

# ATS

## Ydintekniikka n:o 1/1976

<u>YDINTEKNILLINEN TUTKIMUS SUOMESSA</u>		
	ATS:n kokous 1975-09-18	
TEOLLISUUS	J. Kuusi	s. 1
VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS	P. Silvennoinen	s. 13
MERENTUTKIMUSLAITOS	J. Launiainen	s. 19
ILMATIETEEN LAITOS	G. Nordlund	s. 23
HELSINGIN YLIOPISTON RADIOKEMIAN LAITOS	J.K. Miettinen	s. 26
VALTION RAHOITUSJÄRJESTELYISTÄ	B. Palmén	s. 30
<u>KATSAUS SUOMALAISTEN YDINVOIMAPROJEKTtien NYKYTILANTEESEEN</u>		
	ATS:n kokous 1975-10-16	
HELSINGIN SEUDUN YDINKAUKOLÄMPÖ-HANKE	L. Nevanlinna	s. 36
LOVIISA-PROJEKTI	K. Nurmimäki	s. 59
TEOLLISUUDEN VOIMA OY:N PROJEKTIT	M. von Bonsdorf	s. 62
FINNATOMIN TOIMITUKSET YDINVOIMA-PROJEKTEIHIN	S. Wilhelmson	s. 70
<u>HELSINGIN YLIOPISTON RADIOKEMIAN LAITOKSEN ESITTELY</u>		
	ATS:n kokous 1975-11-20	
LAITOKSEN TOIMINNASTA	J.K. Miettinen	s. 80
PLUTONIUMIN ESIINTYMINEN YMPÄRISTÖSSÄ	T. Jaakkola	s. 85
SÄTEILYTUTKIMUKSISTA	T. Autio	s. 90
PALAMA-ANALYTIikka	O. Heinonen	s. 94
<u>KONFERENSSIREFERAATTEJA</u>		
	ATS:n kokous 1975-12-18	
REAKTORTAGUNG 1975	J. Toppila	s. 98
EUROPEAN NUCLEAR CONFERENCE/ENS 1975	J. Kuusi	s. 107
NUCLEX 1975	R. Tarjanne	s. 112

## TEOLLISUUDEN YDINTEKNILLINEN TUTKIMUS- JA KEHITYSTOIMINTA SUOMESSA

### 1. Johdanto

Alustukselle annettua suhteellisen yleistä otsikkoa tullaan seuraavassa käsittelemään lähinnä Oy Finnatom Ab:n näkökulmasta. Tämä rajaus ei käytännössä valtakunnallisestikin asiaa tarkasteltaessa ole kuitenkaan kovin merkittävä, sillä hallitseva osa alalla valmistavan teollisuuden piirissä suoritetusta tutkimus- ja kehitystyöstä on tapahtunut ja tapahtuu Finnatomin puitteissa.

Ehkä lähinnä seuran nuorimpia jäseniä silmällä pitäen on syytä ainakin kertauksen vuoksi todeta, että Finnatom on kahdeksan suomalaisen suuryrityksen (A. Ahlström Osakeyhtiö, Oy Nokia Ab, Rauma-Repola Oy, Oy W. Rosenlew Ab, Oy Strömberg Ab, Oy Tampella Ab, Valmet Oy, Oy Wärtsilä Ab) omistama non-profit periaatteella toimiva yhtiö, jonka tehtävänä on kehittää, koordinoida ja suorittaa osakasyhtiöittensä ydinteknillisten tuotteiden markkinointia ja näihin liittyvää tutkimus- ja kehitystoimintaa. Todettakoon lisäksi että Finnatomilla on yhteistyösopimus Neles Oy:n ja Tehdasputkitus Oy:n kanssa.

### 2. Finnatomin toimitusvalmius - nykytila ja kehittämissuuntaviivat

Koska yrityksen tutkimus- ja kehitystoiminnan suuntaviivat määräytyvät sen tuotealueen ja erikoisesti tämän laajentamis- ja kehittämissuunnitelmien perusteella lienee paikallaan lyhyesti tarkastella Finnatomin tähän astista toiminta-aluetta ja sen laajentamissuunnitelmia.

Vuonna 1958 suoritettulla, tällä hetkellä jo teknilliseen museoon siirretyn teknillisen korkeakoulun eksponentiaalimiilun toimittamisella aloitettu työ jatkui Otaniemen TRIGA-reaktorin tankin ja jäähdytyspumppujen toimituksilla ja laajeni tästä aluksi ydinvoimalaitosten eräiden konventionaalisten komponenttien toimituksiin. Tiedon, taidon ja kokemuksen karttuessa siirryttiin myös vaativien nukleäärysten komponenttien ja osasysteemien valmistukseen. Suoritettut ja tilauksessa olevat toimitukset ovat tapahtuneet tai tapahtuvat lähinnä Loviisaan rakennettaviin Neuvostoliiton toimittamiin PWR-laitoksiin ja Suomeen ja Ruotsiin ostettuihin Asea-Atomin BWR-laitoksiin. Edellisiin varsinaisesti liittyvistä Finnatomin toimituksista mainittakoon pääkiertopumput, polttoaineen vaihtokone, in-core instrumentointi ja prosessitietokonejärjestelmä sekä jäälauhdutinsuojakuorijärjestelmä läpivienteineen. BWR-lai-

laitoksille karakterisista toimituksista mainittakoon reaktorin sisäosat sekä säätösauvajärjestelmään liittyvät putkimaiset komponentit. Molempiin reaktorijärjestelmiin soveltuvista toimituksista tuotakoon esiin polttoainealtaiden luukut, suojakuoren henkilö- ja tavarasulut, reaktorihallin polaarinosturi, aktiivisten tilojen ilmastoinnit, erilaiset lämmönvaihtimet ja pumput sekä muuntajat, generaattorit ja kytkentäkentän laitteistot.

Jatkossa on toimintaa tarkoitus lisätä toisaalta laajentamalla nykyisten tuotteiden myyntialuetta ja toisaalta pyrkimällä komponenttitoimitusten ohella ja sijasta laajempien järjestelmien toimituksiin kaukana siintävänä päämääränä reaktorijärjestelmien kokonaistoimitukset. Viimeksi mainittu edellyttää luonnollisesti tutkimus- ja kehitystyön ratkaisevaa lisäystä sekä kiinteää yhteistoimintaa eri tutkimuslaitosten ja ainakin jonkun kokeneen reaktorijärjestelmätoimittajan kanssa. Huomattakoon, että yhteistoimintaa mm. valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) kanssa on jo merkittävästi tehostettu puitesopimuksella sekä useiden yksityiskohtaisempien yhteistyösopimusten ja järjestelyjen välityksellä.

Edellä kuvatut toiminnan laajentamispyrkimykset edellyttävät sekä käynnissä olleen perusvalmiutta lisäävän ja komponentti- ja osajärjestelmäkohtaisen tutkimus- ja kehitystoiminnan laajentamista ja syventämistä sekä reaktorijärjestelmiin liittyvän tutkimus-, selvitys- ja kehitystyön voimakasta käynnistämistä. Käynnissä ja suunnitteilla olevaa tutkimus- ja kehitystyötä lieneekin parasta tarkastella erikseen näiden kolmen toisistaan luonteeltaan eroavan pääluokan osalta.

### 3. Perusvalmiutta lisäävä tutkimus- ja kehitystoiminta

Turvallisuuteen ja luotettavuuteen liittyvien tiukkojen määräysten ja normien täyttäminen edellyttää ydinteknisten komponenttien ja järjestelmien suunnittelussa ja valmistuksessa käytettävän tiettyjä erikoismenetelmiä ja proseduureja, jotka vaativat käyttäjältä sekä syvällistä tietoa että harjaannusta. Tällaisista välttämättömistä taustaelementeistä mainittakoon komponenttien rakenneanalyysimenetelmien, erikoiskomponenttien valmistustekniikan sekä laadunvarmistusmenetelmien hallitseminen, joiden kaikkien saavuttamiseksi on ollut ja on edelleen välttämätöntä suorittaa aktiivista kehitystoimintaa. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin näillä sektoreilla suoritettua ja suoritettavaa työtä.

#### 3.1 Rakenneanalyysimenetelmät ja näihin liittyvät normikysymykset

Ydinteknisille, erikoisesti primääripiirin painetta kantaville komponenteille on suoritettava varsin perusteellinen jännitys-analyysi minkä laajuutta havainnollistaa kuva 1 /1/. Tämä edellyttää sekä lujuusopillista tietämystä, että tehokaiden

ja luotettavien laskentamenetelmien (elementtimenetelmät ym.) hallitsemista ja eri normijärjestelmien ja määräysten sisällön ja soveltamisperiaatteiden tuntemusta. Kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) tukemana on Finnatomien piirissä ollut käynnissä kolmen vuoden ajan kehitysprojekti, jonka puitteissa tarvittavaa valmiutta on luotu. Kuvassa 2 on esitetty projektin yhteydessä kehitettyjä tai hankittuja sekä käyttöön otettuja tietokoneohjelmia. Vaativin tähän asti suoritettu tehtävä on ollut Loviisaan toimitettavien primäärikiertopumppujen pesän kolmidimensionaalinen analyysi, minkä suorittamista symbolisoi kuvan 3 esittämä elementtiverkko.

Rakenneanalyysin piiriin kuuluvista erikoisalueista mainittakoon vientipyrkimysten yhteydessä vastaan tulleet vaativat seismiset tarkastelut. Tällä sektorilla suoritettua työtä havainnollistaa latauskoneen seismiseen analyysiin liittyvä kuva 4 /2/.

Lujuuslaskujen antaman suuren tulospäämäärän vertaaminen eri normistojen vaatimuksiin voi helposti muodostua erittäin hankalaksi ja aikaa vieväksi tehtäväksi. Työn jouduttamiseksi on projektin puitteissa tarkoitusta varten kehitetty jälkikäsitteilyohjelmia, joiden käyttökelpoisuutta havainnollistaneen kuvan 5 esittämä ohjelmatulostus.

Projektin puitteissa on jo tähän mennessä saavutettu tietty hyödynnettävissä oleva valmius, mitä kuitenkin on välttämätöntä lisätä laajempaan toimitusvastuuseen pyrittäessä. Jatkossa tulee etusijalla olemaan ohjelmien käyttövalmiuden lisääminen ja rakenneanalyttisen laskentakokemuksen kasvattaminen, suunnittelu-, laskenta- ja raportointityön suorittamisen tekeminen joustavaksi ja vaihtokelpoiseksi eri normijärjestelmien (esim. ASME/GOST) puitteissa sekä riittävän tiedon ja taidon saavuttaminen erikoiskysymysten (mm. seismiset tarkastelut) osalta.

Huomattakoon, että toiminnasta rakenneanalyysin piirissä on luonnollisesti suoranaista hyötyä myös "konventionaalisen" teollisuuden lujuuslaskuille. Tästä on jo nähtävissä konkreettisia esimerkkejä.

### 3.2 Paksuseinäisten komponenttien valmistustekniikka

Tyypillistä ydinteknisten paksuseinäisten komponenttien valmistukselle on se, että valmistusprosessi on suunniteltava ja dokumentoitava ennalta viranomaisille toimitettaviksi kirjallisiksi valmistusohjeiksi. Jotta tähän pystyttäisiin tulee luonnollisesti omata tietoa ja kokemusta teollisuusmittakaavassa tapahtuvasta valmistusprosessista. Näiden hankkimiseksi on Finnatomien piirissä KTM:n tukemana ollut käynnissä mm. tutkimus- ja kehitysprojekti, minkä puitteissa valmistettiin teollisuusolosuhteissa mm. kuvan 6 esittämä paineastiakoeylinteri yhteineen ja suoritettiin laajoja liitos- ja päällehitsauskokeita. Kuva 7 valaisee projektin yhteydessä suoritettuja kokeita ja tarkastuksia ja kuva 8 vielä

synterin lämpökäsittelyohjelmaa /3/.

Kuvatun projektin ja muun suoritetun tutkimus- ja kehitystyön avulla on saavutettu taso, jolta voidaan lähteä reaalisesti valmistelemaan paksuseinäisten komponenttien tuotantoa.

### 3.3 Laadunvarmistus

Ehdoton edellytys ydinvoimalaitoskomponenttien ja erikoisesti laajempien järjestelmien toimituksella on laadunvarmistusmenetelmien ja -proseduurien korkea taso ja aukottomuus kautta koko suunnittelu- ja valmistusprosessin. Finnatomien tapaisessa useita erillisiä valmistavia yhtiöitä käsittävässä ryhmittymässä asettaa erikoisesti laajempiin järjestelmätoimituksiin pyrkiminen huomattavia vaatimuksia laadunvarmistusjärjestelmien kehittämiseksi, yhdenmukaistamiselle sekä ylläpitämiseksi.

Osakasyhtiöiden omatoimisesti suorittaman työn lisäksi on Finnatomien piirissä käynnissä KTM:n tukema koordinoiva projekti minkä tarkoituksena on edelleen kehittää ja yhdenmukaistaa laadunvarmistusjärjestelmiä ja näiden osia Finnatomien piirissä. Tällä työllä on erittäin suuri merkitys toiminnan laajentamispöyrkimysten kanalta.

### 4. Komponentti- ja osajärjestelmäkohtainen tutkimus- ja kehitystyö

Suoritetuista tai päätösvaiheessa olevista komponentti- ja osajärjestelmäkohtaisista kehitysprojekteista on tuloksina nähtävissä nykyiset markkinoinnissa olevat tuotteet kuten suojakuorijärjestelmä henkilösulkuineen, erilaiset reaktorin (BWR) sisäosakomponentit, pääkiertopumput (PWR), polttoaineen vaihtokone ym. Käynnissä tai käynnistysvaiheessa oleville tähän luokkaan kuuluvilla projekteilla on tarkoitus täyttämällä komponentti- ja osajärjestelmävalikoimassa olevia aukkoja tehdä mahdolliseksi tuotevalikoiman yhdistäminen laajemmaksi järjestelmäksi. Esimerkkeinä näistä mainittakoon primääripiirin paksuseinäisten komponenttien ennakkotarkastusaineiston laatimiseen tähtäävä projekti, jätteen käsittelymenetelmien kehitystyö sekä kotimaiseen voimalaitosinstrumentointiin tähtäävä toiminta.

Ensiksi mainitun tarkoituksena on luoda valmius primääripiirin paksuseinäisten komponenttien valmistukseen (erikoisesti VVER-reaktorit) selvittämällä, suunnittelemalla ja dokumentoimalla valmistusprosessin kulku ja suorittamalla vaadittavat etukäteistarkastelut ja laskelmat ottaen huomioon ASME- ja GOST-normien esittämien vaatimusten yhtäaikainen täyttäminen. Työ on suunniteltu tehtäväksi komponenttien ennakkotarkastusaineiston laatimisen puitteissa. Tarkoitus on olla mahdollisimman läheisessä yhteistyössä viranomaisten, voimayhtiöiden ja tutkimuslaitosten kanssa. Päämääränä olisi se, että tarpeellisia vuoropuheluja yms. toimintoja

näiden osapuolten välillä primääripiirin komponenttien valmistukseen liittyen saataisiin käynnistettyä projektin puitteissa mahdollisimman aikaisin ja tehokkaasti ennen varsinaisten toimistusten alkua.

Käynnissä jo parin vuoden ajan olleen jätteiden käsittelymenetelmien kehitysprojektin jatko-ohjelman tarkoituksena on selvittää, tutkia (myös kokeellisesti) ja kehittää voimalaitospaikalla laitoksen normaalin käytön aikana syntyneiden keski- ja alhaisaktiivisten lietemäisten jätteiden käsittelyä. Työssä on tarkoitus olla kiinteässä yhteistyössä VTT:ssä alalla toimivan ryhmän kanssa.

Kotimaisen voimalaitosinstrumentoinnin kehittämisprojektin puitteissa on tarkoitus asianmukaisen selvitys- ja tutkimustyön pohjalta koordinoida ja suunnata Finnatomien instrumentointialueella toimivien yritysten kehitystoimintaa siten, että edettäisiin määrätietoisesti kohti kotimaisia ydinvoimalaitosten kokonaisinstrumentointitoimituksia - aluksi yhteistyössä jonkun kokeneen instrumentointitoimittajan kanssa.

#### 5. Reaktorijärjestelmiin liittyvä selvitys-, tutkimus- ja kehitystyö

Toiminta käsittää ajankohtaisiin ja mahdollisesti ajankohtaisiksi tuleviin reaktorijärjestelmiin liittyvää selvitys-, tutkimus- ja kehitystyötä pitäen silmällä komponentti- ja järjestelmätoimistusten tarpeita sekä näköpiirissä olevia ydinvoimalaitoshankkeita. Ensimmäisenä päämääränä on sellaisen tietotason saavuttaminen, jonka perusteella voidaan mahdollisimman aikaisin ja määrätietoisesti käynnistää ja suunnata valmistukseen tähtäävää kehitystyötä.

Tällä hetkellä on vielä hieman aikaista puhua konkreettisista järjestelmiin liittyvistä suunnitelmista. Todettakoon vain erittäin kiinteät neuvottelut pohjoismaisen lämmitysreaktoriprojektin käynnistämiseksi sekä edellä jo esille tullut VVER-reaktoreiden primääripiiriin liittyvä kehitystyö.

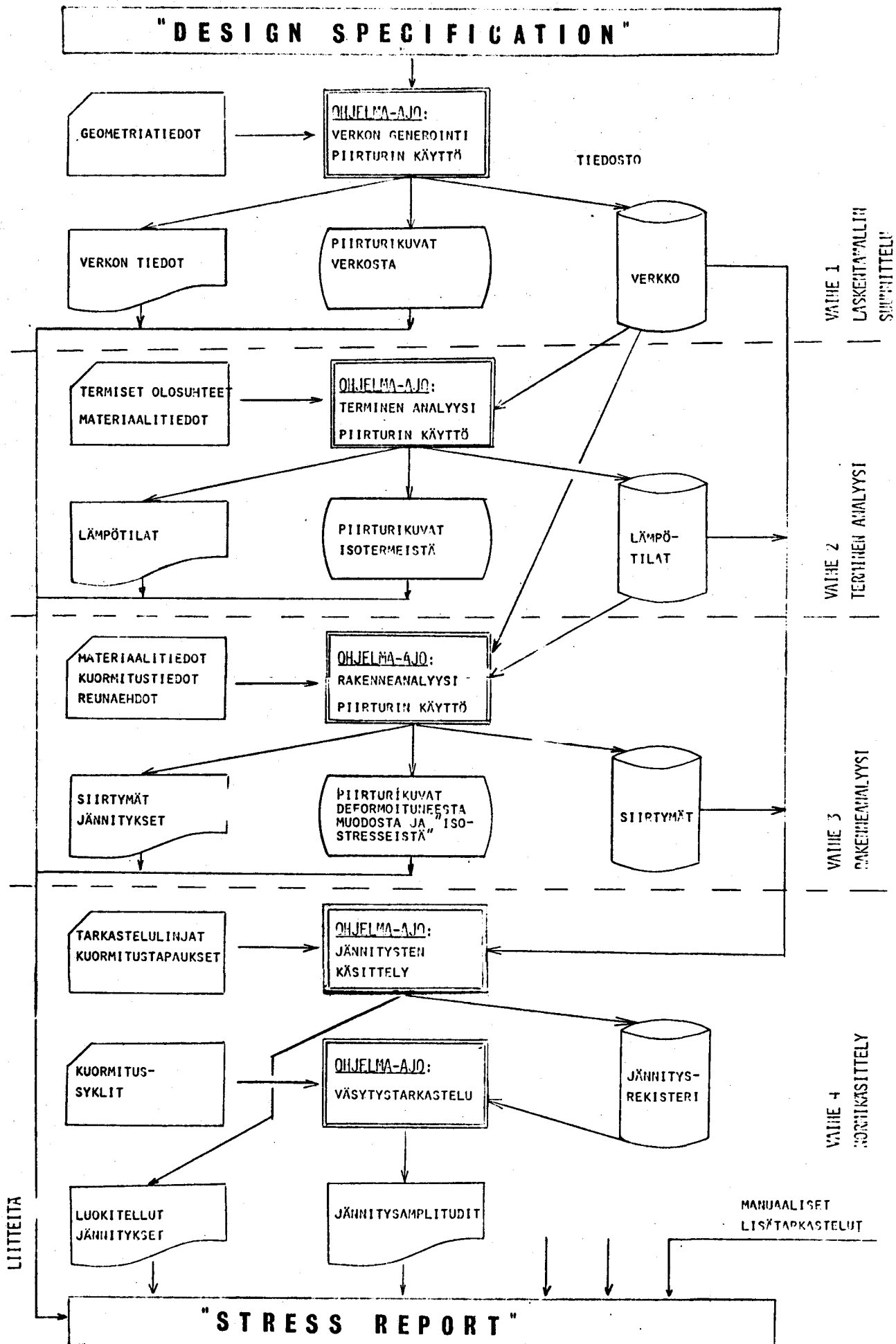
#### 6. Yhteenveto

Maamme energiahuollon ja kauppataseen kannalta erittäin tärkeät ydinteknisen valmistavan teollisuuden toimialueen laajentamissuunnitelmat kohti reaktorijärjestelmätoimituksia vaativat toteutuakseen huomattavaa tutkimus- ja kehitystyötä. Tämä on suoritettavissa vain käyttämällä tehokkaasti kaikkia maassa olevia resursseja, mikä edellyttää kiinteätä yhteistyötä mm. teollisuuden ja tutkimuslaitosten kesken. Myös kansainvälisen yhteistoiminnan tarjoamat mahdollisuudet tulee käyttää tarkoin eri tasoilla.

Tähänastinen työ alalla tarjoaa reaaliset lähtökohdat pyrkimyksille edellä esitettyihin tavoitteisiin. Oleellisen tärkeää on, että

valtiovalta edelleen tukee ja vielä merkittävästi lisää tukeansa valmistavalle teollisuudelle sen toiminnan ollessa tavallaan murrosvaiheessa tällä maan kannalta elintärkeällä alueella.

- /1/ Palo, H., FEM-ohjelmien käytöstä ydinvoimalaitosten erityispaineastioiden lujuuslaskentaan, Ydinvoimalaitosten mekaaniset komponentit, INSKO (1976)
- /2/ Torkkeli, E., Diplomityö, HTKK (1976)
- /3/ Murole, K., Paksuseinäisten komponenttien valmistustekniikka, kts /1/.



Kuva 1. Jännitysanalyysityön vaihejako



## FINNATOMIN LUNNOLIAKENTAOHJELMISTO

OHJELMA	Käytössä	STAATINEN ANALYYSI			DYNAMIINEN ANALYYSI			LEIKKITILA- JAKAUTUMAN LAKENTTA
		lineaarinen	epilineaarinen materiaali	suuret siirtymät	lineaarinen	epilineaarinen materiaali	suuret siirtymät	
FINNFEM I 1)	UNIVAC 1103 GE 600	E						E, B
FINNFEM II	UNIVAC 1103	E	E					
PAFEC 70+	UNIVAC 1103	A, B, C, D E, F, G			A, B, C, D E, F, G			B, E, G
SAP 4	UNIVAC 1108	A, B, C, E F, G			A, B, C, E, F, G			
NONSAP	UNIVAC 1108	A, B, G	A, B, G	A, B	A, B, G	A, B, G	B, G	

Rakennetyypit: A sauva- ja palkkirakenteet

B levyt

C laatat

D pyörähdyssymmetriset ohuet kuoret

E " " paksut "

F yleiset 3-dim. kuoret

G 3-dim. kappaleet

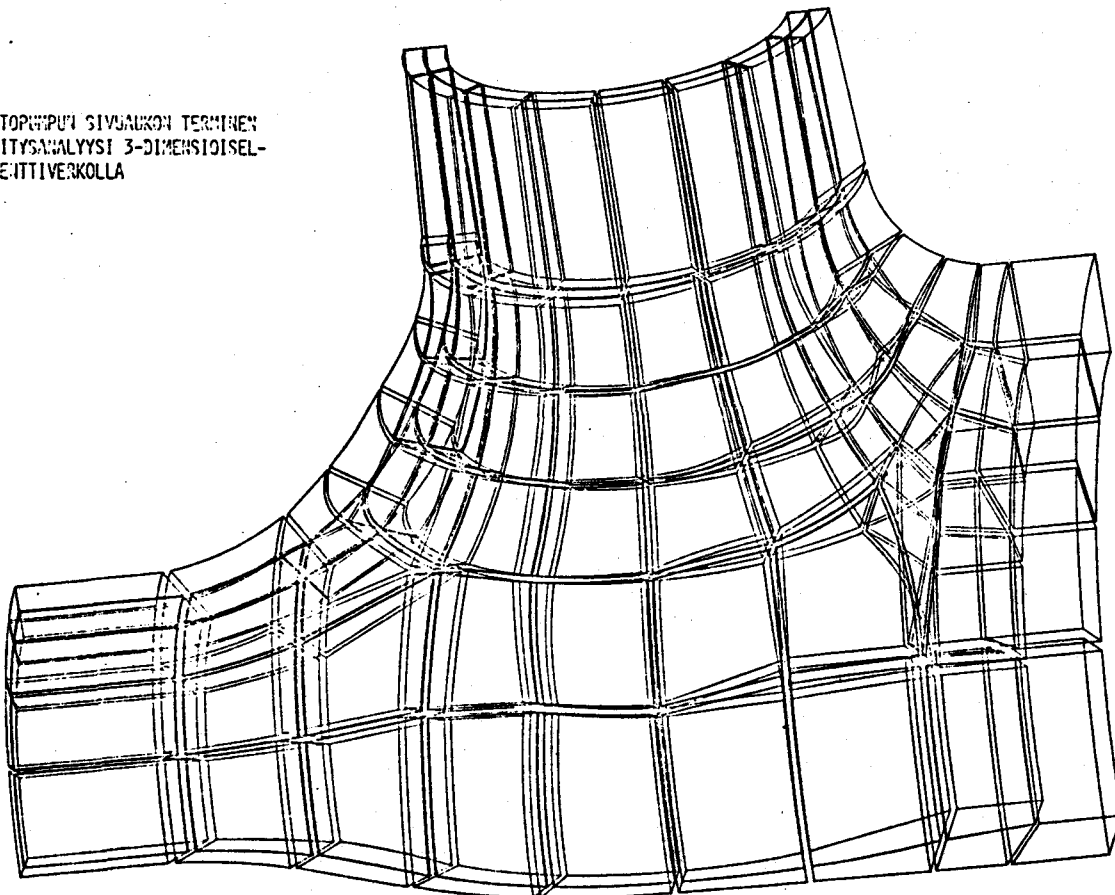
1) Jälkikäsitellyohjelma ASME Section 3 mukaan Class 1 komponenteille

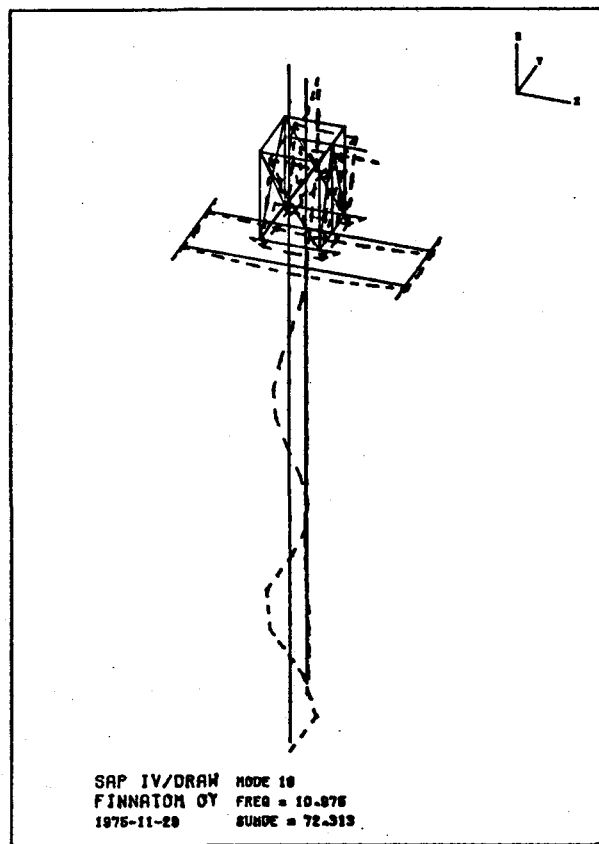
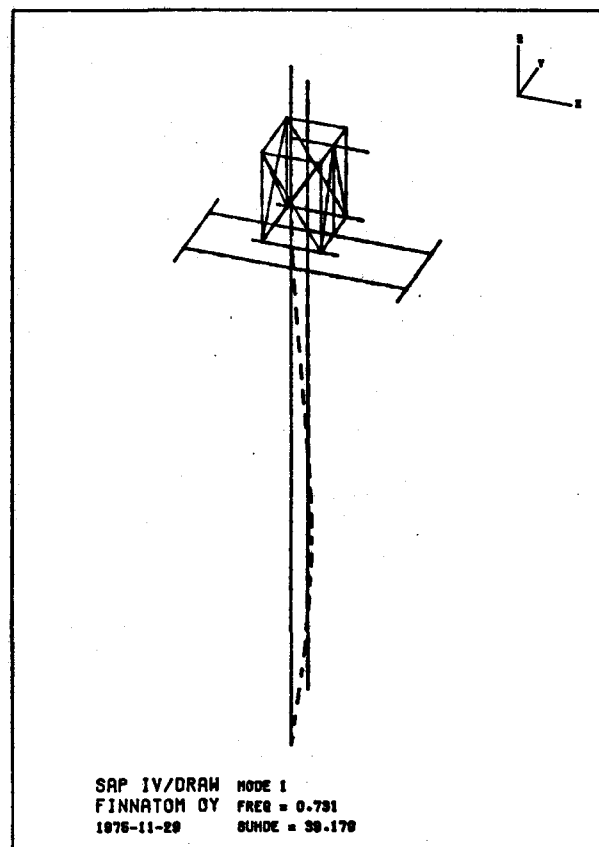
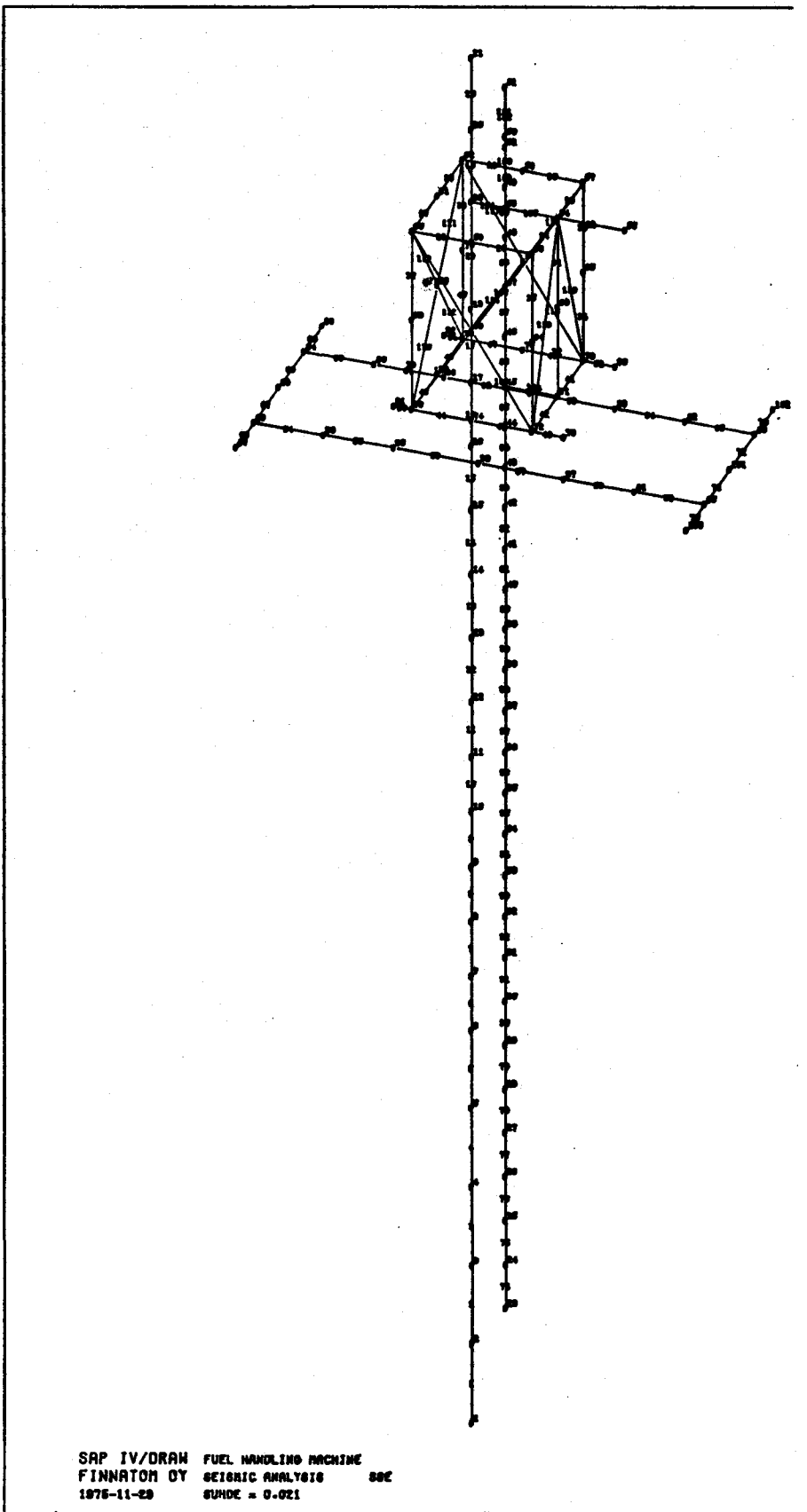
75-06-19  
HP/hk

## KUVIA 2

## KUVA 3.

PARAKIERTOPIIPUN SIIVOUKON TERMINEEN  
JA JÄÄHTYSANALYYSI 3-DIMENSOISEL-  
LA ELEMENTTIVERKOLLA





Kuva 4. LATAUSKONEEN SEISMINEN ANALYYSI  
 ELEMENTTIVERKKO JA KAKSI OMINAISVÄRÄHTELYMUOTOA

\*\*\*\*\*  
 \* PRESSURE VESSEL WITH FLAT HEAD \*  
 \* STRESS CLASSIFICATION \* DESIGN CONDITION \*  
 \* RESULTS FOR LINE 4 \* INSIDE PRESSURE P=105KP/CM2 \*  
 \*\*\*\*\*

STRESS CLASSIFIC.	STRESS COMPONENTS					PRINCIPAL STRESSES			STRESS DIFFERENCES		
	SR	SL	ST	SRL	ANGLE	S1	S2	S3	S12	S23	S31
MEMBRANE	134.2	577.5	293.6	145.8	73.3	621.2	90.6	293.6	530.6	203.1	327.6
MEMBRANE IN	-15.7	3922.2	631.1	58.6	89.1	3923.1	-16.6	631.1	3939.7	647.7	3292.0
AND BENDING OUT	-33.8	-2714.4	-38.5	1.7	89.9	-2714.4	-33.8	-38.5	-2680.6	-4.7	-2675.9
TOTAL IN	-15.7	4569.4	766.4	58.6	89.3	4570.1	-16.5	766.4	4586.6	782.8	3803.7
TOTAL OUT	-33.8	-2334.7	32.1	1.7	89.9	-2334.7	-33.8	32.1	-2300.9	-65.0	-2366.9

THE GREATEST STRESS INTENSITIES

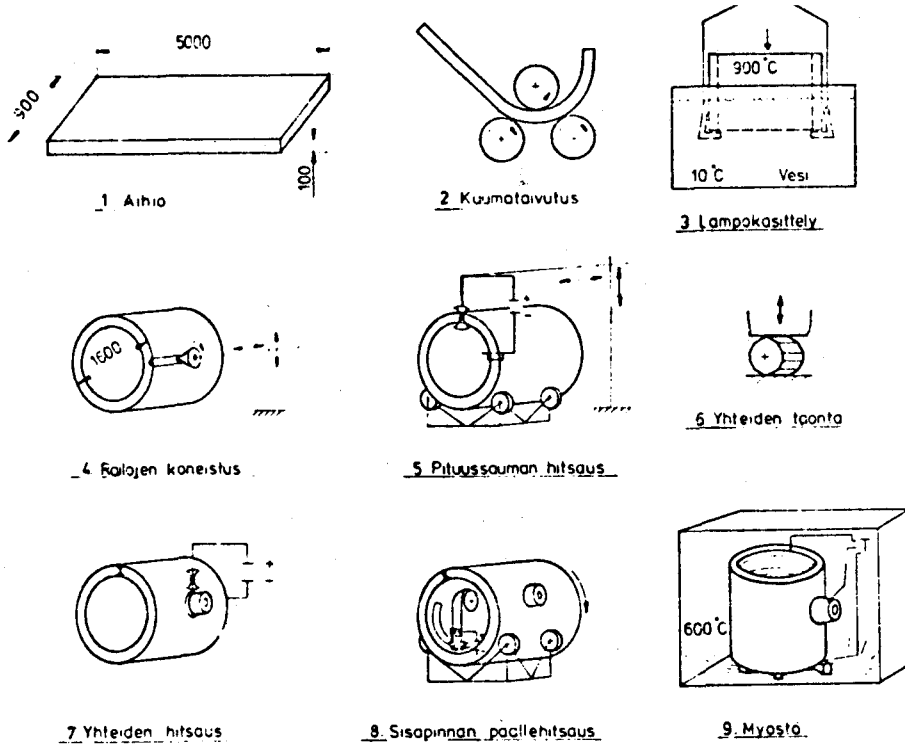
MEMBRANE	530.6	
MEMBRANE + BENDING	3939.7	INSIDE
TOTAL	4586.6	INSIDE

SR AND SL REFER TO THE DIRECTIONS PARALLEL AND PERPENDICULAR TO THE LINE RESPECTIVELY.  
 SRL ACTS SO AS TO CAUSE CLOCKWISE ROTATION OF A DIFFERENTIAL ELEMENT.

S1 AND S2 ARE THE PRINCIPAL STRESSES, AND S3 IS THE TANGENTIAL STRESS.  
 ANGLE IS MEASURED FROM THE STRESS LINE TO S1 COUNTERCLOCKWISE

THE STRESS DIFFERENCES ARE DIFFERENCES BETWEEN PRINCIPAL STRESSES S1, S2 AND S3.  
 THE SIGN OF A DIFFERENCE POINTS OUT THE QUALITY: TENSION OR COMPRESSION.

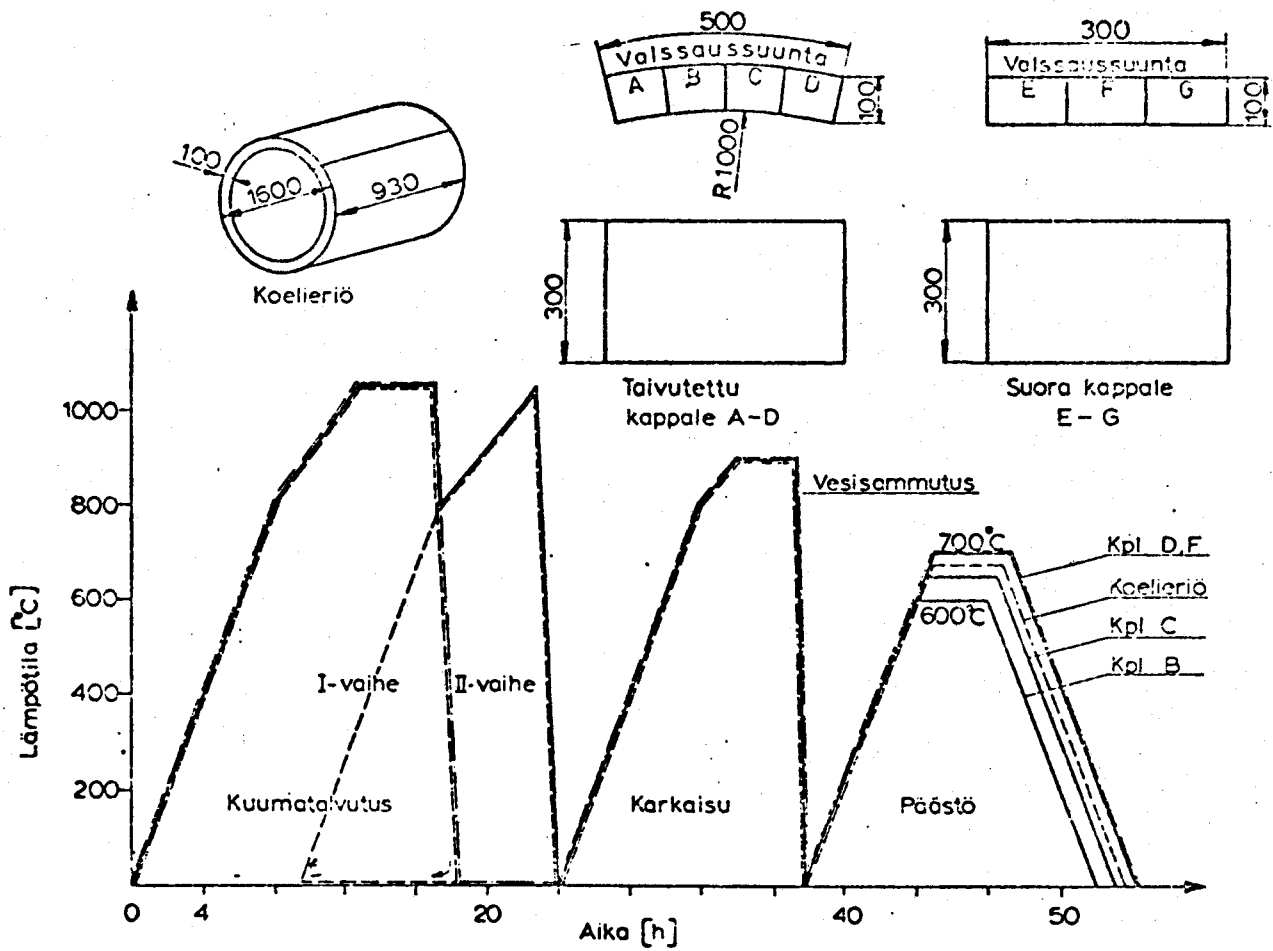
INDEX = 4



KUVA 6. PAINASTIAKOESYLINTERIN VALMISTAMINEN

TYÖVAIHE	TYÖVAIHEEN AIKANA TAI SEN JÄLKEEN SUORITETTU TARKASTUS						MUU
	ULTRAÄÄNI-TARKASTUS	MITTA- JA KÄSI-TARKASTUS	LÄMPÖ- TILAN MITTAUS	METALLO- GRAFIA	MEKAA- NINEN KÄSITTELY	TERIAL- LINEN ANA- LYYSI	
1. LEIKKIMON MITTOITUS JA ESI-VÄLITTELY	X	X			X	X	
2. LIEPILÖSÄN KOKONAISUUS -ALMUTAIVUTUS -SUURIEN OSIEN POISTO -LOFFUTAIVUTUS		X X	X X	X X	X X		NEUTRAALI- LIPIMÄN MÄÄRITYS, KÄSITTELY- AIKOJEN MITTAUS
3. LIEPILÖSÄN LÄMPÖKÄSITTELY -AUSTEROINTI -VESIÄÄNTYYS -PÄÄSTÖ		X X	X X	X X	X		VEDEN LÄMPÖ- TILAN MITTAUS
4. PAILOJEN KONEISTUS		X					PAILOPIN- TOJEN TUR- VELTÄÄVÄRI- KOE
5. PITUSSAUMAN HITSAUS -POHJAUS PUIKOLLA -JALKEKAARIHITSAUS	X X		X X	X X	X X	X	
6. YHTEIDEN VALMISTUS -TASOITA -LÄMPÖKÄSITTELY -KONEISTUS	X	X X	X X		X	X	
7. YHTEIDEN HITSAUS -PUIKKOHITSAUS -WIG-HITSAUS	X X		X X	X X	X X	X X	
8. LIERIÖN SISÄ- PINTAMAN PÄÄLLE- HITSAUS -NAUHAHITSAUS -KORJAUSHITSAUS	X X	X X	X X	X X	X X	X X	
9. KOKO LIERIÖN MYÖSTÖ	X	X	X	X	X		

KUVA 7. ERI TYÖVAIHEIDEN AIKANA PAINASTIASYLINTERIKOEFESSA SUORITETUT TARKASTUKSET



KUVA 3. PAINEASTIAKOESYLINTERIN LÄMPÖKÄSITTELYOHJELMAT

Ydintekninen tutkimus Suomessa:

#### VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkimustoimintaa ydintekniikan alueella on esitelty prof. V. Palvan toimesta ATS:n toukokuun 1974 kokouksessa. Koska tuolloinen esitelmä on saatavilla ATS:n tiedotuslehdessä no 6/1974, ei tarkoituksenani ole tässä yhteydessä puuttua kovin yksityiskohtaisesti tutkimusorganisaatioomme eikä toimintaperiaatteisiimme, vaan keskityn valaisemaan eräitä tällä hetkellä ajankohtaisia näkökohtia.

#### OSALLISTUVAT TOIMINTAYKSIKÖT

VTT:n ydintekninen tutkimus on pääosaltaan keskitetty sähkö- ja atomitekniikan tutkimusosastoon, mutta myös tämän osaston ulkopuolella suoritettavalla materiaalitutkimuksella on suuri paino. Rakennustekniikan alaan kuuluva tutkimustoiminta on VTT:ssä selvästi vähäisempää. Ydintekniikkaan liittyvää tutkimusta suorittavat toimintayksiköt käyvät ilmi allaolevasta luettelosta.

#### Sähkö- ja atomitekniikan tutkimusosasto

##### Ydinvoimatekniikan laboratorio

- reaktorifysiikka, turvallisuusanalyysi, komponenttien rakenneanalyysi, ydinvoiman ympäristöriskit

##### Reaktorilaboratorio

- materiaalien testausinstrumenttien kehitys, jätteiden käsittely, aktivointianalyysi, isotooppituotanto

Sähkötekniikan laboratorio

- säätö- ja systeemitekniikka,  
luotettavuustekniikka

Ydintekniikan tutkijaryhmä

- fuusiotutkimus

Materiaali- ja prosessitekniikan tutkimusosasto

Reaktorimateriaaliryhmä

- materiaalitekniikka, laadunvarmistus

Metallilaboratorio

- tarkastus ja testaus, mikrotroni

Rakennus- ja ydyskuntatekniikan tutkimusosasto

LVI-tekniikan laboratorio

- suodatinten testaus ja kehitys

#### TUTKIMUKSEN SOVELLUTUSALUE

VTT:n tutkimustoimintaa pyritään tietoisesti ohjaamaan siten, että tutkimusvalmius ja -tulokset ovat välittömästi hyödynnettävissä

- energiapoliittisessa päätöksenteossa
- turvallisuusviranomaisten lupakäsittelyssä
- voimantuotantoteollisuuden käyttö- ja suunnittelu-tehtävissä
- valmistavan teollisuuden komponenttisuunnittelussa

Hyödyntämisenäkökohtia on painotettu voimakkaasti esim. VTT:n ja edellämainittujen tahojen välillä solmituissa tutkimussopimuksissa.

#### HAJAPOIMINTOJA ERÄISTÄ PROJEKTEISTA

##### Ydinvoimalaitosten sijoituspaikkatutkimus

VTT:ssä on meneillään tiivistetty WASH-1400 -tyyppinen tutkimus, jossa ensinnäkin kehitetään riskianalyysien laatimiseen

vaadittavia menetelmiä ja niihin perustuvia tietokoneohjelmia ja toisaalta kehitettyä laskentamenettelyä tullaan soveltamaan eräisiin konkreettisiin kohteisiin. Ensimmäisenä sovellutuskohteena on Kopparnäs, jonka suhteen arvioidaan eri haitta-vaikutusten suuruutta ja verrataan näitä konventionaalisen voimantuotannon haittoihin. Riskiä tarkastellaan myös suhteessa odotettavissa olevaan taloudelliseen hyötyyn.

#### Onnettomuusanalyysit

LOCA-onnettomuuden analysointiin tarvittava tietokoneohjelmapaketti on saatu lähes valmiiksi voimakkaasti kansainväliseen yhteistyöhön nojautuen. Menetelmien viimeiset täydennykset tullaan suorittamaan kuluvan syksyn aikana Yhdysvalloista meille saatavan WREM-ohjelmapaketin kautta.

#### Polttoainetekniikka

Keväällä 1975 jätti mietintönsä VTT:n asettama ydinpolttoainetutkimustarvetta kartoittanut työryhmä. Työryhmän ehdotusten mukaisesti on alan tutkimustoimintaa pyritty tehostamaan toisaalta polttoaine- ja suojakuorimateriaalien käyttäytymistä määräävien materiaaliominaisuuksien keräämiseksi ja mittaamiseksi ja toisaalta sekä onnettomuus- että normaaliolosuhteisiin soveltuvien polttoaineen käyttäytymismallien aikaansaamiseksi. Työ on toistaiseksi vielä hyvin varhaisessa vaiheessa ja konkreettisimpana muotona on mainittava VTT:n osallistuminen Ruotsissa suoritettavaan kokeelliseen projektiin.

#### Materiaalitutkimus

Tutkimuksen tavoitteena on myötävaikuttaa siihen, että eri komponentit valmistetaan tarkoituksenmukaisimmista materiaaleista hyväksytyjä menetelmiä käyttäen ja että saadaan aikaan käytönaikaista valvontaa varten tarvittava tietous. Reaktorimateriaaliryhmässä on tutkittu perusteellisesti Loviisan primääripiirin materiaaleja. Yleisen hitsaustekniikan puolen selvittelyyn liittyy lähiaikoina aloitettava suurehko reaktoripaineastian päähitsisaumojen näytteiden



tutkiminen. Koekappaleella suoritettavilla mittauksilla määrätään sauman mekaaniset ominaisuudet ja näiden perusteella suoritetaan käyttöanalyysi. Vuoden 1975 aikana on myös tehty pienten paineastioiden räjäytyskokeita, joissa on pyritty määrittämään haurasmurtumaominaisuuksia eri lämpötiloilla. Myös erityyppisiä väsymiskokeita on suoritettu.

#### Laadunvarmistus

Reaktorimateriaaliryhmässä on meneillään maamme teollisuuden laadunvarmistustoimien seuranta. Metallilaboratorion keskityössä varsinaisten tarkastuskäyntien suorittamiseen reaktorimateriaaliryhmässä laaditaan laadunvalvonta-, vastaanotto- ja määräaikaistarkastusohjelmia.

#### Komponenttien rakenneanalyysi

Lujuusopin alueella suoritetuista tehtävistä mainittakoon esimerkkeinä erityyppisten putkistojen vaurioanalyysit sekä komponenttien, erityisesti reaktoripaineastian, lämpöjännitys-analyysit.

#### Dynamiikkatutkimukset

Laitosdynamiikan alueella näkyvimpänä toimintana on tällä hetkellä Loviisan pääsäättöjärjestelmän viritykseen liittyvien simulointikokeiden valmistelu. Loviisa 2:n säättöjärjestelmä tullaan kytkemään hybridikoneeseen. Mahdollisuuksien mukaan tällä järjestelmällä pyritään ajamaan testitapauksia yhtäaikaan laitoksella suoritettavien kokeiden kanssa.

#### Periaatesimulaattori

VTT:ssa on käytössä hybridimalliin nojautuva sekä PWR että BWR-laitosten pienoissimulaattori, jolla voidaan antaa ohjaajaopetusta. Laajempimittaisen simulaattorin hankintaa Suomeen on vielä keskustelun alaisena.

### Uraanianalysointilaboratorio

Reaktorilaboratoriossa on saatu äskettäin päätökseen mikroprosessoriohjatus uraanianalysointilaboratorion kehittäminen. Laitteistoluonnoituksen suorittaa tilaustutkimusta kaivosteollisuudelle malminäytteiden analysoimiseksi. Järjestelmä esitellään mm. NUCLEX-näyttelyssä.

### Jäteprojekti

VTT:n jäteprojekti on osa laajempaa pohjoismaista yhteisprojektiä. Tutkimuksessa käsitellään jätteenkiinteytymismenetelmiä sekä eri menetelmien optimointimahdollisuuksia. Kiinteytystuotteiden testausvalmiuden luominen on yksi tärkeimmistä lähiajan tavoitteista. Vaikka voimakkaasti aktiivisten jätteiden tutkiminen ei ole korkealla priorisointiasteikossa, tältäkin alalta pyritään hankkimaan perustietoutta.

### Ydinkaukolämpö

Ydinvoimalaitoksissa tapahtuvaa lämmön ja sähkön yhteistuottoa sekä kaukolämmönsiirrossa sovellettavia järjestelmävaihtoehtoja tutkiva projekti on meneillään yhteistyönä HKS:n kanssa. Alueella on myös yhteistyötä AB Atomenergin kanssa.

## TOIMINTAEDELLYTYSTEN KEHITTYMINEN

Kenties kaikkein leimaa-antavimpana piirteenä tämänhetkiselle tutkimustoiminnalle VTT:n piirissä on kansainvälisen yhteistyön osuuden voimakas korostuminen. Esimerkkinä mainittakoon, että onnettomuusanalyysiprojektin panoksesta tulee n. 75 % niveltymään tavalla tai toisella kansainvälisiin projekteihin. Perinteisen pohjoismaisen yhteistyön ohella yhteyksiä pyritään voimistamaan sekä Neuvostoliittoon että muihin suuntiin.

Ottaen huomioon VTT:n toimintaperiaatteet on kannaltamme ensiarvoisen tärkeätä, että pystymme lisäämään Suomeen suutautuvaa tilaustehtävätoimintaa. Olen ollut havaitsevinani, ettei eräitä kansainväliselläkin tasolla olevia valmiuksiamme riittävästi tunneta esimerkiksi voimayhtiöiden piirissä.

Joskin olen hyvin kiitollinen Atomiteknilliselle Seuralle tästä esittelytilaisuudesta, toivon, että voisimme saada aikaan VTT:n laajemman esittelyn joko näissä tai joissain muissa vastaavissa puitteissa.



suurelta osin varsinaisten toimintavarojen ulkopuolelta. Rahoituslähteenä on siten lähinnä ollut kauppa- ja teollisuusministeriön hallinnonalaan kuuluva ns. atomienergian rauhanomaisen käytön tutkimus- ja valvonta-toiminnan menomomentti. Vuodesta 1975 alkaen on laitoksella lisäksi mahdollisuus tehdä ns. konsulttiluonteinen sopimus, jonka avulla laitos voi periä valtion maksuperustelain mukaisesti korvauksia tutkimuksista, joita laitos suorittaa joko tehtävöpäämääriensä takia tai joihin sillä on parhaat edellytykset.

#### Tutkimustoiminta

Meriympäristössä esiintyvien tapahtumien ja ilmiöiden monimuotoisuuden ja vaihtelevuuden takia edellyttää riittävien meriympäristöselvitysten tekeminen lähes aina paikallisten havaintojen suorittamista.

Laitospaikkojen yleisiä olosuhteita, veden laatua ja vedenvaihto-oloja, voidaan kuitenkin usein tarkastella laitoksen pitkäaikaisten havaintojen pohjalta (suolaisuus-, lämpötila- ja vedenkorkeushavainnot ja tutkimus-alue Arandan vesinäytehavainnot sekä Itämeren yleiseen kiertokulkuun liittyvät havainnot).

Näin on voitu tarkastella mm. vesirungon lämpötilan luonnollista kulkua ja vaihteluita, tiheyden ja lämpötilan kerrostuksellisuutta, veden laatua ja sen muutoksia, sekä edellä mainittuihin vaikuttavia veden uusiutumis- ja vedenvaihto-oloja.

Tutkimusten ja selvitysten pääosan muodostavat kuitenkin laajat ja useasti työläät paikalliset kenttätutkimukset, joista tärkeimmät merentutkimuslaitoksen käynnissä olevat tai suunnitellut projektit ovat eri ydinvoimala-alueilla seuraavat:

#### Loviisan alue:

Alueen kemiallis-biologinen selvitys ja seuranta, käynnissä  
Virtaustutkimus, suoritettu  
Merimastoprojekti, käynnissä

#### Olkiluodon alue:

Pohjan laadun ja sedimenttien selvitys, suoritettu  
Virtaustutkimus, suunnitteilla

Kopparnäsin alue:

Kemiallis-biologinen selvitys ja seuranta, käynnissä  
Pohjan laadun ja sedimenttien tilan selvitys, suunnitteilla  
Virtaustutkimus, suunnitteilla

Kemiallis-biologisella työskentelyllä pyritään selvittämään vesialueen laatua, sen eliöstöä ja kasvillisuutta, näiden tilaa ja muutoksia luonnonoloissa ja myös laitoksen ollessa käynnissä. Havaintotoimintaa suoritetaan ottamalla näytteet määrääjain useilta havaintopisteiltä. Näytteistä mitataan tärkeimmät veden alkuperää, ominaisuuksia ja laatua kuvaavat fysikaaliset ja kemialliset suureet. Edelleen ns. veden perustuotantokykyä seurataan nk. radiohiilimenetelmällä in situ. Biologisen tilan selvitykseen kuuluvat lisäksi kasviplanktonanalyysit sekä pohjaeläin- ja vesikasvillisuuskarttoitukset. Sen sijaan varsinaisia kalataloudellisia selvityksiä merentutkimuslaitos ei suorita. Loviisan alueella aloitettiin kemiallis-biologinen työskentely jo vuonna 1966. Tätä nykyä työskentelyä jatkaa lähinnä Säteilyturvallisuuslaitoksen vesilaboratorio kuten myös Olkiluodon alueella. Kopparnäsissä on merentutkimuslaitos suorittanut kemiallis-biologista selvitystyötä v. 1975 alkaen.

Virtaustutkimuksilla pyritään selvittämään merialueiden virtausoloja, jolloin saadaan valaistusta mm. jäädytysvesien käyttäytymiseen sekä mahdollisen radioaktiivisuuden kulkeutumis- ja rikastumisteihin. Loviisan alueella on suoritettu laaja virtamittausohjelma v. 1971. Olkiluodon ja Kopparnäsin alueilla on suunnitelmissa suorittaa mittaukset hyvissä ajoin ennen laitoksen käyttöönottoa.

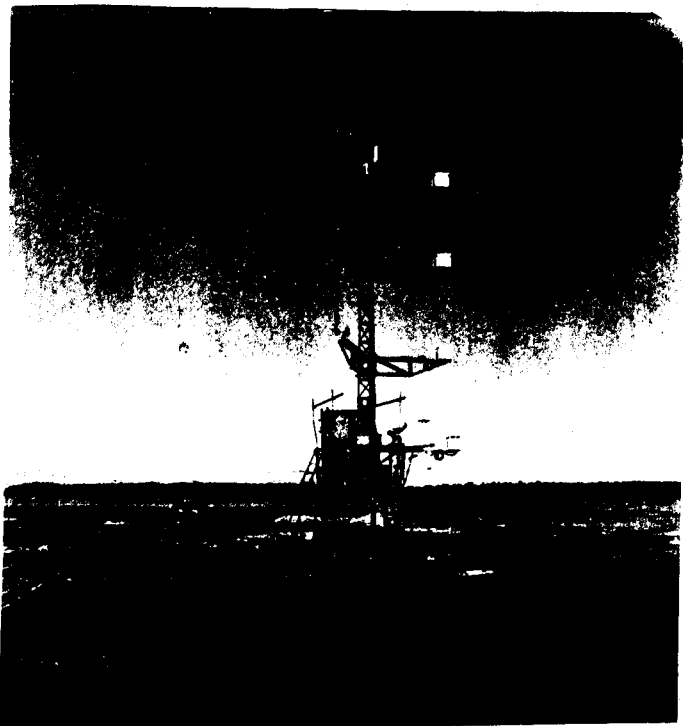
Pohjan laadun ja sedimenttien tutkimuksella pyritään myös osin selvittämään virtausoloja, materiaalin kulkeutumista, sedimentoitumista ja sen vaihteluita, sekä ennen kaikkea vesialueen tilaa ja siinä tapahtuvia muutoksia. Pohjan sedimenttien pintakerrokset reagoivat näet erittäin herkästi veden laadullisiin muutoksiin; pohjan sedimenttien ja sen eliöstön laadussa voidaan useasti havaita muutoksia jo silloin, kun itse vesirungosta otetuista vesinäytteistä ei vaihteluita vielä voida todeta. Sedimenttitutkimuksella on mm. koko Itämerentutkimuksessa nykyisin erittäin merkittävä asema. Olkiluodon alueella on pohjan luonnonmukaisen tilan kertaselvitys suoritettu v. 1973.

Loviisan ydinvoimala-alueella v. 1972 aloitettu nk. merimastoprojekti on laaja, lähinnä fysikaalinen projekti. Pyrkimyksenä on selvittää ilman ja

vesirungon väliseen energianvaihtoon, veden kerrostuneisuuteen ja liikkeisiin vaikuttavia ja niitä sääteleviä tekijöitä. Koska mainitut tekijät ovat rannikoillamme osin samankaltaisia, on tuloksilla sovellettavuutta myös yleisemmin kuin vain paikallisesti. Maston teknisestä huollosta vastaa Imatran Voima Oy solmitun huoltosopimuksen puitteissa ja toimintaa on tarkoitus jatkaa laitoksen ollessa jo käynnissä.

Merimasto on havaintoasema (kuva), jonka laitteisto rekisteröi magneettinauhalle määräajoin 20-30 mittapään tulostuksen käsittäen lähinnä energianvaihtoon, veden lämpötilaan, suolaisuuteen ja veden liikkeisiin sekä vedenkorkeuteen liittyvät havainnot. Mastoasemaa on pyritty pitämään toiminnassa ympärivuotisena tai ainakin kaikki vuodenajat kattavana. Kuitenkin esim. jäänlähdöt ovat aiheuttaneet kiusallisia havaintotyötä katkovia vaurioita.

Tarkasteltaessa ydinvoimaloiden meriympäristötutkimusten edistymistä ja onnistumista voidaan jo nyt todeta saadun myös tieteellisesti arvokasta havaintoaineistoa, jollaista ei vanhoin menetelmin ole voitu saada. Toisaalta on erikoisen selvästi myös tullut esiin kaikelle vastaavanlaiselle tutkimukselle ominainen piirre; vaikeissa olosuhteissa tehtävälle pitkäjänteiselle tutkimustyölle on tärkeitä, että varsinaisen tutkimushenkilökunnan ohella myös huoltohenkilökunta ja käytännön järjestelyistä vastaavat henkilöt toimivat oma-alotteisesti sekä pitävät asiaa riittävän tärkeänä huolimatta siitä, osallistuuko työ välittömästi tuotannolliseen toimintaan vai ei.



Loviisan Hästhölmfjärdenin automaattinen havaintomasto

Göran Nordlund:

Ilmatieteen laitoksen ydinvoimaloihin liittyvät tutkimukset  
(Alustus atomiteknillisen seuran kokouksessa 1975-09-18)

Ilmatieteen laitoksessa toimivan ydinvoimaloiden meteorologisen tutkimusryhmän tutkimukset, joista minun tässä lyhyesti pitäisi kertoa, ovat suoriin sovellutuksiin tähtääviä. Tulokset käytämme leviämisarviointimenetelmien edelleenkehittämisessä, sekä kartutamme näillä yleensä tietoa asiantuntijatehtävää ajatellen. Asiantuntijatehtävää ja erilaisten selvitysten suorittamista onkin pidettävä ryhmän ensisijaisina tehtävinä.

Loviisan ydinvoimalan yhteyteen on perustettu havaintoasemia: 150m säämasto lähellä Hästholmenia, 25 metrinen masto Loviisan pohjoispuolella Pernajassa, sekä kolme ns. ilmastoasemaa tällä samalla alueella, joilta saatavia tietoja käytämme hyväksi tutkimuksissa. Säämastoissa mitataan lämpötila, kosteus ja tuuli useammalla eri korkeudella ja lisäksi suoritetaan yhdellä tasolla, yleensä lähellä maanpintaa ilmanpaineen, säteilyn, sateen jne., havainnot. Havainnot tehdään 1/2 tunnin välein automaattisesti ja tulokset talletetaan reikänauhalle. Havaintojen peruskäsittely, so. alustava tarkistus, listaus ja sen sellaista, teemme ilmatieteen laitoksessa.

Ilmastoasemilla tehdään kolme kertaa vuorokaudessa (klo 8, 14, ja 20) normaalit säähavainnot lämpötilasta, kosteudesta, tuulesta pilvisyydestä jne., ja nämä lähetetään kerran kuukaudessa ilmatieteen laitokselle, jossa ne käsitellään yhdessä muiden ilmastoasemien havaintojen kanssa. Voidaan sanoa, että nämä käsin tehdyt ilmastohavainnot, vaikka ovatkin varsin yksinkertaisia ja halpoja, muodostavat sään seuraamisen perustan.

Havainnoilla tutkimme mm. leviämisolosuhteisiin vaikuttavien lämpötila- kosteus- ja tuuliprofiilit eri säätyypeissä, selvitämme miten eri tavalla havaitut säteilyarvot parhaiten käytetään hyväksi stabilisuuksia määrittäessä sekä suoritamme aina tarpeen vaatiessa erityyppisiä laskelmia. Ilmastohavainnot olemme toistaiseksi käyttäneet ns. Pasquill-luokituksen alueellisen vaihtelun tutkimiseksi. Ilmastoasemahavaintojen varsinainen



käyttö tulee kuitenkin esiin vasta voimalaitoksen toimittua muutaman vuoden ajan, jolloin voimme selvittää sen mahdollisia vaikutuksia lähiympäristön ilmastoon.

Ryhmä osallistuu myös NORDFORSK'in koordinoimiin yhteispohjoismaisiin tutkimusprojekteihin "tuuletusilmasta" ja "mesoskaalan leviämismallit". Tuuletusilmastoprojektin tarkoitus on selvittää mitkä parametrit parhaiten kuvaavat leviämisolosuhteita ja miten näiden parametrien arvot pohjoismaiden alueella vaihtelevat. Tällä tavalla saadaan esiin mitkä alueet ovat parhaiten "tuuletetut" ja siis sopivimmat ilmaa saastuttavan teollisuuden sijoitusalueiksi. Jälkimmäinen projekti, jolla pyritään parantamaan mahdollisuudet arvioida saasteen leviämistä etäisyyksille 10-300 km on erittäin hyödyllinen ydinvoimalaselvityksiä ajatellen. Molemmat projektit ovat laajoja ja niihin osallistuvat käytännöllisesti katsoen kaikki pohjoismaissa leviämistutkimuksia suorittavat laitokset.

Sovellutuksina, ja tavallaan myös itsenäisinä tutkimuksina, voidaan pitää ryhmän suorittamia leviämiselvityksiä. Tällä hetkellä osallistumme valtion teknillisen tutkimuslaitoksen laajaan ydinvoimalaselvitykseen, jossa osuutemme on laskea pitoisuudet ja niiden todennäköisyydet eri säätiloissa ja eri päästötyypejä varten. Pyrimme tässä selvityksessä antamaan sektorikohtaiset pitoisuudet, jossa on huomioitu maanpinnan laatu kussakin leviämissektorissa. Toinen parannus entisiin laskumenetelmiin verrattuna on talviajan leviämisen arvioiminen erikseen. Tällöin käytämme muunnettua luokitusta, joka perustuu omiin tutkimuksiimme stabiilisuuden jakautumisesta vuodenajan ja vuorokauden funktiona. Tällaisen muunnoksen tarve nimenomaan talvihaudetta varten on kyllä ollut tiedossa ja kauan aikaa, mutta havaintojen puutteesta ei ole uskallettu ottaa käyttöön mitään muunnettua laskentamenetelmää.

Meillä ei tällä hetkellä ole suunnitteilla varsinaisesti uusia tutkimuskohteita vaan jatkamme mastodatoihin perustuvia tutkimuksia sekä mallikehittelyä. Mastodatoilla saavutetut tutkimustulokset tulevat nyt luotettavammaksi kun havaintoja alkaa

olla jo muutaman vuoden ajalta. Todennäköisesti tulemme tulevaisuudessa jossain määrin kiinteämmin kuin tähän asti yhdistämään tutkimuksemme ilmatieteen laitoksen muihin vastaaviin tutkimuksiin. Jokaisen uuden tutkimustehtävän kohdalla harkitsemme kuitenkin sen sovellutusarvoa nimenomaan ydinvoimalaitoksia ajatellen.

ATSn kokouksessa 18.9.1975  
pidetty alustus.

Jorma K. Miettinen

#### RADIOKEMIAN LAITOKSEN TUTKIMUSTOIMINNASTA

Helsingin yliopiston radiokemian laitos on alansa ainoa maassa; sillä on siis valtakunnallista merkitystä. Sen tehtävänä on kouluttaa radiokemistejä hallinnon, ympäristövalvonnan, tutkimuslaitosten ja korkeakoulujen käyttöön sekä suorittaa tarvittavaa alan tutkimusta maassa. Laitos perustettiin v. 1962 ja siitä on valmistunut noin 60 filosofian maisteria ja noin 10 lisensiaattia tai tohtoria. Tällä hetkellä valmistuu vuosittain noin 15 filosofian kandidaattia ja <sup>noin/</sup>2-3 lisensiaattia tai tohtoria. Laudatur-opetus tapahtuu viiden erikoiskurssin avulla, joita seuraa kuukauden laudaturharjoitustyöt ja 3 kk:n erikoistyö sekä pro gradu ja loppudentit kuten muillakin kemian linjoilla. Kuudes erikoiskurssi, joka koskee reaktorikemiaa, on valmisteilla. Tutkimusprojekteista mainittakoon seuraavat: 1. Lapin projekti, jolla tarkoitetaan Lapissa esiintyvien radioaktiivisten ravintoketjujen selvittelyä, erityisesti ravintoketjun poronjäkäliä-poronliha. Tutkimus alkoi 1960 ja käsitti vuosikymmenen ensipuoliskon aikana erityisesti atomipommiko-keiden aiheuttamien keinotekkoisten radioisotooppien Cs-137, Fe-55, Sr-90, selvittelyä ja jälkipuoliskon aikana luonnollisten radioisotooppien Pb-210 ja Po-210 ravintoketjujen selvittelyä. 1970-luvulla ovat plutonium ja muut transuraanit tulleet tärkeimmäksi tutkimuskohteeksi.

Toinen tärkeä tutkimusalue oli vesistöjen ravintoketjut 1960-luvulla. Silloin selviteltiin keinotekkoisten ja luonnollisten radionuklidien siirtymistä vesistä planktoniin ja kaloihin, ja vuosikymmenen lopussa ja tämän vuosikymmenen alussa raskasmetallien elohopean, kadmiumin ja lyijyn siirtymistä ja rikastumista kaloihin ja kertymistä ihmisen dieettiin. Kahden viime vuoden aikana on tutkittu myös plutoniumin esiintymistä Itämeren eliöstöissä. Kolmantena mainitsisin muovipuun ja maalinkovetusprojektin ionisoivan säteilyn avulla. 1960-luvulla laitoksessamme oli verrattain laajat tutkimusprojektit tältä alalta. Emme kuitenkaan ole toistaiseksi onnistuneet saamaan puunjalostus- ja maaliteollisuuttamme kiinnostumaan säteilykovetusmenetelmistä. Neljäntenä ryhmänä mainitsisin elintarvikkeiden säteilysterilointia koskevat tutkimukset. Tämä säilöntämenetelmään tulee todennäköisesti pääsemään pannasta muutaman vuoden sisällä kansainvälisen säteilytettyjen elintarvikkeiden nautintakelpoisuustutkimuksen valmistuttua. Laitoksessa on suoritettu muutama erikoistyö, joiden tarkoituksena on ollut selvittää minkälaisia säteilykemiallisia muutoksia elintarvikkeissa tapahtuu säteilytettäessä ja voidaanko niitä käyttää analyttisesti hyväksi sen seikan osoittamiseksi, että elintarvikkeet on säteilytetty ja mahdollisesti myöskin mitä suuruusluokkaa säteilyannos on ollut. Viidentenä projektina mainitsisin selluloosan säteilytykset, joita on suoritettu yhdessä Keskuslaboratorion kanssa. Niiden tarkoituksena on pyrkiä nostamaan selluloosan saantiprosenttia. Pari vuotta sitten aloitetussa tutkimuksessa käytettiin haketta, jota säteilytettiin gammasäteilyllä. Tulokset olivat erittäin ristiriitaisia, vaihtelevia eikä toistettavasti saatu merkittävää selluloosan saanninlisää. Parhailaan on käynnissä itse keiton aikana tapahtuvan säteilytyksen tutkimus. Tästä ei vielä ole tuloksia. Kuudentena projektina mainittakoon tritiumin viipymä biosfäärissä. Tritiidulla vedellä on lei-

mattu metsää, noin 10x10 m:n koealoja, Helsingin lähellä Ruotsinkylän  
 metsätutkimusasemalla sekä Lapissa Kaamasessa, Helsingin yliopiston  
 Muddusniemen koeasemalla. Ensimmäisenä vuonna tritiumin maksimi löytyi  
 hyvin matalalta, 10-20 cm:n syvyydestä, mutta<sup>se/</sup>siirtyy sitten yhä syvemmälle,  
 niin että 3 vuoden kuluttua se löytyy noin 58-80 cm:n syvyydeltä. Kas-  
 veissa esiintyy tritioitu vesi aluksi pääasiallisesti soluvetenä, mutta  
 myöhemmässä vaiheessa pääasiallisesti proteiineihin, hiilihydraatteihin  
 ja nukleinihappoihin sitoutuneena vaihtumattomana tritiumina. Kasvihuo-  
 nekokeilla, jotka on suoritettu laboratorion katolla, on selvitelty  
 näiden viimeksi mainittujen yhdisteiden spesifistä leimausta. On todettu,  
 että tritium ei erityisesti rikastu nukleinihappoihin, joiden spesifi-  
 nen leimaus on suunnilleen samaa suuruusluokkaa kuin vapaiden aminohap-  
 pojen ja noin neljännes soluvetessä esiintyvän tritoidun veden spesifi-  
 sestä aktiivisuudesta. Seitsemäntenä ryhmänä mainitsisin reaktorikemial-  
 liset ja palama-analytiikkaa koskevat tutkimukset. Vaikka voimalaitos-  
 yhtiömme eivät aiokaan itse ryhtyä tutkimaan säteily-  
 tyksen jälkeistä polttoainetta tarvitaan koulutusta palama-analytiikan  
 alalla, jotta edes muutama henkilö voisi todellisen asiantuntemuksen  
 pohjalta käsitellä vaurio- ja palamakysymyksiä. Laitoksemme on juuri  
 saanut uuden B-säteilyturvallisuusluokkaa olevan palama-analyysilabora-  
 torion Mariankatu 11 kiinteistöön. Tämä laboratorio on varustettu myöskin  
 massaspektrometrillä. Siinä ei kuitenkaan ole sellaista kuuma selliä,  
 jossa voitaisiin ottaa vastaan elementtejä, vaan edellytyksenä on että  
 näyte saadaan mieluiten valmiiksi liuotettuna, mutta mahdollisesti myös  
 aktiivisuudeltaan riittävän alhaisena kiinteänä näytteenä. Laboratoriomme  
 erikoislaitteista mainittakoon koboltti-60 gammaselli, jossa on tällä  
 hetkellä 2000 Ci radiokobolttia, 400 keV:n neutronigeneraattori, 400 keV:n  
 elektronikiihdytin, sekä radioaktiivisten jätevesien käsittelylaitos,  
 joka soveltuu hyvin mm. kurssiopetuslaitokseksi. Lisäksi radiokemian

laitoksella on kokokeholaskentalaboratorio, jossa on sekä autoon asennettu, lyijysuojuksin varustettu järjestelmä että kiinteä rautakammio taustan alentamiseksi. Vuoden lopussa tulemme saamaan uuden osaston radioaktiivisen eläintallin sekä alhaisaktiivisen laboratorion kiinteistöön Snellmaninkatu 10:een. Pienen laitoksen <sup>sijoitus/</sup>neljään eri kiinteistöön hajoittaa jonkin verran, mutta toisaalta, kun etäisyydet ovat vain korkeintaan muuta<sup>ma/</sup> sata metriä, ei tämä tuota ylivoimaisia vaikeuksia. Katsomme, että laitos kykenee kouluttamaan riittävästi ja oikein 1980-luvulla tarvittavat radiokemistit. Tämän varmistamiseksi on kuitenkin erittäin tärkeätä, että säilyy kiinteä ja elävä yhteys atomiteollisuuteen ja atomienergia- ja turvallisuusviranomaisiin.

Vs. ylitarkastaja Björn Palmén  
Kauppa- ja teollisuusministeriö  
Energiaosasto  
Atomitoimisto

Alustus Atomiteknillisen Seuran kokouksessa 18.9.1975

## VALTION YDINTEKNILLISEN TUTKIMUKSEN RAHOITUSJÄRJESTELYISTÄ

ATS:n kokouksen jälkeen on valtion tulo- ja menoarvioesitys 1976 annettu eduskunnalle, joten seuraavassa on kokouksessa esillä olleet v. 1975 tulo- ja menoarvion tiedot korvattu uuden esityksen tiedoilla. Odotetaan, että eduskunta päättää uudesta tulo- ja menoarviosta ensi vuoden helmikuussa.

Valtion ydinteknillisen tutkimuksen rahoitusjärjestelyt ovat monimutkaiset, ehkä siitä syystä, että kaikki valtion rahoitusjärjestelyt ovat monimutkaiset. Melko hyvän käsityksen tästä saa valtion tulo- ja menoarvioesityksestä. Olen siitä poiminut otteita, jotka suoraan liittyvät ydintekniikkaan, lukuunottamatta valtion teknillistä tutkimuslaitosta, merentutkimuslaitosta ja Helsingin yliopiston radiokemian laitosta, joilla on omat alustajansa tänä iltana.

Budjettiesitys alkaa yleisperusteluilla, ja jo ensimmäisessä kappaleessa hallitus puhuu öljystä.

Hallituksen esitys Eduskunnalle valtion tulo- ja menoarvioksi vuodelle 1976.

## YLEISPERUSTELUT

Tulo- ja menoarvioesityksen yleisperusteluina hallitus esittää seuraavaa:

### 1. Taloudellinen kehitys vuosina 1974 ja 1975

Korkeasuhdanne markkinatalousmaissa alkoi heiketä vuoden 1973 loppupuolella. Inflaation nopeutuminen sekä erityisesti öljyn ja muiden raaka-aineiden hintojen jyrkkä nousu pakotti usean maan turvautumaan kysyntää rajoittaviin talouspoliittisiin toimiin hintojen nousun hillitsemiseksi ja maksutasevaikeuksien lieventämiseksi. Tämä johti laskusuhdanteen syvenemiseen, ja OECD-maiden yhteenlasketun kokonaistuotannon määrä jäikin v. 1974 suunnilleen

vuoden 1973 tasolle. Yhdysvalloissa tuotanto jopa supistui 2%. Eräissä pienissä maissa taantuma pysyi kuitenkin vielä suhteellisen lievänä. Työttömyys kasvoi useissa maissa suuremmaksi kuin yli kahteen vuosikymmeneen. Kysynnän heikkenemisestä ja kokonaistuotannon kasvun pysähtymisestä huolimatta hintojen nousu kiihtyi v. 1974 lähes kaikissa OECD-maissa.

Tulo- ja menoarvioesityksen yleisperusteluissa sanotaan seuraavaa energiapolitiikasta:

Energiapolitiikan keskeinen tavoite lähivuosina on energian kulutuksen kasvun hillitseminen, mikä vähentää energian tuonnin kasvua ja kansantaloudelle lähivuosina joka tapauksessa erittäin raskaaksi muodostuvien energiantuotanto- ja -jakeluinvestointien tarvetta. Kotimaista energiantuotantoa on edelleen mahdollisuuksien mukaan lisättävä. Energian kulutuksen kasvun hidastaminen edellyttää tuotantorakenteen ohjaamista energiaa säästävään suuntaan, joukkoliikenteen edistämistä henkilöliikenteessä ja tavaraliikenteen siirtämistä mahdollisuuksien mukaan rautateille, hinta-, vero- ja tariffipolitiikan käyttöä sekä suoranaisia vähemmän tärkeän energian kulutuksen rajoittamispäätöksiä. Hallitus antaa Eduskunnalle lakiesityksen, jolla on tarkoitus tehostaa energian säästötoimia. Valtioneuvoston asemaa energiapolitiikan alalla on tarpeen vahvistaa asian taloudellisen laajakantoisuuden ja energiapolitiikkaan liittyvien suurten periaatteellisten kysymysten vuoksi.

Opetusministeriön pääluokasta löytyvät yliopistot ja korkeakoulut, mutta ydinteknillisen tutkimuksen osuus ei selviä. Muutamia mielenkiintoisia kohtia kuitenkin löytyy:

## 26. Teknillinen korkeakoulu

### 74. Talonrakennukset (siirtomääräraha)

Momentille ehdotetaan 3 750 000 mk seuraavasti:

1. *Keskeneräiset työt.* Alamomentille ehdotetaan 3 600 000 mk teknillisen fysiikan osaston laajennuksen ja vanhan osan korjauksen rakennustöiden jatkamista varten. Työ suoritetaan yhdessä valtion teknillisen tutkimuskeskuksen isotooppiteknisen laboratorion rakennustyön kanssa. Teknillisen korkeakoulun osalta hankkeen kustannusarvio on 10 450 000 mk, josta vanhan osan muutos- ja korjaustöiden osuus on 1 100 000 mk ja laajennusosan 9 350 000 mk. Laajennusosan tilavuus on 14 400 m<sup>3</sup> ja pinta-ala 2 044 m<sup>2</sup>, jolloin vastaavat yksikkökustannukset ovat 649 mk/m<sup>3</sup> ja 4 574 mk/m<sup>2</sup>. Työhön on aikaisemmin myönnetty 4 200 000 mk, jonka lisäksi korkeakoulun suunnittelumäärärahoista on tarkoitukseen käytetty 35 000 mk.

## 88. Suomen Akatemia ja tieteen tukeminen

### 54. Veikkausvoittovarat tieteen tukemiseen (arviomääräraha)

Veikkausvoittovaroista, joita arvioidaan, viitaten momentin 29.99.88 perusteluun, vuonna 1976 kertyvän käytettäväksi arpajaislain (491/65) 3 §:n 2 momentin mukaisesti tarkoituksiin 180 000 000 mk, ehdotetaan tieteen tukemiseen 13 550 000 mk. Lisäys on 725 000 mk.

#### Käyttösuunnitelma:

	mk
Suomen Akatemian käytettäväksi tieteellisen julkaisutoiminnan ja tieteellisten seurojen toiminnan tukemiseen sekä eräisiin tieteellisiin tutkimusharkkeisiin .....	5 500 000
Määrärahasta käytetään vähintään 2 500 000 mk tutkimusprojekteihin valtion tiedoneuvoston määrittelemillä tutkimuksen painoalueilla sekä 230 000 mk tutkimusprojektiin "Suomi II maailmansodassa"	



Tärkein ydintekniikan tutkimuksen rahoittaja on kuitenkin kauppa- ja teollisuusministeriö. Niin sanottu atomimomentti joka nyt on energiahuollon momentti sisältää seuraavat ydintekniikkaan kuuluvat alamomentit. Vuoteen 1975 verrattuna koko momentti on noussut noin 19 %.

## Pääluku 32

### KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖN HALLINNONALA

#### 44. Energiahuolto ja -tutkimukset

##### 09. Atomienergianeuvottelukunta

Momentin määräraha ehdotetaan muutettavaksi kiinteäksi. Momentille ehdotetaan edelleen 31 000 mk.

1976 esitys .....	31 000
1975 menoarvio .....	31 000
1974 tilinpäätös .....	30 416

##### 21. Eräät energiahuollon tutkimus- ja valvontatoiminnan menot (siirtomääräraha)

Momentin nimike on muutettu.

Ydinvoimalaitosten rakennustöiden edistysessä ja laitosten käyttöönoton lähestyessä on osoittautunut välttämättömäksi suorittaa eräitä laitosten turvallisuuden varmistamisen kannalta oleellisia tutkimuksia ja kokeita aikaisemmin arvioitua laajemmassa mitassa. Energiahuollon pitkän aikavälin suunnitteluun ja energiankäytön säästämiseen liittyvää tutkimustoimintaa on myös tarpeen tehostaa. Näistä syistä ja kustannusten nousun johdosta ehdotetaan momentille lisäystä 2 800 000 mk. Momentille ehdotetaan siirrettäväksi momentilta 32.44.22 energiahuoltoon liittyvän tutkimustoiminnan menot 300 000 mk. Kun momentilta ehdotetaan siirrettäväksi 1 600 000 mk alamomentille 32.50.21.2 ydinvoimametallien etsinnän edistämiseen, 318 000 mk momentille 32.01.01 ja 255 000 mk momenteille 31.50.01, 21, 25 ja 29, on lisäys 927 000 mk.

Käyttösuunnitelma:	mk
* Atomienergian perus- ja sovellutustutkimukset .....	1 800 000
* Ydinvoimalaitosten turvallisuuselvitykset .....	3 245 000
* Ydinvoimalaitosten käyttöönottoelvitykset .....	4 300 000
* Kotimaisen ydinpolttoainetuotannon edistäminen .....	400 000
* Kotimaisen teollisuuden atomienergia-alan tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutoiminnan edistäminen .....	2 982 000
Energiahuollon pitkän aikavälin suunnitteluun liittyvät tutkimukset .....	600 000
Energiankäytön tehostamiseen ja säästämiseen liittyvät tutkimukset .....	500 000
Atk- ja tilastopalvelut .....	200 000
Energiahuollon tutkimus- ja valvontatoimintaan liittyvät matkat .....	150 000
* Muut energiahuollon tutkimus- ja valvontatoiminnan menot .....	1 250 000
<b>Yhteensä</b> .....	<b>15 427 000</b>

1976 esitys .....	15 427 000
1975 menoarvio .....	14 500 000
1974 tilinpäätös .....	13 400 000

##### (22.) Energiahuoltoon liittyvät tutkimukset (siirtomääräraha)

Momentti ehdotetaan poistettavaksi menoarviosta ja sen määräraha siirrettäväksi momentille 32.44.21. Vähennys on 300 000 mk.

1975 menoarvio .....	300 000
1975 II lisämenoarvio .....	1 000 000

##### (29.) Muut kulutusmenot

Momentti ehdotetaan poistettavaksi menoarviosta ja sen määrarahasta siirrettäväksi 330 000 mk muina menoina alamomentille 32.01.29.2 sekä 1 000 000 mk Kansainvälisen Atomienergiajärjestön (IAEA) ja OECD:n Halden Reactor Projectin jäsenmaksuina momentille 32.99.26. Vähennys on 1 330 000 mk.

1975 menoarvio .....	1 330 000
1974 tilinpäätös .....	1 012 646

##### 88. Imatran Voima Osakeyhtiön osakepääoman korottaminen (siirtomääräraha)

Imatran Voima Osakeyhtiön voimalaitusrakennusohjelman mukaiset investoinnit nousevat vuosina 1975—1977 noin 2 711 milj. markkaan, joista vuodelle 1976 kohdistuu noin 848 milj. mk. Kun yhtiön on rahoitettava nämä investoinnit suureksi osaksi lainavaroin, on yhtiön rahoitusrakenteen parantamiseksi välttämätöntä korottaa yhtiön osakepääomaa siten, että valtion osuus olisi 50 000 000 mk.

Edellä sanotun mukaisesti ehdotetaan valtiolle tulevien Imatran Voima Osakeyhtiön uusien osakkeiden vuonna 1976 tapahtuvaa merkintää varten momentille 50 000 000 mk.

1976 esitys .....	50 000 000
1975 I lisämenoarvio .....	50 000 000
1974 tilinpäätös .....	30 000 000

Muita rahoitusteitä kauppa- ja teollisuusministeriön pääluokasta tekniseen tutkimukseen löytyy momentilta 46:

#### 46. Teknisen ja kaupallisen tutkimuksen tukeminen

Teknisen tutkimustoiminnan tukemisen tärkein tavoite on teollisuutemme kansainvälisen kilpailukyvyyn edistäminen. Viennillemme asetettavien kasvutavoitteiden saavuttaminen edellyttää teollisuuden tutkimustoiminnan lisäämistä. Tuotekehitystukea on tarkoitus suunnata pääasiassa sellaisille teollisuudenaloille, joilla tuotantoa ja tuotteita kehittämällä voidaan merkittävästi edistää vientiä tai korvata tuontia sekä kohottaa tuotannon jalostusastetta. Tuella edistetään erityisesti sellaisten uusien tuotteiden ja tuotantomenetelmien kehittämistä, joilla lisätään kotimaisten energia- ja raaka-ainevarojen sekä jätteiden hyväksikäyttöä. Tällöin otetaan myös huomioon energiaa säästävien tuotteiden ja tuotantomenetelmien kehittäminen sekä työ- ja ympäristönsuojelunäkökohdat.

#### 40. Teollisuutta edistävän tutkimustoiminnan tukeminen (siirtomääräraha)

Uusien tuotteiden ja tuotantomenetelmien kehittäminen on välttämätöntä teollisuuden kansainvälisen kilpailukyvyyn säilyttämiseksi. Valtion tuen lisäämisen edellytyksenä on pidettävä sitä, että myös teollisuusyritykset investoivat nykyistä enemmän tutkimustoimintaan.

Tarkoitus on oikeuttaa kauppa- ja teollisuusministeriö solmimaan valtioneuvoston vahvistaman käyttösuunnitelman mukaisesti tutkimussopimuksia teollisuusyritysten, tutkimuslaitosten ja järjestöjen kanssa, jolloin ministeriö voi sitoutua rahoittamaan enintään puolet välittömistä tuotekehityskustannuksista. Tutkimuskohteiden valinnassa otetaan ensisijaisesti huomioon kehitettävien tuotteiden vientiedellytykset ja niiden uutuus sekä vaikutus jalostusasteen kohottamiseen ja tuotevalikoiman kehittämiseen. Tämän lisäksi otetaan huomioon kotimaisten raaka-ainevarojen käyttöönoton edistäminen ja tuotteiden kotimaisuusasteen lisääminen sekä työ- ja ympäristönsuojelunäkökohdat. Valtioneuvosto vahvistaa vuosittain momentin käyttösuunnitelman.

Momentille ehdotetaan edelleen 30 000 000 mk.

#### 45. Kansainvälinen tekninen yhteistyö (siirtomääräraha)

Momentille ehdotetaan 2 000 000 mk kansainvälisen teknistieteellisen tutkimusyhteistyön suunnitteluun ja toteuttamiseen sekä tutkimushankkeisiin ja niiden valmisteluun liittyvien ulkomaanmatkojen ja asiantuntijaseminaarien kustannuksiin. Lisäys 1 000 000 mk aiheutuu SEV-maiden kanssa solmittuihin kahden- ja monenkeskeisiin sopimuksiin sisältyvän tutkimusyhteistyön ja teknis-tieteellisen informaation vaihdon kasvusta sekä Suomen ja muiden maiden välisen kahdenkeskisen yhteistyön lisääntymisestä.

#### 46. Siirto teknologian ja teollisuuden kehittämisen pohjoismaiseen rahastoon (siirtomääräraha)

Teknologian ja teollisuuden kehittämisen pohjoismainen rahasto on perustettu Pohjoismaiden neuvoston aloitteesta. Se myöntää tukea ympäristönsuojelu-, terveydenhuolto-, materiaali-, kuljetus-, energia- ja kuluttajateknikan projekteille. Tämä tapahtuu avustuksin, lainoin tai takauksin sellaisten tutkimuskohteiden rahoittamiseksi, jotka koskevat kahta tai useampaa pohjoismaata, taikka osallistamalla kansainvälisten tutkimuskohteiden rahoittamiseen, milloin se on pohjoismaiden edun mukaista. Vuonna 1976 rahaston pääomaa korotetaan 10 milj. Ruotsin kruunulla, josta Suomen osuus on 16 %. Tämän maksamiseksi momentille ehdotetaan edelleen 1 500 000 mk.

#### 47. Tavoitetutkimustoiminta (siirtomääräraha)

Momentille ehdotetaan 6 000 000 mk käytettäväksi lähinnä tutkimuslaitoksissa ja yrityksissä suoritettavien teolliseen tuotantoon tähtäävien kansallisesti tärkeiden soveltavan teknisen tutkimuksen hankkeiden tukemiseen. Määrärahaa voidaan käyttää myös teknologian kehittämisen kannalta keskeisten asiantuntijaselvitysten suorittamiseen, tutkimusohjelmien suunnitteluun sekä asiantuntijaseminaarien järjestämiseen. Pääosa hankkeista toteutetaan tutkimuslaitosten, yritysten ja muiden tutkimuksen tuloksia tarvitsevien yhteistyönä.

Kauppa- ja teollisuusministeriön hallinnonalaan kuuluu myös valtion teknillinen tutkimuskeskus, joka rakentaa isotooppilaboratoriota\* yhteistyössä teknillisen korkeakoulun kanssa:

#### 42. Valtion teknillinen tutkimuskeskus

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen toimintaa ehdotetaan tehostettavaksi ja laajennettavaksi ennenkaikkea energiahuollon ja tuotekehityksen aloilla sekä niillä painopistealoilla,

joilla tutkimus on tärkeätä teollisuuden kansainvälisen kilpailukyyn turvaamiseksi ja vaihtotaseen tasapainottamiseksi.

74. *Talonrakennukset* (siirtomääräraha)  
Momentille ehdotetaan 12 180 000 mk seuraavasti:

1. *Keskeneräiset talonrakennustyöt*. Rakennuskustannusten noususta johtuen on palotek-

niikan laboratorion kustannusarvio noussut 9 600 000 markasta 12 900 000 markkaan ja isotooppitekniikan laboratorion kustannusarvio 9 220 000 markasta 10 550 000 markkaan. Talonrakennustöiden jatkamiseen ehdotetaan alamomentille 11 680 000 mk.

#### Käyttösuunnitelma:

Rakennustyö	Pinta-ala m <sup>2</sup> (tilavuus m <sup>3</sup> )	Kustannusarvio mk	Kustannusarvio mk/m <sup>2</sup> (mk/m <sup>3</sup> )	Myönnetty mk	Ehdotetaan mk
1. Palotekniikan laboratorion laajennus (1975) ....	2 951 (21 500)	12 900 000	4 468 (600)	7 220 000	5 680 000
2. Palotekniikan laboratorion rakennuksen kiinteä prosessilaitteisto .....		2 000 000			2 000 000
* 3. Isotooppitekniikan laboratorio (1975) .....	2 304 (16 200)	10 550 000	4 577 (650)	4 000 000	4 000 000
				Yhteensä	11 680 000

Sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonalaan kuuluvan säteilyturvallisuuslaitoksen momentilla on ydintekniikan valvonta- ja tutkimustoiminnan menot:

### Päälukokka 33

## SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN HALLINNONALA

#### 68. Säteilyturvallisuuslaitos

21. *Eräät valvonta- ja tutkimustoiminnan menot* (siirtomääräraha)

Momentille ehdotetaan lisäystä 50 000 mk, mikä aiheutuu tutkimustoiminnan tehostamisesta.

1976 esitys ..... 550 000  
1975 menoarvio ..... 500 000

Kansainvälisen yhteistyön momentilta kauppa- ja teollisuusministeriön pääluokalta löytyvät vielä kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n jäsenmaksu- ja taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön OECD:n Halden reaktorin tutkimusmenot.\*

**26. Kansainvälinen yhteistyö (arviomääräraha)**

Momentille ehdotetaan lisäystä 1 186 000 mk, josta 1 000 000 mk on siirtoa momentilta 32.44.(29) Kansainvälisen Atomienergiajärjestön (IAEA) ja OECD:n Halden Reactor Projectin jäsenmaksuina. Muu lisäys aiheutuu lähinnä jäsenmaksujen kohoamisesta valuuttakurssien muutosten johdosta sekä EEC:n ja CECA:n toiminnan seuraamisesta aiheutuvista menoista. Kun momentilta vähennetään Geneven kansainvälisen toimiston jäsenmaksu teollisuusomistusoikeuden suojelemiseksi 35 000 mk sekä kansainvälisen kaakaojärjestön jäsenmaksuista 20 000 mk, lisäys on 1 131 000 mk.

Käyttösuunnitelma:	mk
Kansainvälisen jäähdytysinstitiutin jäsenmaksu .....	7 000
Kansainvälisen kahvijärjestön jäsenmaksu Lyijy- ja sinkkiasioita käsittelevän kansainvälisen työryhmän jäsenmaksu .....	84 000
UNCTAD/GATT:in kaupallisen tiedotuskeskuksen kanssa harjoitettavan yhteistoiminnan menot .....	6 500
Osallistuminen OECD:n, ECE:n ja Pohjoismaiden neuvoston toimintaan ja muihin pohjoismaiseen yhteistyöhön sekä EEC:n ja CECA:n toiminnan seuraamiseen .....	3 000
Kansainvälisen sokerisopimuksen aiheuttamat jäsenmaksut .....	130 000
Neuvoa-antavan puuvillakomitean jäsenmaksu .....	60 000
Kansainvälisen tarkastustoiminnan kehittäminen .....	17 000
Kansainvälisen tarkastustoiminnan kehittämiseen liittyvät ulkomaanvirkamatkot ..	45 000
Kansainvälisen paino- ja mittatoimiston jäsenmaksu .....	50 000
Lakisääteisen mittaustoiminnan kansainvälisen järjestön jäsenmaksu .....	44 900
Kansainvälisen standardointitoiminnan ja teknillisen yhteistyön kehittäminen ja siihen liittyvät ulkomaanvirkamatkot ..	9 100
Kansainvälisen kaakaojärjestön jäsenmaksu .....	80 000
* Kansainvälisen Atomienergiajärjestön (IAEA) ja OECD:n Halden Reactor Projectin jäsenmaksut .....	20 000
	1 170 000
<b>Yhteensä</b>	<b>1 176 500</b>

Atomienergian rauhanomaisen käytön tutkimus- ja valvontamenot tulevat lisääntymään rakenteilla olevien ja rakennettaviksi päätettyjen, tällä hetkellä yhteiseltä teholtaan yli 2000 MW:n ydinvoimalaitosten rakentamiseen liittyvän tutkimus-, koulutus-, kehitys- ja valvontatehtävien vuoksi. Seuraavan kolmen vuoden aikana selvitettäviä kysymyksiä ovat mm. käytettyjen polttoaine-elementtien käsittelyyn ja korkea-aktiivisten jätteiden sijoitukseen liittyvät ongelmat. Energianhuollon yleissuunnitelman painopistesuuntina tulevat olemaan ydinvoimalaitosohjelman laatiminen lopulliseen muotoonsa siihen liittyvine turvallisuus- ja tarkastusorganisaatioiden täydentämisineen, kaukolämmitysjärjestelmien toteuttamismahdollisuuksien edistäminen ja kotimaisen polttoainetuotannon edistäminen. Tutkimustoiminnan sisältö ja tavoitteet tullaan määrittämään kauppa- ja teollisuusministeriön toimesta yhdessä atomienergianeuvottelukunnan kanssa.

L. Nevanlinna

## HELSINGIN SEUDUN YDINKAUKOLÄMPÖHANKE

1. Johdanto (ks. liite)

- Työryhmän perustaminen Loviisassa 16.1.
- Laitos: Reaktoriteho n. 3000 MW tuottaa noin 1000 MW sähköä ja 1000 MW lämpöä
- Sijoituspaiikka Kopparnäs
- Toteuttaja Helsingin Seudun Lämpövoima Oy

2. Raportin esittely

- Kuva 1: Lämpötehoprognoosi
- Kuva 2: Sähköennuste
- Kuva 3: Kopparnäsalue
- Kuva 4: 400 kV verkko 1980-luvun alussa
- Kuva 5: Nykyiset kaukolämpöverkot
- Kuva 6: Kaukosiirtojohto:
  - tielinja
  - tunneli
- Kuva 7: Kanavan sijoitus tielinjaan
- Kuva 8: Putkilinjan poikkileikkausvaihtoehtoja (suht. kust. 1,00 ~ 10000 mk/m)
- Kuva 9: Kaukolämpöjärjestelmän kytkinkaavio
- Kuva 10: Kaukolämmön prosessikaavio
  - 10a: Turpiiniratkaisun lähtökohdat
- Kuva 11: Muiden vaihtoehtojen termiset kytkennät
- Kuva 12: Turpiinivaihtoehtojen vertailu (taulukko)
- Kuva 13: Päävaihtoehdon terminen kytkentä
- Kuva 14: Järjestelmän ajotapa ja säätö
- Kuva 15: Kopparnäs-hankkeen kustannusarvio

Kuva 16: Kustannusvertailu

Kuva 17: Valuutan tarpeen vertailu

Yo kuvissa esitetyt vaihtoehdot ovat:

- a) kasvava lämmöntarve tyydytetään pääkaupunkiseudulla rakentamalla uusia vesikattilakeskuksia ja kasvava sähköntarve peitetään kokonaan puitteissa rakentamalla Kopparnäsin ydinvoimalaitoksen sähköntuotantokykyä vastaava konventionaalinen lauhdutusvoimakapasiteetti
- b) lämmöntarve ja osa kasvavasta sähköntarpeesta tyydytetään rakentamalla pääkaupunkiseudulla uusia konventionaalisia vastapainelaitoksia, jotka energiantuotantokyvyltään vastaavat 50 % Kopparnäsin ydinreaktorin tehosta. Ydinreaktorin toista puoliskoa vastaavan konventionaalisen lauhdutusvoimakapasiteetin rakentaminen tapahtuisi kokonaan puitteissa
- c) Kopparnäsiin rakennetaan kaksi sähkönteholtaan noin 500 MW kivihiilikäyttöistä välivoimavalmaitosta, joiden energiantuotantokapasiteetti on sama kuin 1000 MW ydinlämmitysvoimalaitoksen.

## JOHDANTO

Espoon, Helsingin ja Vantaan kaupungit sekä Imatran Voima Osakeyhtiö (IVO) asettivat tammikuussa 1975 kuusihenkisen työryhmän selvittämään teknillisiä ja taloudellisia edellytyksiä sähköä ja lämpöä tuottavan ydinvoimalaitoksen rakentamiseksi Inkoon Kopparnäsiin osapuolten yhteistoiminnassa. Työryhmän puheenjohtajana on toiminut dipl.insinööri L Nevanlinna (IVO) ja jäseninä dipl.insinöörit M Aho (Helsinki), J Eulenberger (Vantaa), H Haavisto (IVO), T Rask (IVO) ja E Räsänen (Espoo).

Selvittelytyön lähtökohtana on ollut, että Kopparnäsiin rakennetaan sähköteholtaan noin 1000 MW ydinvoimalaitos, joka varustetaan väliotoilla kaukolämmön tuotantoa varten. Kaukolämpö määrältään noin 1000 MW siirretään kaukosirtojohdolla kulutusalueille.

Yleisesti voidaan todeta, että tuottamalla kaukolämpöä saavutetaan huomattavia etuja verrattuna puhtaaseen lauhdutuslaitokseen, nimittäin laitoksen kokonaishyötysuhteen kasvu ja ympäristöön menevän jätelämpömäärän pieneneminen.

Työryhmän tavoitteena on ollut laatia ydinkaukolämmön tuotannosta ja siirrosta teknillisesti toteuttamiskelpoinen yleissuunnitelma sekä sen pohjalta luotettava hankkeen kustannusarvio.

Työryhmä ei ole puuttunut ydinvoiman turvallisuuteen liittyviin asioihin, jotka selvitetään erikseen lähinnä Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen toimesta.

## TYÖRYHMÄN SUOSITUS

Suoritettujen selvitysten perusteella työryhmä pitää Inkoon Kopparnäsiin sijoitettavan ydinlämmitysvoimalaitoksen rakentamista teknillisesti toteuttamiskelpoisena, taloudellisesti kannattavana ja energiataloudellisesti tarkoituksenmukaisena. Hanke käsittää ensimmäisessä vaiheessa yhden sähköteholtaan

noin 1000 MW ydinvoimalaitosyksikön, joka on varustettu lämpöteholtaan samoin noin 1000 MW kaukolämpömittausväliotolla, sekä lämmön kaukosiirtoputkiston laitosalueelta Helsingin seudulle. Teknillisten ratkaisujen pääpiirteet on esitetty oheisessa raportissa. Laitos ja lämmönsiirtojärjestelmä tulisi saada valmiiksi koekäytettynä kaupalliseen käyttöön talvikaudeksi 1983/84.

Laitoksen ja lämmönsiirtojärjestelmän toteuttamisesta huolehtimaan tarkoitettut yhtiöt ovat perusteilla. Niiden toimintakelpoiseksi saaminen vaatii kuitenkin aikaa ja toisaalta toteuttamisaikataulu edellyttää esitettyjen ratkaisujen täsmentämistä ja suunnittelun jatkamista välittömästi. Sen tähden työryhmä ehdottaa hankkeen edistymisen kannalta tärkeillä osa-alueilla seuraavia toimenpiteitä:

- 1) Ryhdyttäisiin välittömästi toimenpiteisiin perustettavan voimalaitosyhtiön toimintakykyiseksi tekemiseksi.
- 2) Osapuolet asettavat yhteisen työryhmän selvittämään perustettavan voimalaitosyhtiön osakkaiden välisiä käyttöjärjestelyjä ja kustannusten jakamista sekä laatimaan ehdotuksen käyttösopimukseksi. Työryhmä toimisi myös yhdyselimenä voimalaitoksen spesifioimistyössä (kohta 6).
- 3) Imatran Voima Osakeyhtiö jatkaa Kopparnäsin alueen kaavoittamiseen ja käyttöönottamiseen tähtääviä toimiaan.
- 4) Perustetaan työryhmä selvittämään putkireittiin liittyviä hallinnollisia ja teknillisiä kysymyksiä. Pääpaino olisi kaavallisissa ja maa-alueiden käyttöönsaamiseen liittyvissä kysymyksissä. Työryhmässä olisivat edustettuina asianomaiset kunnat ja sähkölaitokset sekä Tie- ja Vesirakennushallitus ja Imatran Voima Osakeyhtiö.
- 5) Pääkaupunkiseudun energiahuoltotoimikunta laatii kiireellisesti esityksen energian siirrosta huolehtivan yhtiön perustamiseksi.



- 6) Imatran Voima Osakeyhtiö jatkaa jo alulle panemaansa laitoksen spesifioimistyötä ja tarjouspyyntöjen valmistelua.
- 7) Työryhmien olisi saatava ehdotuksensa valmiiksi viimeistään 15.11.1975 mennessä, jonka jälkeen pidetään seuraava Kopparnäs-projektia koskeva osapuolten välinen neuvottelutilaisuus.

Helsingissä 07.05.1975

L Nevanlinna

M Aho

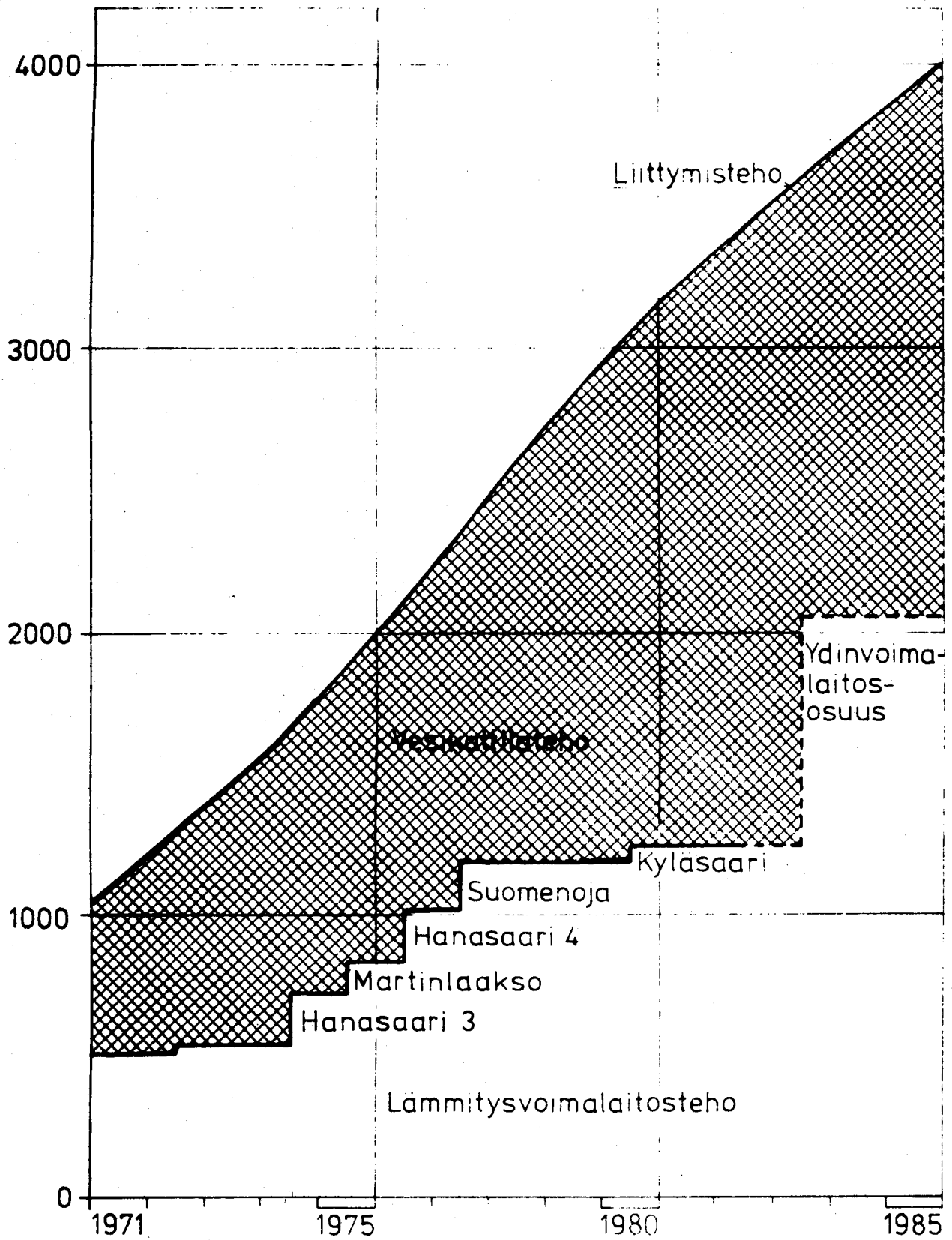
J Eulenberger

H Haavisto

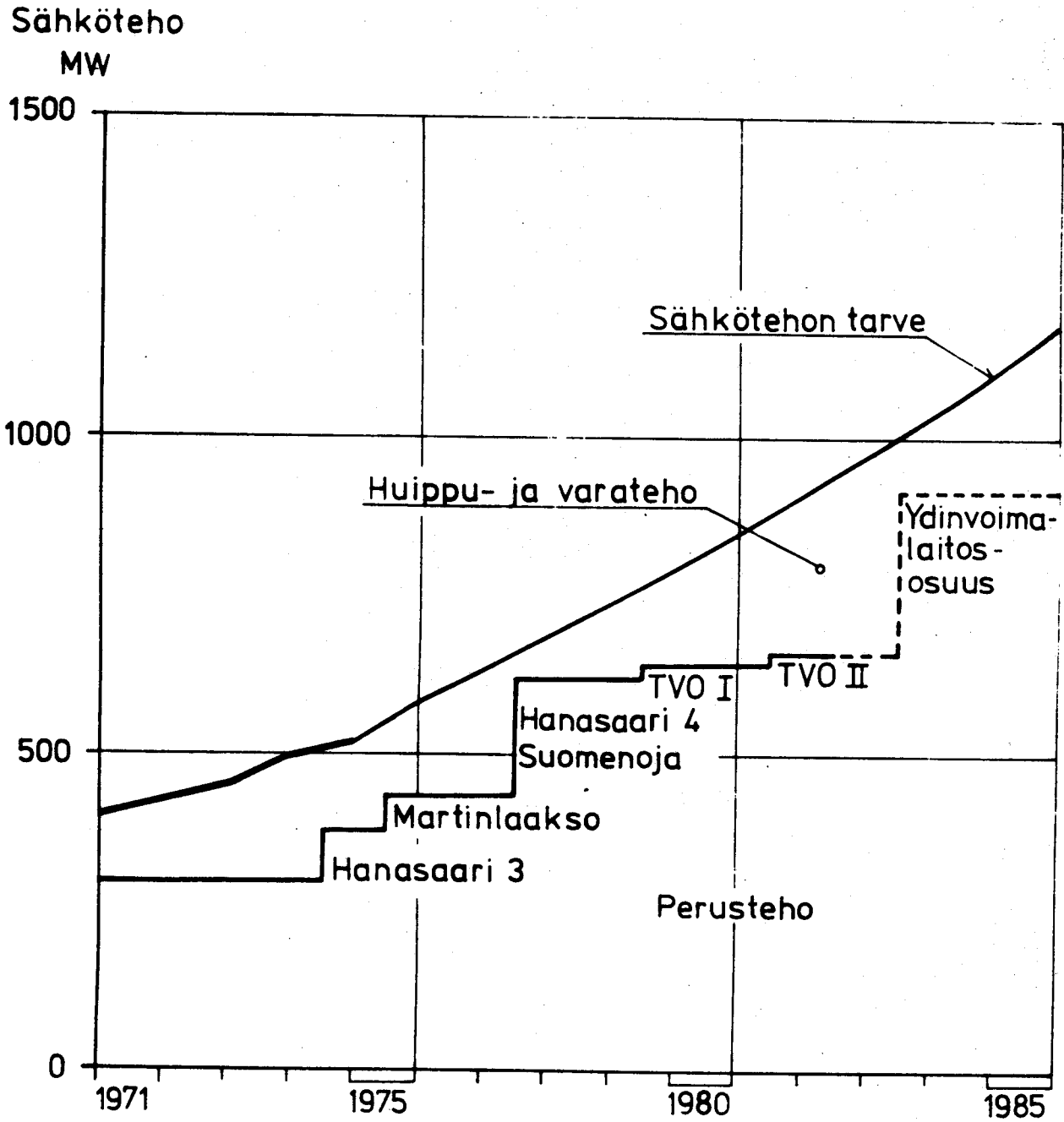
T Rask

E Räsänen

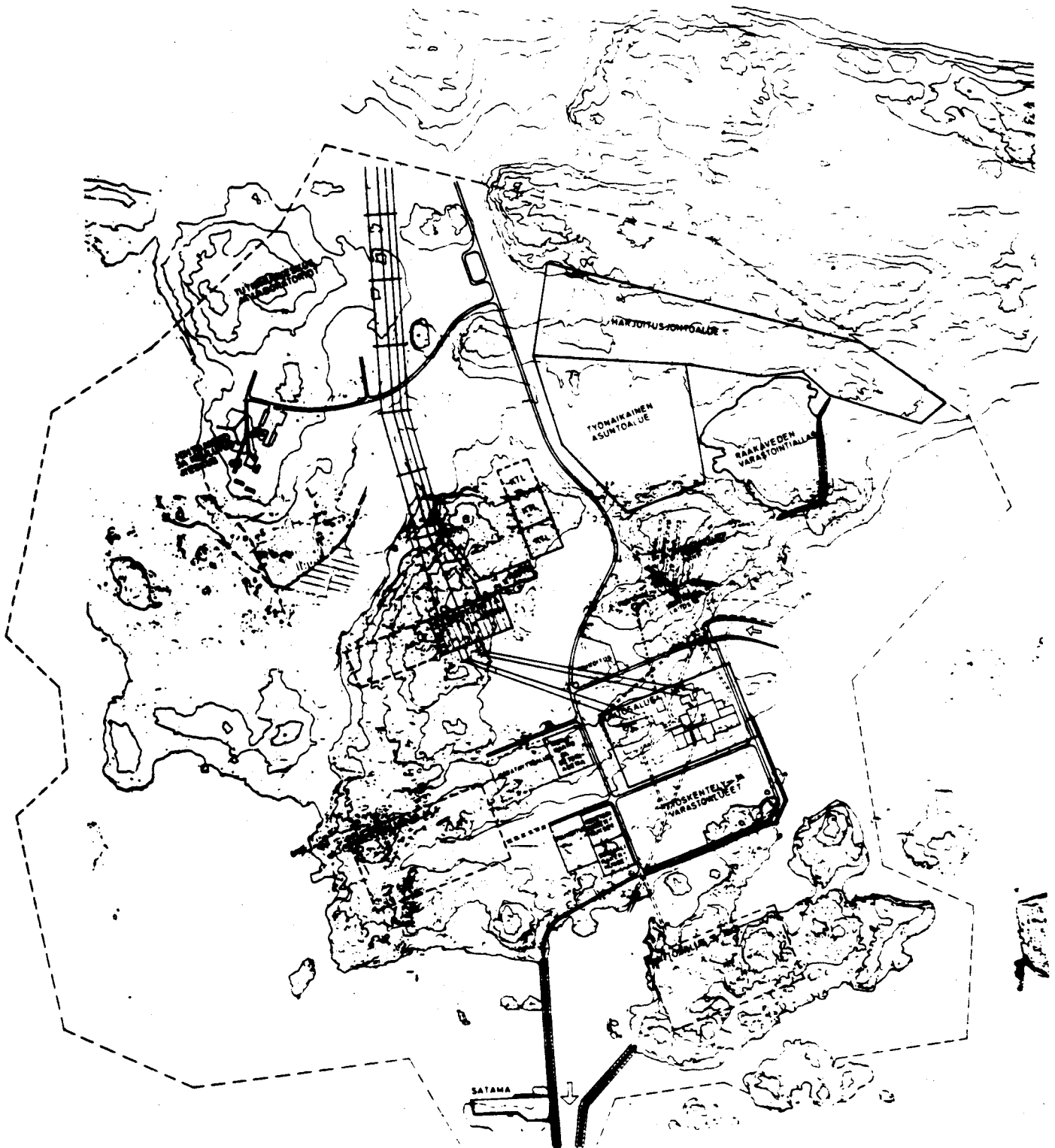
Lämpöteho  
MW

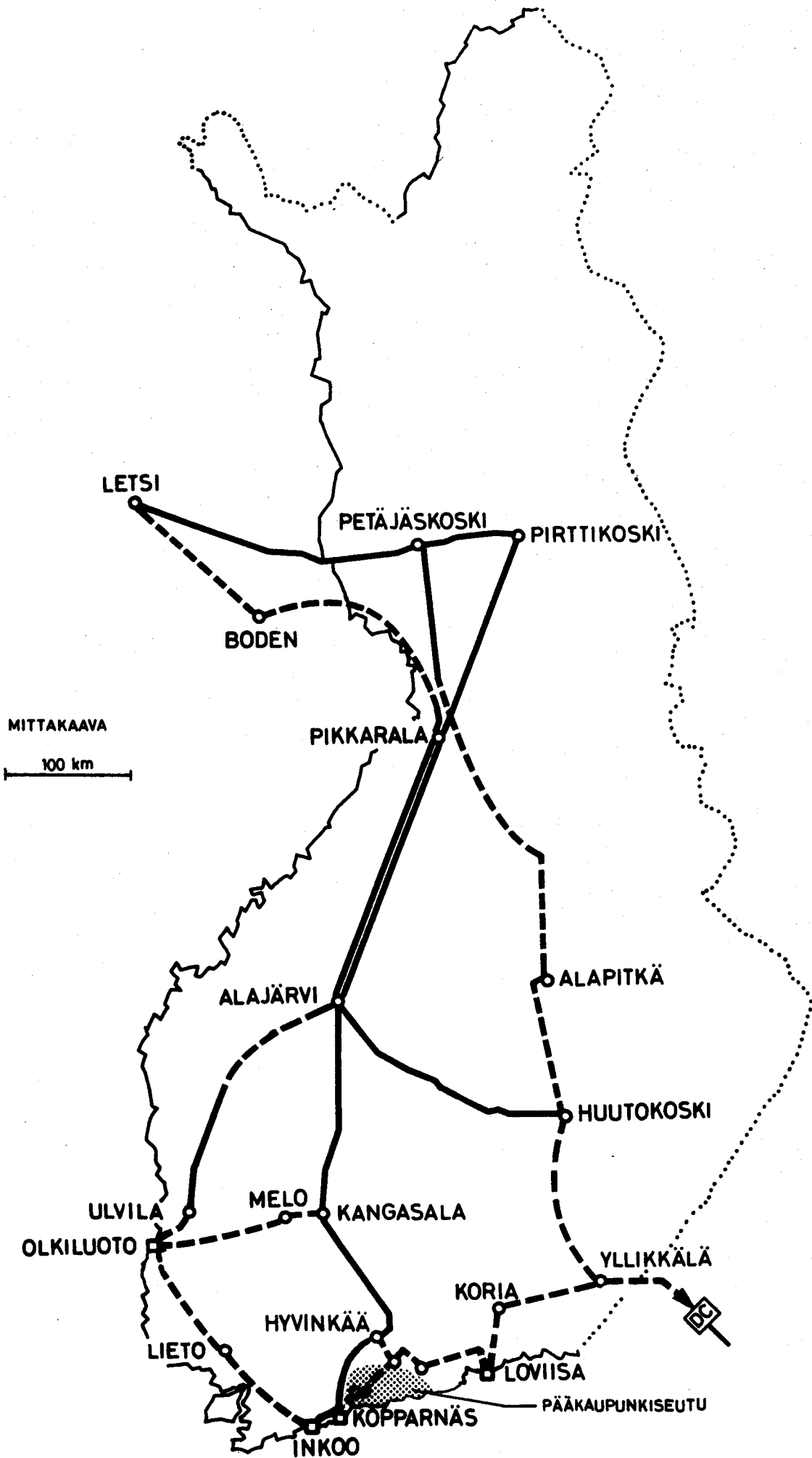


Pääkaupunkiseudun kaukolämön liittymistehoennuste ja lämmitysvoimalaitosten rakennusohjelma



Pääkaupunkiseudun nettosähkätehon tarpeen ennuste ja perustehon rakennusohjelma

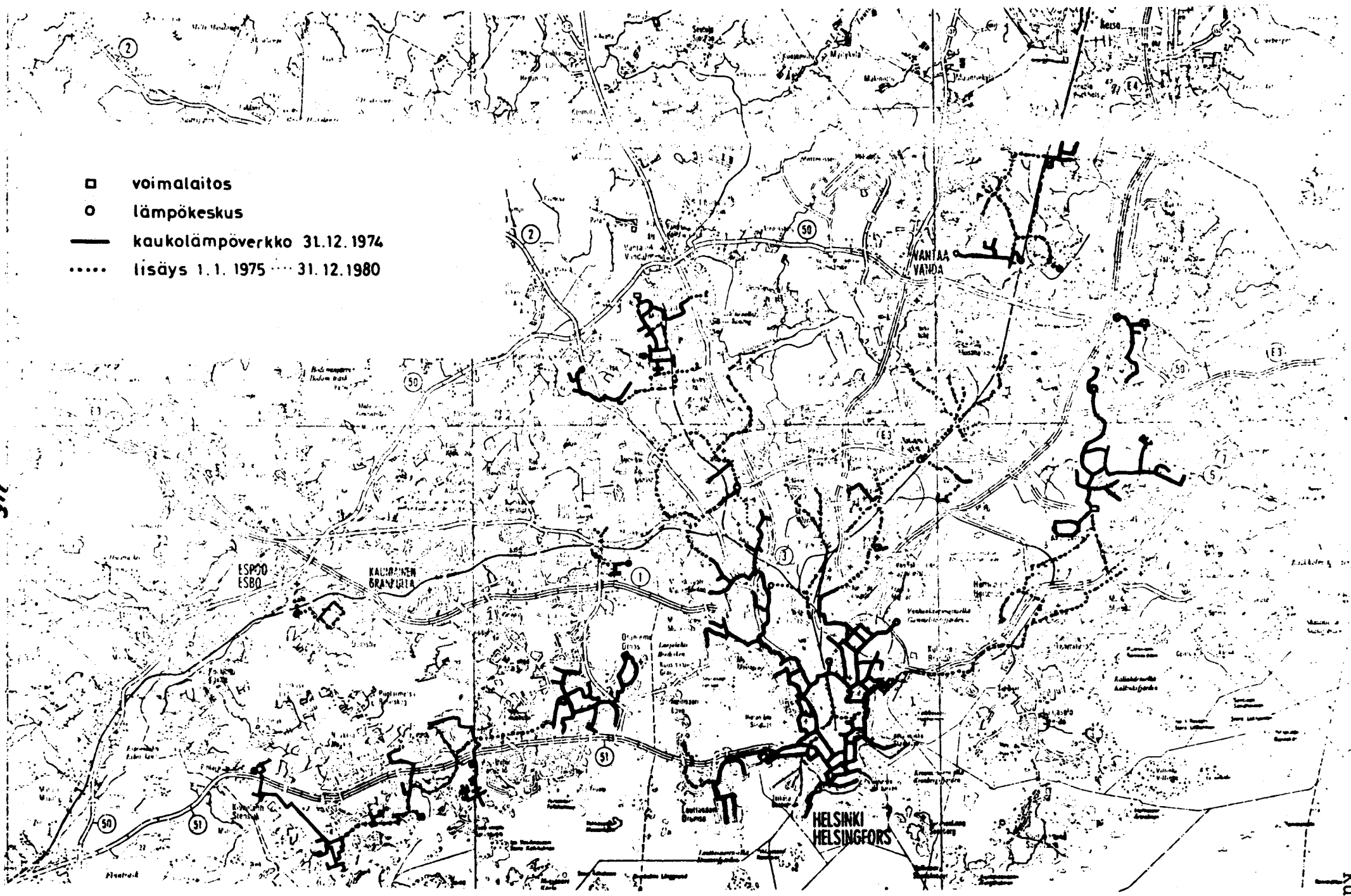


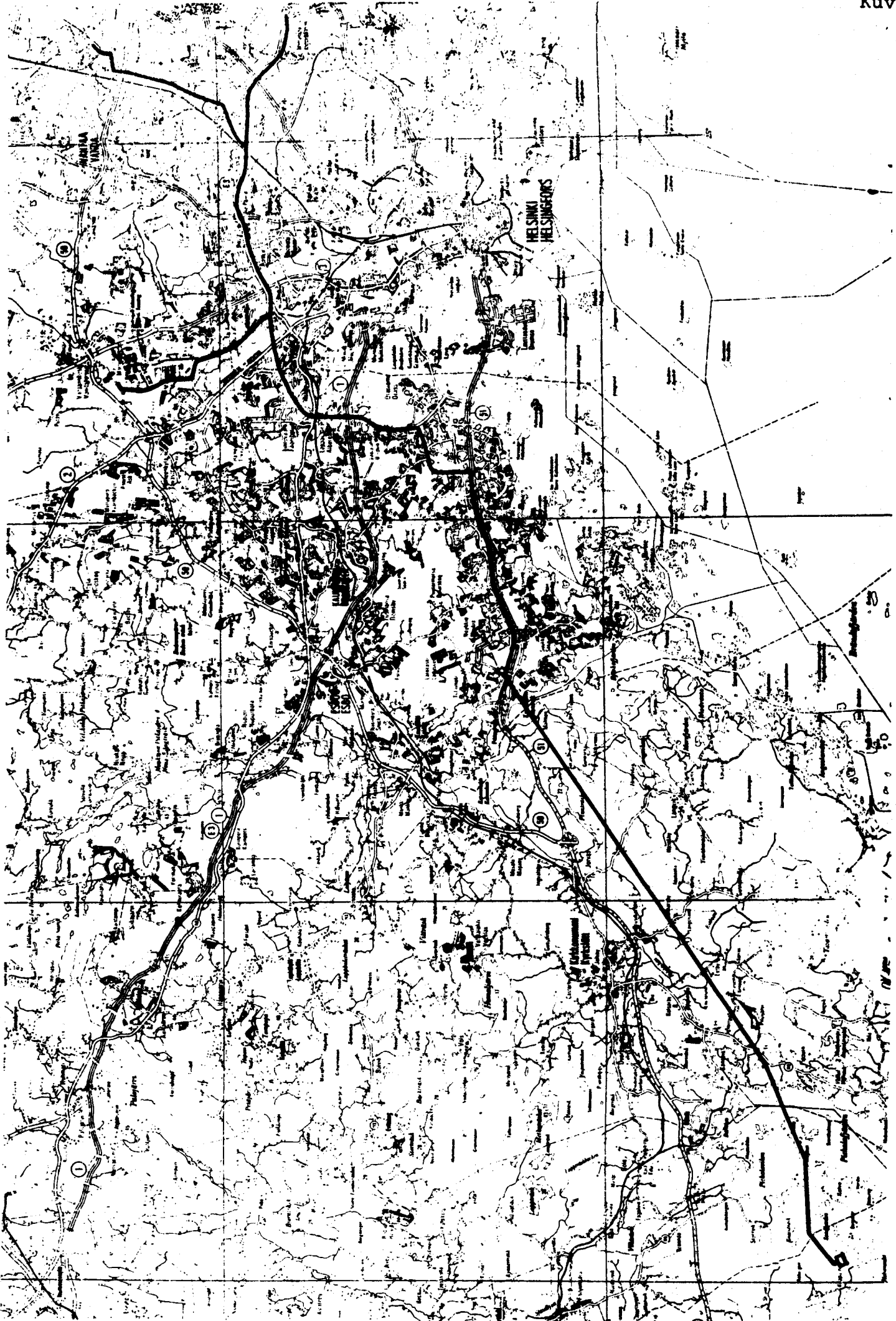


 <b>IMATRAN VOIMA OSAKEYHTIÖ</b> Tutkimusosasto	<b>400 kV VERKKO 1980 - LUVUN ALUSSA</b>	1. 10. 75
		Im / Lavi

5/2

- voimalaitos
- lämpökeskus
- kaukolämpöverkko 31.12.1974
- ..... lisäys 1.1.1975 ..... 31.12.1980





KAUKOSIIRTOJOHTO, ALUSTAVA SIJOITUSVAIHTOEHTO

IMATRAN VOIMA OSAKEYHTIÖ  
Tutkimusosasto

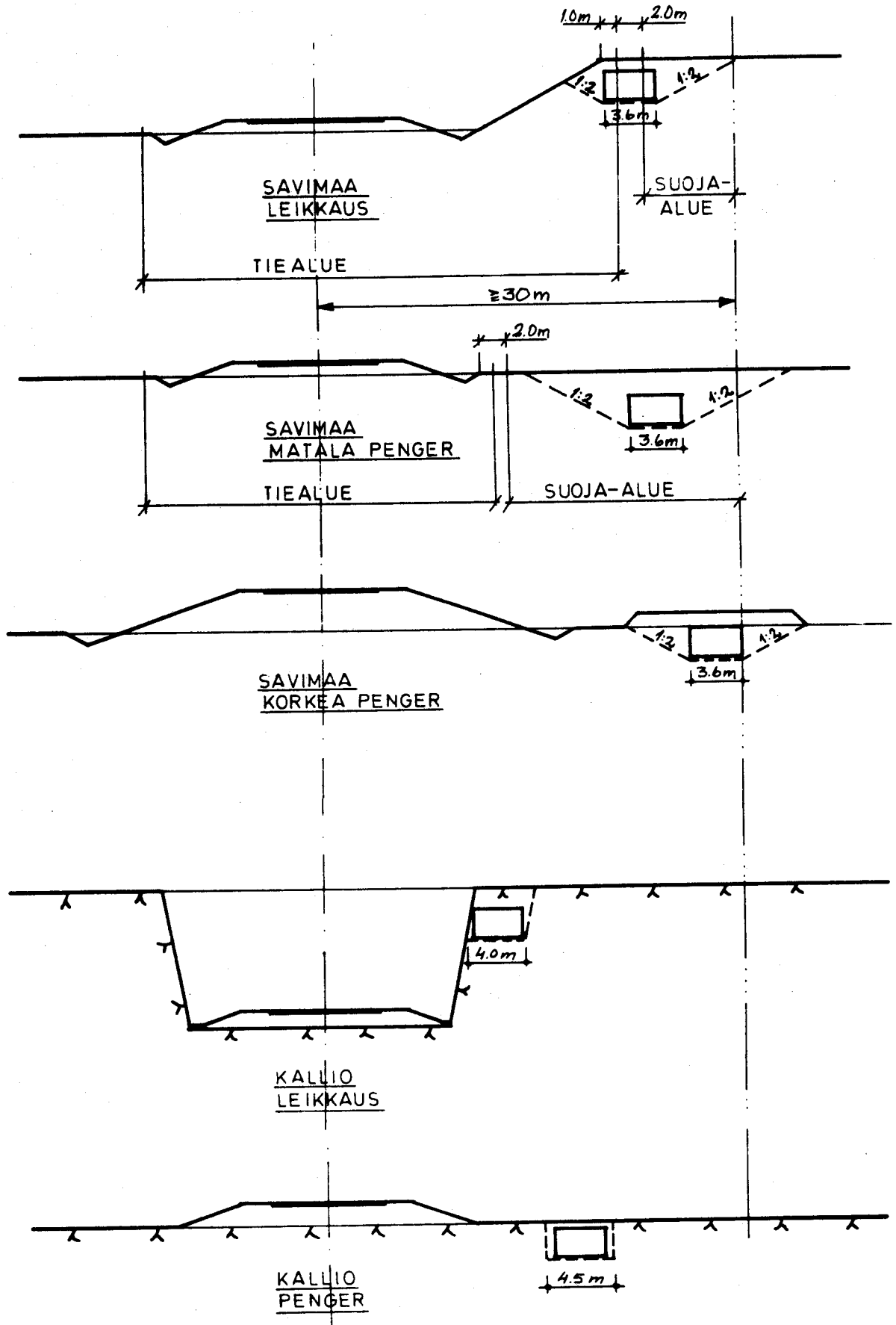
24.6.75 JRP/Lavi

LINJAVAIHTOEHTO A

KANAVAN SIIJOITUS TIELINJAAN NÄHDEN

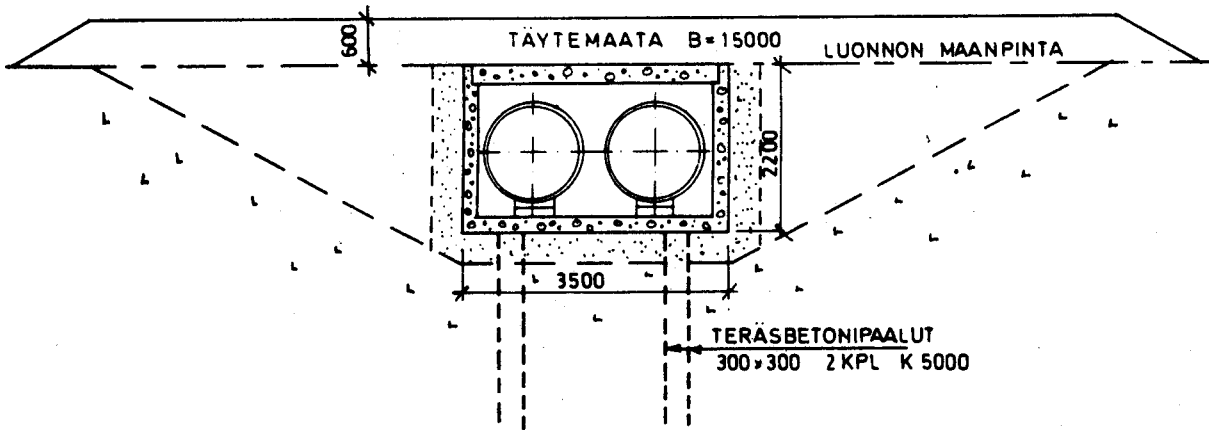
KANTATIE 51

MK 1:400

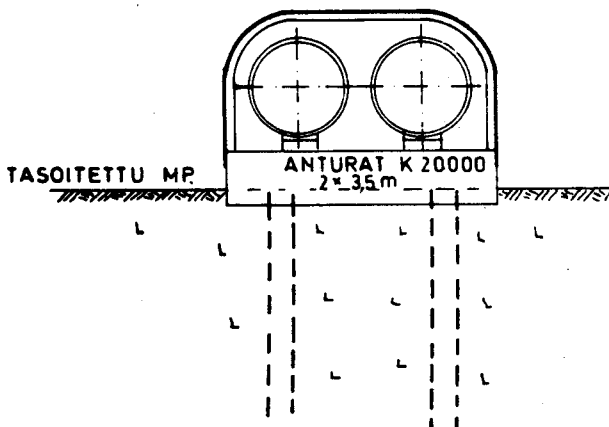




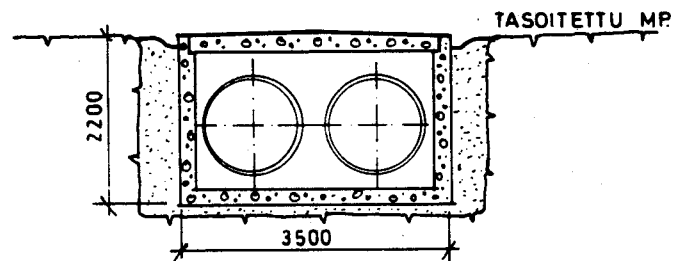
VAIHTOEHTO 1



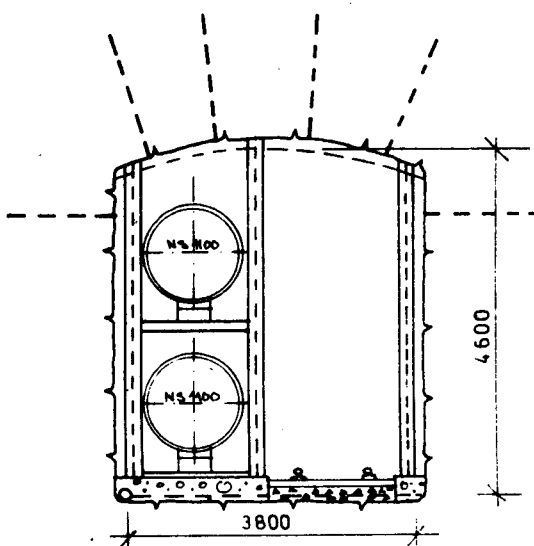
VAIHTOEHTO 2



VAIHTOEHTO 3



VAIHTOEHTO 4



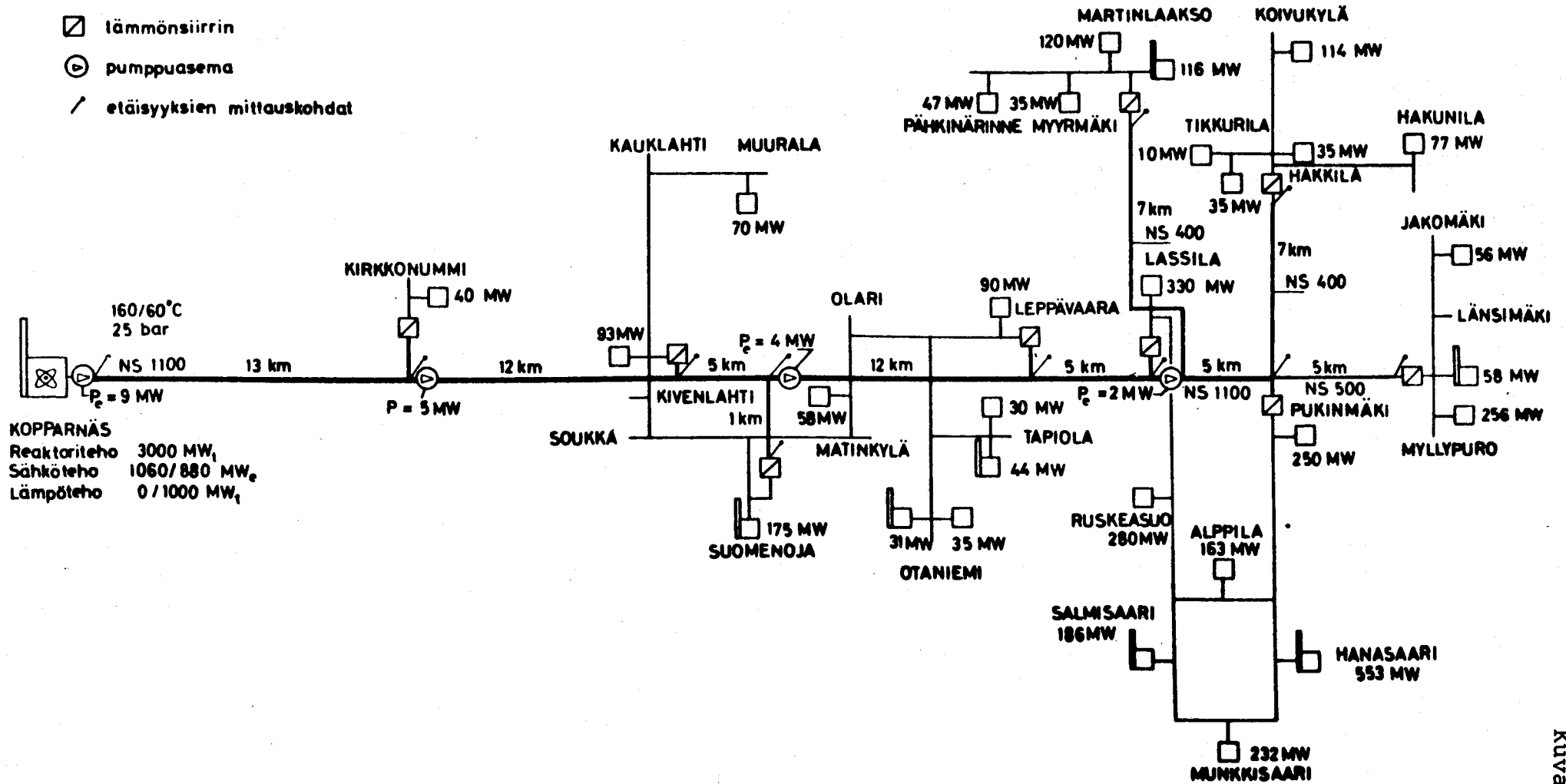
VAIHTOEHTOJEN SUHTEELLISET  
KUSTANNUKSET / M :

VAIHTOEHTO 1	1,0
VAIHTOEHTO 2	0,8
VAIHTOEHTO 3	1,0
VAIHTOEHTO 4	1,2

KAUKOLÄMPÖLINJA KOP-  
PARNÄS — HELSINKI  
PUTKILINJAN POIKKILEIK-  
KAUSVAIHTOEHTOJA

- lämmitysvoimalaitos
- lämpökeskus
- lämmönsiirrin
- pumppuasema
- / etäisyyksien mittauskohdat

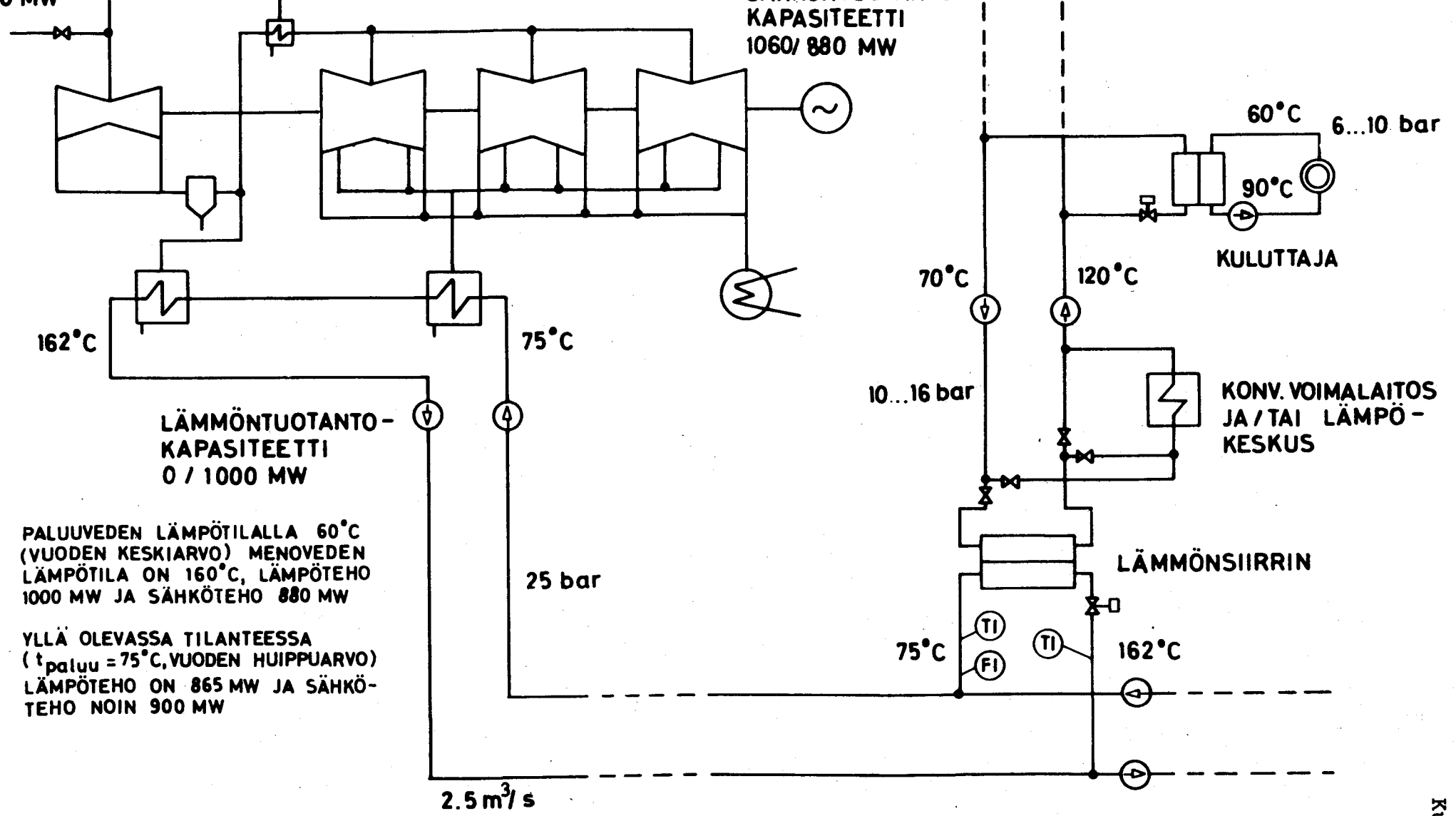
67



Kuva 9

REAKTORITEHO  
3000 MW

SÄHKÖNTUOTANTO-  
KAPASITEETTI  
1060/ 880 MW



LÄMMÖNTUOTANTO-  
KAPASITEETTI  
0 / 1000 MW

PALUUVEDEN LÄMPÖTILALLA 60°C  
(VUODEN KESKIAARVO) MENOVEDEN  
LÄMPÖTILA ON 160°C, LÄMPÖTEHO  
1000 MW JA SÄHKÖTEHO 880 MW

YLLÄ OLEVASSA TILANTEESSA  
( $t_{\text{paluu}} = 75^\circ\text{C}$ , VUODEN HUIPPUARVO)  
LÄMPÖTEHO ON 865 MW JA SÄHKÖ-  
TEHO NOIN 900 MW

YDINVOIMALAITOS

SIIRTOJOHTO

JAKELUVERKKO

2.5 m<sup>3</sup>/s

25 bar

10...16 bar

6...10 bar

KULUTTAJA

60°C

90°C

120°C

70°C

KONV. VOIMALAITOS  
JA / TAI LÄMPÖ-  
KESKUS

LÄMMÖNSIIRRIN

75°C

162°C

TI

FI

TI

50

Kuva 10

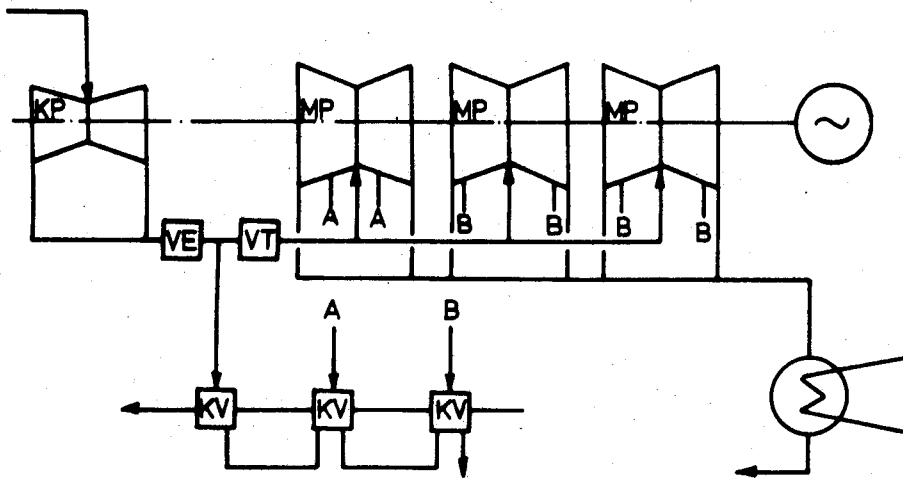
## TURPIINIRATKAISUN LÄHTÖKOHDAT JA TÄRKEIMMÄT TEKNISET ARVOT

## Lähtökohdat:

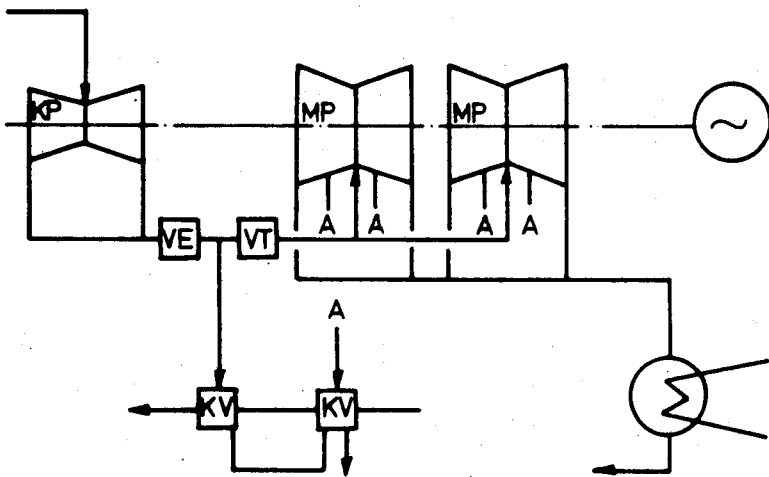
<b>Reaktori</b>		
Reaktoriteho	3000	MW
Tuorehöyryn paine	68	bar
Tuorehöyryn kosteus	0,4	%
Syöttöveden loppulämpötila	215	°C
Maksimi kaukolämpöteho	1000	MW
Kaukolämpöveden menolämpötila maksimi kaukolämpöteholla	160	°C
Kaukolämpöveden keskimääräinen paluulämpötila	60	°C
Jäähdytysveden keskimääräinen lämpötila	6,5	°C

## Tekniset arvot:

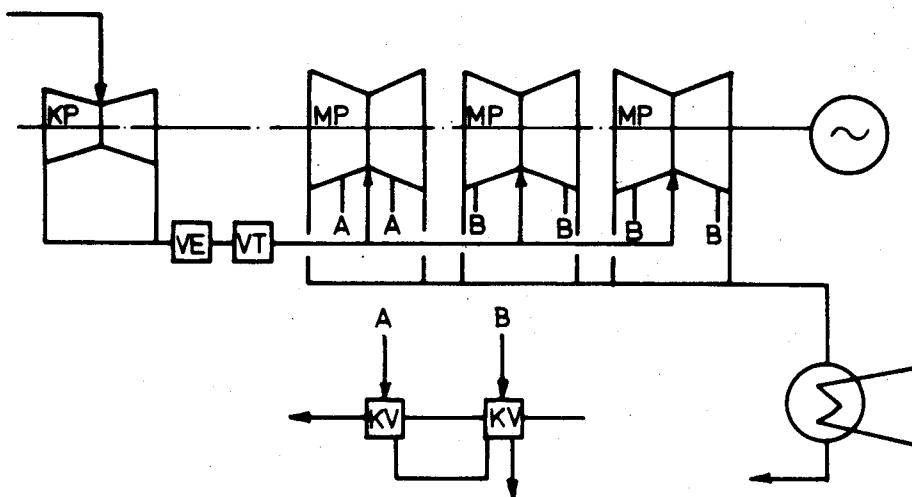
<b>Turpiini</b>		
Tyyppi	2 x	654
Ulosvirtauspoikkipinta-ala	2 x 6 x 7,1 =	85 m <sup>2</sup>
<b>Lauhdutin</b>		
Lämmönsiirtopinta	2 x	14400 m <sup>2</sup>
Jäähdytysvesivirta	2 x	18675 kg/s
Jäähdytysveden lämpeneminen maksimi lauhdutusajossa	17,5	°C
<b>Kaukolämmönvaihtimet</b>		
Asteisuus	3,5	°C
Lämmönsiirtopinta	2 x	7600 m <sup>2</sup>



VAIHTOEHTO A  
 TYYPPI 2x654  
 KAUKOLÄMPÖ-  
 VEDEN LÄMPÖ-  
 TILA 60/160 °C



VAIHTOEHTO B  
 TYYPPI 2x454  
 KAUKOLÄMPÖ-  
 VEDEN LÄMPÖ-  
 TILA 60/160 °C



VAIHTOEHTO C  
 TYYPPI 2x654  
 KAUKOLÄMPÖ-  
 VEDEN LÄMPÖ-  
 TILA 60/125 °C

ERI TURPIINIVAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Tyyppi	Kaukolämpökytkennät		Lauhdutuskytkennät	
	2x654 <sup>1)</sup>	2x454 <sup>2)</sup>	2x654 <sup>3)</sup>	2x854 <sup>4)</sup>
Ulosvirtauspoikkipinta-ala (m <sup>2</sup> )	85	57	85	113
Sähköteho (MW)				
- lauhdutusajossa	1057	1023	1066	1088
- 500 MW kaukolämpökuormalla	986	966	-	-
- 1000 MW kaukolämpökuormalla	878	863	-	-
Hintaero verrattuna lauhdutuskytkentään 2 x 654 (Mmk)	+ 64	+ 25	0	+ 43

1) Päävaihtoehto

- kolme matalapainepesää
- kaksiportainen kaukolämpöveden lämmitys

2) Vaihtoehto B

- kaksi matalapainepesää
- kaksiportainen kaukolämpöveden lämmitys

3) Kolme matalapainepesää

4) Neljä matalapainepesää

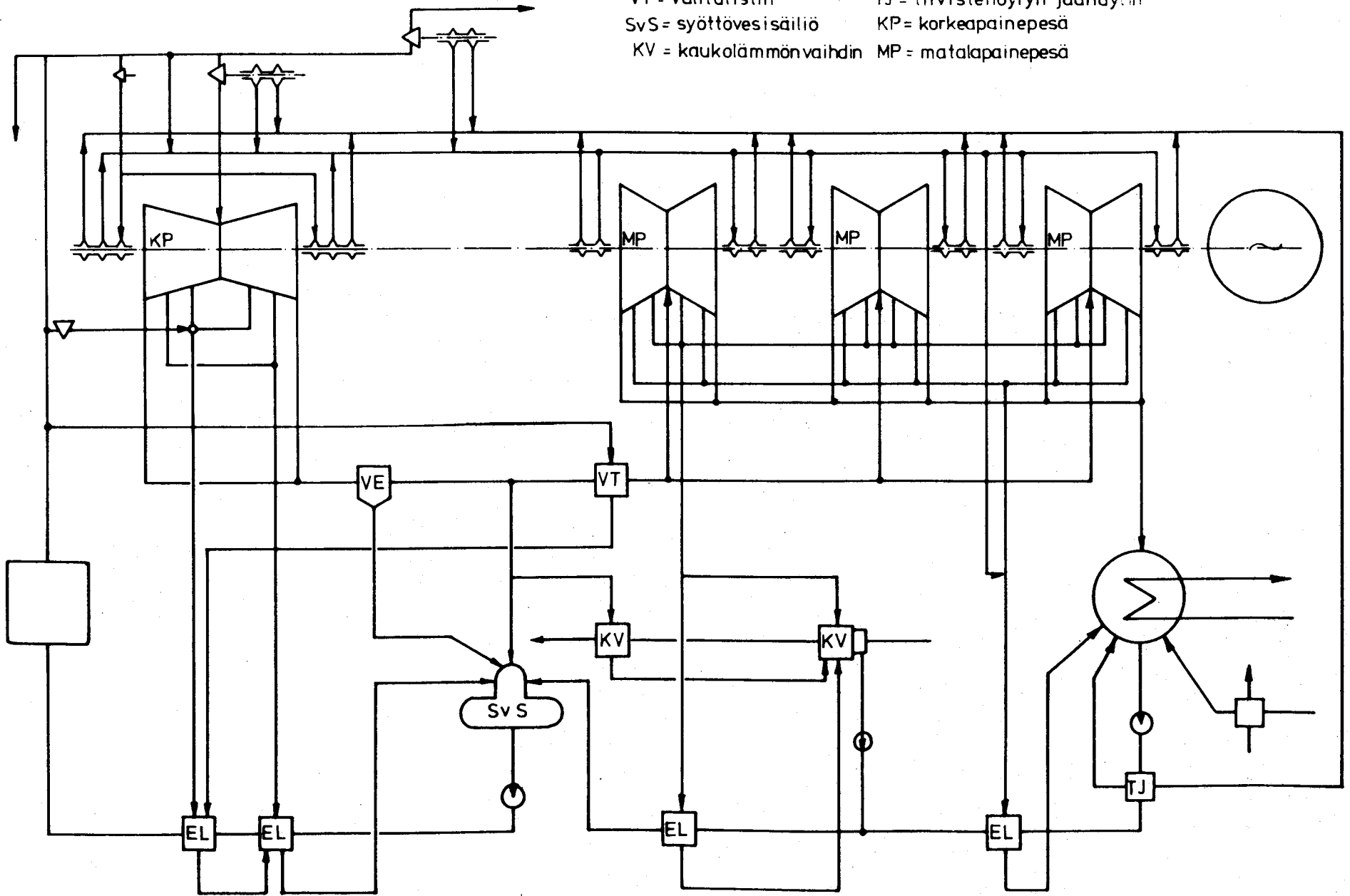


IMATRAN VOIMA OSAKEYHTIÖ  
LÄMPÖVOIMAPROJEKTI

PÄÄVAIHTOEHDON TERMINEN KYTKENTÄ  
TYYPPI 2 x 654

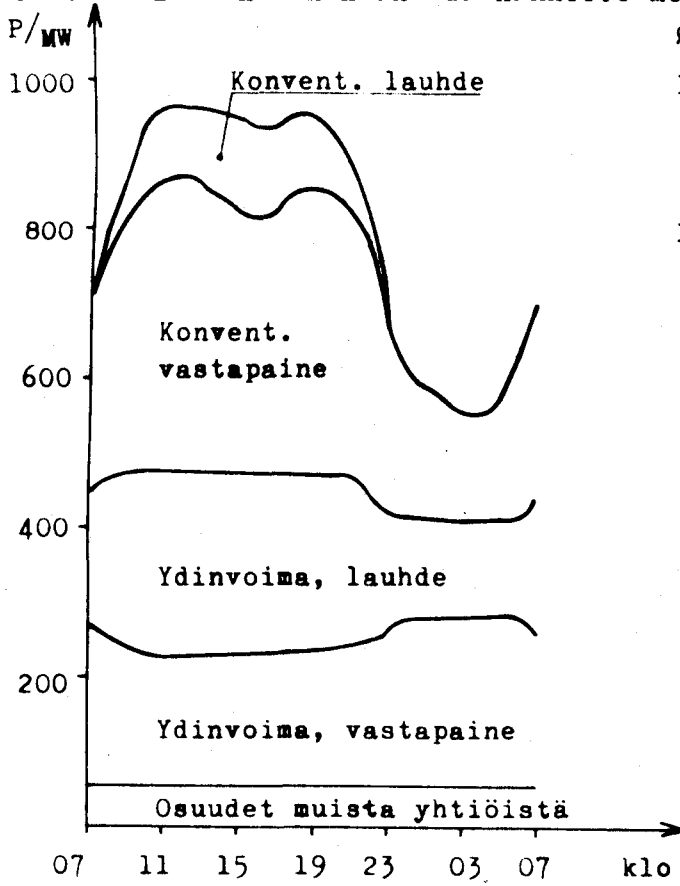
22.4.76  
KEK/LP

VE = vedenerotin  
VT = välitulistin  
SvS = syöttövesisäiliö  
KV = kaukolämmönvaihdin  
EL = syöttöveden esilämmitin  
TJ = tiivistehöyryn jäädyt-in  
KP = korkeapainepesä  
MP = matalapainepesä

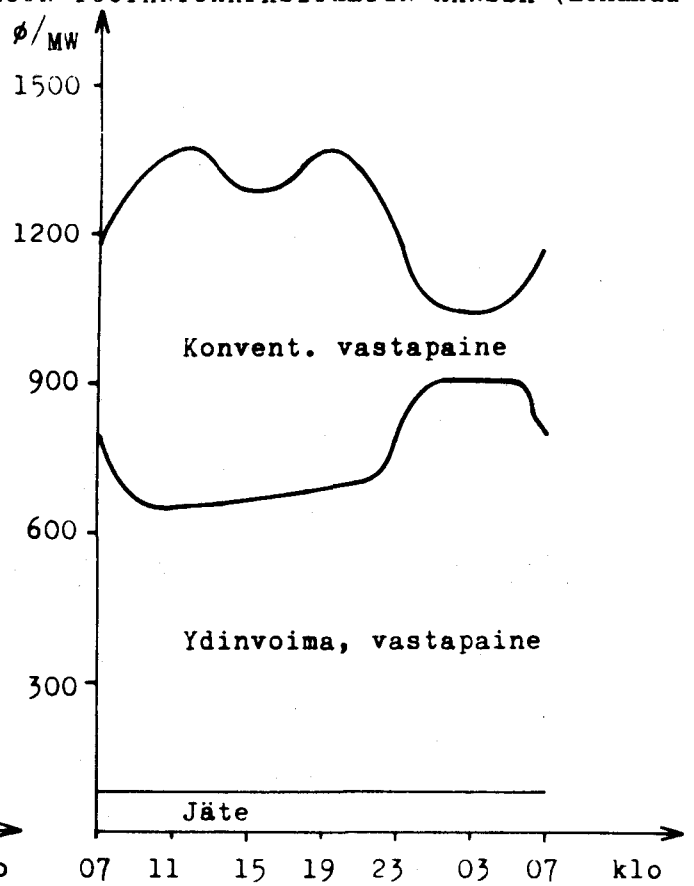


Kuva 13

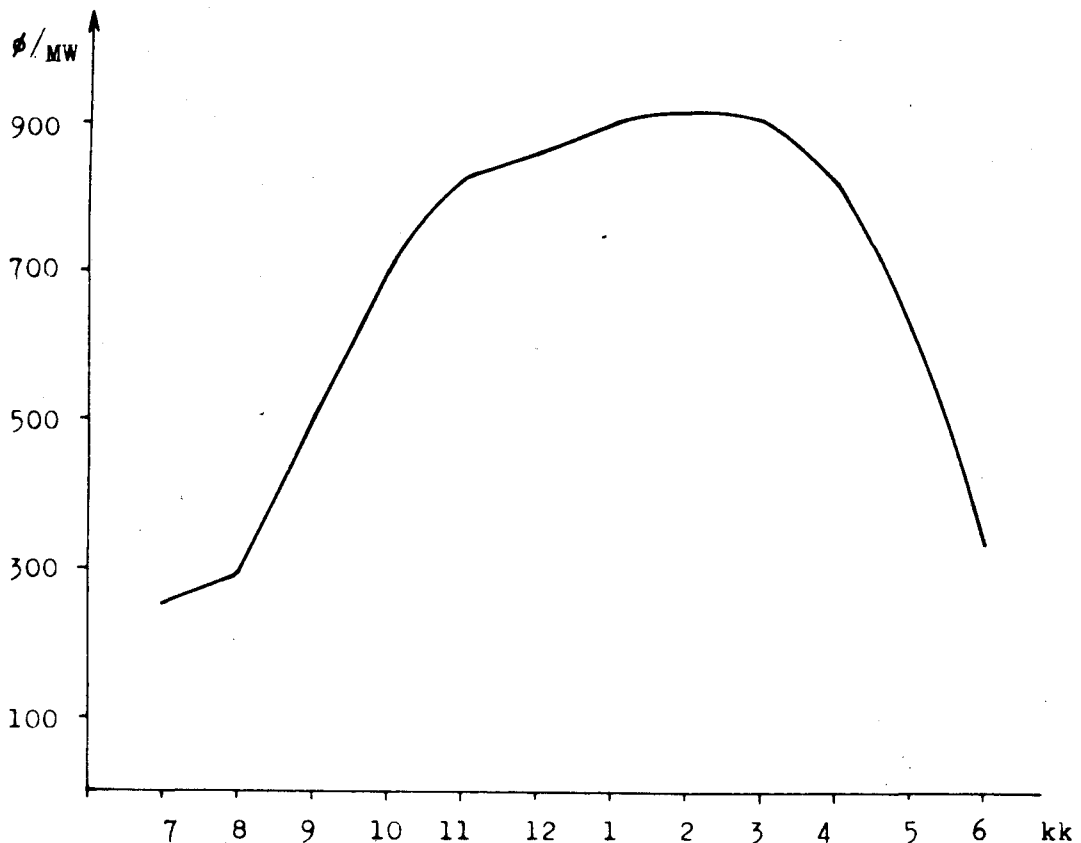
JÄRJESTELMÄN AJOTAPA JA RINNANKÄYTTÖ MUUN TUOTANTOKAPASITEETIN KANSSA (Lokakuu 1984)



Kuva 1. Pääkaupunkiseudun sähkön hankintatapa arkivuorokautena



Kuva 2. Pääkaupunkiseudun kaukolämmön hankintatapa arkivuorokautena



Kuva 3. Ydinvoimalaitokselta otettavan kaukolämpötehon keskiarvo kuukausittain



KOPPARNASHANKKEEN KUSTANNUSARVIO

A. Investoinnit / Mmk

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	Yht.
Voimalaitos (reaktoriteho 3000 MW)								
Lauhdevoimalaitos								
Koneet ja laitteet								1570
Rakennustyöt								320
Paikkakohtaiset kustannukset								45
Alkulataus								230
Suunnittelu hallinto								30
YHTEENSÄ	20	110	320	605	540	500	100	2195
Rakennusajan korot								455
Varastopolttoaine								75
Lauhdevoimalaitos								2725
Kaukolämmöstä aiheutuvat lisäkust.								95
Lämmitysvoimalaitos								2820
Kaukosiirojärjestelmä (siirtoteho 1000 MW)								
Pääjohto								
Rakennustyöt								158
Laitteet ja asennus								244
Suunnittelu, valvonta, yms.								40
YHTEENSÄ								442
Haarajohdot								37
Pumppuasemat								16
Lämmönsiirtimet								10
YHTEENSÄ		25	120	120	130	100	10	505
Rakennusajan korot								100
Arvaamaton								30
YHTEENSÄ								635

B. Käyttökustannukset

Voimalaitos

Polttoaine 6700 h/v x 3000 MW x 3.7 mk/MWh \* = 75 Mmk/v  
 Henkilökunta )  
 Käyttö ja huolto ) 30 --  
 Vakuutukset )

YHTEENSÄ 105 Mmk/v

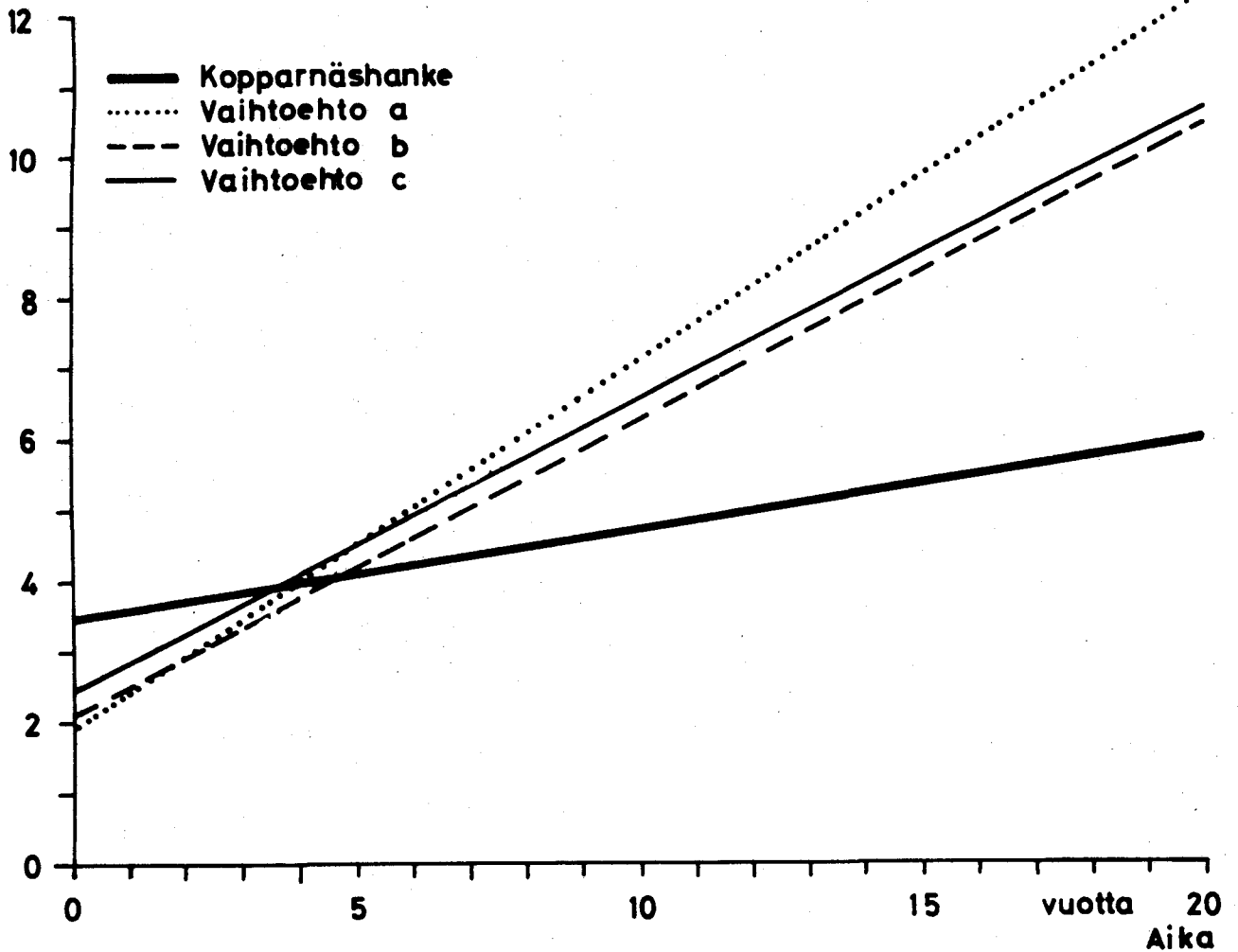
Kaukosiirojärjestelmä

Käyttö ja ylläpito 6 Mmk/v  
 Pumppausenergia (100 mk/MWh) 13 --

YHTEENSÄ 19 Mmk/v

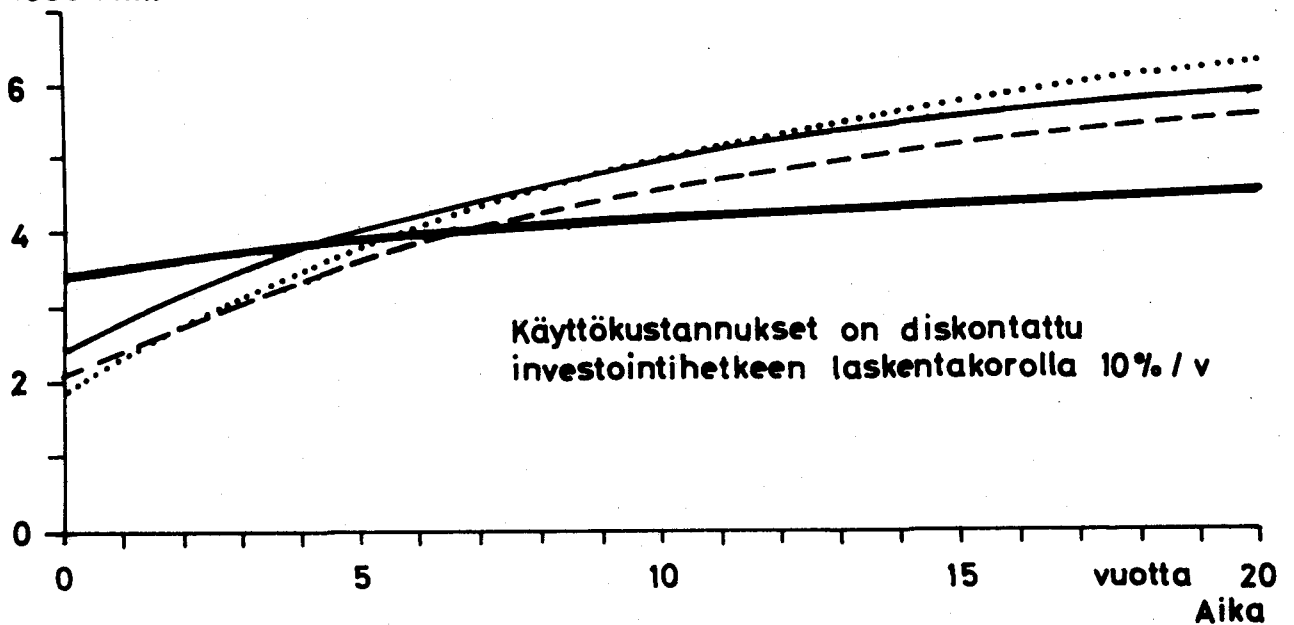
\* Luonnonuraani 15 \$/lb, rikastus 50 \$/kg SWU

Kokonaiskustannus  
1000 Mmk

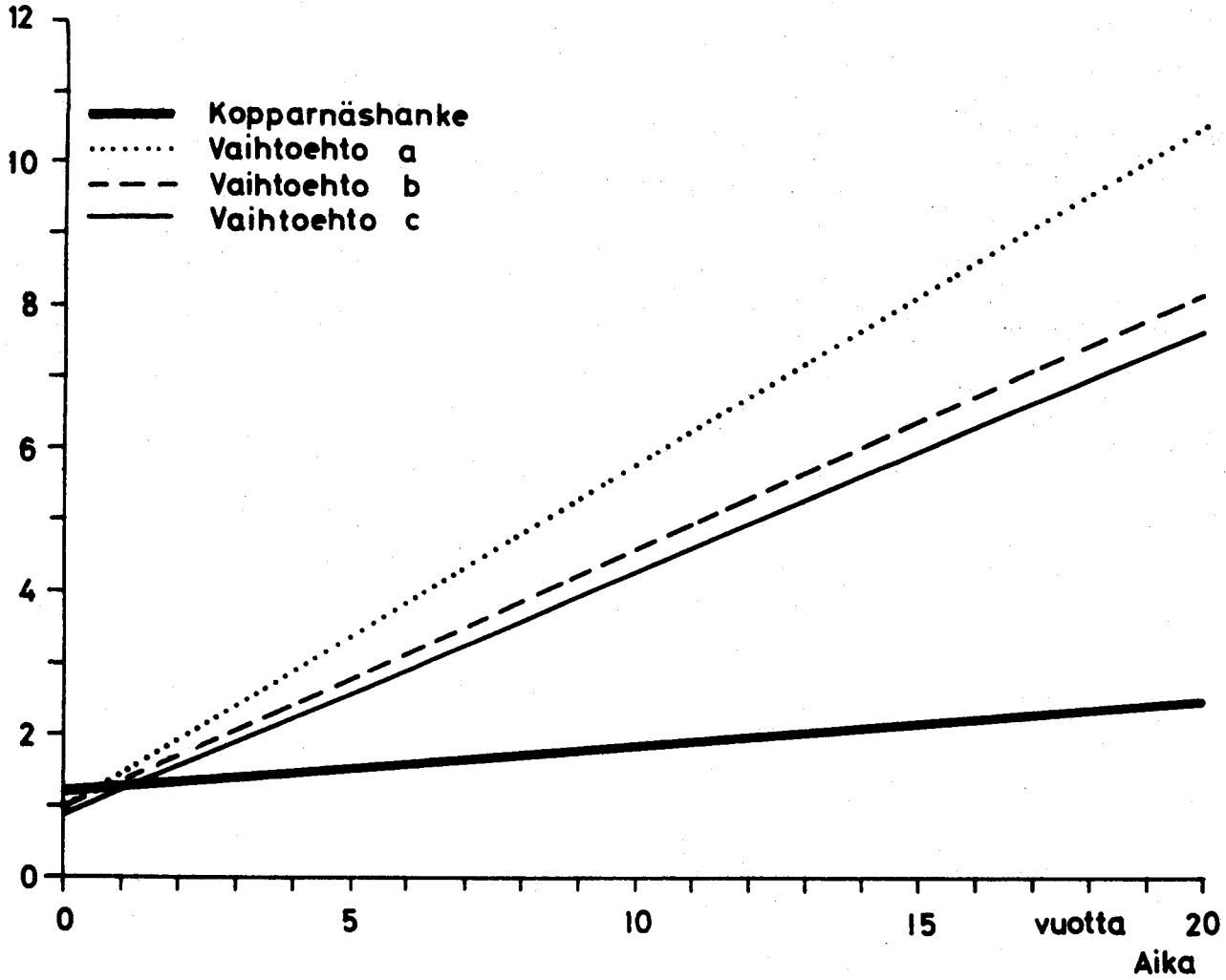


Kokonaiskustannus  
1000 Mmk

KUVA 2

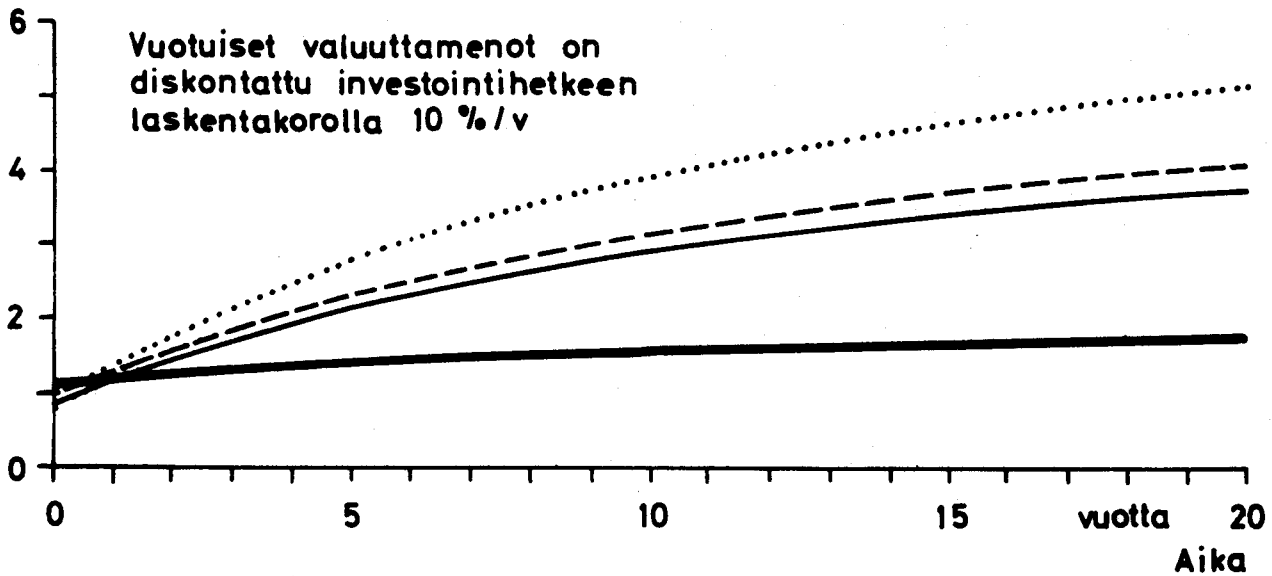


Kokonaisvaluutantarve  
1000 Mmk



KUVA 4

Kokonaisvaluutantarve  
1000 Mmk



IMATRAN VOIMA OSAKEYHTIÖ Tutkimusosasto	ERI VAIHTOEHTOJEN KOKONAISVALUUTAN TARPEEN VERTAILU	24.4.75
		JRP/Lavi

Apulaisprojektipäällikkö Kalervo Nurmimäen  
esitelmä Atomiteknillisen Seuran kokouksessa

"Loviisan tilannekatsaus"

Herra puheenjohtaja  
Arvoisat kuulijat

Kun Atomiteknillisen Seuran kokous pidetään Tekniikan Museossa, panee se varmaan monenkin ihmettelemään että; joko atomilaitok-  
sista on tullut Suomessa museotavaraa, vaikkei vielä ensimmäis-  
täkään ole saatu käynnistettyä. Ydinvoimalaitosten rakennus-  
ajat ovat kyllä siksi pitkiä, että jonkin verran ajan patinaa  
ehtii niihin tarttua ennenkuin ne saadaan tuottamaan energiaa.  
Uusien ydinvoimalaitosten rakennuspäätökset ovat myös antaneet  
odotuttaa itseään. Loviisa 3:sta ja 4:sta on kyllä maininta  
ns. voimataloussopimuksessa, joka n. vuosi sitten allekirjoitet-  
tiin Suomen ja Neuvostoliiton hallitusten välillä, mutta lopul-  
lista päätöstä esim. laitosten valmistumisajoista tai toimitus-  
rajoista ei ole vielä tehty. Energiakulutuksen kasvun pysähty-  
minen sekä 4 miljardin kWh-sähköostosopimus Neuvostoliitosta  
ovat joka tapauksessa siirtäneet Loviisa 3:n ja 4:n tarveaikoja  
sen verran, että lienee mahdollista tehdä laitoskonseptiin jonkin  
verran muutoksia.

Loviisa 1-2:n tilannekatsauksen haluan jakaa viiteen osaan,  
nimittäin

1. viranomaiskäsittely
2. rakennustyöt
3. komponenttien toimitus
4. asennukset ja
5. koekäyttö

Loviisa 1:n komponenttien suunnitteluaineiston käsittely IVO:ssa on jo ohittanut pahimman ruuhkan, sillä yli 90 % aineistosta on lähetetty Säteilyturvallisuuslaitokselle IVO:n hyväksymänä tai kommentoimana. Ruuhkan purkaminen STL:ssa on käynnissä ja n. puolelle suunnitteluaineistoa on S-päätös olemassa. Loviisa 2:lla tilanne on hyvin huolestuttava, sillä toistaiseksi vain muutaman komponentin suunnitteluaineisto on saatu IVO:oon. Erittäin pahaksi pullonkaulaksi ovat Lol:llä muodostuneet rakennetarkastukset, sillä toistaiseksi vain "kourallinen" laitteita on täydellisesti hyväksytty. Kolmas tarkastusmuoto KOT eli käyttöönottotarkastus hakee vielä lopullista muotoaan, joten sen vaikutusta koekäyttö-aikatauluihin ei vielä pysty arvioimaan.

Rakennustyöt Lol:llä ovat pääosiltaan valmiit. Runsaasti työvoimaa vaativat kuitenkin vielä viimeistelyt, kuten maalaukset ja aukkojen umpeenvalut. Esimerkiksi yksin apurakennuksessa on 538 kpl aukkoja, joiden umpeenvalu on päässyt käyntiin vasta asennusten jälkeen. Lo2:lla rakennustyöt jatkuvat reaktorirakennuksen sisäosissa ja turpiinisalissa. Apurakennuksessa on päästy jo maalaus-töihin ja yhteisessä jätevarastossakin on jo vesikatto päällä.

Loviisa 1:n tärkeimmistä komponenteista on vielä toimittamatta paineistin, kolme hätäjähdytystankkia, reaktorin sisäosat ja kansi. Lo2:lla ei pääkomponenttien toimitus ole vielä alkanut ja niinpä rakennustöiden jatkumisen varmistamiseksi on suunnitelmia jouduttu muuttamaan siten, että komponenttien myöhästymisen mahdollisimman vähän haittaa rakennustöitä.

Pääpaino Lol:llä on tällä hetkellä tietenkin asennustöissä, joita tehdään yli 600 venäläisen ja yli 1250 suomalaisen voimin. Kriittisistä asennuskohteista todettakoon seuraavaa:

Primääriputki on paria saumaa lukuunottamatta täysin asennettu. Jäälahduttimen seinäpanelien asennus on meneillään. Pääkiertopumppujen pesät on asennettu ja injektiovesiputkisto on asennuksessa. Pumppujen sisäosien asennukseen päästään vasta sitten kun ao. piiri on koeponnistettu väliaikaisen kannen avulla. Asennustöitä pyritään keskittämään niihin järjestelmiin, joiden täytyy olla kunnossa ennen painekoetta. Lämpöeristystä on myös asennettu niihin kohtiin, joiden ei tarvitse olla tarkkailtavissa kokeen aikana.

Sähkömiehetkin ovat olleet ahkeria, sillä esim. instrumentti-kaapelia on vedetty yli 12 000 johdinkilometriä. Lol:n lähes miljoonasta työmaalla tehtävästä kytkennästä on apurakennuksen osuus melkein valmis, valvomon n. 70 %:sti, mutta reaktorirakennuksessa ja turpiinialissa ovat kytkentätyöt lähes aloittamatta.

Vahvavirtapuolella on kytkinlaitoksensa lähes kunnossa ja sähkösyöttöjä vedetään parhaillaan laitoksen n. 300:lle käyttömoottorille ja 1800 moottoriohjatulle venttiilille. Lol:n päämuuntajat, pääkiskot ja generaattorikatkaisijat ovat myös koekäyttökunnossa.

Loviisan käyttöönotto-ohjelma perustuu mahdollisuuteen suorittaa eri järjestelmien koekäytöt ensin erikseen ja vasta sitten laitoksen yhteiset koestukset. Näitä ns. systeemeitä on Loviisassa kaikkiaan n. 70, joista 43 täytyy olla ainakin osittain kunnossa ennen ensimmäistä varsinaista yhteistä koetusta, primääripiirin painekoetta, joka viimeisimmän aikataulun mukaan pitäisi tehdä maaliskuussa. Tähän mennessä on näistä systeemeistä koekäytetty tai paraikaa koekäytössä vasta 10 kpl. Vauhdin on siis jatkossa huomattavasti parannuttava, jotta Lol:n ensi vuoden loppuun tähdätty valmistumisaikataulu voidaan pitää.

Meillä Loviisan rakentajilla on siis luvassa kiireinen mutta mielenkiintoinen vuosi edessämme.

TEOLLISUUDEN VOIMA OY:N PROJEKTIT

1

TVO 1 ja 2

Teollisuuden Voima Oy rakentaa parhaillaan kahta ydinvoimalaitosta Eurajoen kunnassa sijaitsevalle Olkiluodon saarelle. Näissä ydinvoimalaitoksissa tuotettu sähkö on tarkoitus käyttää yhtiön osakkaina olevien teollisuusyritysten ja voimayhtiöiden energian lisätarpeen osittaiseen tyydyttämiseen omakustannushintaan.

Laitosten nimet ovat TVO 1 ja TVO 2.

Molempien nettosähköteho on 660 MW.

Laitokset ovat rakenteeltaan ja toiminnaltaan identtiset.

TVO 1:n rakennustyöt aloitettiin v. 1974 alussa ja se on suunniteltu valmistuvaksi syksyllä 1978.

TVO 2:n osalta vastaavat ajat ovat syksy 1975 ja syksy 1980.

Molempien laitosten päätoimittajana on ruotsalainen AB ASEA-ATOM. TVO 1:n tämä yhtiö toimittaa täydellisenä ("avaimet käteen"-toimitus). TVO 2:n toimituslaajuus on muuten sama lukuunottamatta rakennustöitä, jotka TVO hoitaa erillisenä hankintana.

TVO 1:n rakennustyöt suorittaa ASEA-ATOMille Oy Atomirakennus Ab (Skånska Cementgjuteriet Ab, Oy Vesto, Rakennus Oy ja Rakennustoimisto Ruola Oy).

TVO 2:n rakennustyöt suorittaa TVO:lle Työyhtymä Jukola (Ab Armerad Betong, Svenska Vägaktiebolaget, SIAB-Byggen Ab, SIAB-Rakennus Oy, Oy Finn-Betoni Ab, Polar-Rakennusosakeyhtiö ja Rakennus- ja insinööri-toimisto Teräsbetoni Oy).

ASEA-ATOMin tärkeimmistä alihankkijoista mainittakoon (TVO 1 ja 2):

Turbiinilaitos	STAL-LAVAL Turbin Ab, Finspång
Generaattori	ASEA, Västerås
Reaktorin paineastia	Uddcomb Sweden Ab, Karlskrona
sisäosat	Oy Finnatom Ab (Tampella ym)
Polttoaine (mekaaninen valmistus)	ASEA-ATOM, Västerås

2

#### Valmistumisasteet

<u>TVO 1</u>	Kokonaisvalmistumisaste	n. 40 %
	Betonityöt	n. 72 %
	Asennustyöt	aloitettu
	Reaktoripaineastia	n. 80 %
<u>TVO 2</u>	Louhinta	lähes valmis
	Betonityöt	aloitettu

TVO 1:n ja 2:n toimituksista ovat n. 40 % kotimaisia.

Eri valmistumisvaiheissa olevat muut rakennuskohteet ilmenevät liitteestä 1.

Lisäksi on Raumalta ja Eurajoelta hankittu suuri määrä asuntoja projekti- ja käyttöhenkilökuntaa varten.



3

## Aikataulut

Kuvassa 1 TVO 1- ja 2-projektien yleisaikataulut.

Aikataulujen noudattamista ovat häirinneet lähinnä TVO 1 kohdalla rakennuspuolella tapahtuneet lakot ja työmaahäriöt 1974-75 aikana. ASEA-ATOMin kanssa on sovittu keinoista, joilla pyritään noudattamaan alkuperäistä valmistumishjelmaa.

TVO 1 polttoaineen täyttö tapahtuu tämän mukaan v. 1977 lopussa ja laitos luovutetaan TVO:lle syksyllä 1978. TVO 2:n kohdalla samat tapahtumat ajoittuvat kaksi vuotta myöhemmäksi.

4

## Työntekijämäärät lokakuussa 1975

## Olkiluodon työmaa

	Työntekijöitä	Toimihenkilöitä	Yht.
TVO 1	1033	224	1257
TVO 2	339	101	440
Yhteensä	1372	325	1697
	=====	=====	=====

## TVO:n henkilökunta

	Uudisrak.os.	Käyttöos.	Muut	Koko yhtiö
Espoo	31	7	26	65
Olkiluoto	30	43		73
Yhteensä	61	50	26	137
	=====	=====	=====	=====

5

## Polttoaine

TVO on hankkinut luonnonuraania n. 1760 tn TVO 1:n ja 2:n alkulatauksia ja muutaman vuoden käyttöä varten Kanadasta (Eldorado Nuclear Ltd ja Gulf Minerals Ltd).

Kemiallinen konversio uraaniheksafluoridimuotoon tapahtuu myös Kanadassa (Eldorado Nuclear Ltd).

TVO 1 varten tarvittava uraani väkevöidään Neuvostoliitossa (Techsnabexport).

Kuljetukset hoitaa Transnuklear GmbH.

Jälkikäsittelystä ja jätteiden varastoinnista käydään neuvotteluja (United Reprocessors Ltd) ja varaudutaan käytetyn polttoaineen väliaikaiseen varastointiin.

6

Rakennus- ym. luvat

TVO 1:lle ja 2:lle on saatu rakennuslain ja atomienergiain edellyttämät rakennusluvut. Viimeksi mainitut edellyttävät kuitenkin, että TVO saa Säteilyturvallisuuslaitokselta eri rakentamisvaiheita varten tarpeelliset etenemisluvat.

STL:n etenemisluvat annetaan riittävän ao. kohtaa koskevan selvittelyaineiston perusteella.

Mitä vesioikeudellisiin lupiin tulee, on TVO saanut Länsi-Suomen vesioikeudelta kaikki vesistöissä rakentamista varten tarvittavat luvat.

Lisäksi Länsi-Suomen vesioikeudessa on parhaillaan vireillä TVO 1 ja TVO 2 laitosten jäähdytysvedenottoa merestä ja sen sekä kaikkien muiden laitoksilta tulevien jätevesien johtamista mereen koskeva lupahakemus.

TVO 2:n rakennusluvan myöntämisen ehdoksi kauppa- ja teollisuusministeriö asetti sen, että valtion ja kuntien omistusosuus yhtiössä nostettaisiin 42 %:sta 50 %:iin. Tämä tulisi tapahtua siten, että Imatran Voima Osakeyhtiö tulisi TVO:n osakkaaksi tarvittavalla

osuudella. TVO:n osakkaat suostuivat tähän keväällä 1975. Parhaillaan neuvotellaan IVO:n kanssa käytännön toimenpiteistä.

7

#### Voimansiirto ja varavoima

TVO 1 ja 2 liitetään valtakunnalliseen 400 kV voimansiirtoverkkoon. TVO ja IVO ovat tehneet sopimuksen TVO 1:n sähkön siirtämisestä osakkaille. Lisäksi on sovittu yhteiskäytöstä IVO:n kanssa sekä varavoi-  
masta. TVO 2:n osalta pyritään samanlaisiin jär-  
jestelyihin kuin TVO 1:n kohdalla.

TVO 1:n alkuvuosien käyttöä varten on Ruotsista varattu 300 MW varatehoa. Samalla vahvistetaan siirtokapasiteettia Suomen ja Ruotsin välillä sekä täydennetään suomalaista 400 kV verkkoa. TVO osallistuu kustannusten peittämiseen.

8

#### Rahoitus

Kokonaisinvestointitarpeesta on tarkoitus peittää 600-700 milj. mk osakepääomalla, n. 1450 milj. mk Ruotsista järjestetyillä ASEA-ATOMin toimituksiin kohdistuvilla luotoilla sekä loput kotimaisilla ja ulkomaisilla luotoilla.

9

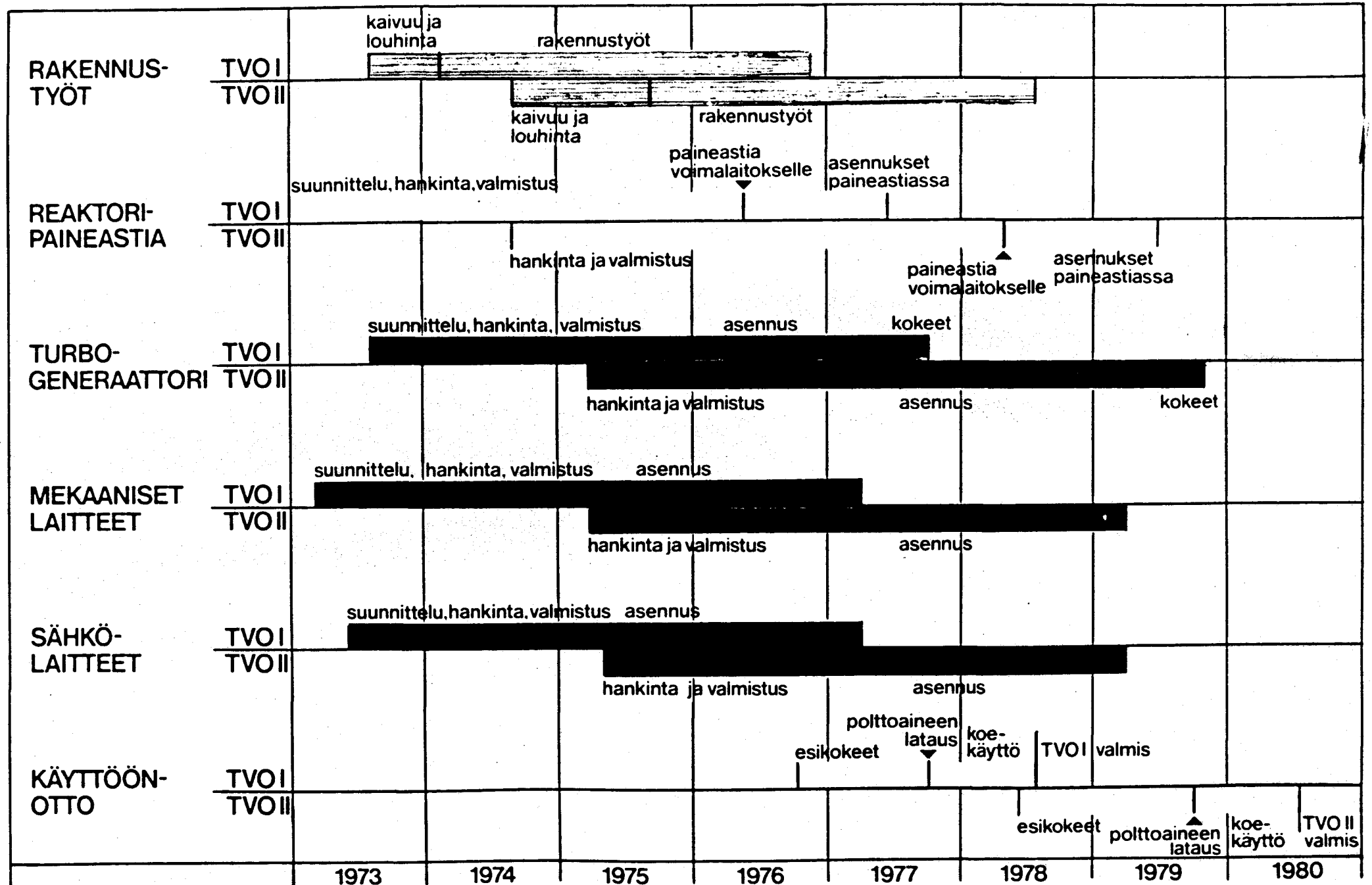
#### Koulutus

TVO 1:n vuoroteknikkojen ja vuoroinsinöörien koulutus on alkanut. Parhaillaan on menossa n. 3 kk ydin-  
tekniikan alkeiskurssi (ns. AKU-kurssi). Myös muu  
käyttöhenkilökunta joutuu tenttimään tämän kurssin.  
Västeråsin 3 kk BWR-kurssille osallistuu n. 40 henkeä,

joista suurin osa jää 3 kuukaudeksi Ruotsin ydinvoimalaitoksille käytännön toiminnan harjoitteluun.

Liitt.

# TVO I JA TVO II OLKILUOTO RAKENNUSAIKATAULUT



89

Kuva I

TVO 1 JA TVO 2 - MUUT TOIMITTAJAT

- Alueet ja tiet
  - Jäähdytysveden sisäänotto ja purkujärjestelmän rakennustyöt
  - välipät ja luukut
  - Väylä
  - Satama
  - 110 kV kytkinlaitos ja käynnistysmuuntaja
  - 110 kV johto
  - Päämuuntaja
  - 400 kV johto ja kytkinlaitos
  - Huoltorakennus (korjaamo)
  - Hallintorakennus
  - Kaasuturbiinilaitos
  - Säämasto
    - instrumentit
    - masto
  - Palvelukeskus
  - Asuntokylä (TVO II)
    - asunnot
    - kunnallistekniikka
  - Ruokala (TVO II)
  - Makeavesijärjestelmä (pumppuamo, vesijohdot ja raakavesiallas yhdessä Imatran Voima Osakeyhtiön kanssa)
  - Raakavesilaitos
  - Jäteveden käsittelylaitos
- Mynämäen Maanrakennus Oy
- Maanrak.tsto Pohjansepot Oy  
Konepaja A. Grönroos Oy  
Ins.tsto Oy Vesi-Pekka  
Maanrak.tsto Pohjansepot Oy
- Oy Strömberg Ab  
Pohjolan Voima Oy  
Oy Strömberg Ab  
Imatran Voima Osakeyhtiö  
Rak.liike A. Lampola Ky  
Ei tilattu  
"
- Vaisala Oy  
Reposen Konepaja Oy  
Rak.tsto Eero Nuutinen Oy
- Urepol Oy  
Mynämäen Maanrakennus Oy  
Urepol Oy  
Mynämäen Maanrakennus Oy
- Ins.tsto Vesi-Seppo Ky  
" Oy Vesto

## FINNATOMIN TOIMITUKSET YDINVOIMAPROJEKTEIHIN

Oy Finnatom Ab on perustettu v. 1969 markkinoimaan, koordinoimaan ja hoitamaan ydinvoimalaitoskomponenttien tutkimus- ja kehitystyötä.

Finnatomin osakkaat, joilla kullakin on yhtä suuri osuus, ovat:

- A. Ahlström Osakeyhtiö
- Oy Nokia Ab
- Rauma-Repola Oy
- Oy W. Rosenlew Ab
- Oy Strömberg Ab
- Oy Tampella Ab
- Valmet Oy
- Oy Wärtsilä Ab

Finnatom on lisäksi sopinut erityyppisistä yhteistyömuodoista Tehdasputkitus Oy:n, Oy John Stenberg Ab:n, Neles Oy:n ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kanssa.

Finnatom toimi 60-luvulla nimellä Suomen Atomiteollisuusryhmä pääosiltaan samoilla periaatteilla kuin nykyisin. Loviisa -projektien käynnistyttyä muodostettiin nykyinen yhtiö.

Osakasyhtiöt, joista monet toimivat sekä puunjalostus- että konepaja-alalla, ovat yleisesti ottaen suuria yrityksiä, joilla kullakin on takanaan pitkäaikainen kokemus alallaan, ja ainakin Suomen oloissa suuret resurssit, niin henkiset kuin valmistustekniset.

Olikin luonnollista, että syntyi tarve kokeilla mahdollisuuksia myös ydinvoima-alalla. 60-luvulla lähinnä Ab Asea-Atomille Ruotsiin suuntautuneet toimitukset ovat vähitellen ajaneet sisään Finnatomin ja sen osakasyhtiöiden edellä mainitut resurssit niihin vaatimuksiin, jotka ovat luonteenomaisia ydinvoima-alalle.

On kuitenkin huomattava edellä mainitun perusteella, ettei Finnatom ole alan ainoa toimittaja Suomessa ja etteikö myös pienemmillä resursseilla olisi mahdollista menestyksellisesti harjoittaa tällaista toimintaa. Kokemusten hankkimiseen kuitenkin tarvitaan aikaa ja/tai rahaa.

- - -

Suomessa rakenteilla oleviin voimaloihin - Lo 1 ja Lo 2, TVO I ja TVO II - Finnatom on toimittanut tai on toimittamassa komponentteja ja systeemejä, jotka on esitetty liitteenä olevien taulukoiden muodossa.

Taulukoita tarkasteltaessa voidaan aluksi todeta, että

- Suurten laitteiden tilaajia on lukumääräisesti vähän: Loviisan projekteissa kaksi - AEE ja IVO; Olkiluodossa samoin kaksi - Asea-Atom ja Stal-Laval.
- Edelleen voidaan todeta, että vaikka Finnatomin osuus ainakin Loviisassa on jonkin verran pienentynyt siirryttäessä Lo 1:stä Lo 2:een, on IVO:lle myyty osuus suhteellisesti kasvanut. Kasvu IVO:n hyväksi on taulukossa yksi (1) nimike - todellisuudessa nimikkeitä on yhdistetty 2-blokkiin siirryttäessä, mutta Lo 2:sta ovat Finnatomin toimituslaajuudesta jääneet pois ainakin merivesipumput ja lauhteenpuhdistuslaitos.



TVO II:n toimitukset ovat vielä osittain tarjousvaiheessa. Tarkkaa ja luotettavaa johtopäätöstä ei edellisen perusteella voida vetää, koska asiaan vaikuttavat yleiset suhdannevaihtelut koskevat Finnatomia jossain määrin eri tavalla kuin suurinta osaa kilpailijoistamme, mikä johtuu yhtiömme rakenteesta ja sen riippuvuudesta konepajateollisuudesta alussa mainitulla tavalla.

- Toimitukset Loviisan reaktorin suhteen ovat "perifeerisempiä" verrattuna Olkiluodon toimituksiin. Niinpä suunnitteluvastuu Loviisassa onkin ollut suhteellisesti suurempaa, kun taas Olkiluodon komponenteissa reaktori- ja turpiinipäähankkijoiden vastuu on dominoiva sekä suunnittelussa että laadunvarmistuksessa.
- Edellisen perusteella on laitteet Loviisaan yleensä toimitettu toimivina systeemeinä, joiden lopullisesta tarkasta toimituslaajuudesta samoin kuin laatutasosta ei kaupantekohetkellä ole täysin oltu selvillä. Syyt ovat olleet seuraavat:
  - Uusi tuntematon asiakas (tässä tapauksessa AEE), jonka tekniikka ja asioiden hoitotapa eivät ole olleet täysin tiedossa.
  - Toimitus suomalaisen voimalaan tarkoittaa sitä, että tilanne oli epäselvä viranomaisten vaatimusten ja ennen kaikkea käytännön suhteen. Todellisuudessa ydinvoimala-alan käytäntöä ei Suomessa ole ollut, vaan se on näiden ensimmäisten laitosten mukana muokkautunut.
  - Muut seikat, kuten laadunvarmistustoimenpiteiden aliarviointi jne. Käytännössä kaikilla osapuolilla on ollut sana sanottavanaan (AEE, IVO, viranomaiset), ja tämä on aiheuttanut monet ylimääräiset kierrokset asiapapereiden käsittelyssä.

- Suurempaan vastuualueeseen ja suurempiin toimituskokonaisvaatimukseen kuuluu myös se, että asennus ja koekäyttö ovat osa toimitusta. Laadunvarmistuksen tavoin niin asennuksessa kuin koekäytön rutiineissa on muokkautumassa "käytäntö". Asiassa esiintyy kuitenkin jatkuvasti hankaluuksia, joista on seurauksena viiveitä.
- Todettakoon, että kaikesta huolimatta ulkopuolista apua - alihankintaa - suunnittelun osalta on käytetty vain muutamissa tapauksissa. Tämä on tulkittavissa siten, että henkiset resurssit, muutamaa erikoistapusta lukuunottamatta, ovat olleet jokseenkin riittävät. Mitä materiaalitoimituksiin tulee on todettava, että ainoastaan Ahlström valimonsa turvin pystyy osittaiseen omavaraisuuteen, joskin muissa yhteyksissä osakasyhtiöiden takomot ja valimot ovat toimineet materiaali-alihankkijoina. Esimerkkinä mainittakoon Rauma-Repola/Lokomon valmistamat PCP-moottoreiden akselihiot.
- Tarkastusluokkien suhteen voidaan todeta, ettei eri voimaloiden toimituksia voida selvästi ryhmitellä. Sanottakoon, että pääkiertopumppu laadunvarmistuksineen on I-luokan laitteena tarjonnut suurimman työmäärän - tämä sekä laadunvarmistuksen suunnittelun että laadunvalvonnan toteutuksen kannalta.

Lopuksi voidaan todeta, että yhtiöiden valmius tällä hetkellä on kasvanut siinä määrin, että se etumatka, joka vaatimustasolla oli, on kuroutumassa umpeen. Finnatom on hakeutumassa entistä vaativampiin tehtäviin - suurempiin systeemitöihin samoin kuin suurempiin ja vaativampiin komponentteihin.

Näin ollen voidaan pitää mielekkäänä ja perusteltuna, että seuraavista ydinvoimaloista neuvoteltaessa päähankkijan kanssa sovitaan nykyistä suuremmasta kotimaisuusasteesta myös laitetoimitusten osalta.

LIITTEET

1975-11-14

SW/eh

Taulukoiden selitys

Taulukoissa ilmoitetut tiedot koskevat toimitusten pääosuutta tai pääosuuksia eivätkä näin ollen koko nimikettä koskien ole tarkkoja.

- Sopimusvuosina on ilmoitettu esisopimuksen ja lopullisen sopimuksen vuosi tai toimituksen pääosuuden - ja lisätoimitusten sopimusvuosi.
- Toimitusvuosina on ilmoitettu useampi vuosiluku mikäli toimitus on jaettu useina vuosina tapahtuviksi osatoimituksiksi.
- Suunnittelun, materiaalin, QA-suunnittelun, asennuksen ja käyntiinajon sarakkeissa ilmoitettu x tarkoittaa, että ko. osuutta hoidetaan pääasiallisesti osakasyhtiömme omin voimin.
- TVO I:n ja II:n taulukoihin merkitty AA = Asea-Atom ja S-L = Stal-Laval.

## LOVIISA 1

Asiakas	Laite/Systeemi	Lukum.	Sopim.	Toim.	Toimittaja	Suunn.	Materiaali	QA-suunn.	Asennus	Käyntiin- ajo	Huom!
AEE	Merivesilämmönvaihtimet	23	70-73	74	Rauma-Repola	X	alih.	X	-	-	
"	Reaktorih. nosturi	1	70	73	Wärtsilä	X	"	X	X	X	
"	Säteilynvalvontajärjestelmä	1+1+1	70	75-76	Nokia	X/alih	"	X	X	X	
"	Lauhteenpuhdistuslaitos	1	70-71	75	Tampella	X	"	X	X	X	
"	Merivesipumput (+moottorit)	4	70	75	A. Ahlström	X	X/alih.	X	X	X	
"	Pääkiertopumput (+tiivistev. syst)	6	70	75-76	A. Ahlström	X	X/alih.	X	X	X	
"	PCP-moottorit (+säätö)	6	70	75	Strömberg	X	alih.	X	X	X	
"	Ilmastointisysteemi	-	70	75	Valmet	X	"	X	X	X	
"	Polttoaineenvaihtokone	1	70	75	Valmet	X	"	X	X	X	sähkö ST
"	Läpiviennit	~85	71	74-75	Wärtsilä	X/alih	"	X	X	X	
"	In-Core instrumentointi	-	73-74	75-76	Nokia	X	X/alih.	X	-	-	
"	PCP-filtterinvaihtokone	1	75	76	Valmet	X	"	X	X	X	
IVO	Terässuojakupu	1	71	73	Wärtsilä	X/alih	alih.	X	X	koestus	(suunn. IVO:n kanssa
"	Sähkökojeistot 6 kV	-	73	74	Strömberg	X	"	norm.	X	X	
"	Sähkömoottorit 6 kV	-	72-75	73-76	Strömberg	X	"	"	-	-	
"	Kytäkenttä	1	...	75	Strömberg	X	"	"	-	-	laitteet
"	Dieselgeneraattorit	4	72-74	75-76	Strömberg	X/alih	"	"	X	X	
"	Muuntajat	3	72-73	75	Strömberg	X	"	"	(X)	-	
"	Jäälahdutin	1	73	75-76	Wärtsilä	X/alih	"	X	X	X	
"	Prosessitietokone	1	72	75-76	Nokia	X	"	norm.	X	X	
"	Henkilö- ja materiaalisulut	1+2	71	74-76	Wärtsilä	X	"	X	X	-	
"	Vuotojenkeruujäähdytin	1	75	-76	Rauma-Repola	X	"	X	-	-	

Taulukoiden selitys

Taulukoissa ilmoitetut tiedot koskevat toimitusten pääosuutta tai pääosuuksia eivätkä näin ollen koko nimikettä koskien ole tarkkoja.

- Sopimusvuosina on ilmoitettu esisopimuksen ja lopullisen sopimuksen vuosi tai toimituksen pääosuuden - ja lisätoimitusten sopimusvuosi.
- Toimitusvuosina on ilmoitettu useampi vuosiluku mikäli toimitus on jaettu useina vuosina tapahtuviksi osatoimituksiksi.
- Suunnittelun, materiaalin, QA-suunnittelun, asennuksen ja käyntiinajon sarakkeissa ilmoitettu x tarkoittaa, että ko. osuutta hoidetaan pääasiallisesti osakasyhtiömme omin voimin.
- TVO I:n ja II:n taulukoihin merkitty AA = Asea-Atom ja S-L = Stal-Laval.

## LOVIISA 1

Asiakas	Laite/Systeemi	Lukum.	Sopim.	Toim.	Toimittaja	Suunn.	Materiaali	QA-suunn.	Asennus	Käyntiin- ajo	Huom!
AEE	Merivesilämmönvaihtimet	23	70-73	74	Rauma-Repola	X	alih.	X	-	-	
"	Reaktorih. nosturi	1	70	73	Wärtsilä	X	"	X	X	X	
"	Säteilynvalvontajärjestelmä	1+1+1	70	75-76	Nokia	X/alih	"	X	X	X	
"	Lauhteenpuhdistuslaitos	1	70-71	75	Tampella	X	"	X	X	X	
"	Merivesipumput (+moottorit)	4	70	75	A. Ahlström	X	X/alih.	X	X	X	
"	Pääkiertopumput (+tiivistev. syst)	6	70	75-76	A. Ahlström	X	X/alih.	X	X	X	
"	PCP-moottorit (+säätö)	6	70	75	Strömberg	X	alih.	X	X	X	
"	Ilmastointisysteemi	-	70	75	Valmet	X	"	X	X	X	
"	Polttoaineenvaihtokone	1	70	75	Valmet	X	"	X	X	X	sähkö ST
"	Läpiviennit	~85	71	74-75	Wärtsilä	X/alih	"	X	X	X	
"	In-Core instrumentointi	-	73-74	75-76	Nokia	X	X/alih.	X	-	-	
"	PCP-filtterinvaihtokone	1	75	76	Valmet	X	"	X	X	X	
IVO	Terässuojakupu	1	71	73	Wärtsilä	X/alih	alih.	X	X	koestus	{suunn. IVO:n kanssa
"	Sähkökojeistot 6 kV	-	73	74	Strömberg	X	"	norm.	X	X	
"	Sähkömoottorit 6 kV	-	72-75	73-76	Strömberg	X	"	"	-	-	
"	Kytäkenttä	1	...	75	Strömberg	X	"	"	-	-	laitteet
"	Dieselgeneraattorit	4	72-74	75-76	Strömberg	X/alih	"	"	X	X	
"	Muuntajat	3	72-73	75	Strömberg	X	"	"	(X)	-	
"	Jäälauhdutin	1	73	75-76	Wärtsilä	X/alih	"	X	X	X	
"	Prosessitietokone	1	72	75-76	Nokia	X	"	norm.	X	X	
"	Henkilö- ja materiaalisulut	1+2	71	74-76	Wärtsilä	X	"	X	X	-	
"	Vuotojenkeruujäähdytin	1	75	-76	Rauma-Repola	X	"	X	-	-	

## LOVIISA 2

Asiakas	Laite/Systeemi	Lukum.	Sopim.	Toim.	Toimittaja	Suunn.	Materiaali	QA-suunn.	Asennus	Käyntiin- ajo	Huom!
AEE	Reaktorihallin nosturi	1	73-74	75	Wärtsilä	X	alih.	X	X	X	
"	Pääkiertopumput (+tiivistelev.syst.)	6	73-74	76	A. Ahlström	X	X/alih.	X	X	X	
"	PCP-moottorit (+säätö)	6	73-74	77	Strömberg	X	alih.	X	X	X	
"	Merivesipumppujen moottorit	4	74	77	Strömberg	X	"	X	-	-	
"	Polttoaineenvaihtokone	1	73-74	77	Valmet	X	"	X	X	X	sähkö ST
"	In-Core instrumentointi	1	75	77	Nokia	X	X/alih.	X	-	-	
IVO	Terässuojakupu	1	73	75	Wärtsilä	X/alih	alih.	X	X	koestus	suunn. IVO:n kanssa
"	Läpiviennit	85	74	76-77	Wärtsilä	"	"	X	X	X	
"	Prosessitietokone	1	73	76	Nokia	X	"	norm.	X	X	
"	Sähkömoottorit 6 kV	-	74-76	75-77	Strömberg	X	"	"	-	-	
"	Sähkökojeistot 6 kV	-	74	75-76	Strömberg	X	"	"	X	X	
"	Kytinkenttä	-	...	77	Strömberg	X	"	"	-	-	laite- toim.
"	Dieselgeneraattorit	4	74	78	Strömberg	X/alih	"	"	X	X	
"	Muuntajat	3	75	77	Strömberg	X	"	"	(X)	-	
"	Jäälauhdutin	1	75	77	Wärtsilä	X/alih	"	X	X	X	
"	Vuotojenkeruujäähdytin	1	75	76	Rauma-Repola	X	"	X	-	-	
"	Sulut	1+2	75	75	Wärtsilä	X	"	X	X	-	



## TVO I

Asiakas	Laite/Systeemi	Lukum.	Sopim.	Toim.	Toimittaja	Suunn.	Materiaali	QA-suunn.	Asennus	Käyntiin- ajo	Huom!
Avesta	Lukitusrenkaita	121	75	75	Tampella	-					
ASEA-ATOM	Lämmönvaihtimia	5	74	75-76	Tampella	X	alih.	X	-	-	
"	Polttoainealtaiden portit	3	74	75	Valmet	AA	"	X/AA	-	-	
"	Apujärj. pumput	14	74	75	A. Ahlström	X	X/alih.	X/AA	-	-	
"	Erikoistyökaluja	-	74-...	75...	Rosenlew/ Valmet	AA	alih.	AA	-	-	
"	Reaktorin sisäosat (säiliöosa)	1	74	76	Tampella	AA	"	AA	koeasenn.	-	
"	Kosteudenerotin	1	74	76	Rosenlew	AA	"	AA	"	-	
"	Ohjau- ja mäntäputket	121	74	76	Tampella	AA	"	AA	-	-	
"	Säätösauvakoneiston rungot	121	74	76	"	AA	"	AA	-	-	
"	Neutronimittausputket	-	74	76	Valmet	AA	"	AA	-	-	
"	Henkilösulut	2	74	76	Wärtsilä	X	"	X	X	-	
"	Polttoaineenvaihtokone	1	74	76	Valmet	X/AA	"	X	X	X	
"	Vetotangot ja säteilysuojat	-	74	76	Tampella	AA	"	X	-	-	
"	Polttoaine-elementtien suoja- vaihtokone	1	75	76	Valmet	AA	"	AA	X	-	
"	Muuntaja	1	74	76	Strömberg	X	"	norm.	(X)	-	
"	Kojeistot	-	74	76	Strömberg	A	"	"	X	X	
STAL-LAVAL	MP-turb. sisäp.	2	74	75	Tampella	SL	alih.	SL	-	-	
"	MP-turb. ulkop.	2	74	75	Tampella	SL	"	SL	-	-	
"	Merivesijähd. pumput (+moottorit)	4	74	76	A. Ahlström	X	X/alih.	X/SL	X	X	moott. ST
"	6 kV moottorit	-	74	76	Strömberg	X	alih.	X	-	-	
TVO	Muuntajat	2		77	Strömberg	X	alih.	norm.	(X)	-	

## TVO 2

Asiakas	Laite/Systeemi	Lukum.	Sopim.	Toim.	Toimittaja	Suunn.	Materiaali	QA-suunn.	Asennus	Käyntiin- ajo	Huom!
ASEA-ATOM	Moderator tank	1	75	78	Tampella	AA	alih.	AA	koeasenn.	-	
"	Kosteudenerotin	1	75	77	Rosenlew	AA	"	"	"	-	
"	Systeemipumput	14	75	76-77	A. Ahlström	X	X/alih.	X	-	-	
"	Reaktorin erik. työkalut	-	75	76	Valmet	AA	alih.	AA	-	-	
"	Neutronimittausputket	-	75	77	Valmet	AA	"	"	-	-	
"	P-A suoja-putkien vaihtokone	1	75	78	Valmet	AA	"	"	-	-	
"	Polttoaineenvaihtokone	1	74	78	Valmet	X/AA	"	X	X	X	
"	Ohjaus- ja mäntäputket	121	75	78	Tampella	AA	"	AA	-	-	
"	Säätösauvakoneiston rungot	121	75	78	Tampella	AA	"	AA	-	-	
"	Polttoainealtaiden portit	3	75	79	Valmet	AA	"	X/AA	-	-	
STAL-LAVAL	Merivesijähd. pumput (+mottorit)	4	75	79	A. Ahlström	X	X/alih.	X/SL	X	X	moott. ST
"	6 kV moottorit		74-75	77-78	Strömberg	X	alih.	X	-	-	

HELSINGIN YLIOPISTO  
RADIOKEMIAN LAITOS

Jorma K. Miettinen

## RADIOKEMIAN LAITOKSEN TOIMINNASTA

Helsingin yliopiston radiokemian laitos on alansa ainoa maassamme. Sillä on siis valtakunnallista merkitystä. Radiokemian vaatimien kalliiden opetus- ja tutkimusvälineiden ja toistaiseksi vielä suhteellisen rajoitetun radiokemistitarpeen takia olisi epätarkoituksenmukaista tämän hetkisten näkymien mukaan perustaa useampia radiokemian laitoksia maahan. Radiokemian laitoksen tehtävänä tulee ilmeisesti olemaan kouluttaa maamme radiokemistit hallinnon, ympäristövalvonnan, tutkimuslaitosten ja korkeakoulujen käyttöön sekä suorittaa tarvittavaa alan tutkimusta maassamme. Radiokemistejä tarvitaan mm. tutkimuslaboratorioissa, muiden tiedekuntien ja korkeakoulujen sekä sairaaloiden isotooppilaboratorioissa ja radioisotooppien käytön opettajina. Heitä tarvitaan säteilysuojeluviranomaisina ja myöskin atomiteollisuuden palveluksessa. Useita radiokemistejä<sup>on</sup> sijoitunut myöskin kaupunkien laboratorioihin. Radiokemian laitos antaa myös radioisotooppien käytön opetusta matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan kaikille opiskelijoille ja käytännössä se on antanut tällaista opetusta laajemmaltikin muiden korkeakoulujen opiskelijoille sekä erikoiskursien muodossa muillekin tarvitsijoille, mm. erikoisupseereille. Jotta opetus voitaisiin pitää kansainvälisellä tasolla laitoksen on suoritettava tutkimustyötä radiokemian, ydinkemian, säteilykemian ja reaktorikemian aloilla. Erikoisen luonteensa ja valtakunnallisen tehtävänsä takia Radiokemian laitos toimii suhteellisen pienestä koostaan huolimatta itsenäisenä laitoksena, jonka toiminta kuitenkin opetuksen suhteen liittyy läheisesti kemian ja biokemian laitoksiin. Laitos toimii verrattain hajanaisesti tilapäisissä tiloissa neljässä kiinteistössä. Toivottavasti se saa lähi vuosina oman tutkimus- ja opetuslaboratorionsa.

Radiokemian laitos perustettiin vuonna 1962 ja siitä on valmistunut n. 60 filosofian kandidaattia, n. 10 lisensiaattia tai tohtoria. Tällä hetkellä valmistuu vuosittain n. 15 filosofian kandidaattia ja 2-3 lisensiaattia tai tohtoria. Radiokemian laudatur muodostaa yhden kemian laudatur-

linjoista. Laudatur-opetus tapahtuu viiden erikoiskurssin avulla, joita seuraa kuukauden laudatur-harjoitustyöt, 3 kuukauden erikoistyö sekä pro gradu ja loppudentti kuten muillakin kemian linjoilla. Kuudes erikoiskurssi alana reaktorikemia on valmisteilla ja toivotaan, että tämän alan opetus päästään alkamaan syksyllä 1976.

Laitoksen tähänastiset tutkimusprojektit on lueteltu taulukossa 1. Selostan seuraavassa lyhyesti Lapin-projektia muun paitsi plutonium tutkimuksen osalta sekä elohopea ja muita raskasmetallitutkimuksia ja tritium-projektia. Laitoksemme muut tutkijat selostavat muita projekteja.

### Kokokeholaskentalaboratorio

Kokokeholaskennan avulla määritetään ihmiskehossa oleva radioaktiivisuus. Menetelmää voidaan käyttää fysiologisissa ja toksikologisissa radioisotooppi tutkimuksissa, lääketieteellisessä radioisotooppi diagnostiikassa ja terapiassa sekä radioaktiivisuusmyrkytysten diagnostiikassa ja hoidossa. Kokokeholaskennalla pystytään mittaamaan  $\gamma$ -kvantteja emittoivia nuklideja.  $\beta$ -säteilijöiden havaitseminen on joskus mahdollista "bremmstrahlung'in" avulla. Viime aikoina on kehitetty systeemejä, joiden avulla voidaan mitata hyvin pieniä energioita, joko ohuilla kiteillä tai verrannollisuuslaskureilla. Näillä systeemeillä tulee olemaan käyttöä esim. plutoniummittauksia varten reaktoriteollisuuden laajetessa. Radiokemian laitoksen kokokeholaskentajärjestelmä on sijoitettu rautakammioon, jotta taustasäteilyä olisi mahdollisimman vähän. Detektorina käytetään 8"x4" NaJ(Tl)-kideä ja analysaattori on Nokian 800-kanavainen pulssinkorkeusanalysaattori.

Laitoksemme on suorittanut saamelaisten kokokehomittauksia vuosittain 1962 lähtien. Tällöin mitattava isotooppi on suurvaltojen ydinkokeista peräisin olevan isotooppi  $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{1/2}(\text{fys}) = 30$  vuotta). Raskasmetallitutkimuksissamme koehenkilöille on annettu tunnettu määrä esim.  $^{203}\text{Hg}$ :tä ja sen jälkeen heidät on mitattu tietyin aikaväleihin. Näin pystytään seuraamaan kyseisen radioaktiivisen aineen pidättymistä ja poistumista kehosta, ts. määritetään ns. biologinen puoliintumisaika. Jos kokokeholaskennan lisäksi mitataan radioaktiivisuus eritteissä sekä veri-, kudos-, hius- ym. näytteissä saadaan tietoa radioaktiivisten aineitten metabolista. Kokokehomittauksien avulla pystytään myös jakautuma selvittämään. Tällä hetkellä

meillä on yhteinen tutkimusprojekti HYKS'in Lastentautien klinikan kanssa. Tutkimme  $^{59}\text{Fe}$ -isotoopin ja kokokehomittauksen avulla suolistovuotoja pienillä lapsilla. Kokokeholaskenta on erinomainen menetelmä suurten henkilömäärien rutiininomaiseen tarkastukseen. Se on erittäin hyödyllinen myöskin onnettomuustapauksissa, jolloin mahdollisimman nopeasti on päätettävä onnettomuuden uhrien hoidosta. Mitä nopeammin pystytään hoito aloittamaan, sitä suuremmat mahdollisuudet on, että se tehoaa. Esim. EDTA:n syöttö pitää aloittaa tuntien sisällä tapahtumahetkestä. Silloin on liian myöhäistä ruveta kehittämään menetelmiä ja kouluttamaan henkilökuntaa.

Radiokemian laitokseen on juuri tulossa ns. ohutkidejärjestelmä, joka on tietävästi ensimmäinen maahamme hankittu. Sen avulla voidaan mitata hyvin alhaisenergisiä gamma- ja röntgensäteitä, jopa 15-20 keV, esim. plutoniumia suoraan keuhkoista hyvin pienissä pitoisuuksissa.

#### Tritiumin kulkeutumisesta biosfäärissä

Tritium on eräs tärkeimmistä radioaktiivisista nuklideista, joka pääsee ympäristöön reaktoreista ja niiden polttoaineiden jälleenkäsittelylaitoksista. Suuria määriä tritiumia on vapautunut ympäristöön ydinasekokeiden seurauksena. Lisäksi tritiumia syntyy ylemmissä ilmakerroksissa kosmisen säteilyn vaikutuksesta. On arvioitu, että lisääntyvän ydinvoimateollisuuden seurauksena ympäristöön pääsevän tritiumin määrä kasvaa vuodesta 1970 vuoteen 2000 mennessä n. 150 kertaiseksi. Näyttää siltä, että vähitellen tulemme elämään ympäristössä, jossa on matala mutta mitattava tritiumtaso. Sen tähden on tärkeää tutkia tritiumin kiertokulkua biosfäärissä ja saada selville sen kriittiset tied ekologisisessa systeemissä, ja varsinkin tied, jotka päätyvät ihmiseen.

Suurin osa tritiumista pääsee ympäristöön tritioituna vetenä. Mikäli tritiumia vapautuu kaasuna, hapettuu tämä vähitellen vedeksi. Radiokemian laitos on tutkinut vuodesta 1972 lähtien tritioidun veden kulkeutumista maassa ja joutumista kasveihin sekä sitoutumista näiden suurimolekyylisiin yhdisteisiin. Näissä kokeissa koealueet on kasteltu kerran tritioidulla vedellä.

Maaperän sisältämän veden tritium-pitoisuus on määritetty eri syvyyksillä maan pinnasta eri aikoina kastelun jälkeen. Eri tyyppisille kasveille on määritelty sekä niiden soluvesien sisältämä että orgaaniseen materiaaliin sitoutunut tritium. Alustavia kokeita tehtiin viljellyssä pellossa mutta suurelta osalta kokeet on tehty metsäalueilla yliopiston koetiloilla Ruotsinkylässä tai Kaamasen Muddusniemellä. Lisäksi on tehty erillisiä kokeita, joiden tarkoituksena on selvittää herneen proteiinien, hiilihydraattien ja nukleiinihappojen spesifistä leimautumista, kun näitä on kasteltu tritoidulla vedellä.

Metsäkokeet osoittavat, että tritoidun veden viipymisaika meidän maaperäsämme on pitempi kuin lämpimämmillä alueilla, joissa sademäärät ovat suurempia. Lisäksi maan routautuminen pysäyttää meillä veden kiertokulun monen kuukauden ajaksi vuodessa. Vastaavasti veden kiertokulku kasvien soluvessä on meillä hitaampaa kuin lämpimillä alueilla. Tritiumin sitoutuminen kasvien orgaanisiin yhdisteisiin on ollut ilmeisen selvää ja huomattavaa. Lapissa on sitoutuminen lyhyenä valoisana kasvukautena ollut n. 10-20 % korkeampaa kuin Etelä-Suomessa.

Tritiumin siirtyminen vedestä aminohappoihin ja nukleotideihin ei tapahdu yhtä helposti kuin kevyen vedyn, protiumin, sillä tritiumin massahan on 300 % protiumin massasta. Sen kytkeytymiseen tarvittava aktivoitumisenergia on korkeampi ja entsyymattisten reaktioiden nopeus alhaisempi. Tämän johdosta on ko. orgaanisissa yhdisteissä kytkeytyneen tritiumin spesifinen aktiivisuus huomattavasti alempi kuin kasteluvessä tai kasvin soluvessä. Mitään rikastumista ravintoketjussa ei siis tritiumin suhteen tarvitse pelätä.

TAULUKKO 1. RADIOKEMIAN LAITOKSEN SUUREKOT TUTKIMUSPROJEKTIT VUOSINA 1962-1975

AINE	AIKA	RAHOITTAJA	RAHOITUS VUODESSA R. MK	JATKUVUUS
1. LAPINPROJEKTI	1959-63	AEN	50,000-150,000	
2. PROJECT LAPLAND	1964-75	US AEC	60,000-200,000	JATKUU
3. VESISTÖJEN RADIOAKTIIVISUUS	1964-69	USA:IN TERVEYS- MINISTERIO	200,000	
4. NUOVIPIIPI- JA MAALINKOVIETUSPROJEKTI	1964-69	AEN	50,000	
5. ELONHOPEAN RAVINTOKETJUT	1969-72	IAEA	25,000	
	1969-71	IAEA	20,000	
6. TRITIUM BIONPÄÄRISSÄ	1970-72	NORDFORSK	20,000	
	1973-75	IAEA	20,000	JATKUU
7. RASKAMETALLIT YMPÄRISTÖRIIKINÄ	1973-75	SUOMEN AKATEMIA	25,000	JATKUU
8. POLYDASTEANALYTIikka	1974-	AEN	35,000-100,000	JATKUU

TAULUKKO 2. RADIOKEMIAN LAITOKSEN MAHDOLLISIA TULEVIA PROJEKTEJA

MAHDOLLISIA PROJEKTEJA	MAHDOLLINEN RAHOITTAJA
1. SAFEGUARDANALYTIikka	IAEA ?
2. ISOTOOPPISEUNDEANALYYSIT	SUOMEN AKATEMIA ?
3. ELINTARVIKKEIDEN SÄTEILYTYS	IFIP ?
4. PLUTONIUM MERELLISISSÄ RAVINTOKETJUISSÄ	US NRC ?
5. YMPÄRISTÖN RADIOAKTIIVISUUSTUTKIMUKSET	ATOMITEOLLISUUS ?
6. ULTRAMIKROANALYTTISET TUTKIMUKSET	TEOLLISUUS ?
7. GAMMA- JA ELEKTRONISÄTEILYTYS TUTKIMUKSET	ATOMI- JA ELINTARVIKE- TEOLLISUUS ?
8. RADIOAKTIIVISTEN JÄTTEIDEN TUTKIMUKSET	KTM ?

TAULUKKO 3. HERNEEN LEIMAUTUMINEN TRITIOIDUSTA VEDESTÄ,  
(K. KAMPA, P. NÖRSKY, V. MÄNNINEN, PIIRJO-LIISA  
KURONEN, LAINA SALONEN JA J. K. NIETTINEN)

FRAKTIO	TRITIUMAKTIIVISUUS	
	$\mu\text{Ci/g}$	$\mu\text{Ci/g H}$
KASTELUVEESI	78	707
MULLASTA TISLATTU VESI, 5 VUOROKAATA LEIMAUksesta	41,4	373
HERNEEN SOLUVEESI	29,0	261
ORGaaniseen MATERIAAN SIDOTTU VETÄ <sup>x</sup>	6,95 (6,8x H:sta)	102
DNA, 5 VUOROKAATA LEIMAUksesta	5,41 (3,9x H:sta)	138
VAPAAAT AMINOHAPOT		
2 VUOROKAATA LEIMAUksesta	-	130
5 VUOROKAATA LEIMAUksesta	-	140

<sup>x</sup> NÄÄRITETTY VEDEKSI POLTETTUNA

HELSINGIN YLIOPISTO RADIOKEMIAN LAITOS

Timo Jaakkola

## PLUTONIUMIN ESIINTYMINEN YMPÄRISTÖSSÄ

Ilmakehässä suoritettavat ydinasekokeet ovat aiheuttaneet yli maapallon levinneen plutonium-laskeuman jonka suuruudeksi on arvioitu 440.000 Ci (1). Toinen merkittävä globaalinen plutonium-lähde on ollut tietoliikennesatelliitin, SNAP-9A, räjäyttämisen 45 km korkeudessa Tyynen valtameren yläpuolella toukokuussa 1964. Tässä satelliitissa oli voimanlähteenä 17.000 Ci  $^{238}\text{Pu}$ -isotooppia.

Vähäisiä määriä plutoniumia on joutunut ympäristöön ydinaseita kuljettaneille lentokoneille sattuneissa onnettomuuksissa (Palomares, 1966; Thule, 1968) sekä ydinteollisuuden aiheuttamissa päästöissä. Näiden paikallisten päästöjen kautta ympäristöön joutuneen plutoniumin määrä on kuitenkin pieni (ainoastaan muutamien kymmenien curien suuruusluokkaa) verrattuna ydinkokeiden aiheuttaman plutonium-laskeuman määrään. Tulevaisuuden kannalta on ollut tärkeää selvittää ydinkokeissa syntyneen plutoniumin jakaantuminen maapallolla, sillä näin on määritetty eräänlainen taustataso, jota tulee käyttää perustana kun arvioidaan häiriöitä joita laajeneva ydinteollisuus ympäristölle mahdollisesti aiheuttaa.

### Plutonium ravintoketjussa jäkälä-poro-ihminen

Radiokemian laitoksessa ryhdyttiin 1973 tutkimaan globaalisen laskeuman aiheuttamaa plutoniumpitoisuutta Suomessa. Tutkimuksessa keskityttiin ensisijaisesti selvittämään plutoniumin käyttäytymistä ravintoketjussa jäkälä-poro-ihminen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää luonnon olosuhteissa plutoniumin absorptiota, jakaantumista ja eliminoitumista eläimessä (porossa), sekä plutoniumin absorboitumista ravinnosta ihmiseen. Kirjallisuudesta



ilmenee, että plutoniumilla tehdyt eläinkokeet on suoritettu lähinnä laboratorioissa ja käyttäen pieniä eläimiä. Ihmisellä tunnetaan melko hyvin hengityksen kautta saadun plutoniumin absorboituminen kehoon. Sensijaan ravinnosta absorboituneesta plutoniumista on vähän tutkimustuloksia. Plutonium-tutkimuksen käynnistymisen kannalta oli erittäin ratkaisevaa että radiokemian laitoksessa oli laajat näytesarjat jäkälää ja poron kudoksia jotka oli kerätty vuosina 1960-1973. Lisäksi oli käytettävissä saamelaisten veri- ja istukkanäytteitä vuosilta 1966 ja 1971.

### Plutoniumin määrittäminen

Plutoniumin määrittämistä varten näytteet kuivattiin ja sen jälkeen "märkäpoltettiin" tai tuhitettiin 600-700 °C:ssa. Plutonium separoitiin lähinnä anioninvaihtotekniikkaa käyttäen ja elektrosaostettiin lopuksi platinallevylle. Plutoniumin  $\alpha$ -aktiivisuus määritettiin käyttäen pintaestepuolijohdedetektoria. Saalismääritystä varten lisättiin näytteeseen analyysin alussa tunnettu määrä  $^{242}\text{Pu}$ -isotooppia. Kuvassa 1 on poron maksasta eristetyn plutoniumin  $\alpha$ -spektri.  $^{239}\text{Pu}$ :n ja  $^{240}\text{Pu}$ :n alfaenergiat eroavat toisistaan niin vähän, ettei niitä voida erottaa  $\alpha$ -spektrometrisesti. Näiden isotooppien yhteinen osuus oli 90-97 % näytteiden sisältämän plutoniumin  $\alpha$ -aktiivisuudesta.  $^{238}\text{Pu}$ :n osuus oli 3-10 %.

Koska hyvän alfa-spektrin saaminen edellyttää laskentapreparaatilta erittäin suurta kemiallista ja radiokemiallista puhtautta, muodostuvat biologisesta materiaalista suoritettut plutonium-analyysit hitaiksi. Yhden näytteen analysointiin kuluu 2-4 päivää.

### Tulokset

Tähän mennessä saamiemme tulosten perusteella jäkälän plutoniumpitoisuus oli korkeimmillaan vuonna 1963, n. 250 pCi/kg kuivaa jäkälää (2). Vuoteen 1974 mennessä plutoniumpitoisuus oli laskenut huomattavasti ollen n. 20 pCi/kg kuivaa jäkälää. Kuvassa 2 on annettu jäkälän plutonium-pitoisuuden lisäksi Chiltonissa, Englannissa mitattu pinta-ilman  $^{239}\text{Pu}$  +  $^{240}\text{Pu}$ -pitoisuus vuosina 1960-1973 (3). Kuvan mukaan plutoniumin tason muutokset jäkälässä

noudattavat melko nopeasti pinta-ilman tasossa tapahtuneita muutoksia (jäkälän maksimiarvo 0,5-1 vuotta myöhemmin kuin pinta-ilman maksimiarvo). Tämä osoittaa plutoniumin poistuvan jäkälästä suhteellisen nopeasti.

Ajanjaksona 1960-1965 plutonium-isotooppien  $^{238}\text{Pu}$  ja ( $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ ) suhde jäkälässä oli 0,032. Vuodesta 1966 lähtien tämän suhteen arvo on kasvanut ollen 0,05 vuonna 1968 ja 0,08-0,10 vuosina 1972-1974 (2). Tämä johtuu edellä mainitusta SNAP-9A tietoliikennesatelliitin palamisesta v. 1964, jolloin stratosfääriin joutui 17 kCi:ta  $^{238}\text{Pu}$ -isotooppia. Isotooppisuhdetta  $^{238}\text{Pu} / (^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu})$  voidaan käyttää hyväksi ympäristön plutonium-lähteiden identifioinnissa sillä ydinteollisuuden päästöissä tämän isotooppisuhteen arvo poikkeaa yleensä huomattavasti vastaavasta laskeuman arvosta.

Poron kudoksista korkein plutoniumpitoisuus havaittiin maksassa. Korkein yksittäinen plutonium konsentraatio, 28 pCi/kg tuorepainoa, oli vuonna 1964 otetussa maksanäytteessä. Poron eri kudoksista tehtyjen määritysten perusteella plutoniumin kokonaismäärä porossa 1960-luvun jälkipuoliskolla oli n. 30-50 pCi. Koska jäkälän plutoniumpitoisuus tänä ajankohtana tunnetaan näyttää todennäköiseltä, että porolla plutoniumin absorptio ravinnosta on huomattavasti korkeampi kuin ICRP:n (International Commission of Radiological Protection) taulukoissa ihmiselle annettu arvo 0,003 %. Tätä käsitystä tukevat myös saman poron eri kudoksista suoritettut plutoniumanalyysit, jotka osoittivat keuhkojen pitoisuuden 1964 teurastetussa porossa olleen ainoastaan 0,4 % vastaavasta maksan plutoniumpitoisuudesta. Hengitysilman plutonium-taso oli korkeimmillaan vuosina 1963-1964.

Saamelaisista tehtyä dieettitutkimusta käyttäen voidaan arvioida, että 1960-luvun jälkipuoliskolla saamelaismiesten vuotuinen ravinto sisälsi keskimäärin 47 pCi ja naisten 17 pCi plutoniumia. Noin 60-70 % ravinnon plutoniumista oli peräisin poron maksasta. Saamelaisista otettujen veri- ja istukkanäytteiden avulla pyritään laskemaan ravinnosta absorboituneen plutoniumin prosentuaalinen osuus.

Säteilyvaarallista työtä tekeville henkilöille sallitaan koko kehon suurimmaksi pitoisuudeksi 40 nCi  $^{239}\text{Pu}$ -isotooppia.

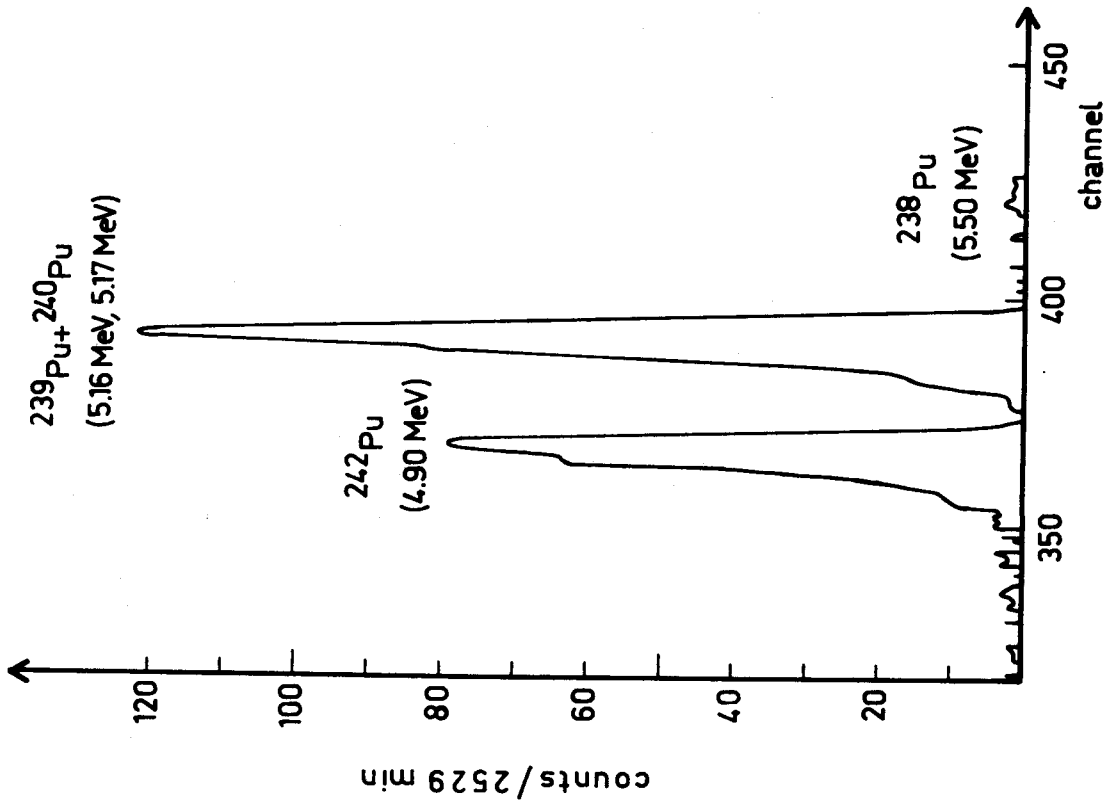
### Plutonium akvaattisessa ympäristössä

Radiokemian laitoksessa on suoritettu alustavia tutkimuksia myös Suomen lahdessa vallitsevan plutonium-tason selvittämiseksi. Ensimmäiset määritykset tehtiin Tvärminnen eläintieteellisen aseman läheltä kerätyistä pohjasedementti-, levä-, kilkki-, simpukka ja kalanäytteistä. Pohjasedimentin pintakerroksen  $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ -pitoisuus syksyllä 1974 oli 178 pCi/kg kuivapainoa. Ruskolevässä ja kilkissä havaittiin 14,4 ja 2,8 pCi per kg kuivapainoa. Kalanäytteissä havaittiin koko kalaa kohti laskettuna 0,04 pCi/kg tuorepainoa kampelassa ja 0.09 pCi/kg tuorepainoa kiiskissä (4). Kalan syötävää osaa kohti lasketut plutonumpitoisuudet ovat huomattavasti pienemmät koska pääosa plutoniumista on sisälmyksissä ja ruodoissa.

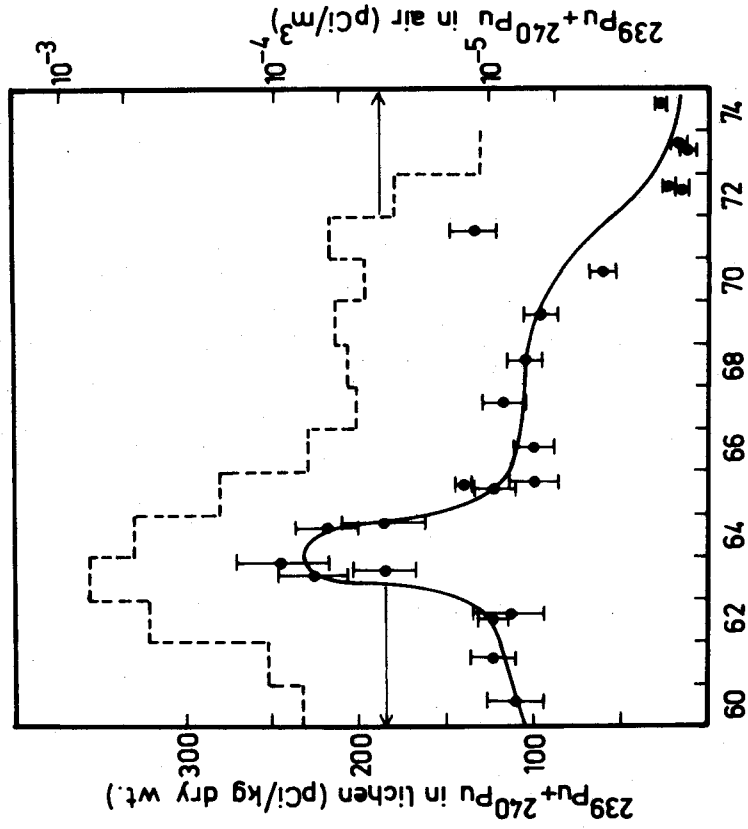
Jo näiden alustavien tulosten perusteella voidaan todeta Suomen lahden kalojen plutonumpitoisuuden olevan niin alhainen, että vuosittain syödyn kalan sisältämä plutonium-määrä jäänee alle 1 pCi/vuosi/henkilö myös kalan suurkuluttajilla.

#### Kirjallisuusviitteet

1. Wrenn, M.E., Environmental Levels of Plutonium and the Transplutonium Elements, in "Plutonium and other Transuranium Elements", USAEC, report WASH-1359 (1974) 89.
2. Jaakkola, T., Miettinen, J.K., Tulikoura, J., and Mussalo Helena, The Plutonium Foodchain Lichen-Reindeer-Man, "Radioactive Foodchains in the Subarctic Environment, Progress Report, Aug. 15, 1974 - Aug. 14, 1975. Paper No 68.
3. Cambray, R.S., Eakins, J.H., Fisher, E.M.R., and Peirson, D.H., Radioactive Fallout in Air and Rain: Results to the middle of 1974, AERE-R 7832 (1974).
4. Miettinen, J.K., Jaakkola, T., and Järvinen, Marja, Plutonium Isotopes in Aquatic Foodchains in the Baltic Sea, Paper No 10. International Symposium on Radiological Impacts of Releases from Nuclear Facilities into Aquatic Environments, IAEA, Helsinki, Finland, 30 June - 4 July, 1975.



KUVA 1. PORON MAKSASTA EROTETUN PLUTONIUMIN  $\alpha$ -SPEKTRI, NÄYTE ON OTETTU MAALISKUUSSA 1966.



KUVA 2. JÄKÄLÄN  $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ -PITOISUUS SUOMESSA VUOSINA 1960-1970 (2), KUVAAN ON MERKITTY LISÄKSI PINTA-ILMAN  $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ -PITOISUUS CHILTONISSA, ENGLANNISSA SAMANA AJANJAKSONA (3).

HELSINGIN YLIOPISTON RADIOKEMIAN LAITOS  
Timo Autio

SÄTEILYTUTKIMUKSISTA

1. Säteilytutkimuksiin on Radiokemian laitoksella käytettävissä kaksi eri yksikköä:
    - 1.1. avoin  $^{60}\text{Co}$ -gammäsäteilylähde 2100 Ci (marraskuu 1975)
    - 1.2. yhdistetty neutronigeneraattori tai 400 kV x 2,8 mA elektronikiihdytin
  - 1.1.  $^{60}\text{Co}$ -gammalähde on ns. avointa tyyppiä. Ruostumattomaan teräskuoreen kapseloidut  $\emptyset$  11 mm x 150 mm kobolttisauvat (24 kpl) ovat telineessään teräksisessä suoja-arkussa säteilytyshuoneen lattian alla, mistä ne oven sulkemisen jälkeen voidaan nostaa halutulle korkeudelle keskelle 4 m x 6 m lattiapinta-alaista säteilytyskammiota. Annosnopeus on tällä hetkellä n. 100 krad/h 12 cm:n etäisyydellä lähteestä ja 2,5 krad/h yhden metrin etäisyydellä. Näytteiden koko voidaan valita lähteen<sub>3</sub>viereen sopivasta 2 x 15 x 30 cm<sup>3</sup> kappaleesta n. 10 x 50 x 50 cm<sup>3</sup> mittoihin metrin etäisyydellä lähteestä. Käsiteltävän näytteen tiheys, alkuainekoostumus ja vaadittu säteilyannosjakautuma asettavat tietenkin omat lisärajoituksensa näytteen koolle.
  - 1.2. Elektronikiihdyttimestä saadaan ulos max 400 kV x 2,5 mA:n elektronisuihku, mikä peittää 8 cm:n etäisyydellä vakuunikammion Ti-ikkunasta n. 5 x 30 cm<sup>2</sup> suuruisen pinnan. Annosteho on säädettävissä 0,2 - 4 Mrad/s välillä. Säteilytettäessä esim. polyteenikelmua molemmin puolin saadaan tasaisesti jakautunut säteilyannos ( $\pm 15\%$ ) n. 0,7 mm:n kalvonvahvuuteen saakka.
2. Säteilylähteiden käyttö. Säteilylähteiden käyttö jakaantuu kolmeen eri tarkoitukseen:
    - 2.1. Opetus
    - 2.2. Radiokemian laitoksen oma tutkimustoiminta
    - 2.3. Radiokemian laitoksen suorittama säteilytyspalvelu
  - 2.1. Radiokemian laudatur arvosanaan kuuluu pakollisena yhden lukukauden kestävä säteilykemian kurssi, joka sisältää 24 h luentoja ja 1 viikon harjoitustyökurssin ja kuulustelun. Säteilykemian aihepiiriin kuuluvia erikoistöitä tehdään 1-2 vuosittain. Tämän lisäksi perinnöllisyystieteen, elintarviketeknologian ja kasvinjalostustieteen laudatur opintoihin kuuluu harjoitustyö, johon käytetään laitoksemme  $^{60}\text{Co}$ -lähdettä.
  - 2.2. Radiokemian laitoksella suoritettu säteilykemiaan liittyvä tutkimus on ollut melkein yksinomaan säteilyn käytännöllisiin sovelluksiin tähtäävää toimintaa, joka alkoi v. 1966 pääasiassa KTM:n rahoittamana muovipuuprojektina. Työtä tehtiin yhteistyössä VTT:n Puuteknillisen ja Lahontorjuntalaboratorion kanssa, jotka suorittivat projektiin liittyneet laajat aineenkoetustehtävät. Työ johti useisiin menetelmäpatentteihin (USA No 3.663.261, Ranska No 1.576.383, Englanti No 1.178.215, DDR No 70742 ja BRD 1.642.188)

ja teollisuustuotantoon (Fiskars Oy:n Polypark parkettielementti), minkä kuitenkin v. 1973 öljykriisin aiheuttama muovien hinnannousu keskeytti.

Toinen useamman vuoden ajan kestänyt tutkimusprojekti oli elektronisäteilyn käyttö lakka- ja maalikalvojen kovetukseen. Osittain IAEA:n ja KTM:n tukemana työtä tehtiin kolmen vuoden aikana. Tutkimuksissa rajoituttiin pääasiassa polyesteri styreenipohjaisiin hartseihin, jotka olivat osaksi kaupallisia tuotteita, osaksi itse syntetisoituja ja osa Kymin Oy:n kokeilutuotteita, näistä saatiin esiin tuotteiden kovettumisominaisuuksien ja säänkestävyyden suhteen hyviä tuloksia, mutta taloudelliset laskelmat, lähinnä kiihdyttimien vaatiman suuren pääomatarpeen takia, eivät olleet erikoisen rohkaisevia. Tämä on ollut esteenä myös muualla menetelmän käyttöönotolle, vuosiin 1967-1972 keskittynyt tutkimustoiminta johti teollisuusmittakaavassa tapahtuvaan maalien elektronisäteilykovetukseen vain Ford Motor Co:n Detroitin autotehtailla ja eräissä huonekalutehtaissa (mm. Parisot Ranskassa).

Ionisoivan säteilyn käyttö elintarvikkeiden säilyvyyden parantamiseksi on 1950- ja 1960-luvuilla läpikohtaisin tutkittu ja teknilliselle tasolle kehitetty menetelmä. Vaikka onkin ilmeistä, ettei säteily säilöntä tule koskaan niin laajamittaiseen käyttöön kuin mitä tuolloin ajateltiin, ovat eräät tuotteet eri maissa saaneet jo kauppaluvan (mm. perunat, juurikasvit, viljatuotteet, sienet, kuivatut hedelmät ja eräät lihajalosteet). Tällä alalla on laitoksessamme tehty muutamia erikoistöitä, mm. tuoremehujen ja kalan säilyvyyden parantamista säteilykäsittelyllä on tutkittu, samoin perunan itävyyden estokäsittelyksi on parasta aikaa laajajakot kokeet menossa (n. 600 kg:n materiaalilla). Aivan viime aikoina on tärkeimmäksi kysymykseksi noussut säteilykäsitteltyjen elintarvikkeiden identifiointi. Koska menetelmän luonteesta johtuen tuotteista ei ole löydettävissä mitään lisäainejäämiä, ainoaksi mahdollisuudeksi jää säteilyn aiheuttamien spesifisten kemiallisten muutosten etsiminen. Esim. kalan vesiliukoisten proteiinien koostumuksesta on löytynyt muutoksia, joita vain säteilykäsittely saa aikaan.

2.3. Koko radiokemian laitoksen olemassaolon ajan on laitoksen säteilylaitteistoja käytetty myös säteilytyspalveluun, ts. töihin, joissa meidän osuutemme on rajoittunut pääasiassa säteilytyksen suoritukseen. Toiminta on ollut varsin monipuolista (kts. taulukko 1) ja tarpeellista, koska maassamme paria viime vuotta lukuunottamatta ei ole ollut muita yleiskäyttöön sopivia säteilynlähteitä. Näistä tehtävistä sivuavat reaktoriteknikkamme seuraavankaltaiset työt.

2.3.1. Polymeerien silloitustutkimukset. Silloitettu polyeteeni (jonkinverran myös silloitettu PVC) korvaa yhä suuremmassa määrin tavallisen PE:n kaapelien eristemateriaalina. Tämä johtuu lähinnä silloitettun PE:n paremmista lujuusominaisuuksista korkeissa lämpötiloissa.

2.3.2. Polymeerien, lähinnä kaapelieristeiden säteilynkestävyydetutkimukset, 100 rad-100 Mradin säteilyannokset ovat käytännössä mahdollisia.

2.3.3. Puolijohdekomponenttien säteilyvauriotutkimukset em. kokonaisannosten rajoissa. Tarpeelliset mittaukset voi suorittaa myös komponentin ollessa säteilykentässä.

### 3. Säteilyn käyttö jätevesien käsittelyyn.

Elinympäristömme jatkuvan likaantumisen tiedostaminen on viime aikoina johtanut mm. jätevesien puhdistusmenetelmien tehostamisvaatimuksiin. Jo elintarvikkeiden säilyvyystutkimuksista oli saatu hyvä käsitys säteilyn mikrobeja tappavista ominaisuuksista, mutta vasta muutamana viime vuoden aikana on toisaalta suurten säteilylähteiden, lähinnä  $^{60}\text{Co}$ -lähteiden ja suurten 0,5 - 3 MeV:n 10-150 kW:n elektronikiihdyttimien kehityksen myötä ja toisaalta lisääntyneiden ympäristönsuojeluvaatimusten paineen takia säteilyn käyttö jätevesien käsittelyssä tullut taloudellisesti mahdolliseksi. Maaliskuussa 1975 pidettiin Münchenissä symposiumi Radiation for Clean Environment, jossa esiteltiin paitsi analyysituloksia säteilyn vaikutuksesta erilaisiin jätevesiin ja konsentroituihin jätelietteeseen, myös eräitä jo toiminnassa olevia laitteistoja (kuva 1. Geiselbullachin jätelietteen pastörintilaitos lähellä Müncheniä). Yhteenvetona konferenssin tuloksista voidaan mainita:

- 3.1. käsittelykustannukset ovat 1-5 mk/m<sup>3</sup> ( $\approx$  12 mk/Mrad to)
- 3.2. suora jäteveden säteilytys ei kannata, on käsiteltävä jäteliettä
- 3.3. säteilyn käyttö hapettimena on kallista (esim. otsoni muulla tavoin tuotettuna on n. 30 kertaa halvempaa) joten säteilyn muiden etujen on peitettävä yli 95% kustannuksista.

Radiokemian laitoksen gammasäteilytyslaboratorion suorittamat säteilytyspalvelut v. 1965-1975. (Tehtävät, joissa laitoksen osuus on rajoittunut pääasiassa pelkkään säteilytykseen)

säteilytyksen tarkoitus	palvelukertoja	miestyöpäiviä
- kasvinjalostus, mutaatioiden aikaansaaminen	40	76
- elintarvikkeiden säilyvyyden parantaminen	45	57
- säteilysterilointi, lääkeaineet	16	11
- säteilypolymerointi, muovipuu	28	30
- materiaalitutkimus, puolijohteet, eristeaineet	15	12
- säteilybiologia, perustutkimus ja opetus, hiivat, levät, banaanikärpäset	20	13
- säteilydosimetria, kalibrointisäteilytykset	16	30
- säteilykemia, eril. teollisuustuotteet, hake, sulf.selluloosan keitto	8	25
- jätteidenkäsittely	5	4
yhteensä	193	258

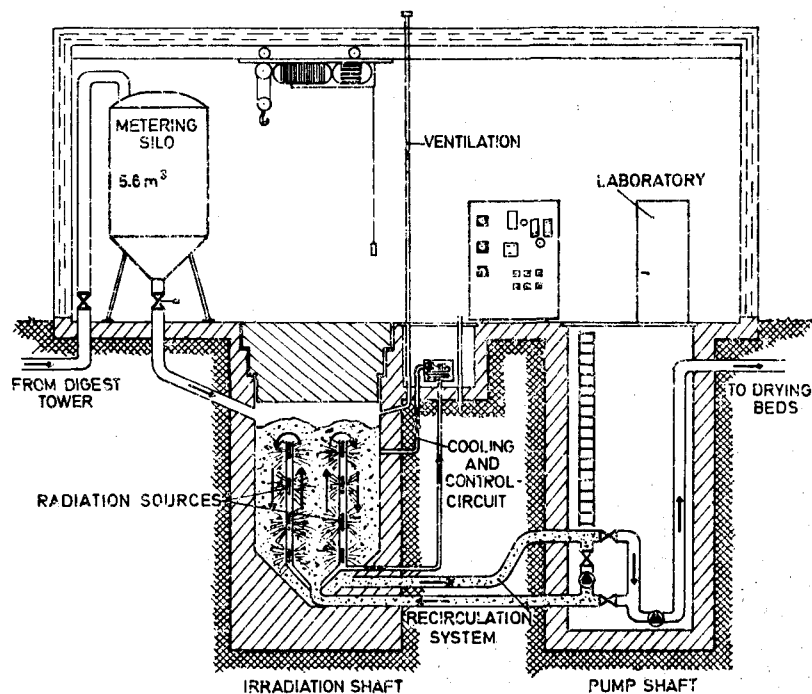


FIG. 1. Scheme of plant for sewage sludge irradiation at Geiselbullach.



Olli Heinonen  
Helsingin yliopiston  
radiokemian laitos

## PALAMA-ANALYTIikka

Useat ydinpolttoaineiden laadunvarmistukseen liittyvät analyttiset tehtävät ovat läheisessä yhteydessä ydinsulkusopimuksen valvontaan kuuluviin safeguardsanalyyzeihin. Tuoreen polttoaineen kohdalla uraanin, plutoniumin sekä molempien isotooppisuhteiden ohella keskeisiä määrittäviä ovat happi/metallisuhteet, epäpuhtaudet sekä kosteus. Neljän ensimainitun tehtävän ohella säteilytetyn materiaalin tutkimuksessa muodostavat palaman määrittäminen, neutronimyrkkyjen ja fissiotuotteiden analysointi yhteyden safeguardsanalyyzeihin. Koska näiden aineiden käyttäytyminen polttoaineessa säteilyn ja lämpötilan vaikutuksesta on luonteeltaan kemiallista (polttoaineen stökiometriset muutokset, fissiotuotteiden vaeltaminen, polttoaine-suojakuorireaktiot, turpoaminen jne.), niiden kvalitatiivinen ja vielä useammin kvantitatiivinen määrittäminen riittävällä tarkkuudella on mahdollista ainoastaan kemiallisin keinoin.

Säteilytetyn polttoaineen tutkimuksessa palama (burn-up, Abbrand) muodostaa keskeisimmän analyttisen tehtävän; lausutaanhan lähes kaikki polttoaineen ominaisuudet (ja siinä tapahtuneet muutokset) sen saavuttaman palaman funktiona. Termisten reaktoreiden suunnittelussa ja käytössä edellytetään  $\pm 5\%$ :n tarkkuutta palamalta, kun polttoaineen tutkimus- ja kehitystyössä vaaditaan  $\pm 2,5\%$ :n tarkkuutta. Ainoastaan ainettasärkevin menetelmin saavutetaan nämä arvot.

Kemiallinen palaman määrittäminen voi tapahtua säteilytyksen aikana

- (1) hajojen raskaiden atomien lukumäärän tai
- (2) tapahtuneiden raskaiden ytimien suhteiden muutosten tai
- (3) syntyneiden fissiotuotteiden perusteella.

Nykyisin käytetään kevytvesireaktoreiden (sekä myös nopeiden reaktoreiden) palaman destruktiiviseen määrittämiseen lähes yksinomaan viimeksimainittua menetelmää. Sen perusteella palama voidaan laskea atomiprosentteina (FIMA, Fissions per Initial Metal Atoms) kaavasta:

$$F_T = \frac{N(x)}{N(x) + \tilde{y} \cdot \Sigma R(z)} \cdot 100 \%$$

jossa  $N(x)$  = muodostuneiden hajoamistuoteatomien lukumäärä polttoaineen painoyksikköä kohti,

$\tilde{y}(x)$  = hajoavien ytimien painotetut fissionototot,

$\Sigma R(z)$  = raskaiden ytimien ( $A > 225$ ) lukumäärä säteilytykseen jälkeen polttoaineen painoyksikköä kohti.

Palama voidaan laskea myös joskus fissiilejä atomeja kohti, jolloin käytetään nimitystä FIFA (Fissions per Intial Fissionable Atoms).

Fissionotuotteista on ihanteellisin Nd-148. Muita käytettyjä isotooppeja ovat Cs-137 sekä lähinnä erikoistapauksissa Zr-95 ja Ce-144. Tarkin määrittämistekniikka neodyymille on massaspektrometrinen isotooppilaimennusanalyysi, jolla saavutetaan olosuhteista riippuen palamalle 1.8-3 %:n tarkkuus.

Kemiallinen määrittäminen tapahtuu seuraavissa vaiheissa (kuva 1):

- (1) näytteen edustavuuden määrittäminen
- (2) näytteen otto (1-10 g polttoainetta)
- (3) näytteen liuotus ja homogenisointi
- (4) merkkiaineiden lisäys
- (5) neodyymin, uraanin ja plutoniumin kemiallinen erottaminen näytteestä
- (6) neodyymin, uraanin ja plutoniumin massaspektrometrinen mittaus
- (7) plutoniumin (ja muiden transuraanien) alfaspektrometrinen mittaus
- (8) tulosten laskeminen:

palama

kokonaisuraani, uraanin isotooppisuhteet

kokonaisplutonium, plutoniumin isotooppisuhteet

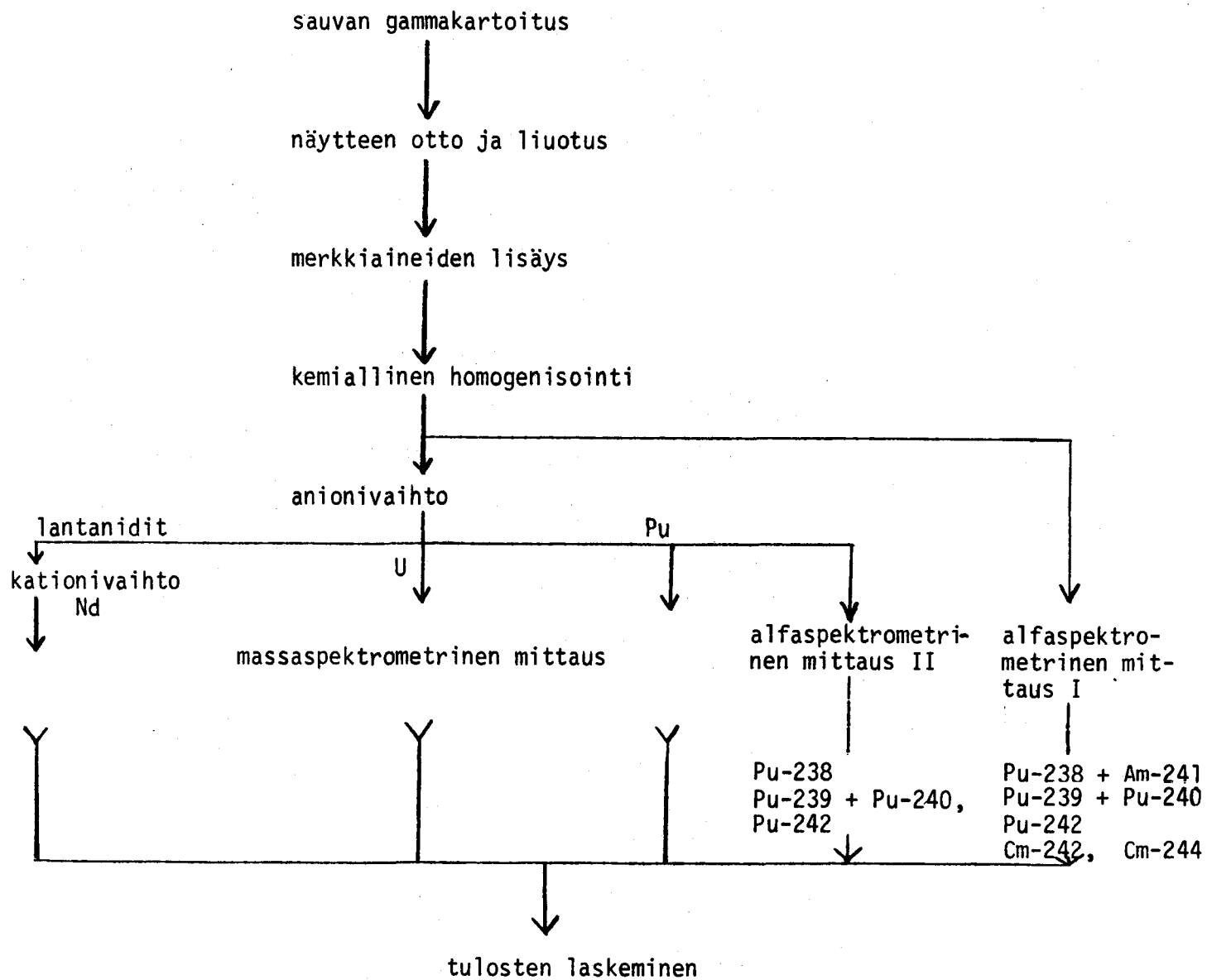
(transplutoniumien isotooppisuhteet)

Polttoainesauva tarkastetaan visuaalisesti ensin kuumakammiossa (mahdolliset hot spot'it). Tämän jälkeen suoritetaan aksiaalinen  $\gamma$ -kartoitus (Zr/Nb-95, Ru/Rh-106, Cs-134, Cs-137, Ce/Pr-144) palamaprofiilin säännöllisyyden selvittämiseksi. Sahattu, likimain tabletin kokoinen, pala liuotetaan typpihappoon niin ikään kuumassa kammiossa. Homogeenisestä liuoksesta otetaan noin 1 mg:n luokkaa (polttoainetta) oleva näyte, joka käsitellään palamasta riippuen lyijykammiossa tai alipainelokerossa (tai eräissä laitoksissa vetokaapissa). Tähän lisätään merkkiaineet, jotka ovat Nd-150, U-233 ja Pu-242. Kemiallisten erotusten jälkeen ajetaan massaspektrit noin 1 mikrogramman näytteistä. Ennen ja jälkeen erotuksen mitataan  $\alpha$ -spektrit Pu-238:n ja transuraanien määrittämiseksi.

Myös safeguardsanalyyseissä, joissa näyte on otettu jälleenkäsittelylaitoksen liuotustankista, on palaman määrittäminen mahdollista. Tätä safeguardsterminologiassa isotooppikorrelaatioksi kutsuttua tekniikkaa on käytetty runsaasti kaupallisten reaktoreiden laskennallisten palamanmääritysmenetelmien sisäänsyöttöarvojen tarkistamisessa ja laskennallisten heikkouksien toteamisessa. Analyyttisenä tehtävänä tämä on vaatimattomampi, koska raskaita säteilysuojia ei tarvita, vaan normaali plutoniumlaboratorio on riittävä. Korostettakoon vielä, että nämä näytteet (tai vaihtoehtoisesti tulokset) ovat reaktorin käyttäjän saatavissa safeguard-tarkailun periaatteiden mukaisesti. Reaktorin käyttäjä voi määrätä elementtien käsittelyn jälleenkäsittelylaitoksessa. Myös palama koko elementtiä kohden laskettuna tulee tarkemmaksi kuin pienempien näytteiden perusteella mitattu.

Toinen tilanne, jossa reaktorin käyttäjä joutuu suorittamaan (tai suorittamaan) palaman määrityksiä, on vaurioituneiden polttoaine-elementtien analyysit. Nämä tulevat lähitulevaisuudessa saamaan yhä suuremman painon polttoainekustannusten kasvaessa. Myös laitosten käytettävyyttä ja jätteenkäsittelyjärjestelmien kuormittamista vähentävänä tekijänä polttoainetutkimuksella tulee olemaan käytön kannalta keskeinen sija.

Tutkimus- ja kehitystyössä säteilytystutkimuksen kuormitusta lisäävät vielä tällä vuosikymmenellä kestävämpien polttoaineiden kehittäminen sekä plutoniumin hyödyntäminen.



Kuva 1.

## Reaktortagung 1975

### 1. Johdanto

Deutsches Atomforumin ja sen ydinteknillisen seuran reaktoripäivät pidettiin tänä vuonna 8...11. huhtikuuta Nürnbergin Meistersingerhallessa. Raamit olivat tavanomaisen juhlat, osanottajia oli n. 1800, joista kaksisataa ulkomailta 16:sta eri maasta.

### 2. Järjestely

Päivien ohjelma koostui normaaliin tapaan yleisaiheisista esitelmistä, joille oli varattu neljän päivän aamupuoli lounaaseen saakka, sekä lyhyistä erikoisalojen teknillisaiheisista alustuksista, joita pidettiin kuudessa paikassa iltapäivisin. Yleiskokous oli sijoitettu kolmanteen päivään klo 11...13 ja päivät päättyivät paneelikeskustelulla, jonka aiheena oli sähköenergian tarpeen pitkän tähtäyksen arviointi.

Järjestelyt sujuivat moitteettomasti. Eniten ihmetytti se, että teknillisten alustusten kesto-aika oli useimpien esitysten kohdalla pienennetty 15 minuuttiin, mikä aiheutti erilaisia tulkintoja alustajien taholta. Toiset yrittivät lukea pikavaun-tia paperinsa läpi, toiset taas varasivat koko ajan kysymyksille ja keskustelulle aiheestaan. Yleensä viimeksimainittujen varttitunti oli antoisampi.

### 3. Päivien sisältö

#### 3.1 Yleistä ( avaus, yleiskokous ja paneelikeskustelu)

Päivien avauspuheessa Ydinteknillisen seuran hallituksen puheenjohtaja Prof. Dr. K. H. Beckurts toi esiin seuraavat päivänpolttavat teemat:

1. Kasvaako energiankulutus edelleen. Tämä aihe on öljykriisin vaikutusten alettua selvittä ajankohtainen ja Ruotsissa lehdistössä käsitellyn nollakasvulinjan takia suorastaan päivänpolttava.
2. Kokonaisanalyysi reaktoriturvallisuudesta. Rasmussenin raportti oli julkaistu USA:ssa muutamia kuukausia aikaisemmin ja esitelmöitsijä totesi vastaavan tutkimuksen tarpeelliseksi myös Liittotasavallassa ja oletti, että Keski-Euroopan olosuhteissa se tulee poikkeamaan huomattavasti USA:n olosuhteisiin tehdystä raportista.
3. Polttoaineen kokonaiskierto oli ajankohtainen jälleenkäsittelylaitosten tiimoilla esiintulleiden probleemien ja viivästysten takia sekä korkea-aktiivisten jätteiden lopullisesta käsittelystä käytyjen keskustelujen takia.
4. Ydinenergia ja politiikka. Wyhlin laitospaikalla esiintynyt camping-matkailu oli tehnyt ajankoh- taiseksi tämän aiheen ja esitelmöitsijä katsoi, että ydinvoimalaitosten ympäristöön ja ympäristön asukkaisiin kohdistuvat asiat ovat poliittisia.

Yleiskokouksen avaaja Atomiforumin Presidentti H. Mandel käsitteli suureksi osaksi samantapaista probleemakenttää. Hän totesi myös ydinvoimalaitosten taloudellisuuden lisääntyneen öljykriisin seurakuk- sena siten, että kun ennen oli öljylaitos taloudel- lisempi 3500...4000 käyttötuntiin vuodessa, oli se sitä enää 2000 vuotuisen käyttötuntiin öljykriisin jälkeisillä hinnoilla. Hän totesi myös Gundnemminge- nin, Obrigheiminin ja Staden olleen häiriöttä ver- kossa yli 7700 tuntia, käytettävyyks kaikilla yli 88 %.

Valtiovallan puheenvuoron käytti Bundesminister für Forschung und Technologie H. Matthöfer, joka totesi mm., että oikeusvaltiossa on luotava riittävä luottamus väestön keskuuteen ydinvoimaa kohtaan, mutta pienet ryhmät eivät saa kohtuuttomasti häiritä demokraattisessa järjestyksessä tehtyjä yhteistä hyvää tarkoittavia päätöksiä. Hän piti myös tärkeänä Liittohallituksen energiaohjelman valmistumista, reaktoriturvallisuuden kokonaisselvityksen valmistumista ja sen informointia sekä vakuutti Liittohallituksen tekevän parhaansa, että laitosten sijaintiproblemat ja lupakysymykset voitaisiin ratkaista entistä nopeammin.

Yleiskokouksen juhlaesitelmä oli nimeltään "Energia-probleema ja ilmasto 21. vuosisadalla". Siinä meteorologian professori ennusteli ilmaston globaalista kienitystä miellyttävän kiihkottoman asiallisesti.

Loppupaneelissa ennusteltiin sähköenergian tarpeen tulevaa kasvua pitkällä tähtäyksellä ja esillä olivat tiuhassa tahdissa käsitteet hyvinvointi, onni, ruotsalainen nollakasvu, yhteinen etu (Gemeinwohl). Eräs nollakasvun kannattaja yleisön joukosta kiihtyi siinä määrin, että hänet oli poistettava salista.

"Süddeutsche Zeitung" oli saanut avajaisten aikaan kuvan n. kymmenestä mielenosoittajasta Meister-singerhallen ulkopuolella. Päivien osanottajista heitä tuskin monikaan huomasi.

### 3.2 Yleisaiheiset esitelmät

Yleisaiheiset esitelmät on esitetty liitteessä 1. ryhmiteltynä käsiteltyjen aiheiden mukaan, joita voidaan pitää myös ajankohtaisena. Kokonaisenergiajärjestelmät tuntuivat olevan mielenkiinnon kohteena ja liitteessä 2 esitettyjen mukaisia kaavioita viljisi useissa esitelmissä.

### 3.3 Lyhytesitelmät

Lyhytesitelmiä pidettiin yhteensä yli 200 kuudessa paikassa samanaikaisesti, joten yleiskuvaa niistä ei voi minulla olla. Liitteessä 3 on ne lueteltu aihepiireittäin. Itse seurasin Sektion 3:a, lähinnä käyttökysymyksiin liittyviä esityksiä. Mieleeni jäivät selvimmän seuraavat kohdat:

- Bibliksen käyttöönotto ja koekäyttö oli onnistunut erittäin hyvin. Tämä luettiin perusteellisen laadunvalvonnan, ennaltasuunnittelun sekä toimittajan ja käyttäjän välisen saumattoman yhteistyön ansioksi. Bibliksen laitoksen **joustavaa** dynaamista käyttäytymistä myös ihmeteltiin kovasti.

- Esillä oli kolme laitteistoa, joilla materiaalin halkeamat pitäisi huomata varhaisessa vaiheessa. Staden laitokselle on asennettu kaikuun perustuva järjestelmä, jonka käyttöinsinööri arveli maksaneen itsensä sillä, että se löysi nopeasti vuotavat venttiilit käyttöönoton aikana.

-Ydinvoimalaitosten käyttö poikkeaa siinä määrin konventionaalisen laitoksen käytöstä, että Saksassakin on käyttöön liittyvät henkilökunnan tilat yleisesti mitoitettu liian pieniksi. Viranomaiset, fyysikot ja korkeammin koulutettu käyttöhenkilökunta vaativat runsaasti konttoritilaa ja suuremman korjausoperaation aikana tarvitaan runsaasti sosiaali- ja säteilyvalvontatiloja, kun yli 600 miestä voi käydä valvotulla alueella.

### 4. Yhteenveto

ATW -lehti on julkaissut Reaktortagungin esitelmät seuraavasti:



- Avaus- ja yleiskokousesitelmät numerossa 5
- Yleisaiheiset esitelmät kokonaisuudessa alkaen numerosta 6
- Erittäin hyvä yhteenvedo lyhytesitelmistä numerossa 7-8

Lyhytesitelmät on koottu myös julkaisuun Reaktortagung -75, joka löytynee kirjastosta.

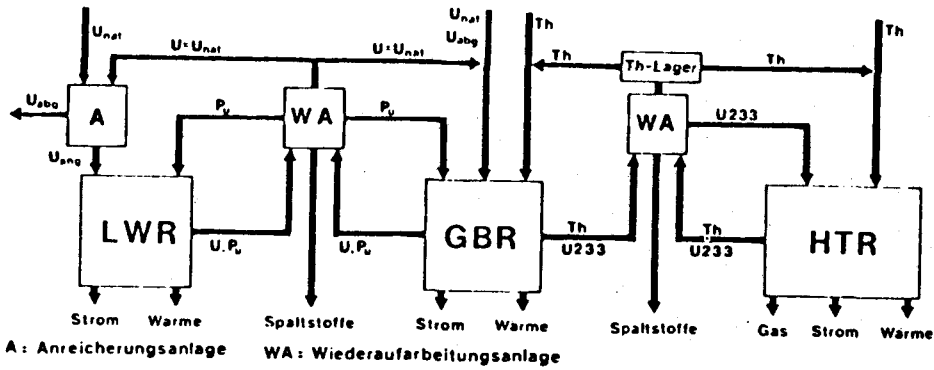
Kokonaisuudessaan Reaktortagung on suuri systeemi, jossa asiavuo on niin valtava, ettei iitä voi paljoa omaksua. Kävijälle jää kuitenkin aina mieleen jotain arvokasta suuren maan suurista suunnitelmista, sekä yleiskuva päivän probleemoista, jotka tulevat esiin jatkuvasti eri yhteyksistä.

Päivän aiheet

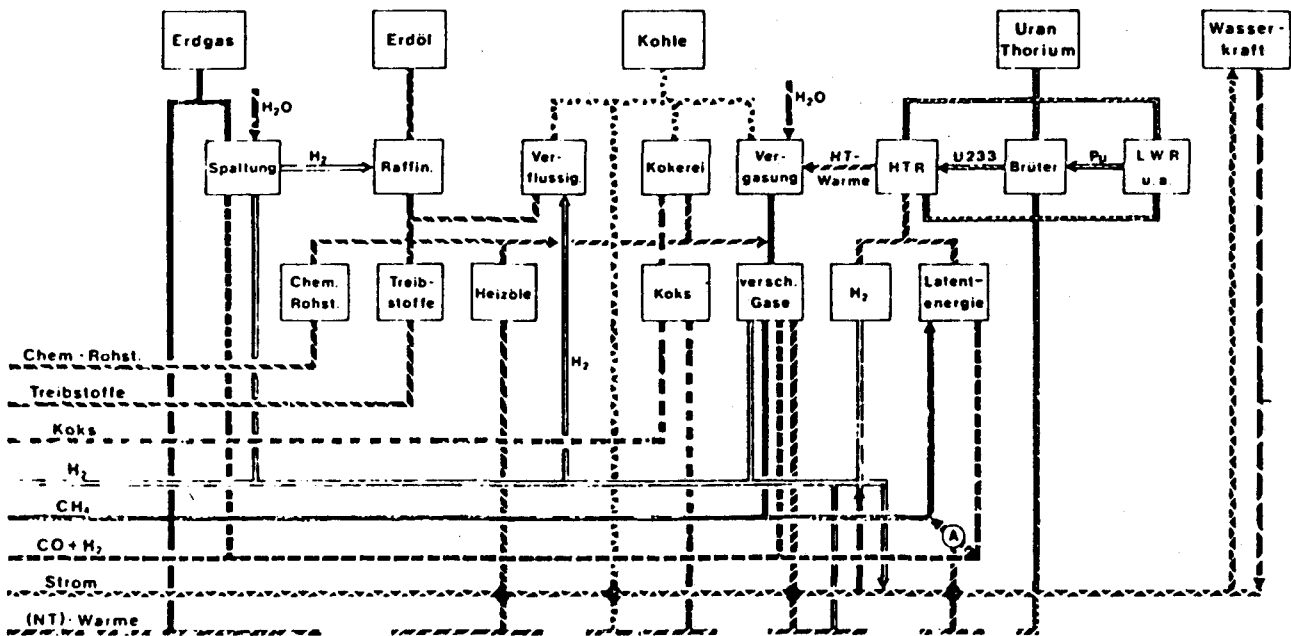
1. - Energiankulutuksen kasvu
  - Öljykriisin seuraukset
  - Nollakasvu
2. - Reaktoriturvallisuuden kokonaisanalyysi
  - Rasmussenin raportti
3. - Ulkoinen polttoainekierto
  - Probleemat jälleenkäsittelyssä
4. - Ydinenergia ja politiikka (ympäristö)
  - Wyhl

Yleisaiheiset esitelmät

1. Tekninen kehitys
  - Reaktorityypit (3)
  - Turvallisuus ja ympäristö (2)
  - Rakennustekniikka
2. Energiajärjestelmät
  - Energiajärjestelmät (3)
  - Kaukolämpö
  - Polttoainekierto ja plutonium (2)
  - Ydinenergian vaihtoehdot



1. Reaktorijärjestelmien kytkentäkaavio



2. Kokonaisenergiajärjestelmä

Teknilliset alustukset (205)

## Sektion 1. Reaktorisuunnittelu ja kokeet (77)

- Blowdown ja hätäjähdytysjärjestelmät (11)
- Lämmönsiirto kaasujähdytyksessä (3)
- Termohydrauliikka mallinesteillä (5)
- Matemaattiset menetelmät (4)
- Erikoiskokous "Monte-Carlo-Menetelmä" (1)
- Reaktorifysikaalinen käyttäytyminen (5)
- Sydämen sulaminen (4)
- Häiriöanalyysit (4)
- Lämpötila- ja virtauskentät natriumjähdytyksessä (4)
- Reaktoridynamiikka (5)
- Sydänkomponenttien materiaalikäyttäytyminen pahojen häiriöiden jälkeen (4)
- Paineenalennusjärjestelmien ja suojarakennusten kokeelliset tutkimukset (5)
- Mekaanis-termiset rasitukset pahoissa häiriötapauksissa (4)
- Fysikaaliset reaktorikokeet (8)
- Sydäntietoa (10)

## Sektion 2. Polttoaine-elementit, polttoainekierto ja iso-tooppitekniikka (44)

- Polttoaineen hankinta ja rikastus (5)
- Vesireaktoreiden polttoaine-elementit (5)
- Korkealämpötilareaktoreiden polttoaine-elementit (5)
- Kierto (2)
- Ydinpolttoaine (6)
- Polttoaine-elementtien materiaalit (6)
- Nopeiden reaktoreiden polttoaine-elementit (7)
- Jälleenkäsittely ja jätteet (5)

Section 3. Ydinvoimalaitosten ja niiden komponenttien suunnittelu, rakennus ja käyttö (56)

- Suojaus- ja turvallisuusjärjestelmät (13)
- Konetekniset komponentit ja järjestelmät (9)
- Ydinvoimalaitosten käyttö (11)
- Materiaalit ja laadunvarmistus (7)
- Ainetta rikkomattomat kokeet (4)
- Instrumentointi (6)
- Radioaktiivisten aineiden leviäminen (6)

Section 4. Reaktorisuunnitelmat ja taloudellisuuskysymykset (28)

- Ydinvoimaennusteet ja reaktoristrategia (4)
- Reaktorikokeet natriumhyötöreaktorin kehittämiseksi (6)
- Ydinenergia prosessilämpönä (5)
- Korkealämpötilareaktoreiden edelleenkehitys (10)
- Ydinenergian erikoiskäyttömahdollisuudet (3)

EUROPEAN NUCLEAR CONFERENCE / EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY (ENS),  
Pariisi 1975-04-21...25

1. Johdanto

NUCLEAR ENERGY MATURITY - YDINENERGIAN KYPSYYS oli haastavana symbolina Pariisin uudessa kansainvälisessä konferenssikeskuksessa (Porte Maillot) konferenssin aattopäivänä perustetun European Nuclear Societyn (ENS) ja American Nuclear Societyn (ANS) 1975-04-21...25 järjestämällä Euroopan ydinenergiakonferenssilla. Eurooppalaisen järjestön perustaminen vaikutusvaltaisen, Euroopasakin useiden paikallisten osastojen ja erittäin lukuisten henkilöjäsenten kautta toimivan ANS:n rinnalle oli innoittanut ranskalaiset isännät poikkeuksellisen suurisuuntaisiin ja loisteliaisiin konferenssijärjestelyihin. Yli 3000:lle osanottajalle (noin puolet ranskalaisia) 46:sta eri maasta tarjottiin parikymmentä yleisistuntoesitelmiä, useita pyöreän pöydän keskusteluja, yli 350 teknistä erityisistuntojen esitystä sekä useita ekskursionmahdollisuuksia konferenssin aikana ja sen jälkeen.

Viikon päätteeksi eri istuntojen ja keskustelujen puitteissa muodostuivat ydinenergian käytön kasvuennusteet ja taloudelliset näkymät, polttoainekierto - erikoisesti väkevöintiin - ja jälleenkäsittelyyn liittyvät kapasiteettikysymykset, hyötöreaktoreiden kehitysnäkymät, prosessihöyryn tuottaminen ym. vastaavat sovellukset sekä ydinenergian turvallisuus- ja ympäristökysymykset.

Yleisesti runsaan ohjelman voidaan todeta olleen huomattavan tulevaisuusvoittoinen ja täten jossain määrin toisin painotettu kuin konferenssin symbolilauseen perusteella saattoi odottaa.

Koska konferenssin pääluennoitsijoina esiintyivät suurelta osalta samat henkilöt, joiden mielipiteitä referoidaan tänä iltana, ajallisesti ENS-konferenssin molemmilla puolilla pidettyjen konferenssien yhteenvetojen yhteydessä ja koska tästä on VTT:n informaatiopalvelusta saatavissa erinomainen yhteenveto (tulisi mahdollisesti julkaista myös ATS:n toimesta): "Euroopan Ydinenergiakonferenssi, Pariisi 1975-04-21...25, Mankamo, Mattila, Silvennoinen, Tarjanne, Matkakertomus 1975-04-23", keskityn tässä esityksessä lähinnä konferenssin yhteydessä perustetun ENS:n toiminnan kuvaamiseen seuran taipaleen "orasteisina kevätpäivinä". Tämä lienee perusteltua, koska ATS:n jäsenillä on varmaan suhteellisen hämärä kuva ENS:stä ja sen toiminnasta siitä huolimatta, että seuramme on tämän perustajajäseniä. Huomattakoon lisäksi, että konferenssin teknisten erityisistuntojen tiivistelmät julkaistiin konferenssin aikana jaetussa 820 sivuisessa raportissa (Transactions of ANS, vol. 20 pp. 1-820) ja kutsutut pääesitykset sekä "plenary session"-raportit ovat täydellisinä vuoden vaihteessa osanottajille toimitetuissa julkaisuissa Nuclear Energy Maturity, Proceedings of the European Nuclear Conference, Paris, 21-25 April 1975, Invited Sessions (285 pages) and Plenary Sessions (339 pages) Pergamon Press 1975. Viimeksi mainitut antavat todella hyvän yleiskatsauksen ydinenergian käyttöön ja tulevaisuuteen liittyviin kysymyksiin ja näkymiin.

Teknillisten istuntojen täydelliset raportit on vastikään julkaistu Pergamon Pressin Progress in Nuclear Energy-sarjassa 12-volyymisenä ja 5800-sivuisena teoksena.

## 2. ENS - perustaminen ja toiminnan käynnistäminen

Reaktortagung-73:n yhteydessä 1973-04-09 tehtiin päätös käynnistää sveitsiläisen A. Colombin johdolla valmistelut eurooppalaisen järjestön perustamiseksi Euroopassakin jo jalansijan saaneen American Nuclear Society:n rinnalle ja sijalle.

Noin kahta vuotta myöhemmin allekirjoittivatkin seuraavat eurooppalaiset yhdistykset ENS peruskirjan edellä kuvatuissa juhlallisissa puitteissa:

Netherlands Nuclear Society  
 ANS Belgium  
 ANS Central Europe  
 ANS France  
 ANS Italy  
 British Nuclear Energy Society  
 Föreningen Kärnteknik, Sweden  
 Kerntechnische Gesellschaft im Deutschen Atomforum e.V.  
 Kerntechnische Sektion der Schweizerischen  
 Vereinigung für Atomenergie  
 Spanish Nuclear Society  
 Italian Nuclear Society  
 Société Française d'Energie Nucléaire  
 Greek Nuclear Society  
 Institution of Nuclear Engineers, England  
 Finnish Nuclear Society, ATS.

Seura on koostunut varsinaisesti em. järjestöjäsenistä (voi omata myös kannatus- ja kunniajäseniä). Näiden yhteinen henkilöjäsenten lukumäärä on ennakoilmoitusten mukaan noin 7000 (jäsenmaksutulojen mukaan laskettuna 5220).

Seuran tarkoitus on edistää tieteen ja tekniikan kehittämistä ydinenergian rauhanomaisen käytön alalla kaikin sopivin keinoin ja erityisesti:

- vaalimalla ja koordinoimalla jäsenjärjestöjen toimintaa;
- pyrkimällä aikaansaamaan tiedonvaihtoa jäsenjärjestäjien kesken;
- pyrkimällä aikaansaamaan tiedemiesten ja insinöörien vaihtoa eri maiden kesken;
- jakamalla informaatiota;
- takaamalla seuralle sopivat julkaisemisvälineet;
- sponsoroimalla tieteellisiin ja teknillisiin aiheisiin liittyviä kokouksia;
- vaalimalla teknillistä koulutusta ja harjoitusta;
- apurahojen avulla;
- olemalla yhteistyössä valtiollisten ja ei-valtiollisten organisaatioiden kanssa ja muiden organisaatioiden kanssa, joilla on samanlaiset päämäärät;
- edistämällä kansainvälistä standardisointia ydintekniikan alalla;
- pyrkimällä saamaan aikaan ydintekniikan alalla tiedemiesten ja insinöörien järjestöjä sinne, missä sellaisia järjestöjä ei vielä ole.

Seuran kotipaikka on Geneve, Sveitsi ja sen puheenjohtajaksi ensimmäiseksi kolmivuotiskaudeksi valittiin perustamiskokouksessa hanketta vetänyt sveitsiläinen A. Colomb.

Päästäkseen em. päämääriin seura on perustanut seuraavat komiteat ja suorittanut niille seuraavat tehtävämäärittelyt (lainaus Steering Committee'n pöytäkirjasta):

### Definition of ENS Committees:

#### The Steering Committee

The Programme Committee is responsible for:

- the definition of Conferences (general or topical)
- the coordination of local meetings
- the transmission of previous meeting experience
- the constitution of Executive Committees for planned conferences

The Planning Committee is an advisory committee to define fields of activities of ENS. Its activity will be started later, as soon as the initial activities of ENS are defined by the SC.

The Publication Committee shall make proposals to the SC for:

- a way for European scientists and engineers to publish technical and scientific papers in high standard periodicals
- the publication of a "house journal".

The Finance Committee shall make proposals to the SC about the financing of the Society and advise the Board on budget matters. It is understood that the administrative management of ENS is taken care of by the existing secretariat.

The Information Committee (ad hoc).

Toiminta on toistaiseksi käynnistynyt lähinnä vain Steering Committee'n (SC) eli johtokunnan, Programme Committee'n (PC) eli ohjelmatoimikunnan puitteissa - ja näissäkin suhteellisen verkkaisesti.

Steering Committee eli johtokunta, johon kuuluu yksijäsen kustakin perustajayhdistyksestä, on kokoontunut kolmasti, viimeksi 1975-11-28 Lontoossa. Elin on käsitellyt lähes kaikkia seuran toimintaan liittyviä seikkoja pyrkien mahdollisuuksien mukaan käynnistämään muiden komiteoiden toimintaa. Päähuomio on selvästi kohdistunut tulevaan konferenssitoimintaan - erikoisesti eurooppalaisen panoksen merkittävään lisäämiseen ANS:n tärkeimmissä kokouksissa, joista mm. marraskuun 1976 talvikokous tullaan järjestämään eräänlaisena yhteistilaisuutena. Allekirjoittanut toimii ATS:n edustajana Steering Committee'ssa.

Suomen ja ATS:n kannalta ehkä merkittävintä näin seuran toiminnan alkutaipaleella on aktiviteetti, mitä tullaan harjoittamaan 1975-11-27 perustetun informaatiokomitean puitteissa. Toimikuntaan



kuuluu eri maissa ydinteknologiaan liittyvästä keskitetystä informaatio- ja valistustoiminnasta vastuussa olevia henkilöitä. Tällainen toimintahan on useissa mittavan ydinvoimaohjelman omaavissa maissa jouduttu syntyneen mittavan vastustuksenkin vuoksi organisoimaan viime aikoina sekä laajapohjaiseksi että syvälle luotavaksi. Informaatiotoimikunnan välityksellä on tarkoitus nopeasti ja tehokkaasti levittää eri maissa laadittua materiaalia kaikkien perustajayhdistyksien käytettäväksi sekä pyrkiä myös toimittamaan nopeasti aineistoa vakavimmista onnettomuuksista ja käyttöhäiriöistä, joista normaalin uutisvälityksen kautta yleensä saadaan epätarkkaa tietoa. Steering Committee'n kokouksen yhteydessä (1975-11-27) pidetyn informaatiokomitean ensimmäisessä kokouksessa jäi erikoisesti mieleen Saksassa oppikoulun opettajiin suunnattu kurssimainen valistustoiminta sekä Ranskassa (EdF) tuotetut erinomaiset ydinenergian olemusta ja sen ympäristövaikutuksia käsittelevät lehtiset ja kaikkiin kouluihin jaettavat näitä asioita käsittelevät diasarjat. ATS-INFOLle, jonka puheenjohtaja DI Ahti Toivola on ENS informaatiokomitean jäsen, tulee tämän eurooppalaisen materiaalin oikeasta kanavoimisesta ja hyödyntämisestä arvo kas ja toimintaa aktivoiva tehtävä.

Eräänä seuran lähiajan tärkeimmistä päämääristä on ohjelmakomitean puitteissa tapahtuva jäsenyhdistysten kokousohjelmiin liittyvän tiedotus- ja koordinoititoiminnan järjestäminen. Tämä olisi merkittävää sekä ENS:n sisäisen yhtenäisyyden lujittamiseksi jäsenyhdistystasolta lähtien että mm. esitelmätilaisuuksien sekä esitelmöitsijöiden järkipäivän hyödyntämisen kannalta.

On selvää, että ENS:n tapaisen organisaation toiminta on käynnistettävä hyvin harkiten. Niinpä mm. julkaisutoiminnasta ei ole haluttu tehdä vielä mitään päätöksiä. ANS tarjoaa selvän mallin siitä, mihin suuntaan toimintaa tulisi varovaisesti suunnata. On kuitenkin yleisesti ottaen selvää, että eurooppalaisen ydinteknologian laajuus ja taso edellyttävät myös omaperäistä toimintaa, minkä eräänä tavoitteena on edistää yleiseurooppalaista standardisointia kautta koko kentän.

Lukijalle on varmaan jo jokin aika sitten herännyt terveeseen ennakoluuloon ja järkevään talouden pitoon liittyvä kysymys: Millä koko lysti sitten rahoitetaan ja mitä se ATS:lle ja sen yksityiselle jäsenelle maksaa?

ENS:n toiminta rahoitetaan jäsenyhdistyksiltä perityllä maksulla, jonka suuruus on 6 SFr/henkilöjäsen. Tulot menevät suurelta osin Genevessä sijaitsevan toimiston ja täällä osapäiväisenä työskentelevän toimistosihteerin kuluihin. Matka- ym. kuluistaan huolehtivat kaikki toimikuntien jäsenet itse. Seuralle pyritään taloustoimikunnan toimesta hankkimaan liikeyrityksiä kannattajajäseniksi. ATS:n osalta jäsenmaksu on saatu ja tullaan ilmeisesti saamaan tulevaisuudessakin Suomen Akatemiasta kansainvälisten tieteellisten seurojen jäsenmaksuihin varatulta momentilta. On huomattava, että tämä momentti on irrallaan muun toiminnan rahoituksesta, joten liittyminen ENS:ään ei ole millään tavoin pienentänyt seuran yleiseen toimintaan saatavaa avustusta.

Seuraavassa lopuksi eräitä tulevia ENS:n toimintaan liittyviä kokouksia:

Reaktortagung  
Düsseldorf  
1976-03-30...04-03

ENS, General Assembly  
Steering Committee

ANS-ENS-Meeting  
Washington  
1976-11-14...19

Vahva eurooppalainen panos järjestyksessä. Ohjelma vaikuttaa kerrassaan erinomaiselta.

2nd ENS Conference  
Hamburg  
1979-05-07...11

Vuoden kohdalla ei ole painovirhettä. ENS on osoittanut tiettyä kypsyyttä lykätessään toisen varsinaisen konferenssin näin pitkälle.

Todettakoon lisäksi, että Ruotsiin puuhataan lähinnä tekn.lis. Reino Ekholmin (Studsvik) toimesta joskus vuonna 1977 pidettäväksi kolmipäiväiseksi aiottua kokousta: ANS/Föreningen Kärnteknik/ENS, Topical Meeting on LOW TEMPERATURE NUCLEAR HEAT (District heating, Industrial process heat).

NUCLEX-75 - NÄYTTELY BASELISSA 1975-10-06...11

## 1. YLEISTÄ

Ydinvoima-alan teollisuuden kolmen vuoden välein Baselissa järjestämien Nuclex-näyttelyiden tarkoituksena on antaa mahdollisimman täydellinen ja ajan tasalla oleva kuva siitä, mitä on saavutettu ydinvoima-alan tutkimuksessa, kehityksessä ja teollisuudessa. Nuclex-75 oli järjestyksessä neljäs ja siihen otti osaa n. 2500 henkeä, joista suomalaisia oli n. 70. Nuclex-tilaisuus käsittää toisaalta varsinaisen näyttelyn sekä toisaalta aamupäivisin pidetyt teknilliset istunnot (yhteensä 8 kpl) ja iltaisin pidetyt erikoiskollokviumit (yhtensä 8 kpl). Teknisten istuntojen ja kollokviumejen aiheet ilmenevät liitteestä. Niissä esitettiin kaiken kaikkiaan 205 eri tutkimusta. Avajaisistunnon esitelmiä on selostettu kohdassa 2 ja teknisten istuntojen 1, 3, 4, 5 ja 6 esitelmiä kohdassa 3.

Näyttelyssä oli näytteillepanijoita 433 25 eri maasta. Näyttelyosastojen nettopinta-ala oli yhteensä 14,167 m<sup>2</sup>. Vastaavat luvut Nuclex-72:lle olivat 322, 22 ja 11 278 m<sup>2</sup>, joten näyttelyn kasvu on ollut melkoinen. Suomella oli muiden Pohjoismaiden kanssa yhteinen osasto, nimeltään Nuclear Scandinavia, jossa kullakin maalla oli oma soppensa. Suomen osastolla oli näytteillä valmiiden komponenttien, pienoismallien tai kuvien ja brosyyreiden muodossa pääasiassa Oy Finnatom Ab:n jäsenyritysten tuotteita.

Näyttelyssä oli, osittain maantieteellisestä sijainnista johtuen, parhaiten esillä Keski-Euroopan maat, varsinkin Saksan Liittotasavalta. Myös SEV-maat olivat tällä kertaa näyttelyssä mukana; tosin melko vaatimattomalla panoksella. Mitä tulee Nuclex-näyttelyiden merkitykseen näytteillepanijoiden kannalta, niin voidaan sanoa, että tuskin millään ydinvoimateollisuuden alalla toimivalla yrityksellä on varaa jäädä pois näyttelystä.

Näytteillepanijoiden joukossa oli monenlaisia yrityksiä aina koko ydinvoimalaitoksen toimittajista joidenkin erikoisinstrumenttejen valmistajiin. Näytteille oli pantu oikeita komponentteja, (pienois)malleja, kuvatauluja, brosyyreita ym. materiaalia.

Yleisvaikutelmana voidaan todeta, että kevytvesireaktorit ovat tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa hallitsevassa asemassa. Kuitenkin voidaan panna merkille Englannin voimakkaaksi suunniteltu panos SGHWR-linjalla (= höyryä kehittävä raskasvesireaktori) sekä Kanadan määrätietoisesti vetämä Candu-raskasvesilinja. Korkealämpötilareaktori (General Atomic ja HRB) on tekemässä tuloaan ja yhtenä kehitteillä olevana kohteena on sen käyttö suoran kaasuturbiinikierron yhteydessä. Nopeiden reaktoreiden demonstraatiolaitoksista saadut kokemukset ovat olleet hyviä, mutta vienee vielä aikansa, ennenkuin ne tulevat kaupalliseksi. Neuvostoliiton taholta esitettiin kolme tutkimusta nopeista reaktoreista ja kolme tutkimusta grafiittikanavareaktoreista RBM-K1000 joita ei valitettavasti ollut kirjallisessa muodossa istuntoihin liittyvissä monisteissa. Painevesireaktoreita VVER-440 ja VVER-1000 ei käsitelty teknillisissä istunnoissa.

Suomalaisia esitelmiä istunnoissa ja kollokviumeissa oli kaksi; toinen Loviisan ydinvoimalaitoksen pumpuista ja toinen uraaniesiintymien tutkimusta varten kehitetystä automaattisesta analysointilaitteesta.

Suomen BBC:n kutsusta ja järjestämänä suoritettiin BBC:n turbiinitehtaille Birriin tutustumiskäynti, johon osallistui n. 15 suomalaista.

Kuriositeettina mainittakoon ydinvoiman vastustajien järjestämä iltatilaisuus, johon oli Nuclex-näyttelyn järjestäjien välityksellä kutsuttu myös näyttelyn osanottajat. Tilaisuuden pääpuhujana oli ydinfyysikko W. Patterson, jota ei siis koulutuksensa puolesta voida pitää ydinvoima-alan asiantuntijana. Hän esitti suuren joukon irrallisia enemmän tai vähemmän oikeita ydinvoima-alan haittatekijöitä säteilyn haitoista, ydinvoimateollisuuden rahoituksesta, taloudellisuudesta, polttoainekierrosta, tapahtuneista käyttöhäiriöistä yms:sta, joidenka pohjalta hän teki erittäin pitkälle meneviä johtopäätöksiä ja sai siten koko ydinvoimatouhun näyttämään perin synkältä. Esitelmää voi pitää melko tyyppillisenä vastustajan esitelmänä, jossa tietoisesti tai tiedottomasti ei haluta asettaa ydinvoimaan liittyviä haitta- ja hyöty-näkökohtia oikeisiin mittasuhteisiin. Mitään konkreettista ja realistista vaihtoehtoa nykyhetken energiahuollolle ei esitelmöitsijä kukaan esittänyt. Parin tunnin pituista esitelmää (tulkkauksen englannista saksaksi !) seurasi noin tunnin keskustelu, jonka aikana ei ehditty käsitellä läheskään kaikkia Pattersonin esittämiä väitteitä.

## 2. AVAJAISISTUNTO

Avajaisistunnon viisi esitelmää olivat yleisluonteisia katsauksia ydinennergian käytön kokemuksista, nykytilasta ja tulevaisuuden näkymistä. Järjestelykomitean puheenjohtaja P. Walthard (Sveitsi) toivotti osanottajat tervetulleiksi ja totesi Nuclex-näyttelyiden antavan täydellisen yleiskuvan siitä, mitä on saavutettu ydinvoima-alan tutkimuksessa, kehityksessä ja teollisuudessa. Ydinennergian käyttö on jo selvästi ohittanut pioneerivaiheen. Ponnistelut kehityksen ja turvallisuuskysymysten paremman ymmärtämisen hyväksi ovat ydinvoima-alalla suuremmat kuin millään muulla alueella. Ihmiskunnan olemassaolon turvaaminen vaatii tällä hetkellä taloudellista kasvua, joka puolestaan vaatii lisää energiaa. Tarvitaan uusia energiantuottovaihtoehtoja. Sen vuoksi ei pitäisi aliarvioida niitä mahdollisuuksia, joita sopivasti sovellettu ja hyvin hallittu ydinvoima tarjoaa. Koska ydinvoima-ala on varsin laaja ja moninainen, tarvitaan yhteistyötä asiantuntijoiden kesken. Lisäksi tarvitaan luottamusta toisaalta eri asiantuntijoiden välillä sekä toisaalta asiantuntijoiden ja muiden ihmisten välillä.

C. Chevier (Ranska) totesi esitelmässään, että 60 % maailman öljyvaroista on arabimaissa. Sen sijaan uraanipolttoaine on geopolitiittisesti paljon tasaisemmin jakautunut. Tulevaisuuden energianhuollossa tulee ottaa huomioon sekä väestön kasvu että energiankulutuksen kasvu, varsinkin ns. kolmannen maailman suhteen. Ydinenenergiaan kohdistuvaa vastustusta on esiintynyt vain rikkaissa maissa; köyhissä maissa sitä ei ole esiintynyt ! Maailman kokonaisenergian kulutuksesta tuotti ydinenenergia v. 1972 1 % ja ennusteiden mukaan sen osuus v. 2000 on 25 %.

Prof. H. Mandelin esitelmä käsitteli ydinvoimatekniikan nykytilaa ja tulevaisuuden näkymiä. V. 1974 maailmassa oli käynnissä 163 ydinvoimalaitosta, yhteistehon ollessa yli 60 000 MW ja ei-kommunistisessa Euroopassa 67 kpl, yhteisteholtaan 18000 MW. V. 1974 Länsi-Euroopassa oli rakenteilla ja tilattu 63 ydinvoimalaa yhteisteholtaan 55 000 MW, joten 1980-luvun alussa Länsi-Euroopan ydinvoimateho on yli 70 000. EEC-maissa kattaa ydinvoima v. 1980 n. 20 % ja v. 1985 n. 45 % sähköenergian tarpeesta. Mandel käsitteli myös ydinenergian vastustusta ja totesi mm., että ydinvoimaloista aiheutuvat riskit ovat tuhansia kertoja pienempiä kuin elämämme jokapäiväiset riskit. Ydinvoimalaitoksen investointikustannuksista käytetään nykyään n. 25 % ympäristön suojaamiseksi ajateltavissa olevien häiriötilanteiden seurausvaikutuksilta. Kokemukset ovat osoittaneet, ettei julkisuuden lisääminen johda asiallisempaan kritiikkiin, vaan se luo pääasiassa ylimääräistä aikaavieppää keskustelua.

Käyttökokemukset osoittavat, että ydinvoimalaitokset ovat läpikäyneet kehitysvaiheen, kuten muutkin teknilliset laitokset. Saksan Liittotasavallan 300 MW:n luokan demonstraatiolaitokset, Gundremmingen ja Obrigheim ovat viime vuosien aikana käyneet 80...90 %:n käytettävyydellä. Elokuussa 1974 käynnistynyt 1200 MW:n Biblis-painevesireaktori, joka on tällä hetkellä maailman suurin, on koekäyttövaiheen jälkeen helmikuusta 1975 lähtien käynyt 80 %:n käytettävyydellä. Nämä käytettävyydellä osoittavat, että uusi teknologia, ydintekniikka on lyönyt itsensä läpi. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että alle 600 MW:n konventionaaliset termiset voimalaitokset kävivät v. 1974 Saksan Liittotasavallassa n. 85 %:n käytettävyydellä. Ydinvoimalaitoksen korkealla käytettävyydellä saavutetaan suuria taloudellisia säästöjä. Jos 1300 MW:n ydinvoimalaitos pysäytetään ja varateho tuotetaan hiilivoimalaitoksella, aiheutuu tästä nykyisen hintatason mukaan n. 800.000 DM:n lisäkustannus vuorokaudessa.

Edelleen Mandel kiinnitti huomiota tarpeeseen saada enemmän standardisointia ydinvoima-alalle. Yhdistetyllä lämmön ja sähkön tuotannolla tulee olemaan suuri kansantaloudellinen merkitys. Mandel päätti esitelmänsä toteamukseen, että teollisuusmaat ovat n. 20 vuodessa onnistuneet viemään ydintekniikan niin kypsälle tasolle, että tällä hetkellä on mahdollista käyttää hyväksi maapallon runsaita ydinenergiareservejä väestöä vaarantamatta. Siinä vakaumuksessa, ettei tällä hetkellä ole olemassa realistisia vaihtoehtoja ydinenergialle, ja että ilman riittävää energiahuoltoa sivilisaatiomme jatkuminen on vaarassa ja tietoisina siitä, ettei millään teollisen tekniikan alalla aikaisemmin ole niin selvästi tunnustettu turvallisuus- ja ympäristönsuojelutoimenpiteiden tarpeellisuutta, huolehdittu niin tarkasti niiden läpiviennistä ja kontrolloitu niin johdonmukaisesti niiden seuraukset kuin ydintekniikan alalla, voivat ydintekniikan alalla työskentelevät kantaa vastuunsa.

W.R. Voigt (USA) käsitteli esitelmässään "The nuclear fuel cycle in the United States" ydinpolttoainehuollon nykytilaa, tehtäväkentän laajuutta, siihen liittyviä vaikeuksia sekä vastaisia toimenpiteitä.

Avajaisistunnon päätti J.C.C. Stewartin (Englanti) esitelmä aiheesta "Teknologiset perusteet kaupallisille nopeille reaktoreille".

### 3. TEKNILLISET ISTUNNOT

#### 3.1. Nopeat hyötöreaktorit - saavutettu kokemus ja nopeiden hyötöreaktoreiden tulevaisuuden näkymät kaupallista energiantuotantoa ajatellen (istunto 1)

Istunnon esitelmät antoivat hyvän yhteenvedon eri maiden saavutuksista nopeiden reaktoreiden kehitystyössä sekä suunnitelmista saada ne kaupalliselle tasolle.

Ranskalainen 250 MW:n Phenix-reaktori on ollut kaupallisessa käytössä elokuusta 1974 lähtien 84 %:n käytettävyydellä ja 78 %:n kuormituskertoimella. Ranskan hallituksen hiljattain tekemä päätös rakentaa vain painevesireaktoreita hidastaa joillakin kuukausilla Superphenix-ohjelmaa.

Neuvostoliiton esitelmät selostivat BN-600-reaktorin testausohjelmaa ja rakennusvaihetta sekä natriumpumppujen kehitystyötä ja nopeiden reaktoreiden polttoainekiertoa.

Englantilaiset kertoivat PFR:n (Prototype Fast Reactor) käyttökokemuksista. Seuraavana vaiheena heillä on 1320 MW:n CFR-laitos (Commercial Fast Reactor).

Saksan Liittotasavallan taholta tähdennettiin pikaista tarvetta rakentaa natriumjäähdytteisiä nopeita reaktoreita, jotta voitaisiin välttää liiallinen riippuvuus uraani-varoista. SNR-300-laitoksen rakenteellisia ja valmistusteknillisiä yksityiskohtia selostettiin kahdessa esitelmässä.

Kaasujäähdytteisistä nopeista hyötöreaktoreista esitettiin seikkaperäinen katsaus. Tutkimustyötä on tehty Euroopassa, USA:ssa ja Brasiliassa, mikä toivottavasti johtaa 300 MW:n demonstraatiolaitoksen rakentamiseen.

Yhteenvedona voidaan todeta:

- 1) Natriumjäähdytteiset nopeat hyötöreaktorit (LMFBR) ovat olemassa ja toimivat tyydyttävästi. Ranskan, Englannin ja Neuvostoliiton demonstraatiolaitoksista saadut kokemukset osoittavat, että ko. reaktorityyppi on hyvä.
- 2) Teolliset ja kilpailukykyiset systeemit ovat vielä tällä hetkellä saavuttamattomissa. Tiettyä kehitystä on jo tapahtunut tähän suuntaan, mutta paljon on vielä tehtävää. Tulevaisuuteen suhtaudutaan kuitenkin optimistisesti.
- 3) LMFBR:n polttoaineen jälleenkäsittelyä on jo suoritettu menestyksellisesti pienemmässä mittakaavassa, mutta menetelmät tulee saattaa teolliselle tasolle.

#### 3.2. Kaupalliset reaktori systeemit (AGR-BWR-HWR-PWR) - uudet piirteet ja kehitystyö käytön, suorituskyvyn, turvallisuuden- ja luotettavuuden suhteen (istunto 3)

Istunnossa esitettiin kaikkien huomattavien reaktorinvalmistajien katsaukset heidän viimeisimpiin saavutuksiinsa ja suunnitelmiinsa. Istunnon esitelmien perusteella tuli selväksi, että painevesi-, kiehutus- ja raskasvesireaktorit ovat täyttäneet niille asetetut vaatimukset ja että jatkuvalla komponenttien, systeemien ja raaka-aineiden parantamisella niiden jo tyydyttävää käytettävyyttä voidaan vielä

nostaa, jolloin ne pystyvät hyvin täyttämään niille eri maiden energiahuollossa annetut tehtävät.

3.3. Kaupallisten ydinvoimalaitosten käyttö (AGR-BWR-HWR-PWR) — kokemukset rakentamisesta ja käytöstä, systeemien ja komponenttien luotettavuusanalyysit; parannukset (istunto 4)

Ydinvoimalaitosten käytettävyys oli istunnon keskeisenä teemana. 10 %:lla nostettu käytettävyys koko ydinvoimalaitoksen elinaikana vastaa 20 %:n laskua investointikustannuksissa. Laajentamalla entisestään kansainvälistä yhteistyötä käyttäjien, ydinvoimalaitostoimittajien ja kaikkien muiden asiaan kytkeytyvien instanssien välillä voidaan ydinvoimalaitosten käytettävyttä mahdollisimman nopeasti vielä korottaa. Vaikkakin nykyisin saavutetut käytettävyysluvut takaavat ydinvoimalaitosten kilpailukyvyn, on käytettävyyden parantaminen taloudellisten säästöjen saavuttamiseksi erittäin perusteltu tavoite.

3.4. Säteilysuojelun ja turvallisuusanalyysien uudet näkökohdat turvallisuusjärjestelyiden ja -systeemien kehitystyö (istunto 5)

Istunnossa käsiteltiin mm. reaktoripaineastioiden tarkastusta, ulkoisten vaikutusten (maanjäristykset yms.) aiheuttamia riskejä sekä kevytvesireaktoreiden, korkealämpötilareaktoreiden ja nopeiden reaktoreiden mahdollisia onnettomuuksia.

3.5. Kaupallisten reaktoreiden polttoaine—käyttökokemukset ja kehitystyö (istunto 6)

Istunnossa käsiteltiin kevytvesireaktoreiden polttoainetta, plutoniumin käyttöä kevytvesireaktoreissa sekä kaasujäähdytteisiin reaktoreihin liittyen uraanimetallipolttoainetta, oksidipolttoainetta ja päällystetyistä hiukkasista (ns. coated particle) koostuvaa polttoainetta.

Kevytvesireaktoreiden polttoaineesta todettiin:

- 1) Suurimmat vaikeudet on voitettu, kokemusta on jo riittävästi ja teknologia on jo kypsällä tasolla, joskin joitakin vaikeuksia vielä esiintyy.
- 2) Polttoaineen käyttäytyminen jäähdytteenmenetysonnettomuuden yhteydessä vaikuttaa merkittävästi polttoaineen suunnitteluun. Yleensä polttoaineen kuormituksen suunnittelu-arvoja on viime aikoina alennettu, jotta polttoaine kestäisi paremmin onnettomuustilanteissa. Suojakuoren paisuminen LOCAn olosuhteissa on eräs tutkimuskohde, josta myös esitettiin mielenkiintoisia koetuloksia.
- 3) Koska polttoainekustannus on suhteellisen pieni, polttoaineen käyttäjät suuntaavat huomionsa hyviin käyttökokemuksiin, polttoaineenvaihdon joustavuuteen sekä kykyyn säätää reaktorin tehoa voimaverkon vaatimusten mukaan.

Yleisesti ottaen termisten reaktoreiden polttoaineen käytön suunnittelussa ei vielä täysin oteta huomioon niitä suhteellisen suuria kustannuksia, jotka tulevaisuudessa aiheutuvat polttoainekierron muista osista, nimittäin uraanin hankinnasta, väkevöinnistä ja jälleenkäsittelystä.

1.

**Opening Session  
Séance d'Ouverture  
Eröffnungssitzung**

Monday, October 6, 1975 at 3 p.m.  
Lundi, 6 octobre 1975 à 15.00 heures  
Montag, 6. Oktober, 1975 um 15.00 Uhr

In the Main Conference Hall of the Swiss Industries Fair  
A la grande salle de conférence de la Foire Suisse d'Echantillons  
Im grossen Kongressaal der Schweizer Mustermesse

**Speakers/Orateurs/Referenten**

- Dr. F. P. Walther** Generaldirektor der Schweizer Mustermesse, Basel/Schweiz; Präsident des Organisationskomitees der Nuclex 75.  
**Begrüssung/Welcome/Bienvenue**
- C. Chevrier** Directeur général adjoint, Electricité de France, Paris/France  
**Le rôle de l'énergie nucléaire pour couvrir les besoins en énergie dans un proche avenir**
- Prof. Dr. H. Mandel** Mitglied des Vorstandes der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke (RWE), Essen/Bundesrepublik Deutschland  
**Stand und Perspektiven der Kernkraftwerkstechnik**
- ~~W.R. Voigt~~  
~~R.W. Roberts~~  
*The nuclear fuel cycle in the USA*  
**J. C. C. Stewart** Assistant Administrator for Nuclear Energy, ERDA, Washington/USA  
~~Nuclear Fuel Cycle Industry - Present Status and Future Capability~~
- Deputy Chairman, Nuclear Power Company Ltd., Whetstone/England**  
**The Technological Foundations for Commercial Fast Reactor Business**

2.

**Special events of Nuclex 75  
Manifestations spéciales de Nuclex 75  
Spezialanlässe der Nuclex 75**

Several national exhibitor groups will organize special events during Nuclex 75. Further details will be made available at the information desk.

Plusieurs groupements nationaux d'exposants organiseront des manifestations spéciales pendant la durée de Nuclex 75. Des renseignements relatifs à ces manifestations pourront être obtenus dès l'ouverture de Nuclex 75 auprès du guichet d'information.

Verschiedene nationale Ausstellerguppen werden Spezialanlässe während der Nuclex 75 durchführen. Weitere Auskünfte sind ab Eröffnungstag am Informationsschalter erhältlich.

3.

**Timetable of Technical Meetings and Colloquia**

**Horaire des Journées d'Information et des Colloques**

**Zeitplan der Fachtagungen und Kolloquien**

Day Jour Tag	Session/Colloquium Séance/Colloque Tagung/Kolloquium	Subject Sujet Titel
6.10.1975	Opening Session (3 p.m.) Séance d'ouverture (15.00 h) Eröffnungssitzung (15.00 h)	
7.10.1975	No. 4 (9.00 h)	Commercial Nuclear Power Plants in Operation (AGR-BWR-HWR-PWR) - Experience in Construction and Operation; Reliability Analysis of Systems and Components; Improvements Grandes centrales nucléaires en exploitation (AGR-BWR-HWR-PWR) - Expérience concernant la construction et l'exploitation; analyse de la fiabilité des systèmes et des composants; possibilités d'amélioration In Betrieb stehende Grosskernkraftwerke (AGR-BWR-HWR-PWR) - Bau- und Betriebserfahrungen, Zuverlässigkeitsanalyse der Systeme und Komponenten; Verbesserungen
	No. 6 (9.00 h)	Fuel Elements for Proven Power Reactor Systems - Performance and Development Éléments combustibles pour systèmes de piles éprouvés - performances et développements Brennelemente für erprobte Kernreaktoren - Betriebsverhalten, Weiterentwicklungen
	Colloquium A1 (16.00 h)	Special Steels for Steam Generator Tubing and Special Parts of Primary Components Aciers spéciaux pour tuyauteries de générateurs de vapeur et pour parties spéciales des composants primaires Spezialstähle für Dampferzeugerberohrung und besondere Werkteile von Primärkomponenten
	Colloquium D1 (16.00 h)	Treatment of Liquid Radioactive Waste and Waste Management in Nuclear Power Plants Traitement des déchets radioactifs liquides et gestion des déchets dans les centrales nucléaires. Behandlung von flüssigen radioaktiven Abfällen und Abfallbewirtschaftung in Kernkraftwerken.

LITTE



Day Jour Tag	Session/Colloquium Séance/Colloque Tagung/Kolloquium	Subject Sujet Titel
8.10.1975	No. 3 (9.00 h)	Proven Power Reactor Systems (AGR-BWR-HWR-PWR) - Novel Features and Developments in Operation Performance, Safety and Reliability Les systèmes éprouvés de piles de puissance (AGR-BWR-HWR-PWR) - Aspects nouveaux et développements concernant les performances d'exploitation, la sécurité et la fiabilité de ces systèmes Érprobte Kernreaktorsysteme (AGR-BWR-HWR-PWR) - Weiterentwicklungen in Betriebsverhalten, Zuverlässigkeit und Sicherheit
	No. 8 (9.00 h)	Novel Features in Instrumentation and Automation for the Control of Nuclear Power Plants Tendances nouvelles dans l'instrumentation et l'automatisation de la commande et du réglage des centrales nucléaires Neuerungen in der Leit-, Überwachungs- und Automatisierungstechnik zur Steuerung und Überwachung von Kernkraftwerken
	Colloquium A2 (16.00 h)	Special Steels and Zircalloys in Nuclear Technology Aciers spéciaux et alliages de zirconium en technologie nucléaire Spezialstähle und Zirkonlegierungen für die Kerntechnik
	Colloquium B (16.00 h)	New Application of Radioisotopes Applications nouvelles de radioéléments Neue Anwendungen von Radioisotopen
9.10.1975	No. 2 (9.00 h)	High Temperature Gas-cooled Reactors - Perspective of the Thermal Reactor Concept with High Thermal Efficiency Les piles à haute température refroidies au gaz - perspectives des réacteurs nucléaires thermiques à efficacité thermique très élevée Der gasgekühlte Hochtemperaturreaktor - Entwicklungsaussichten thermischer Kernreaktoren mit hoher Wärmenutzung
	No. 5 (9.00 h)	New Aspects of Radiation Protection and Nuclear Safety Analysis; Development of Safety Concepts and Safety Systems Aspects nouveaux relatifs à la radioprotection et aux analyses de la sécurité nucléaire; développement des concepts et des systèmes de sécurité Neue Aspekte der Strahlenschutz- und Sicherheitsbetrachtung sowie Weiterentwicklung von Sicherheitskonzepten- und Sicherheitssystemen

Day Jour Tag	Session/Colloquium Séance/Colloque Tagung/Kolloquium	Subject Sujet Titel
9.10.1975	Colloquium C1 (16.00 h)	Electronics for Control of Nuclear Plants Equipements électroniques pour le contrôle et le réglage d'installations nucléaires Elektronik für Steuerung und Überwachung kerntechnischer Anlagen
	Colloquium D2 (16.00 h)	Treatment of Gaseous Radioactive Waste - Handling and Transportation of Radioactive Waste - Solidification of Highly Radioactive Fission Product Waste Traitement de déchets radioactifs gazeux - Manutention et transport de déchets radioactifs - Solidification de déchets hautement radioactifs provenant des produits de fission Aufbereitung gasförmiger radioaktiver Abfälle - Handhabung und Transport radioaktiver Abfälle - Verfestigung hochradioaktiver Spaltprodukt-Rückstände
10.10.1975	No. 1 (9.00 h)	Fast Breeder Reactors - Experience Gained and Perspective of Fast Breeder Technology with View to Commercial Energy Production Les piles surrégénérateurs rapides - Expériences et perspectives de la technique des réacteurs rapides en vue de la production d'énergie sur le plan commercial Der Schnellbrüterreaktor - Erfahrungen und Entwicklungsperspektiven der Brutreakorteknik zur kommerziellen Energieerzeugung
	No. 7 (9.00 h)	Development of Cooling Systems, Heat Use and Thermal Efficiency in Nuclear Power Plants Développement des systèmes de refroidissement et de utilisation thermique dans les centrales nucléaires Weiterentwicklung der Kühlsysteme und der Wärmenutzung von Kernkraftwerken
	Colloquium C2 (16.00 h)	Radiation Measuring Instruments Instruments pour la mesure des radiations Strahlungsmessgeräte
	Colloquium D3 (16.00 h)	Solidification of Radioactive Waste in Bitumen and Polyesters Solidification des déchets radioactifs dans le bitume et les polyesters Verfestigung radioaktiver Abfälle in Bitumen und Polyester