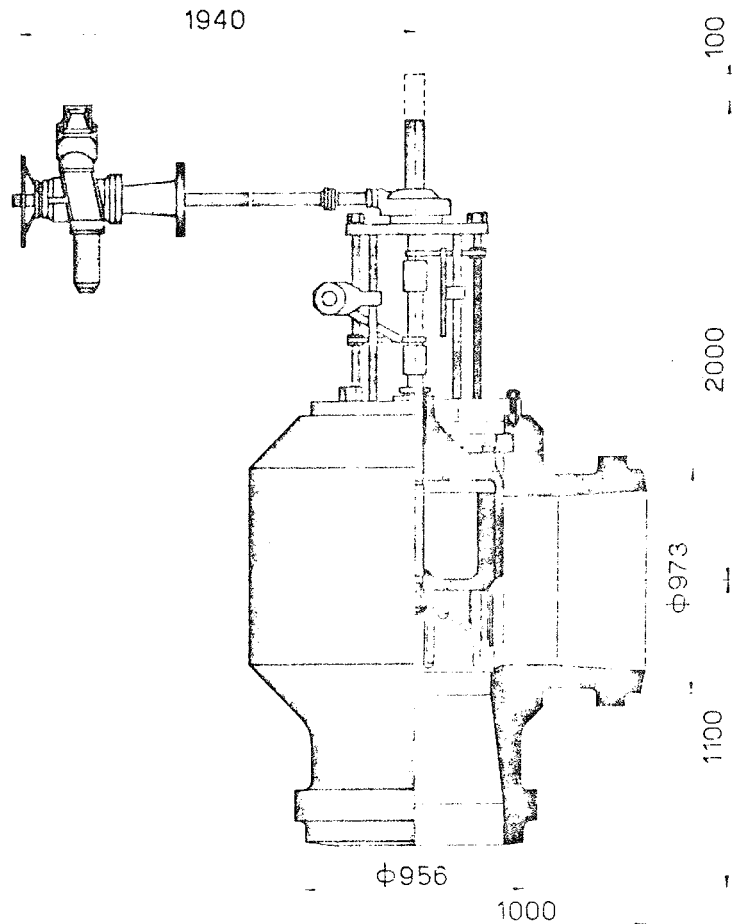
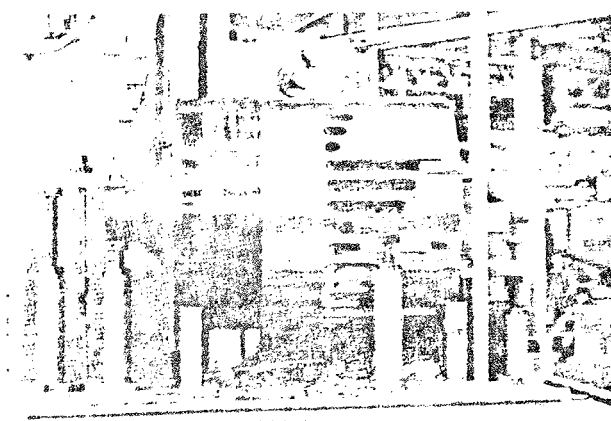
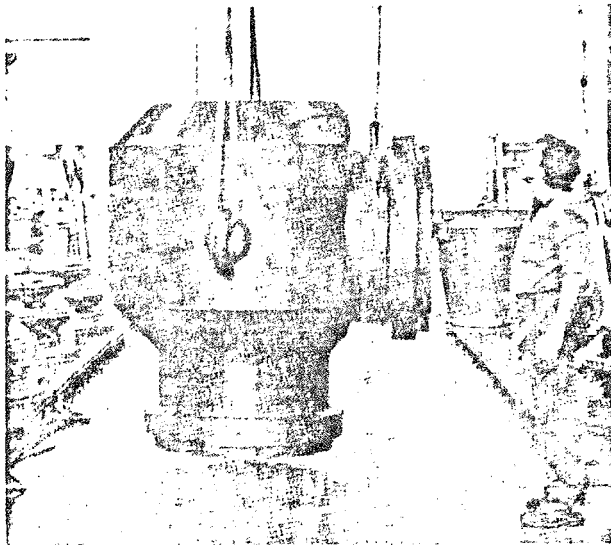


Fig. 4



- Type : Angle-cage
- Cv max : 16,000
- Cv min : 120
- Design pressure : 182 bar
- Design temperature : 345 °C
- Body material : SA 182 F1 clad with stainless steel (AISI 309 L)
- Internals material : AISI 304
- Total weight (dry) : 13 t

The design data of CPPA are shown in Table 3.

TABLE 3  
DESIGN DATA

PIPING		
(down-stream of the regulating valve)	- Size	Up to 16" SCH.30
	- Material	A 106 Gr B
COMPONENTS		
- Cold tank	- Pressure	20 bar
	- Temperature	100°C
	- Volume	30 m <sup>3</sup>
	- Material	Fe510-2kW UNI 5869
- Hot Tank	- Vacuum	1 bar
	- Int. pressure	20 bar
	- Temperature	200°C
	- Volume	30 m <sup>3</sup>
	- Material	Fe510-2kW UNI 5869
- Flow measurement station	- Pressure	30 bar
	- Temperature	200°C
	- Max flow rate	3.000 m <sup>3</sup> /h
	- Min. flow rate	30 m <sup>3</sup> /h
	- Measurement elements	Venturi tube
	- Number of elements	4
	- Straight pipe lengths (up stream)	20 Diam
	- Accuracy	2%
THERMAL SHOCK	- Steps	50-5-180°C

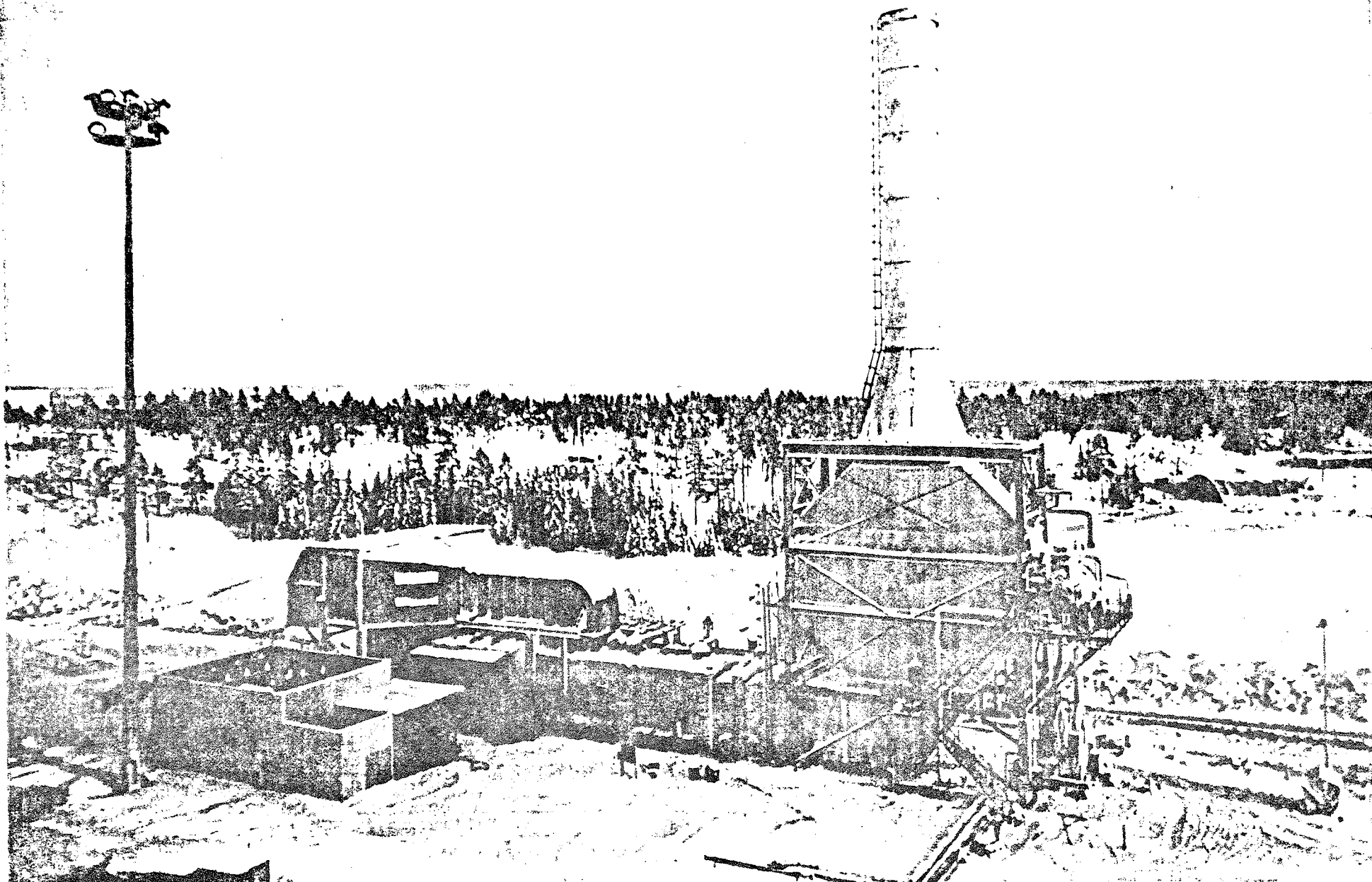
FIAT TTG

GAS TURBINE SALES PER AREA (\*)

AREA	COUNTRIES	UNITS SOLD	EQUIVALENT HP SOLD
WEST EUROPE	8	51	2,900,000
EAST EUROPE	3	10	300,000
LATIN AMERICA	4	74	2,000,000
MIDDLE EAST	7	88	3,500,000
ASIA-OCEANIA	5	21	500,000
AFRICA	5	38	1,000,000
TOTAL	32	282	10,200,000

(\*) On June 30th, 1982

99



PORVOO FINLAND

KULLOO NESTE OY POWER PLANT EQUIPPED WITH ONE FIAT 35MW TG 20 GAS TURBINE WITH HEAT RECOVERY BOILER  
CENTRALE DI KULLOO DELLA NESTE OY, CON UNA TURBINA A GAS TG.20 DA 35MW E CALDAIA DI RECUPERO