

ATS Ydintekniikka 1/84

YDINVOIMAN HUIPPUVUOSI 1983	Anders Palmgrén	2
ATS:N NEUVOSTOLIITON ESKURSIO SYKSYLLÄ 1983	Heikki Raumolin	4
KANSAINVÄLINEN KATSAUS	Olli J A Tiainen	6
THERMAL NUCLEAR REACTOR SAFETY, 5th Int. Meeting		10
KTM:N YDINENERGIATUTKIMUKSEN MÄÄRÄRAHOJEN KOHTALO	Martti Kätkä	12
VALTIONEUVOSTON TEKEMIÄ YVL-PÄÄTÖKSIÄ		14
NUCLEAR ENERGY IN FINLAND -ESITE		15
YLITEHOKOKEET TUNNUSOMAISIA TVO:N TUOTANNOLLE		16
LOVIISASSA ENNÄTYSVUOSI		18
LOVIISAN VOIMALAITOKSEN TUOTANTO JA KÄYTETTÄVYYS VUONNA 1983	P Soralahti	23
LOVIISAN KÄYTETTY POLTTOAINENIPPU TUTKITTU STUDSVIKISSA	R Teräsvirta	24
PLASMAN KOOSSAPITOENNÄTYS MIT:N ALCATOR TOKAMAKILLA - LAWSONIN KRITTEERI SAAVUTETTU	S J Karttunen J A Heikkinen	26
RANSKAN YDINVOIMATEOLLISUUS ESITTÄYTYI	Klaus Sjöblom	28
ATS:N KOTIMAAN ESKURSIO 16...17.6.1983	Martti Kätkä	32
NEUVOSTOLIITON ESKURSIO		
- Yleiskatsaus	Pekka Pirilä	34
- Keskustelut GKAE:ssä	A Ranta-Maunus J Marttila	40
- Kurchatov-Instituutti	J Alamäki/H Kalli	43
- Tsnitmarsh-Instituutti	R Pelli/R Paussu	46
- Vierailu Minenergossa	Pekka Pirilä	48
- Interatomenergo	Ami Rastas	50
- Käynti Atomash-tehtaalla	P Kopiloff/ P Salminen	52
- Zaporozhien laitostyömaa	V Sorri	57

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO

1/1984 Tammikuu

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura—
Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
TKT HEIKKI REIJONEN
PUH. 90-4564148

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

ERIKOISTOIMITTAJA
FT MIKKO KARA
PUH. 933-18220

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
27160
OLKILUOTO

TOIMITTAJA
FM LAURO TUURA
PUH. 90-6172471

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI 10

JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA
DI HEIKKI RAUMOLIN
PUH. 90-605022

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
FREDRIKINKATU 51-53
00100 HELSINKI 10

JOHTOKUNNAN JÄSEN
DI MATTI KOMSI
PUH. 90-6160383

IMATRAN VOIMA OY
EERIKINKATU 27
00180 HELSINKI 18

VARAPUHEENJOHTAJA
TKT ALPO RANTA-MAUNUS
PUH. 90-6167245

SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS
KALEVANKATU 44
00180 HELSINKI 18

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKT KARI TÖRRÖNEN
PUH. 90-4565391

VTT/METALLILABORATORIO
METALLIMIEHENKUJA 6
02150 ESPOO 15

SIHTEERI
DI PERTTI VISURI
PUH. 90-5651122

PI-YHTIÖT
MYYRMÄENTIE 2 B
01600 VANTAA 60

JOHTOKUNNAN JÄSEN
DI HARRY VIHERIAVAARA
PUH. 90-648435

SÄHKÖTUOTTAJAIN YHTEISTYÖ-
VALTUUSKUNTA (STYV)
LÖNNROTINKATU 4 B
00120 HELSINKI 12

RAHASTONHOITAJA
FM LEENA KATAJAPURO
PUH. 90-4512826

TKK/KIRJASTO
OTANIEMENTIE 9
02150 ESPOO 15

TOIMIHENKILÖT

YLEISSIHTEERI
DI LIISA MÄKI
PUH. 90-6160510

IMATRAN VOIMA OY
EERIKINKATU 27
00180 HELSINKI 18

EKSKURSIOSIHTEERI
DI KLAUS KILPI
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIKAN LAB.
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

KANS.VÄL.YHTEYKS.SIHT.
TKT OLLI TIJAINEN
PUH. 90-6172470

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI 10

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

VTT/REAKTORILABORATORIO
OTAKAARI 3 A
02150 ESPOO 15

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

Vuoden 1983 ATS Ydintekniikkaa
julkaistiin vain kolme numeroa
Vuoden 1983 ATS Ydintekniikkaa
julkaistiin vain kolme numeroa
Vuoden 1983 ATS Ydintekniikkaa
julkaistiin vain kolme numeroa



Tekn.tri Anders Palmgren, Imatran Voima Oy

YDINVOIMAN HUIPPUVUOSI 1983

Suomalaiset ydinvoimalaitokset tuottivat vuonna 1983 ennätysmäärän sähköä. Olkiluodon tulos 9,9 TWh ja Loviisan 6,8 TWh merkitsevät yhdessä 37 % sähkönkulutuksesta. Toivottavasti pystymme tiedottamaan alalta ulospäin, että tämä kansainvälisesti hyvin korkea osuus ei ole seurausta ylimitoitetusta ydinvoimalaitoskannasta, vaan harvinaisen hyvien käyttökerroimien ansiota.

Ydinvoiman osuus on Suomessa lähellä optimia, ja kai lähinnä alimitoitettu, kun osoittautuu, että v. 1983 alennettiin tuotantoa verkon alhaisen kuorman takia vain noin 1,5 % vuosituotannon määrästä.

Yksiköiden käyttökerroimet olivat Olkiluoto 1:llä noin 84 %, Loviisa 1:llä 86 %, Olkiluoto 2:lla 88 % ja Loviisa 2:lla 90 %. Tämäntasoiset luvut tulevat herättämään paljon kansainvälistä huomiota, kuten jo aikaisempina vuosina saavuttamamme 80 %:n tasolla olleet kertoimet.

Voidaan ennustaa, että vain Sveitsi "kilpailee" samalla tasolla LWR-sarjassamme - osin erään VDEW/VGB -säännön antaman tasoituksen turvin, mikä merkitsee, että nimellistehoa on käytetty 100 % vastaavana lukuna, vaikka pysyvästi voidaan ajaa muutamia prosentteja suuremmalla teholla.

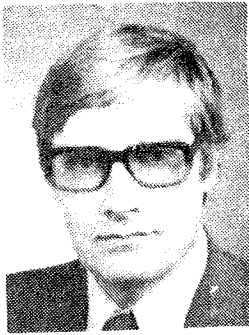
Ulkomailla tulee usein vastaan kommentteja, jotka viittaavat mahdollisuuteen, että Suomessa olisi löysemmät käyttöturvallisuussäännöt tai lievemmat tarkastusvaatimukset. Joissakin yksityiskohdissa näin saattaa olla. Luultavasti esimerkiksi

Japanissa on vielä ankarammat vaatimukset tarkastusten suhteen omine vaikutuksineen vuosihuoltojen keston. Useimpiin maihin nähden tilanne on kuitenkin käsitykseni mukaan aivan vertailukelpoinen, tai meidän "eduksemme" siten, että vaatimustaso on Suomessa korkeampi.

On perusteltua puolustaa näitä ydinvoimamme tunnuslukuja monista syistä. Eräs syy on siinä, että käyttökokemuksillamme on huomattava referenssiarvo yrittäessämme eri tahoilla markkinoida ydinvoimaosaamista ulkomaille. Tietenkään käyttöker-
toimet eivät yksin kuvaa laitosten tuloksia. Pikasulkujen lukumäärä, säteilyannokset, turvallisuuteen liittyvien tapah-
tumien lukumäärä ym. suureet ovat yhtä tärkeitä teknisessä vertailussa.

On myös syytä huomata, että Suomen oloissa ydinvoiman korkeammalla käytettävyydellä on suurempi arvo kuin esim. USA:ssa, jossa monella alueella korvauskustannukset eivät ole yhtä korkeita kuin Suomessa. Voimme kuitenkin pitää merkittävänä, että käyttökertoimien keskiarvoissa saattaa olla 20 prosenttiyksikön ero, tai että laitosten pikasulkujen lukumäärä on Suomessa sunnilleen yksi vuotta ja yksikköä kohden, mutta lähentelee monissa maissa kymmentä.

Hyvät käyttötulokset eivät ole automaattisia tulevaisuudessa. Yli 80 % tasolla pysyminen tulee edellyttämään jatkuvia ponnisteluja kaikilta työhön osallistuvilta. On myös varmaa, että kun Suomessa on totuttu korkeaan tulostasoon, olisi putous kansainvälisiin keskiarvoihin 70 % alapuolelle alan ulkopuolisten mielestä valtava tappio. Siihen meillä ei ole varaa, vaikka keskiarvo muutoin olisi matemaattisesti ottaen odotus-
arvokin.



25.10.1983 *HR*
Heikki Raumolin

Puheenjohtajan palsta

ATS:N NEUVOSTOLIITON ESKURSIO SYKSYLLÄ 1983

Keväällä 1971 Suomen Atomiteknillinen Seura teki ekskursion Neuvostoliittoon. Ilmassa oli pioneerihengen tuntua. Loviisa 1 oli tilattu ja toisesta yksiköstä neuvoteltiin. Käytiin Moskovassa, tutustuttiin Kurtshatov-instituutin fuusiotutkimuslaitteistoihin ja kansantalouden saavutusten näyttelyyn. Käytiin Novovoroneshissa katsomassa ensimmäisten 440 MW:n yksiköiden rakennustyömaata. Melekeshissä nähtiin nopea reaktori BOR-60. Novovoroneshin juhlapäivällisille tuli tieto, että IVO oli tilannut Loviisa 2:n Moskovassa käymiensä neuvottelujen tuloksena. Kuvaavaa silloiselle tilanteelle oli, ettei oikein tiedetty, missä Loviisa 1:n paineastia valmistettaisiin. Novovoroneshissa kuultiin, että laitoksen reaktoripaineastiat oli valmistettu, jossain tehtaassa, jonka nimi jäi vähän epäselväksi "Shora, shora, jotain sinnepäin se varmaan oli". Tällä hetkellä vuoden 1971 ekskursio on legendaarisine juna- matkoineen jäänyt nukleaariajan alkuhistorian hämärään, jonnekin esi-Loviisa- ja Loviisa-kausien taitteeseen.

Juuri tapahtuneen ekskursion lähtökohdat olivat toiset. Loviisan molemmat yksiköt ovat käyneet hyvin vuosikausia. IVO:lla samoinkuin viranomaisten ja valmistavan teollisuuden edustajilla oli vuosikausien kokemus kanssakäymisestä neuvostoliittolaisten organisaatioiden kanssa. ATS oli myös jo välillä käynyt tutustumassa Leningradin voimalaitokseen. Tämän kertaiselle ekskursiolle tunnusmerkittävä oli, että isännät halusivat todella esittää, kuinka ydinenergian käyttö ja suunnitelmat olivat edistyneet Neuvostoliitossa. Tässä suhteessa ekskursio täytti hyvin tehtävänsä.

Moskovassa ministeriö- ja keskusvirastokäynneillä tuli selvästi ilmi, että Neuvostoliitto panostaa ydinenergiaan ei ainoastaan sähkön- vaan myös lämmöntuotannossa. Atommashin käynti osoitti nykyaikaisilla koneilla varustetun jättimäisen tehtaan olevan pääsemässä tuotantovauhtiin. Energodaris- sa nähtiin, kuinka pitkälle viedyt turvallisuusvaatimukset täyttävät 1000 MW:n laitosyksiköt suojarakennuksineen ja fysikaalisesti separoituine redundansseineen voidaan rakentaa sarjatyönä yksikkö/vuosi tahtia lyhyessä ajassa. Ensimmäinen yksikkö oli valmistumassa reaktoripaineastian ja primääripiiriin painekokeeseen. Isäntien ystävällisyys ja avoimuus saavutusten näyttämiseen oli merkillepantavaa.

Kiitos ryhmän vääpelin Konstantin Lembidakisin ja ekskursion sihteerin Klaus Kilven matkat sujuivat suunnitelmien mukaan. Pitkät matkat tehtiin tilauslentokoneella, joka osoittautui erinomaiseksi ratkaisuksi. Vanhojen muistojen verestämiseksi oli mukaan sovitettu yksi junamatka, josta koetettiin ottaa irti sama, mitä entisiltä junamatkoilta yhteensä. Kokonaisuudessaan ryhmän kunniaksi on sanottava, että matkan tappiot olivat vain jokunen päällystakki ja kamera.

Vuoden 1971 ekskursion oli onnistunut ja niin oli vuoden 1983 ekskursionkin. Jollain lailla haikein mielin voi kuitenkin todeta, että nyt ei yhdelläkään juhlapäivällisellä saatu mitään tietoa uusista ratkaisuista eikä kukaan edes tällaisia tietoja odottanutkaan.



Tekn.tri Olli J. A. Tiainen

1984-01-09

1 (4)

KANSAINVÄLINEN KATSAUS

Joulukuun 1. ja 2. päivänä 1983 pidettiin Pariisissa European Nuclear Society (ENS) johtokunnan (Board) ja hallintokomitean (Steering Committee) sekä ENS:n jäsenlehden (Nuclear Europe) johtokunnan (Board of Management) kokoukset. Osallistuin kokouksiin Suomen Atomiteknillisen Seuran (ATS) edustajana Steering Committeeessä sekä ENS:n varapuheenjohtajana ja mainittujen johtokuntien jäsenenä. Kerron seuraavassa joistakin kokouksissa esille tulleita asioita.

1 Nuclear Europe-lehti

Nuclear Europe-lehden numeroiden onnistuminen sisältönsä ja mainostuottonsa puolesta on ollut vaihtelevaa. Syyskuun numeroa, jonka aiheena oli Low + Medium Waste on pidettävä onnistuneena, kun taas Radiation Monitoring-teemanumero (marraskuu) sai osakseen kritiikkiä. Alvin M. Weinberg on antanut lokakuun Nature-lehden numerossa Nuclear Europe-lehteä kehuvaan arvostelun. Editorial Advisory Committeeen asemasta keskusteltiin allekirjoittaneen aloitteesta. Keskusteluissa todettiin, että tämä toimitusvaliokunta on tärkeä linkki lehden ja kansallisten seurojen välillä. Valiokunnassa ovat kaikki seurata edustettuina. Lehden kirjeenvaihtajatilanne alkaa olla tyydyttävä. Vaikeuksia esiintyy edelleen Ranskan ja Italian kanssa.

Nuclear Europe-lehden talousarvion mukaan kaikissa vaihtoehdoissa (optimistinen, realistinen ja pessimistinen) lehti tulee omillaan toimeen. Jos tämä toteutuu, voidaan Nuclear Europe-lehden toiminnan käynnistymistä pitää todella onnistuneena. Toisaalta on muistettava, että ydinenergia-alan maailmanlaajuinen "lama" aiheuttaa sen, että kunkin numeron taloudellisuuden eteen täytyy tehdä kovasti työtä.

Heinä-elokuun numeroon tulevat kansalliset ydinenergia-katsaukset. Tiedot kerätään jäsenseuroilta. Tietoina tulevat olemaan (1) käynnissä olevien ydinvoimalaitosyksikköjen määrä ja kokonaiskapasiteetti, (2) ydinvoimalaitosten kokonaistuotanto vuonna 1983 ja ydinsähkön osuus kokonaistuotannosta, (3) ydinvoimalaitosten keskimääräiset käyttökertoimet, (4) rakenteilla olevien yksikköjen määrä ja kapasiteetti, (5) suunniteltujen ja päätettyjen yksiköiden määrä ja kapasiteetti sekä (6) keskeiset ydinenergiatapahtumat vuonna 1983. Tiedot pitäisi saada tarkkaan samanperusteisina.

Keskustelua on käyty eri maiden osuudesta eri maiden osuudesta Nuclear Europe-lehden sisällössä. Toimitus pyrkii tarkoituksenmukaiseen tasapuolisuuteen. Kritiikkiä on esiintynyt, mutta syynä kritiikin aiheutumiselle on useimmiten ollut muu kuin lehden toimitus. Usein haluttuja artikkeleita ei ole yrityksistä huolimatta saatu.

3 ENS:n Boardin kokous 1.12.1983

Johtokunnan (Board) kokouksessa käsiteltiin ensiksi "Third International Conference on Nuclear Technology Transfer":n (ICONTT III) järjestämistä lokakuussa 1985 Madridissa. Ohjelmatoimikuntaan tulee Suomesta Pekka Skyttä (IVO). Euroopan ydinenergiakonferenssin 1986 (Geneve 1. - 6.6.1986) ENS:n ohjelmatoimikunnassa on Kari Törrönen (VTT). Em. konferenssin järjestelykomiteoiden työskentelystä keskusteltiin pitkään. Nyt

pitäisi järjestelytyön käynnistyä, jotta pian nähtäisiin
kuinka yhteistyö FORATOM:in kanssa sujuu.

Harry Cartwright oli valmistellut ehdotuksen ENS:n
toiminnan tehostamisesta. Tämän mukaisesti Boardin ja
Steering Committeeen asema myös valmistelutyössä
korostuu. Edelleen ehdotukseen kuuluivat pienet ad hoc
työryhmät ongelmien selvittämiseksi. Ehdotus edellyttää
myös Steering Committeeen kokousten pitämistä nykyistä
useammin. Ehdotuksen vuoksi Honours and Awards
Committeen puheenjohtajan paikkaa ei täytetty. Hans
Henning Hennies kokoaa ad hoc-työryhmän selittämään
ENS:n julkaisutarvetta. Asiaan palataan seuraavissa
Boardin ja Steering Committeeen kokouksissa.

3 ENS:n Steering Committeeen kokous 2.12.1983

Steering Committeeen kokous oli sikäli ainutlaatuinen,
että kokouksessa oli mukana peräti neljä henkilöä
pohjoismaista. Henkilöt olivat allekirjoittanut
Suomesta, Thomas Eckered Ruotsista, Soeren Mehlsen
Tanskasta ja Franz Marcus ENS:n tilintarkastajana
Tanskasta. Keskeisenä kokousaiheena oli International
Commission on Nuclear Safety. Tästä olin laatinut
yhdessä Franz Marcuksen kanssa muistion, joissa oli
otettu huomioon myös muiden pohjoismaisten edustajien
mielipiteet. Muistiossa ehdotimme kuutta eri lisä-
tutkimuskohdetta. Kokouksessa vaihdettiin turvallisuus-
komissiosta mielipiteitä ja asiaan palataan kevään
1984 kuluessa. Jos asian ratkaiseminen jää ydintekni-
lisille ammattiseuroille (eikä esim. IAEA:lle) pitäisi
toukokuussa 1984 päättää mahdollisista jatkotoimen-
piteistä International Nuclear Societies Groupin
kokouksessa Lontoossa.

Muita asioita oli ENS:n päätös tuen antamisesta espanja-
laiselle seuralle ydinvoimalaitosten valmiussuunnitel-
mia käsittelevän kokouksen järjestämiseksi Espanjassa
keväällä 1984. Suomestakin on luvattu esitelmä.

in,

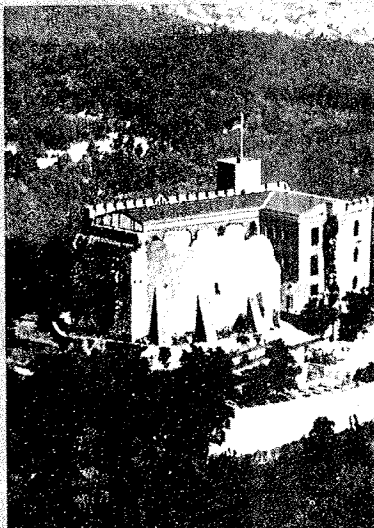
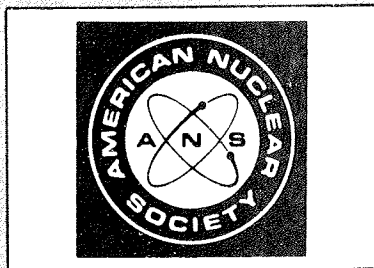
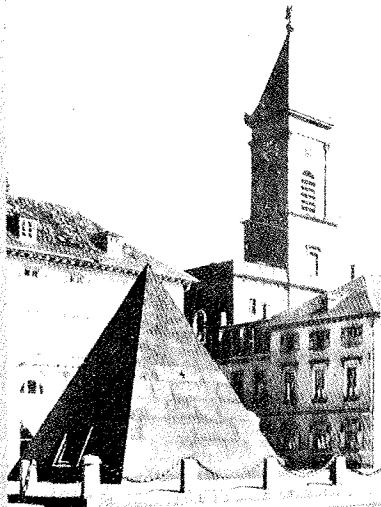
ä

Seuran taloudellinen tila on hyvä ja jatkunee hyvänä vuoden 1984 puolellakin. ENS:n julkilausuma käytetyn polttoaineen kuljetuksesta on hyväksytty. Komiteoiden raporttien yhteydessä keskusteltiin myös teknillisten jaostojen perustamisesta ENS:n sisälle. Asiaa pohtii edelleen Planning Committee. Nimityskomitealla on ymmärrettäviä vaikeuksia työssään. Kansainvälinen komitea on kokoontunut syksyllä Venetsiassa.

4 Seuraavat kokoukset

Seuraaville Boardin ja Steering Committeeen kokouksille varattiin ajoiksi 8. - 9.3.1984, 6 - 8.6.1984, jolloin on myös yleiskokous, ja 6. - 7.9.1984. Steering Committee ei välttämättä kokoontu kaikkina em. aikoina.

Olli J. A. Tiainen



CALL FOR PAPERS

Karlsruhe 1984

September 9-13

Fifth International Meeting on

THERMAL NUCLEAR REACTOR SAFETY

The 1984 International Meeting on Thermal Nuclear Reactor Safety is jointly sponsored by the European Nuclear Society (ENS), the American Nuclear Society (ANS), the Canadian Nuclear Society (CNS), and the Japan Atomic Energy Society (JAES). The meeting is further endorsed by, and organized in cooperation with the Nuclear Energy Agency (NEA) of the Organization for Economic Cooperation and Development, the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the Commission of the European Communities (CEC). As host organizations will serve the Kerntechnische Gesellschaft (KTG) and the Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK). This meeting is the fifth in a series of international meetings in the same subject-areas with ANS and ENS as primary sponsors.

Papers are invited in selected areas of thermal nuclear reactor safety. The following areas are listed as being of special interest to the meeting:

- Safety-related operating experience
- Accident management
- Safety-related factors of man-machine interface
- Plant transient analysis, code development and assessment
- Safety research and development on system and function optimization (incl. cost benefit aspects)
- Core, equipment and containment behaviour during severe accidents
- Fission product behaviour and consequence modelling
- Probabilistic risk assessment

Detailed information can be obtained from the General Secretary, H. Rininsland, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Postfach 36 40, D-7500 Karlsruhe 1, FRG, tel.: 07247/82 4000-tx: 7826484

MAIL RESPONSE TO:

General Secretary: H. Rininsland
Kernforschungszentrum Karlsruhe
Postfach 36 40
D-7500 Karlsruhe 1
Federal Republic of Germany

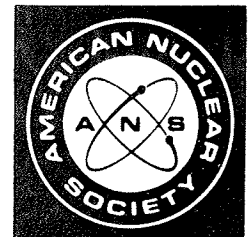
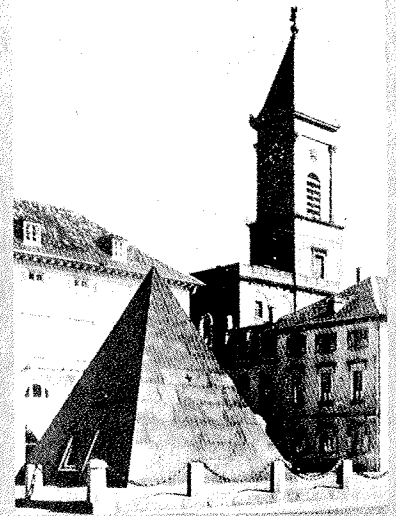
FIFTH INTERNATIONAL MEETING ON THERMAL NUCLEAR REACTOR SAFETY
Karlsruhe, FRG, September 9-13, 1984

Authors interested in submitting a contributed paper are invited to send a statement-of-intent giving author(s), name(s), title of the proposed paper, and a short description of the content before December 15, 1983. For your reply please use the form below. A 1000-word summary (for the paper review only, not to be published), and a 100-word abstract (for publication in the meeting program), are to be submitted before February 15, 1984.

The deadline for submittal of camera-ready manuscripts (not exceeding ten pages) for publication in the proceedings of the meeting is September 10, 1984. The language for the papers (abstracts, summaries, camera-ready manuscripts) and for the presentation in the technical sessions must be English only.

In order to qualify, a paper should contain significant results of new work, and not have been published earlier. Authors will be notified of the outcome of the paper review prior to May 1, 1984. The meeting will consist of both oral-presentation session, and poster sessions.

Please send statements-of-intent, 1000-word summaries, and 100-word abstracts to H. Rininsland, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Postfach 36 40, D-7500 Karlsruhe 1, Federal Republic of Germany (Telephone 07247-821, Telex 7826484), from whom also further information may be obtained.



Please cut and mail in an envelope before December 15, 1983

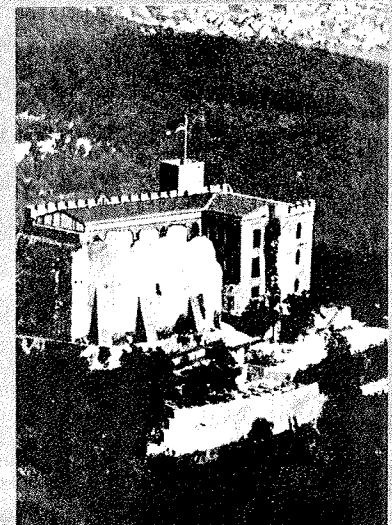
STATEMENT-OF-INTENT

Name and full mailing address of author to whom correspondence should be sent

Telephone:
Telex:

Please add short description of the content!

Title of summary: _____



KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖN YDINENERGIATUTKIMUKSEN MÄÄRÄRAHOJEN
KOHTALO

Käsiteltäessä hallituksen tulo- ja menoarviota vuodelle 1984 budjetti-neuvotteluissa esitettiin supistettavaksi KTM:n määrärahoja ydinenergia-tutkimukseen viidellä miljoonalla markalla hallituksen esityksestä, joka oli 12,5 miljoonaa markkaa. Esitys meni läpi valtiovarainvaliokunnassa ja eduskunta on supistuksesta jo päättänyt. Määrärahojen supistusesitys perustuu todennäköisesti virheelliseen kuvaan niiden käyttötarkoituksesta ja supistuksen läpimeno on lähinnä työtapaturma, joka on korjattava.

Määrärahoilla rahoitetaan muun muassa reaktoriturvallisuuutta, ydinjäte-huoltoa, ympäristötutkimuksia, polttoaineen käyttäytymistä ja muita kes-keisen tärkeitä asioita koskevia jatkuvia selvityksiä, joita tehdään VTT:ssa, Helsingin yliopistossa, Geologisessa tutkimuslaitoksessa ja Tek-nillisessä korkeakoulussa. Suurin osa määrärahoilla rahoitetuista projek-teista liittyy olemassaolevien laitosten jatkuvan käytön varmistamiseen. Neljä viidennestä anotuista määrärahoista kohdistuu ydinvoimalaitosten käyttöturvallisuuteen liittyviin tutkimuksiin ja ydinjätetutkimuksiin.

Määrärahojen supistus voi johtaa korkeasti koulutetun tutkijahenkilöstön irtisanomiseen. Supistus vaarantaa puolueettomat turvallisuustutkimukset ja hidastaa ydinjätetutkimuksia. Lisäksi KTM:n on vaikea suoriutua viran-omaisvastuustaan ydinvoimalaitosten käytön valvojana.

KTM:n ydinenergiatutkimuksen määrärahojen kehitys on ollut viime vuosina laskeva ja on johtanut huolestuttaviin näkymiin sekä tutkimustehtävien suorittamisen että ydinenergian käytön taloudellisuuden ja turvallisuuden kannalta. Taantuva määrärahakehitys on ollut jyrkästi ristiriidassa tutki-mustarvetta koskevien selvitysten kanssa. Valtioneuvoston hyväksymän ener-giapoliittisen ohjelman mukaan määrärahojen olisi tullut säilyä reaaliar-voltaan vähintään vuoden 1977 tasolla. KTM:n energiatutkimusohjelman mu-kaan määrärahojen olisi tullut kasvaa vuodesta 1977 vuoteen 1983 reaali-arvoltaan 10,4 miljoonasta markasta 17,7 miljoonaan markkaan eli +68%. Todellisuudessa ydinenergiatutkimusmäärärahat ovat pienentyneet ilman budjettisupistustakin reaaliarvoltaan noin 40%. Nyt toteutunut supistus on johtanut kestävämpään tilanteeseen, jonka seurauksista ei ole varmaa tietoa.

TAPAUKSEN JOHDOSTA ON PERUSTETTU YHDISTYS

"Tuotuneina valtiovallan virkamies- ja neuvottelukoneiston anteeksianta-mattomasta nuolimattomuudesta" perusti Otaniemessä joukko teekkareita

21.12.1983 yhdistyksen nimeltä "Puolueettoman turvallisuustutkimuksen hyväksi". Yhdistyksen ensisijaisena tavoitteena on varmistaa, että KTM:n ydinenergiatutkimusmäärärahoihin palautetaan siitä supistetut 5 miljoonaa markkaa heti seuraavassa lisäbudjetissa. Tämän välittömän korjaustoimenpiteen lisäksi pyritään turvaamaan tavoitteeksi asetettu määrärahakehitys tulevaisuudessa, mikä merkitsisi vuodelle 1984 ainakin 14 miljoonan markan tasoa.

Erityisesti yhdistys ottaa asiakseen tiedottaa poliitikoille ydinenergiatutkimusmäärärahojen käytön tavoitteista niin, ettei niiden kohtalo vaarannu virheellisten käsitysten vuoksi.

Lisätietoja saa: tekn. yo

Martti Kätkä

VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio

Lönnrotinkatu 37

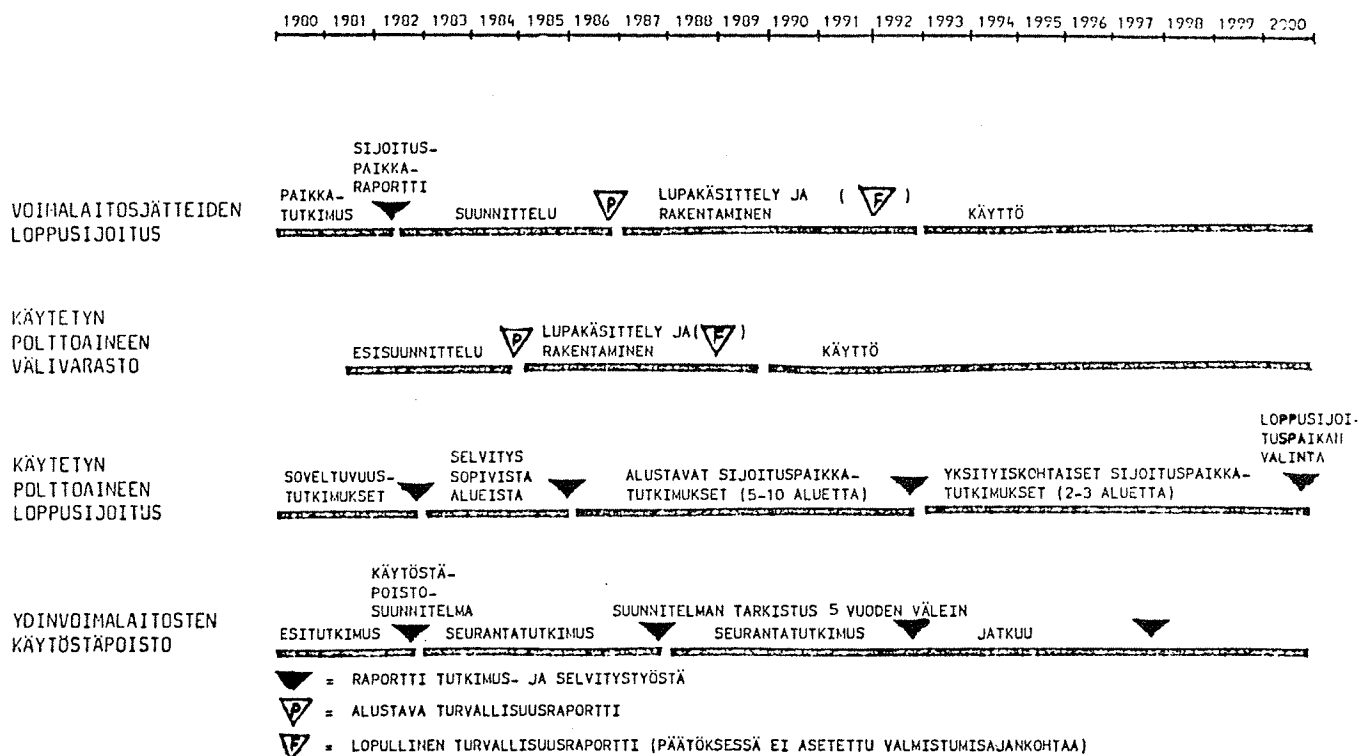
00180 HELSINKI 18

puhelin 648931

Valtioneuvoston tekemiä ydinvoimalaitoksia koskevia päätöksiä:

10.11.1983

Periaatepäätös ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteista. Päätös sisältää mm. oheisen kuvan aikataulutavoitteet.



KUVA 2: EHDOTUS VALTIONEUVOSTON ASETTAMIKSI TAVOITTEIKSI YDINJÄTEHUOLLON TUTKIMUS-, SELVITYS- JA SUUNNITTELUTYÖLLE VUOTEEN 2000

24.11.1983

Päätös määräaikaisista, 31 päivään joulukuuta 1988 asti kestävästä, käyttöluvista. TVO:n osalta määräaikaisuuden syynä on se, että ydinjätehuollon pitkää aikaväliä koskevat järjestelyt, erityisesti käytetyn ydinpolttoaineen osalta, ovat kansainvälisesti vielä selvittelyn alaisia. IVO:n osalta määräaikaisuuden syynä on se, että ydinjätehuollon pitkää aikaväliä koskevat järjestelyt, erityisesti säädettävää lakia silmälläpitäen ovat kesken.

"NUCLEAR ENERGY IN FINLAND" -ESITE

"Nuclear Energy in Finland" -esitettä on valmistettu kaikkiaan 5000 kappaleen painos. Sitä tilasivat IVO, Finnatom ja TVO yhteensä 2500 kpl, lisäksi pientilaajat noin 500 kpl. Näiden lisäksi VTT ja Atomienergianeuvottelukunta (AEN) ovat tilanneet esitettä yhteensä noin 1000 kpl, jolloin toistaiseksi varastoon ATS:lle noin 1000 kappaletta.

On ehdotettu, että esitettä jaettaisiin pääsääntöisesti henkilökohtaisesti ulkomaisille vieraille tai kansainvälisten kokousten tai vastaavien yhteydessä. Tämä erityisesti siksi, että esitettä on varsin rajallinen määrä eikä laajempaan postitukseen ole mahdollisuuksia.

Esitteen jakelussa pyritään ylläpitämään toimipaikoittain rekisteriä, jonka avulla voidaan seurata jakelun tarkoituksenmukaisuutta. Jakelun seurannalla on kaksi tavoitetta:

- a) Myöhemmän painoksen tai uuden esitteen arviointi
- b) Pyrkimys välttää päällekkäinen jakelu.

On syytä painottaa, että tarkoituksena ei ole kahlita esitteen käyttäjien vapautta, vaan ainoastaan turhaa päällekkäisyyttä.

Jakelun seurannasta ottaa tietoja vastaan

DI Klaus Kilpi

VTT/YDI puh. 648 931 tai

VTT/EKA puh. 456 4148

Esitteitä on saatavissa myös Kauppa- ja teollisuusministeriöstä esimerkiksi puhelimitse:

KTM/Patronen puh. 160 5234



YLITEHOKOKEET TUNNUSOMAISIA TVO:N LAITOSTEN TUOTANNOLLE

Vuosi 1983 oli Teollisuuden Voima Oy:n (TVO) laitoksilla tuotannollisesti erinomainen. Tärkeänä tekijänä laitosten hyvälle käyttöasteelle oli TVO II:n lyhyen revisioajan lisäksi alku- ja loppuvuodesta suoritettut tehonnostokokeet.

Perjantaina 21. tammikuuta 1983 TVO I:n teho nostettiin vähitellen 700 megawattiin. Kyseinen koe kesti vuorokauden. Tammikuuisen kokeen tarkoituksena oli selvittää mahdollisuuksia pitempiaikaiseen tehonnostoon.

Heinäkuussa aloitettiin TVO I:llä ja TVO II:lla pitkäaikainen tehonnostokoe, jossa laitosyksiköiden teho nostettiin 103 prosenttiin.

Tiistaina 20. syyskuuta TVO:n ykköslaitoksen tehoa nostettiin edelleen 106 prosenttiin viikon ajaksi. TVO II:n vastaava koe toteutettiin 18.-25.10.83. Tehonnostoista saadut kokemukset ovat myönteisiä.

TVO II:n takuu aika umpeen

Maaliskuun kolmantena päivänä päättyi TVO II:n takuu aika. Samalla saatiin päätökseen Suomen ja Ruotsin välinen suurin yhteistyöprojekti.

Yhdeksäs huhtikuuta TVO I otti nimiinsä yhtäjaksoisen tuotannon pohjoismaisen ennätyksen. TVO I oli tuotannossa yhtäjaksoisesti seisokista seisokkiin, eli 329 vuorokautta.

Polttoainetta KWU:lta

Huhtikuun 11 päivä saapui ensimmäinen erä TVO:n länsisaksalaiselta Kraft Werk Unionilta (KWU) tilaamasta polttoaineesta laitospaikalle. Aikaisemmin TVO oli tilannut kaiken polttoaineensa ruotsalaiselta AB ASEA-ATOMilta.

Vuosina 1985-86 polttoainetoimitukset jakautuvat puoliksi KWU:n ja ASEA-ATOMin välillä.

Revisiot aikataulun mukaan

TVO I pysäytettiin vuosittaista huoltoseisokkia varten 13. toukokuuta. Seisokki kesti 42 vuorokautta ja se toteutettiin aikataulun mukaisesti. Viimekauden hyvästä sähköntuotannosta johtuen vaihdettiin reaktoriin nyt 148 uutta polttoaineenippua. Juhannuspäivänä aloitettiin TVO II:n huoltoa edeltävä alasajo. Tavallista lyhyemmän revision kesto aika oli runsaat 19 vuorokautta. Laitos kytkettiin valtakunnan verkkoon 15. heinäkuuta. Lyhyen seisokkiajan ansiosta TVO II:n käyttökertoimet muodostuivat kuluneena vuotena erinomaisiksi. Alustava käyttökerroinluku vuonna 1983 on 88,7 %. TVO I:llä vastaava luku on 83,8 %.

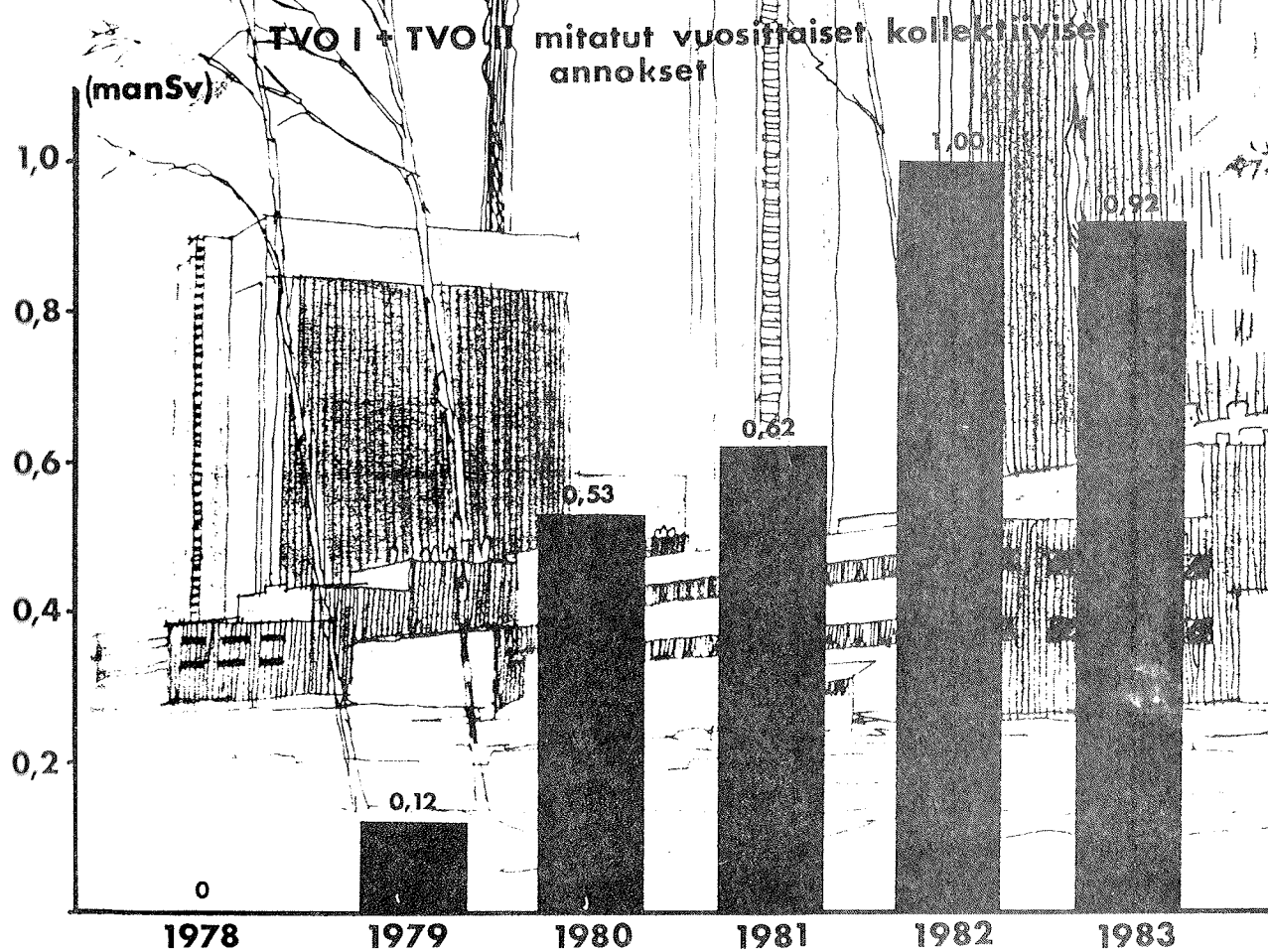
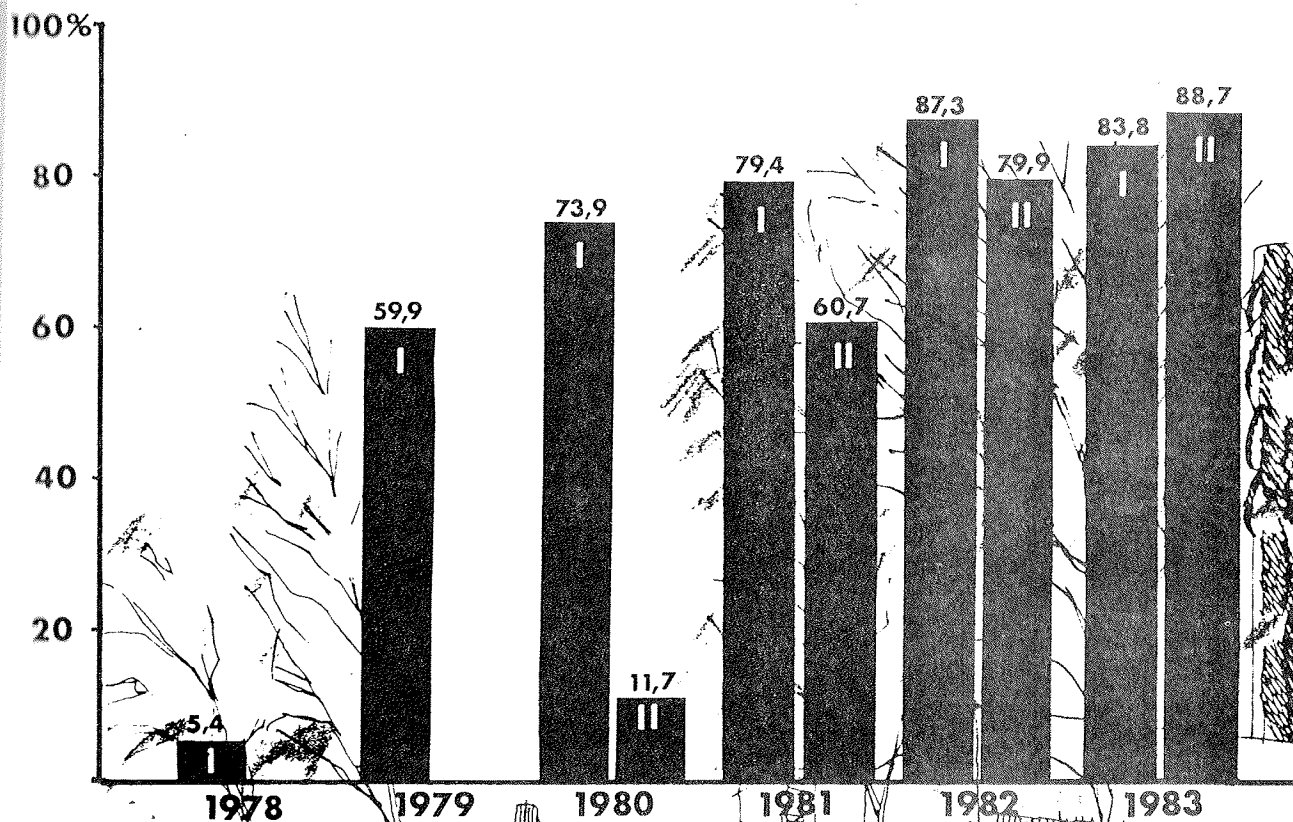
Tuotannossa taas ennätys

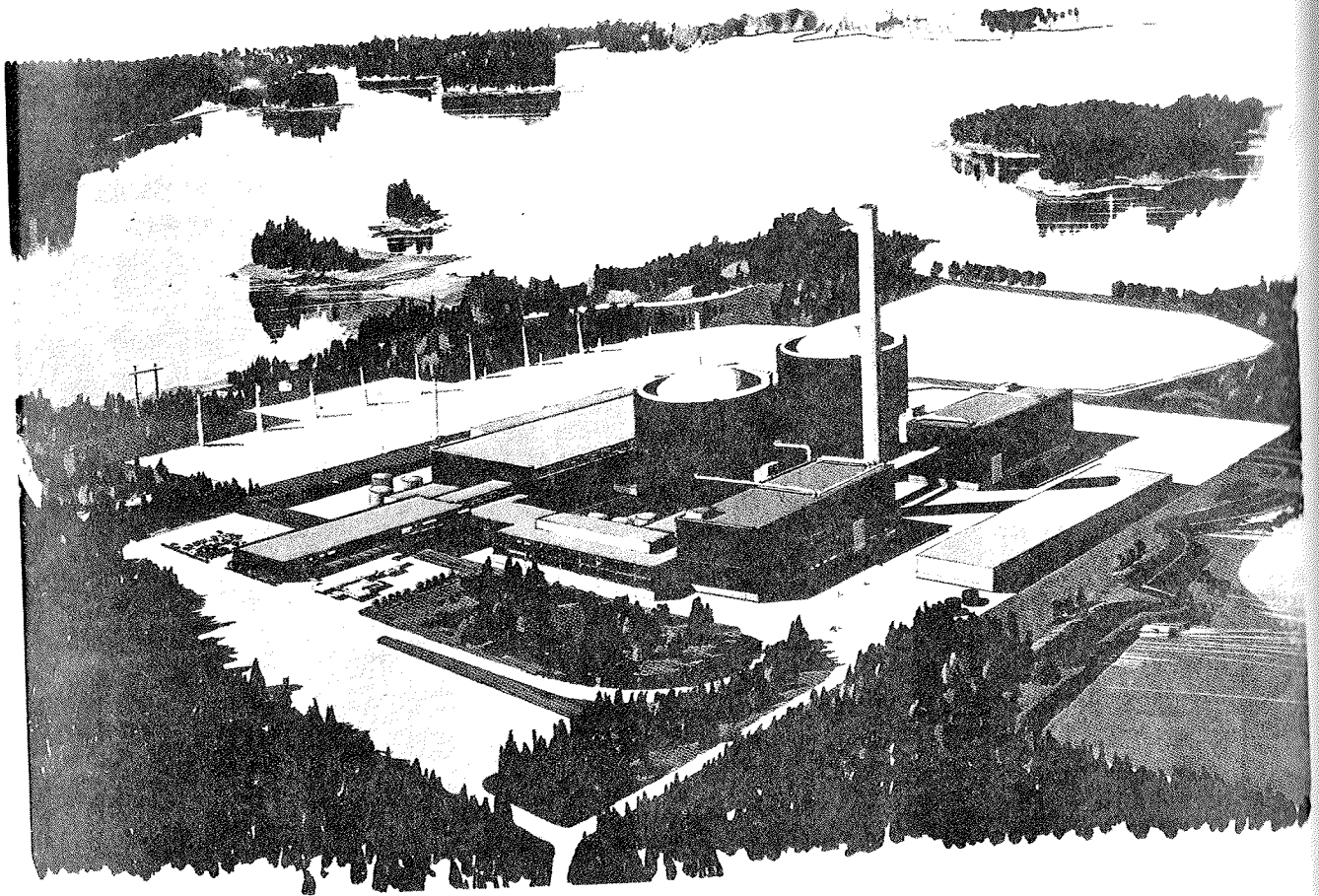
Vuoden lopulla, 26.12. TVO II saavutti uuden sähköntuotannon vuosiennätyksen. Täydet 5 TWh tuli täyteen.

TVO:n laitosten yhteenlasketuksi tuotannoksi vuonna 1983 tulee 9,9 TWh.

TVO on myös kuluneena vuotena 1983 Suomen suurin sähköntuottaja.

TVO I ja TVO II vuosittaiset käyttökertoimet





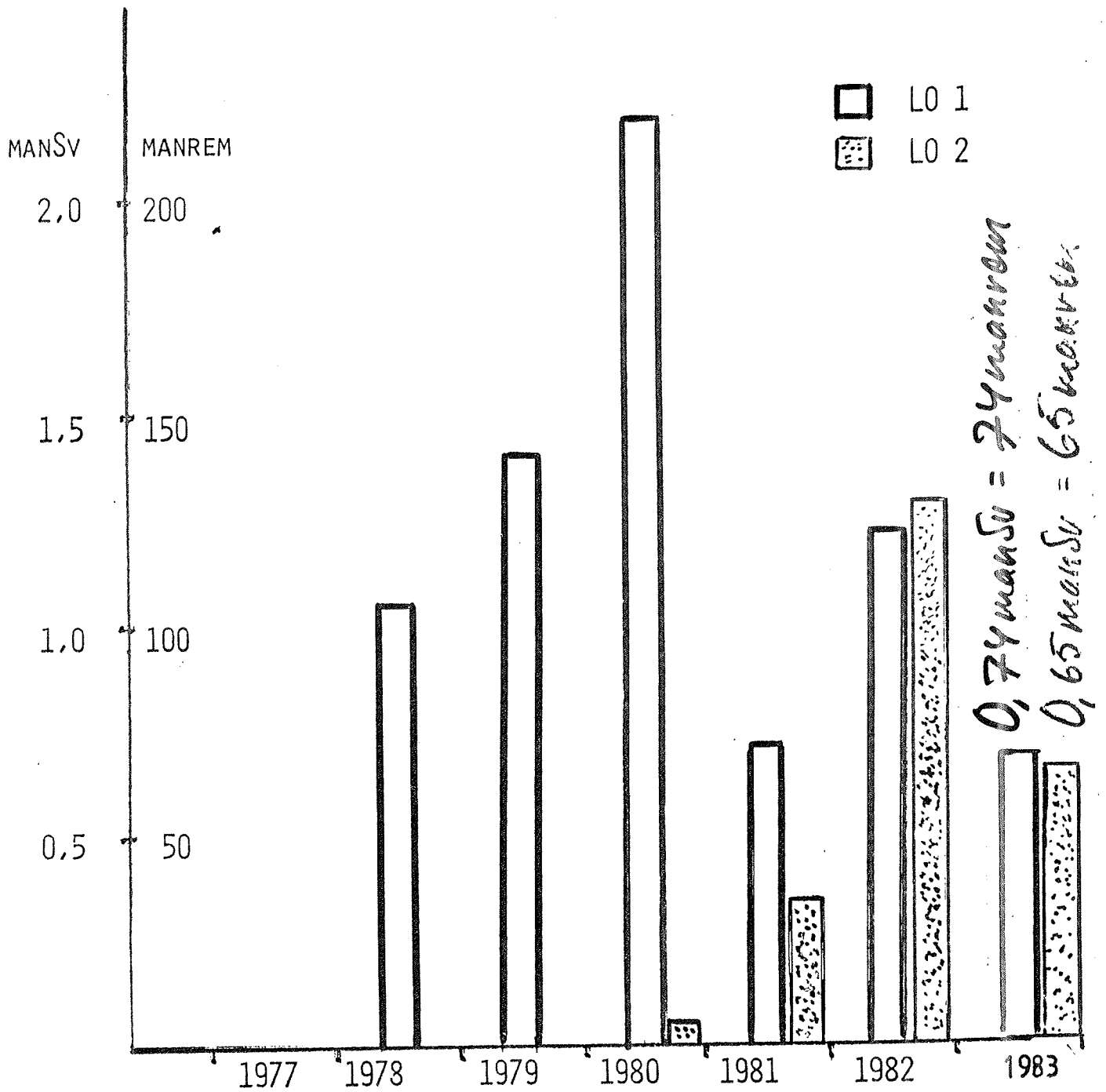
LOVIISASSA ENNÄTYSVUOSI

Vuonna 1983 Loviisassa kummallakin yksiköllä tehtiin uudet ennätykset sähköntuotannossa ja revision kestossa. Käyttökertoimet olivat 86 % Lo 1:llä ja 90 % Lo 2:lla; ilman säätöjä ne olisivat olleet vielä prosenttiyksikön verran korkeampia. Koska huoltotöitä oli vain vähän, kollektiiviset säteilyannokset jäivät alhaisiksi, 0,74 manSv Lo 1:llä ja 0,65 manSv Lo 2:lla.

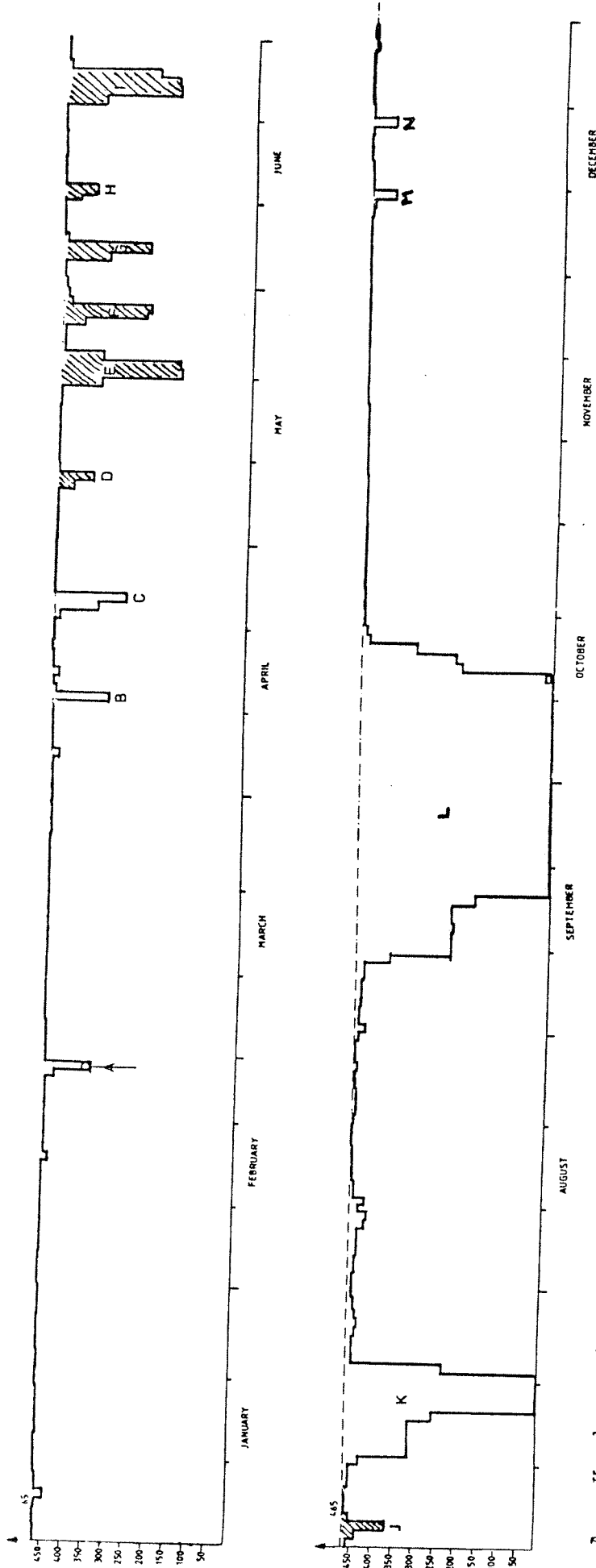
Seuraavat kuvat kertovat menneen vuoden tuloksesta lähemmin.

LO 1 JA LO 2 KOLL.ANNOKSET 1977 - 1983

COLLECTIVE RADIATION DOSES AT LOVIISA

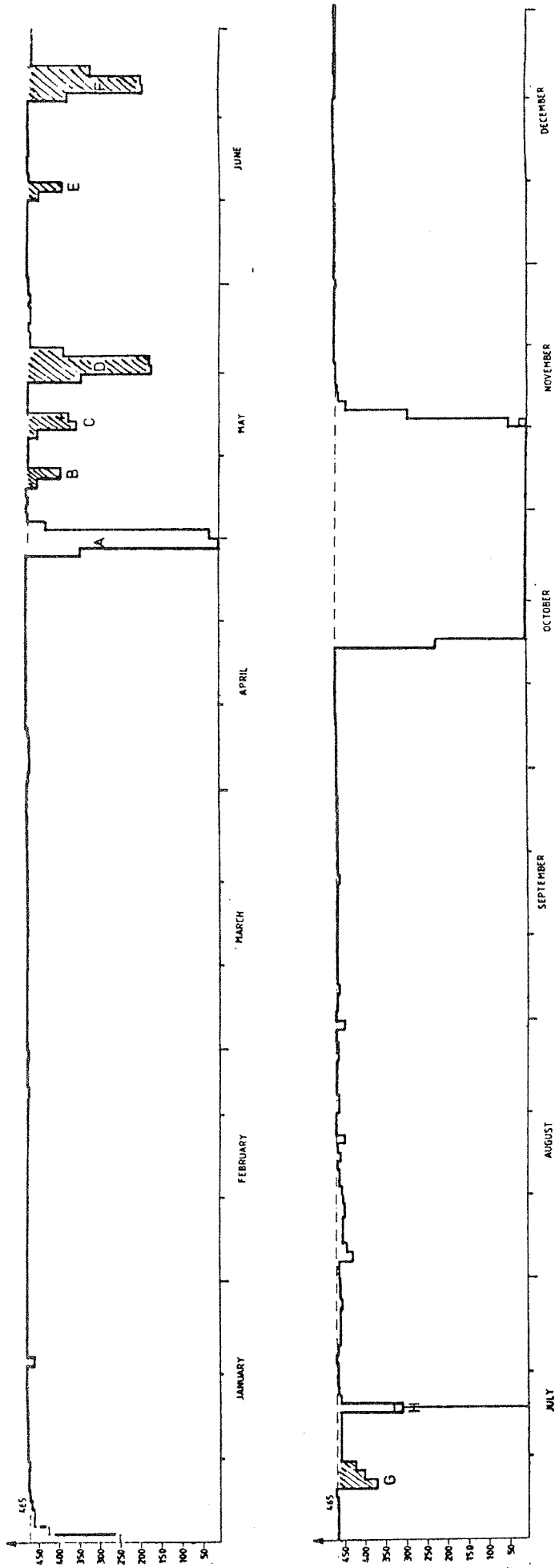


LOVIISA1 1983



- A Korkeapaine-esilämmittimen vuodon korjaus
- B Tiivistehöyryejektorin vuodon korjaus
- C Lauhduttimen vuodon korjaus
- D Viikonloppusäätö
- E Viikonloppusäätö + generaattorin hiiliharjojen vaihto
- F Viikonloppusäätö + turpiinin välioton takaiskuventtiilin korjaus + korkeapaine-esilämmittimen vuodon korjaus + säätösauvan vauriopudotus
- G Viikonloppusäätö + korkeapaine-esilämmittimen vuodon korjaus
- H, I, J Viikonloppusäätö
- K Kylmäseisokki (5 vrk) syynä pääkiertopumpun tiivistevaurio
- L Vuosihuolto (27 vrk)
- M Lauhduttimen vuodon korjaus
- N Pääkiertopumpun moottorin tarkastus

LOVIISA 2 1983



A Kuumaseisokki ulospuhallusventtiilien korjauksen takia

B Viikonloppusäätö

C - " - ja pääsulkuventtiilin korjaus

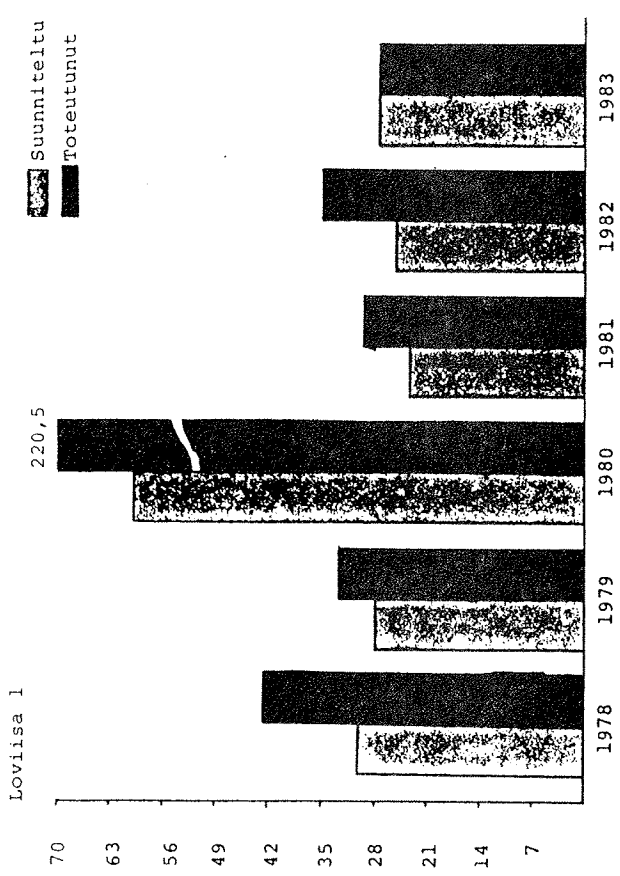
D, E, F viikonloppusäätö

G Viikonloppusäätö ja korkeapaine-esilämmittimen vuodon korjaus

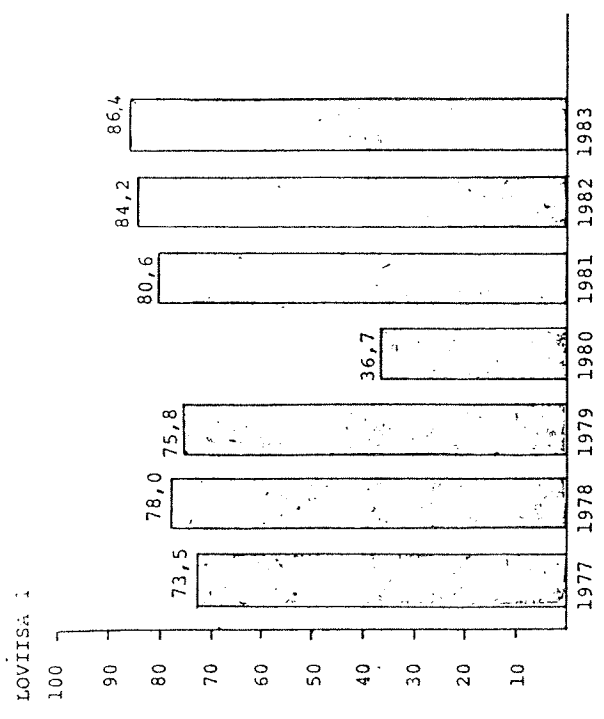
H Reaktorin pikasulku

I Vuosihuolto (27 vrk)

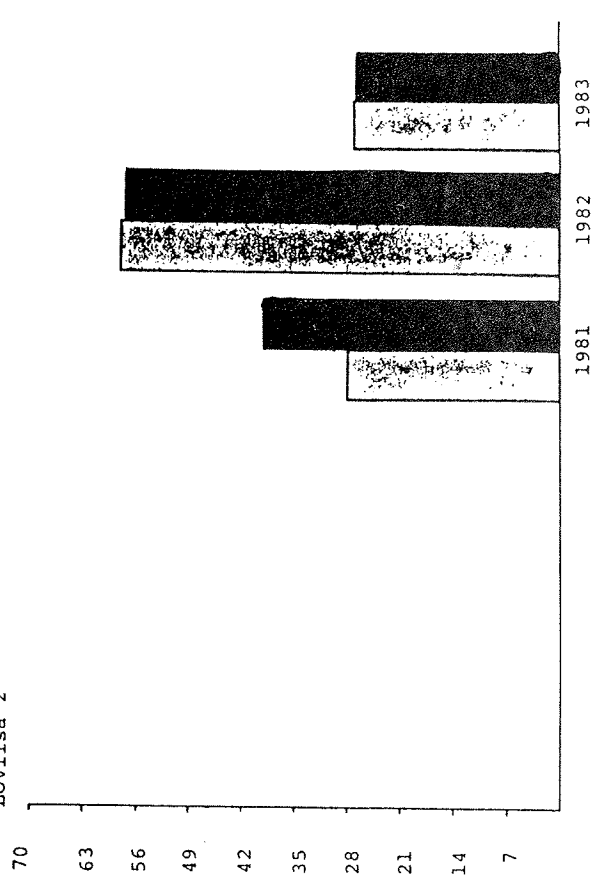
LATAUSSEISOKKIPITUUDET



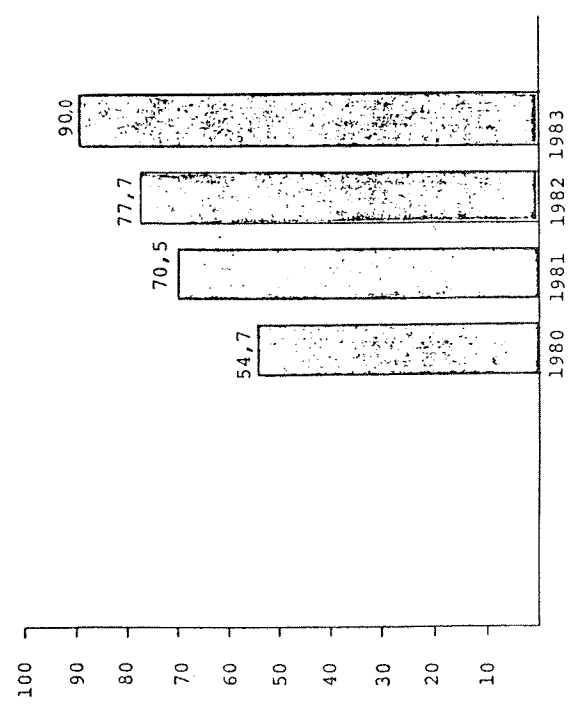
KÄYTTÖKERTOIMET



Loviisa 2



LOVIISA 2



LOVIISAN VOIMALAITOKSEN TUOTANTO JA
KÄYTETTÄVYYS VUONNA 1983

TUOTANTO

	Sähkön brutto- tuotanto MWh	Sähkön netto- tuotanto MWh	Omakäyttö %
LO1	3.519.269	3.337.512	5,2
LO2	3.666.666	3.484.543	5,0
Yhteensä	7.185.935	6.822.055	5,1

KÄYTTÖKERROIN, KÄYTETTÄVYYS

	Käyttö- kerroin u_E 1) %	Käytettävyy- tekijä tg_E 1) %	Säädön vaikutus käyttökertoimeen 2) %
LO1	86,4	88,6	1,5
LO2	90,0	91,7	1,7

1) Nordel-määritelmien mukaan. Yksiköiden maksimi-
bruttotehona käytetään vuosikeskiarvoa 465 MW.

2) Kesäkuukaisina viikonloppuisin pienentyneen sähkön-
tarpeen vuoksi alennetulla teholla suoritettun ajon
vaikutus käyttökerrointa u_E pienentävästi.

KÄYTTÖKERROIN, KÄYTETTÄVYYS VDEW:N MÄÄRITELMIEN MUKAAN

	Käyttö- kerroin u_E 3) %	Käytettävyy- tekijä tg_E 3) %
LO1	91,3	93,6
LO2	95,1	96,9

3) Yksiköiden maksimibruttotehona käytetään suunni-
teltua nimellistehoa 440 MW.

Käyttökerroin u_E on tuotetun energian suhde siihen
energiaan, joka olisi voitu tuottaa ajettaessa jat-
kuvasti maksimiteholla.

Käytettävyystekijä tg_E on laitoksen kunnon puolesta
tuotettavissa oleva energian suhde siihen energiaan,
joka olisi voitu tuottaa ajettaessa jatkuvasti maksi-
miteholla.

P Soralahti/EIK 12.1.1984
IMATRAN VOIMA OY
Käyttöosasto



R Teräsvirta
Imatran Voima Oy

LOVIISAN KÄYTETTY POLTTOAINENIPPU TUTKITTU STUDSVIKISSA

TAUSTAA

KTM:n ja Neuvostoliiton ydinenergian käyttöä valvovan valtionkomitean, GKAE:n välisen tieteellis-teknisen yhteistyöpöytäkirjan mukaisesti tutkimuksiin sisällytettiin 15.2.1982 IVOn VTT:n ja STL:n ehdottama, yhden Loviisassa säteilytetyn polttoainenipun tutkiminen kuumakammiossa Studsvik Energiteknik Ab:n laboratoriossa. Tutkimuksen tarkoituksena oli saada omakohtaista tietoa Loviisan polttoaineen kunnosta säteilytyksen jälkeen. Tämän tapaista tutkimusta edellytetään myös Loviisan polttoainelupien ehdoissa ja YVL-ohjeissa.

TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkittavaksi polttoainenipuksi valittiin Loviisa 1:n alkulatausnipuista suurimman keskimääräisen palaman, 34700 MWd/tU, saavuttanut nippu. Nippu kuljetettiin Studsvikiin kesäkuussa 1982. Todettakoon, että tämä oli ensimmäinen kokonainen polttoainenippu, joka Studsvikin kuumakammioissa on tutkittu, mikä edellytti melko paljon lähinnä nipun käsittelyyn ja purkamiseen liittyvien menetelmien ja laitteiden suunnittelua. VVER-nipun rakenteesta johtuen purkaminen vaatii erityisen huolellisia valmisteluja. Tutkimukset aloitettiin vuoden 1982 lopulla ja kestivät syyskuuhun 1983 asti. Nippu palautettiin Loviisan voimalaitokselle marraskuussa ja loppuraportti valmistui joulukuussa 1983. Tutkimusohjelmaa on päätetty jatkaa vielä polttoainesauvaa rikkovilla kokeilla. Tätä tarkoitusta varten jätettiin yksi polttoainesauvoista Studsvikiin. Tässä yhteydessä tehdään myös VTT/REAn kuumakammiossa rengasvetokokeita sauvasta tehtävillä Zr-1 & Nb suoja-kuorinäytteillä.

TUTKIMUSOHJELMA

Polttoainenipulle tehtiin seuraavat tutkimukset

- visuaalinen tarkastus ennen ja jälkeen nippua ympäröivän suojavaipan poistamisen,
- dimensiomittaukset (pituus, avainväli, sauvojen väli, kiertymä, taipumat) ennen ja jälkeen suojavaipan poistamisen,

- polttoainesauvojen pinnalla olevan oksidi- ja korroosiotuotekerroksen likimääräinen arviointi,
- nipun keskusputkesta otettujen näytekappaleiden puhkaisukokeet
- ylähilalevyn taivutuskokeet

Tämän lisäksi nipusta irroitettiin 10 polttoainesauvaa, joille tehtiin seuraavat tutkimukset:

- visuaalinen tarkastus
- fissiokaasuanalyysi ja sauvan sisäisen paineen määrittäminen
- pyörrevirtatarkastus
- dimensiomittaukset
- gammakartoitus
- neutroniradiografia
- polttoainetabletin ja suojakuoren välisen väläyksen mittaaminen

TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimus osoitti polttoainenipun olevan erinomaisessa kunnossa. Nipun dimensiot ovat säilyneet tuoreelle nipulle asetettujen spesifikaatiorajojen sisällä. Polttoainesauvojen suojakuorien pinnat ja hitsisaumat ovat hyväkuntoiset ja erittäin ohuen tai olemattoman oksidikerroksen peitossa. Fissiokaasujen vapautumisen polttoainetableteista sauvan sisäiseen vapaaseen tilaan on ollut vähäistä. Tabletteihin on tullut lähinnä poikittaisia säröjä, mutta ne ovat säilyttäneet alkuperäisen muotonsa hyvin, mm keskusreikä erotuu läpivalaisukuvissa erittäin hyvin.

Tutkimustulokset ovat yhteneväiset samanlaiselle polttoaineelle Neuvostoliitossa tehdyistä tutkimuksista raportoitujen tulosten kanssa ja vahvistavat siten käsitykset siitä, että polttoaine käyttäytyy luotettavasti Loviisa-tyyppisen reaktorin käyttöolosuhteissa.

PLASMAN KOOSSAPITOENNÄTYS MIT:N ALCATOR TOKAMAKILLA
-LAWSONIN KRITEERI SAAVUTETTU

Fuusioenergian vapautuminen edellyttää polttoaineena käytettävälle DT-seokselle (vedyn raskaat isotoopit deuterium ja tritium) korkean lämpötilan n. 100 milj. astetta. Tämän lisäksi kuuma polttoaineseos tulee pitää koossa riittävän tiheänä niin pitkän aikaa, että fuusioenergiaa ehtii vapautua enemmän kuin on käytetty polttoaineen kuumentamiseen ja koossapitoon. Yllämainitussa lämpötilassa DT-kaasu on täysin ionisoituneessa muodossa ts. plasmatilassa. Hyvin sähköä johtavan plasman hallitseminen on mahdollista voimakkailla magneettikentillä, jotka myös eristävät plasman kammion seinämistä estäen polttoaineen nopean jäähtymisen.

Plasman koossapidon hyvyttä kuvataan Lawsonin tulolla $n\tau$, missä n on plasman tiheys ja τ koossapitoaika. DT-polttoaineelle nettoenergian tuottaminen vaatii koossapitotulolle $n\tau \geq 10^{20} \text{ m}^{-3} \text{ s}$ (nk. Lawsonin kriteeri). Kuuma plasman alttius erilaisille epästabiilisuuksille, jotka ilmaantuessaan tuhoavat koossapidon nopeasti, on muodostanut vaikeimman ongelman fuusiotutkimuksen kolmekymmenvuotisella taipaleella. Parhaiten menestynyt plasman magneettiseen koossapitoon perustuva laitetyyppi on tokamak, jossa plasma on toruksen muotoinen. Juuri epästabiilisuuden välttämiseksi tokamak-laitteet ovat osoittautuneet ylivoimaisiksi muihin koossapitomenetelmiin verrattuna.

American Physical Society'n kokouksessa raportoitiin 7.11.1983 Lawsonin kriteerin saavuttaminen, mikä on kiistatta tärkein virstanpylväs fuusioenergian toteutettavuutta ajatellen.

Ennätys tehtiin MIT:n (Massachusetts Institute of Technology) Alcator C tokamakilla. Alcatorin erityispiirteenä on erittäin voimakkaiden magneettikenttien käyttö (vuontiheys 10 Teslan luokkaa), mikä sallii suuren plasmatiheyden $\geq 10^{21} \text{ m}^{-3}$. Tämä merkitsee n. 100 ms:n koossapitoaikaan Lawsonin kriteeriin yltämiseksi. Plasman lämpötila ennätyskokeessa oli 15 milj. astetta, mikä ei riitä fuusioreaktioiden sytyttämiseen.

Lämpötilan nostaminen vaadittuun 100 milj. asteeseen on kuitenkin suoraviivaista koossapitoon liittyviin ongelmiin verrattuna. Lähinnä kyseessä on kuumennustehon lisääminen, sillä Alcatorin tämänhetkinen kuumennusteho on varsin vaatimaton 1 MW. Tokamak-plasman riittävä kuumennus demonstroititiin jo 70-luvun lopulla, jolloin PLT-tokamakilla (Princeton Large Torus) yllettiin 80 milj. asteeseen 4 MW:n kuumennusteholla. Kuumennukseen käytettiin energettisten neutraaleista deuteriumatomeista koostunutta suihkua (neutral beam injection). PLT-koe todisti myös sen, että plasman koossapito ei heikentynyt kuumennuksen yhteydessä.

Alcatorin parantunut koossapito saatiin aikaan injektoimalla jäädytettyjä vetynappeja plasmaan purkauksen kestäessä. Sitteen häviöt tiheyden nostamisen kuluessa jäävät pieniksi aiempaa kaasuinjektiomenetelmään (gas puffing) verrattuna. Nappien injektionopeus 1 km/s oli riittävä viemään ne plasman sisäosiin ennen niiden plasmaksi höyrystymistä.

Fuusioenergian tieteellisen toteutettavuuden kaksi ehtoa Lawsonin kriteeri $n\tau$ -tulolle ja riittävän korkea lämpötila on nyt täytetty erikseen kahdella tokamak-laitteella. Vuoden 1983 aikana otettiin käyttöön kaksi suurta tokamakia TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor) Princetonissa ja Euratomin JET (Joint European Torus) Culhamissa Englannissa. Kumpikin laite yltäne 'breakeven'-olosuhteisiin ts. riittävän koossapidon ja lämpötilan samanaikaiseen toteuttamiseen. Sekä TFTR että JET on suunniteltu DT-polttoainetta käyttäviksi pohjustavien koossapito- ja kuumennuskokeiden jälkeen. Tällöin arvioidaan fuusiotehoksi 20 MW, mikä on plasman kuumennustehon luokkaa. TFTR:n alustavat koetulokset yhdessä Alcator tokamakin ennätyskoossapidon kanssa lupaavat vahvasti fuusioenergian tieteellisen toteutettavuuden lopullista osoittamista lähiaikoina.

S J Karttunen
J A Heikkinen
VTT
Ydinvoimatekniikan laboratorio



K Sjöblom

RANSKAN YDINVOIMATEOLLISUUS ESITTÄYTYI

Framatomen edustajat esittelivät ranskalaista ydinvoimateollisuutta ja -ohjelmaa ATS:n kokouksessa 2.11.1983.

Ranskan ydinvoimaohjelma muodostaa poikkeuksen tämän päivän maailmassa, jossa ydinvoiman rakentamissuunnitelmia yleensä supistetaan ja lykätään. Ydinvoimakapasiteetin (25 GW) ja -tuotannon (89 TWh vuonna 1983) suhteen Ranska on maailman toiseksi suurin maa Yhdysvaltain jälkeen. Ydinvoiman osuus sähköntuotannosta on kasvanut viimeisen kymmenen vuoden jälkeen nopeasti ja oli vuonna 1983 noin 47 %, siis jo ohi Suomen ja muiden maiden. Vuonna 1990 tämän luvun pitäisi olla toisin päin, 74 % (kuva 1).

Ydinvoimaohjelmaa leimaa voimakas standardisointi ja kotimaisuus. Käytössä olevista 35 yksiköstä 26 on 900 MW painevesireaktoreita; rakenteilla on vielä kahdeksan samanlaista (kuva 2). Suunta on kuitenkin suurempaan yksikkökokoon, 1300 MW, päin; näitä on rakenteilla 20 kpl. Lisäksi vuonna 1984 on tarkoitus ottaa käyttöön 1200 MW Superphenix hyötöreaktori; 250 MW Phenix on tuottanut sähköä ja plutoniumia jo vuodesta 1973 asti. Vuosina 1980...1983 Ranskassa otettiin käyttöön kesimäärin viisi PWR-yksikköä vuosittain. Tällä hetkellä tilausvauhti on laskemassa alle kolmeen vuodessa, mikä Framatomen mukaan saattaa aiheuttaa "laskutuslisää", elleivät vientimarkkinat tarjoa lisätilauksia. Ranskan ydinvoimateollisuuden tuotantokapasiteetti on 6...8 yksikköä vuodessa.

Ranska on jokseenkin omavarainen ydinvoiman hyödyntämisessä. Tärkeimmät osapuolet ovat:

- Valtion viranomaiset
- Electricité de France (EdF)
- Framatome
- Alstom-Atlantique
- Cogema
- Framatome
- Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA)
- Novatome

Hallituksen viranomaiset vastaavat ydinvoimaohjelman suunnittelusta. Eri osapuolten kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen laaditaan vuosittainen raportti hallitukselle päätösten tekoa varten. Päätös tilattavien yksiköiden määrästä ilmoitetaan sitten EdF:lle.

Ydinvoiman valvontaviranomaiset ovat ydinvoimateollisuudesta riippumattomia. Turvallisuusviranomaisen SCSIN määrittää turvallisuusnormit ja valvoo niiden noudattamista sekä myöntää ydinvoimalaitosten rakennus- ja käyttöluvat. Muita turvallisuusviranomaisia ovat tekninen virasto IPSN, paineastioita valvova SCPRI. Kaikkia näitä turvallisuustoimintoja ohjaa ministeriön turvallisuuskomitea.

Valtiollinen Electricité de France vastaa sähkön tuotannosta, siirrosta ja jakelusta. EdF omistaa useimmat ranskalaisista voimalaitoksista ja johtaa uusien laitosten rakennusta; lisäksi EdF:llä on suuria koe-laboratorioita. Ulkomaille EdF kauppa konsulttipalveluita ja operaattorikoulutusta.

Framatome on maailman toiseksi suurin PWR-toimittaja Westinghousen jälkeen. Yksikkökoot ovat 600, 900 ja 1300 MW. Framatome suunnittelee tärkeimmät järjestelmät ja komponentit, valmistaa reaktoripaineastian, paineistimen, höyrygeneraattorit ja incore-instrumentoinnin, koordinoi ydinvoimalaitosprojekteja sekä tarjoaa huolto-, laitteisto-, analyysi- ja testauspalveluja. Ostaja voi tilata Ranskasta laitoksen erillisinä osina tai vaikka koko ydinvoimalaitoksen, jolloin ranskalaiset organisaatiot muodostavat konsortion. Framatomen toimittamien laitosten käyttökertoimet ovat olleet suhteellisen hyviä. (kuva 4)

Framatome on toimittanut Belgiaan kolme 900 MW yksikköä, Etelä-Afrikassa on kaksi valmistumassa, Etelä-Koreassa kaksi rakenteilla ja Iranissa kaksi tunnetuista syistä kesken jäänyttä rakennusprojektia.

Alsthom-Atlantique tunnetaan erilaisten voimalaitosten turpiinotoimittajana, tuotantokapasiteetti on 10 000 MW vuodessa. Se valmistaa myös lämmönvaihtimia, lauhduttimia, muuntajia, automaatiojärjestelmiä jne. Lisäksi se tarjoaa urakointipalveluja voimalaitos- ja sähköverkkorakentajille.

Commisariat a l'Energie Atomique (CEA) suorittaa tutkimus- ja kehitystyötä puhtaan ja sovelletun tieteen alalla sekä välittää asiantuntemustaan hallitukselle, turvallisuusviranomaisille ja ydinvoimateollisuudelle. CEA yhdessä yksityisen Creusot-Loiren kanssa omistaa Framatomen.

CEA:n omistama Cogema huolehtii suuresta osasta polttoainekiertoa (kuva 3). Se louhii uraania Ranskasta, Nigeristä, Gabonista, Kanadasta ja USA:sta. Lisäksi se on mukana uraaniesiintymien kartoitustyössä Nigerissä, Gabonissa, Kanadassa ja USA:ssa. Sen osuus länsimaiden uranimarkkinoista on yli 20 %. Cogema omistaa suuren osan Comurhexistä, joka konvertoi uraania UF_6 :ksi ja on pääosakas kansainvälisessä uraaninväkevöintilaitoksessa Eurodiffissä.

Marcoulessa jälleenkäsitellään kaasujäähdytteisten reaktoreiden polttoainetta ja La Haguessa UO_2 -polttoainetta. Rakenteilla oleva kolmas yksikkö nostaa Cogeman jälleenkäsittelykapasiteetin 1600 tonniin UO_2 -polttoainetta vuoteen 1990 mennessä. Marcoulessa toimii korkea-aktiivisen jätteen lasituslaitos ja La Hagueen valmistuu toinen yksikkö vuonna 1985. Cogemalla on tarvittava laitteisto käytetyn polttoaineen kuljetuksiin merellä sekä rauta- ja maanteillä.

Cogema tarjoaa polttoainekiertoon liittyviä palveluja ja osakkuuksia myös ulkomaille; sopimuksia on jo noin 40 eurooppalaisen, amerikkalaisen ja aasialaisen yhtiön kanssa.

Framatomen ja Cogeman omistama Framatome valmistaa PWR-polttoaine-elementtejä sekä polttoaineen käyttöön ja tutkimukseen liittyvää laitteistoa. Cogema valmistaa polttoaineen muihin ranskalaisiin reaktoreihin.

Muita ranskalaisia ydinvoimalaitoskomponenttien toimittajia ovat Creusot-Loire (reaktorin sisäosat), Jeumont Schneider (pääkiertopumput, säätösauvakoneistot), Spie Batignolles (pääkiertopiiriputkistot) ja Merlin Gerin (outcore- ja säätösauvakoneistojen instrumentointi).

Ranskassa ydinvoimalla tuotettu sähkö on selvästi halvempaa kuin hiilellä tai öljyllä tuotettu (taulukko 1). Kotimainen ydinvoimateollisuus kattaa koko polttoainekierron. Uusia ydinvoimalaitoksia valmistuu "liukuhihnalta". Hyötyreaktoreiden kaupallinen käyttö lähestyy.

Gallian kukko luottaa ydinvoimaan.

ATS:N KOTIMAANEKSKURSIO 16.-17.6.1983

Kotimaanekskursio suunnattiin Itä-Suomeen ja pääkohteina olivat Loviisan ydinvoimalaitos, Ahlströmin Karhulan tehdas ja Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Ekskursiolle osallistui yhteensä 10 henkeä TVO:sta, VTT:ltä, Nesteeltä, Mercantile Oy:stä ja Asea-Atomilta. Ekskursion vetäjänä toimi ATS:n puheenjohtaja Heikki Raumolin.

Ekskursio alkoi Helsingistä torstaina 16 kesäkuuta, jolloin lähdettiin bussilla Loviisaan. Loviisan ydinvoimalaitoksen seminaarituloissa kuultiin ATS:n kuukausikokouksen jälkeen Pertti Jotunin esitelmä tekniikan kehityksen tulevaisuudennäkymistä. Aiheesta virittyi vilkas yleiskeskustelu, joka oli aika ajoin varsin filosofisellakin tasolla. Esitelmän jälkeen päästiin turvallisuusinsinööri Markkasen johdolla tutustumaan Loviisan ykköslaitoksen reaktorihalliin.

Illalla lähdettiin Loviisasta Karhulaan yöpymään.

Perjantaina 17. päivänä ajettiin aamulla A. Ahlströmin Karhulan tehtaalle. Isännät esittelivät Ahlströmin voimalaitoskattiloiden tuotantoa, hakkeella toimivaa dieseliä sekä tuotekehittelyn tuloksia uusien polttotekniikoiden alalla. Ekskursioväkeä kiinnosti erityisesti Ahlströmin kaupalliselle asteelle edennyt Pyroflow-leijukerros polttolaitos, joka pystyy polttamaan erittäin huonolaatuista ja kosteata polttoainetta. Esittelyn jälkeen käytiin konepajassa tutustumiskierroksella. Konepajakierroksen jälkeen isännät tarjosivat ekskursioväelle lounaan.

Karhulasta lähdettiin Lappeenrantaan, jossa ensin käytiin katsomassa VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion koelaitteistoa erikoistutkija Kervisen johdolla. Koelaitteistolla simuloidaan ydinvoimalaitoksen jäähdytteenmenetyssonnettomuuksia, joissa reaktorisydän hetkeksi aikaa kuivuu. Kuultiin esitelmä uudesta Rewet II-laitteistosta, joka on juuri valmistumassa korvaamaan pienempää Rewet I-laitteistoa. Rewet II-laitte on täysimittainen reaktorisydämen virtauskanava, jossa on 19 kpl kolmihilaan aseteltuja sähkölämmittäjiä polttoainesauvoja. Lopuksi seurattiin jäähdytteenmenetyssonnettomuudesta demonstraatiokoetta vanhalla yhden polttoainesauvan koelaitteella. VTT:n laboratorio koelaitteistoinen sijaitsee Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun tiloissa.

VTT:ltä siirryttiin kuulemaan esitystä Lappeenrannan korkeakoulusta. Esitys kuultiin entisöidyssä puuhuvilassa korkeakoulun naapurissa. Puuhuvilan on omistanut Toivo Kuulan suku, mutta nykyään se on korkeakoulun käytössä muun muassa juuri vierailijoiden vastaanottotiloina. Esityksessä käytiin läpi Lappeenrannan korkeakoulun syntyhistoriaa ja merkitystä Kaakkois-Suomen elinkeinoelämälle. Lopuksi vertailtiin tutkintojen rakennetta ja opintojen sisältöä maamme muihin teknillisiin korkeakouluihin ja todettiin, että LTKK:ssa on vahva tuotanto- ja prosessiteknillinen painotus.

Esitelmän jälkeen isännät tarjosivat punssikahvit.

Lappeenrannasta ajettiin bussilla takaisin Helsinkiin, jonne saavuttiin illalla klo 21:n maissa.

Yleisvaikutelmaksi ekskursionista jäi sen keskusteleva luonne. Erityisesti pidettiin mielenkiintoisena vierailukohteena Ahlströmiä, vaikka se ei varsinaisesti ydinteknillistä tuotantoa harjoitakaan. Energiantuotannossa myös konventionaaliset voimalaitostekniikat näyttävät sisältävän lupaavia teknisiä kehitysnäkymiä.

Martti Kätkä

VTT/Ydinvoimatekniikan lab.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus
Ydinvoimatekniikan laboratorio
Pekka Pirilä

Yleiskatsaus ekskursioon

ATS:n ekskursio suuntautui tänä vuonna kolmatta kertaa Neuvostoliittoon. Vierailukohteet sijaitsivat Moskovassa sekä Donin ja Dneprin varsilla parin sadan kilometrin päässä Mustaltamereltä sijaitsevilla Volgodonskissa ja Energodarissa Zaporozhien alueella. Varsinaiset tutustumiskohteet olivat kiinnostavuudeltaan korkeinta luokkaa. Volgodonskissa tutustuimme Atommashin konepajaan, joka valmistaa kaikkia tärkeimpiä VVER-1000 painevesilaitosten komponentteja sekä Energodarissa Zaporozhien ydinvoimalaitostyömaahan, jossa yksi VVER-1000 yksikkö on miltei valmis, toinen suojarakennuksen valuvaiheessa, kolmannella reaktorirakennuksen alimmat kerrokset rakenteilla ja neljännen yksikön työtkin jo aloitettu. Vielä kahden yksikön rakentaminen on tarkoitus käynnistää parin vuoden sisällä. Näiden ydinvoimaohjelman tehokkaaseen toteuttamiseen liittyvien kohteiden valtavat mittasuhteet saattaisivat helposti jättää varjoonsa Moskovan vierailukohteittemme ulkoisesti vaatimattomammat puitteet. Meille tuli kuitenkin täysin selväksi, että ydinvoimaohjelma edellyttää paitsi suuria tehtaita ja työmaita myös tehokasta hallintoa, jonka arvovaltaisten edustajien kanssa saimme keskustella, sekä korkeatasoista tutkimusta, jota tehdään tutustumiskohteisiimme kuuluneissa Kurchatovin ja Zniit-mashin tutkimuslaitoksissa. Tähän matkakertomukseen sisältyy erilliset raportit kustakin vierailukohteesta.

Edellä mainittujen varsinaisten vierailukohteiden lisäksi kävimme Moskovassa Kansantalouden saavutusten näyttelyssä, jossa tutustuimme ydinenergiaa esittelevään paviljonkiin. Paviljongissa oli esillä useiden eri voimalaitostyyppien ja mm. ydinkäyttöisen jäänmurtaajan pienoismallit sekä joitain voimalaitoskomponentteja kuten VVER-1000 ja AST-500 reaktorien polttoaineput. Tästä näyttelystä voisi varmaan saada

joitain hyviä ideoita ydinenergian esittelylle esimerkiksi Suomeen mahdollisesti rakennettavassa tiedekeskuksessa.

Paluumatkalla teimme hyvin pikaisen kiertoajelun Kioassa. Tähän kauniiseen ja erittäin hyvin hoidettuun kaupunkiin olisimme mielellämme tutustuneet hiukan perusteellisemmin.

Neuvostoliiton ydinenergiaa koskevia tulevaisuudennäkymiä käsiteltiin useissa vierailukohteissa. Keskeisenä piirteenä oli ydinenergiaosuuden suunnitelmallinen sangen nopea lisääminen erityisesti Euroopan puoleisilla alueilla, missä ei enää ole tarkoitus rakentaa merkittävässä määrin lisää uusia fossiilisia polttoaineita polttavia lauhdevoimalaitoksia. Vierailun aikaan oli Neuvostoliiton ydinvoimalaitoskapasiteetti 17,5 GW, mutta sen odotettiin nousevan 23 GW:iin vuoden 1983 aikana tai aivan vuoden 1984 alussa viiden uuden voimalaitoksen valmistuttua. Käynnissä olevan 11. viisivuotissuunnitelmakauden aikana on tarkoitus rakentaa kaikkiaan 25 GW ydinvoimaa. Jatkossa olisi rakentamistahti ilmeisesti vielä kovempi sillä tavoitteeksi mainittiin ydinvoiman osuuden nostaminen kolmannekseen sähkön tuotannosta vuonna 2000. Tämä edellyttäisi huomattavasti yli 100 GW kapasiteettia. Suunnitelmiin kuuluu myös kaukolämmön tuottaminen sekä AST-500 lämmitysreaktoreilla että yhdistettynä tuotantona VVER-1000 laitoksilla.

Rakennettavat voimalaitokset tulevat vielä vuosia olemaan VVER-1000 tyyppisiä painevesilaitoksia ja RBMK paineputkilaitoksia, joista rakenteilla olevien tehoksi tulee 1500 MW. Uusia entistä suurempia hyötöreaktoreiden prototyyppisiä suunnitellaan, fuusioenergian alalla tehdään laajaa tutkimusta ja suppeampaa muita reaktortyyppisiä kuten korkealämpötilareaktoreita koskien. Mitään tietoa ei kuitenkaan ole ajankohdasta, jolloin joku näistä vaihtoehdoista voisi syrjäyttää VVER- ja RBMK-reaktorit rakentamisohjelmassa.

Ydinenergia-alan hallinnon puolella on tekeillä merkittävä uudistus, jossa ydinenergia-alan valvonta keskitetään yhdelle uudelle organisaatiolle: Neuvostoliiton valtion ydinvoimalaitosten rakentamisen ja käytön valvontakomitealle.

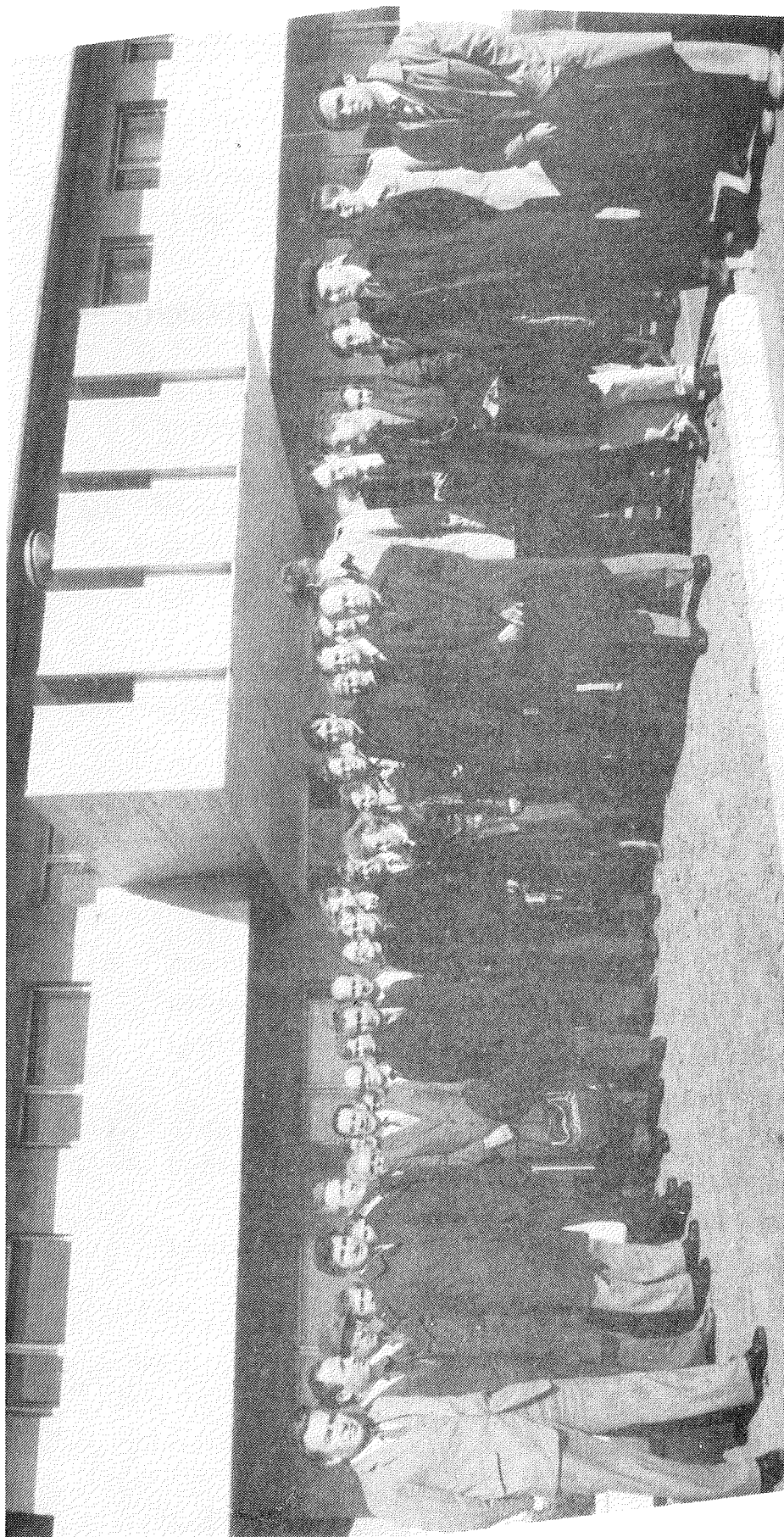
SUOMEN ATOMITEKNILLISEN SEURAN ESKURSIO NEUVOSTOLIITTOON
9.-16.10.1983

- 9.10. Lento Helsinki-Moskova
- 10.10. Vierailu Valtion atomivoimakomiteassa GKAE:ssa
Käynti Kansantaloudellisten saavutusten näyttelyssä
- 11.10. Vierailu Kurchatovin atomienergiatutkimuslaitokses-
sa Vierailu Zniitmashin materiaalitutkimuslaitokses-
sa
- 12.10. Vierailu Voimatalousministeriössä, MINENERGO:ssa
Vierailu Interatomenergossa
- 13.10. Tilauslento Moskova-Volgodonsk
Tutustuminen Atommashin tehtaisiin
Tilauslento Volgodonsk-Zaporozhie
- 14.10 Tutustuminen Zaporozhien ydinvoimalaitosrakennus-
työmaahan Energodarissa, matkat bussilla
Lähtö yöjunalla Zaporozhiesta Kiovaan
- 15.10. Saapuminen Kiovaan
Lento Kiova-Leningrad
- 16.10. Lento Leningrad-Helsinki

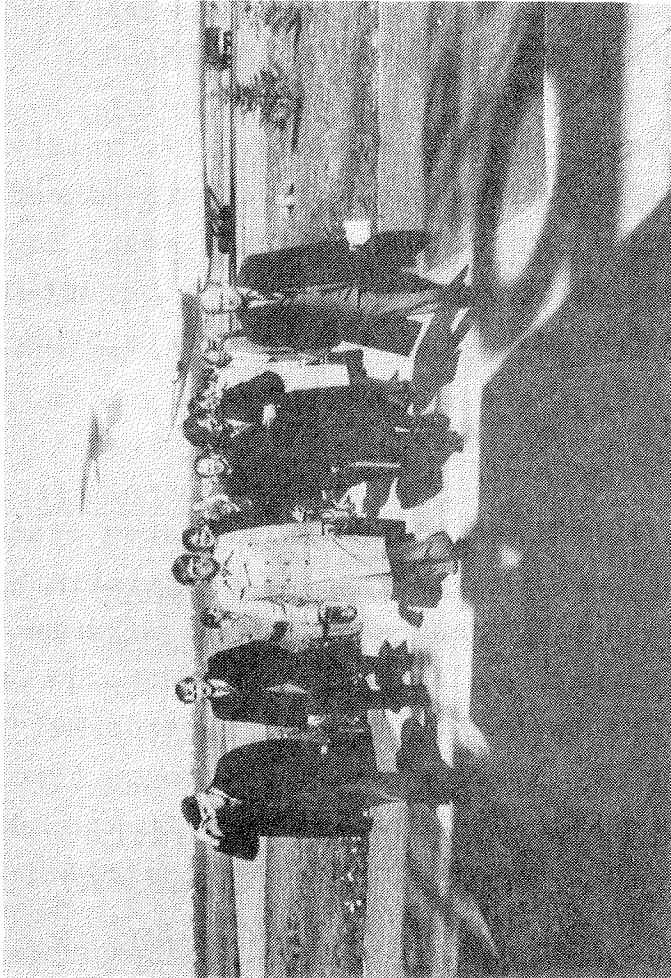
ATS:n Neuvostoliiton ekskursio 9...16.10.1983

Osanottajat:

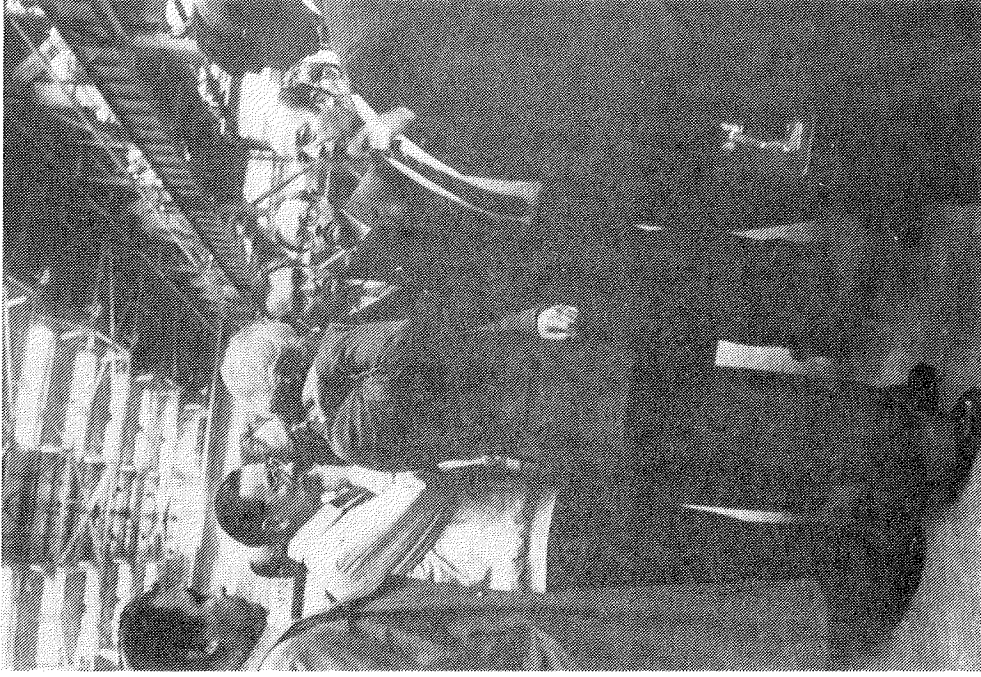
Alamäki, Jarmo	, LTKK
Anttila, Veikko	, IVO
Carling, Ingmar	, IVO
Ekholm, Reino	, Studsvik Energiteknik
Fagerholm, Göran	, IVO
Graae, Tapani	, Asea-Atom
Holmström, Paavo	, Rauma-Repola
Jåfs, Daniel	, Finnatom
Kalli, Heikki	, LTKK
Kianne, Ilmari	, IVO
Kopiloff, Rauli	, STL
Kähkönen, Raimo	, IVO
Lamroth, Harry	, IVO
Lembidakis, Konstantin,	IVO
Lustig, Eero	, YIT
Marttila, Jouko	, STL
Mokka, Raimo	, TVO
Ojala, Aito	, Enerconcult
Paussu, Raimo	, IVO
Pelli, Reijo	, VTT/MET
Pirilä, Pekka	, VTT/YDI
Ranta-Maunus, Alpo	, STL
Rastas, Ami	, TVO
Raumolin, Heikki	, TVO
Salminen, Pertti	, VTT/YDI
Savola, Asko	, IVO
Simola, Perttu	, IVO
Sorri, Vesa	, IVO
Valo, Matti	, VTT/REA
Virkkala, Erkki	, IVO
Väisänen, Jaakko	, IVO



Kuva 1. ATS:n ekskursion osanottajat ja matkan isäntiä Volgodonskin lentokentällä matkalla Atomashin tehtaalle.



Kuva 2. Seurueen saapuminen Volgodonskiin.
Matka suoritettiin tilauslentona.



Kuva 3. Atomashin tehtaalla.

KESKUSTELUT GKAE:SSÄ

Ensimmäisenä matkakohteena oli GKAE, Valtion atomivoimakomitea. Kaksituntisen vierailun isäntänä toimi Glavatom-energon päällikkö Kulikov. Muut tavatut henkilöt olivat Smirnov, Beljajev, Satsnikov ja Tiltov. GKAE:n tehtävänä on kehittää ja suunnitella ydintekniikan käyttöä lähinnä energiataloudessa. GKAE:ssa laaditaan lyhyen ja pitkän aikavälin kehitysohjelmia, suunnitellaan reaktoreita ja tehdään niiden koekäyttöohjelmia.

Neuvostoliiton sähkönhuoltonäkymät

Nykyisin Neuvostoliitossa polttoaineista käytetään 20 % sähköntuotantoon ja 30 % lämmöntuotantoon. Sähköä käytettiin 1380 TWh vuonna 1982. Sähkönkulutus kasvaa noin 4 % vuodessa. Sähköstä 7 % tuotetaan ydinvoimalla.

Ydinvoiman osuutta pyritään nostamaan. 11. viisivuotissuunnitelmaan sisältyy ydinsähkökapasiteetin rakentamista 25 000 MW. Ydinvoiman rakentamista erityisesti Neuvostoliiton Euroopanpuoleiseen osaan pidetään perusteltuna, koska täten voidaan vähentää hiilikuljetuksia Siperiasta.

Reaktorityypit

Neuvostoliitossa tähdätään ydinvoimalaitosten standardisointiin siten että samoja laitetyppejä voitaisiin käyttää mahdollisimman laajasti. Neuvostoliitossa jatketaan kahden tunnetun reaktorityypin laajamittaista rakentamista sähköntuotantoon: VVER ja RBMK. Molempien perusyksikkökoko on 1000 MW. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto on tavoitteena. Odessan ja Minskin läheisyyteen (40 - 50 km) rakennettavista VVER 1000 laitoksista johdetaan kaukolämpöputki

kaupunkiin (lämmönsiirto-ongelmia on käsitelty IAEA:n julkaisussa). Bilibinon ydinvoimalaitos oli ensimmäinen, josta otettiin lämpöä kaukolämpöverkkoon.

Pitkä lämmityskausi osassa maata ja pitkät fossiilisten polttoaineiden kuljetusmatkat mainittiin syyksi, miksi Neuvostoliitossa on ruvettu kehittämään pelkästään lämmitykseen tarkoitettuja reaktoreita (AST). Gorkin ja Voroneshin kaupunkeihin, muutaman kilometrin päähän kaupungin rajasta, on rakenteilla lämmitysreaktori. Gorkin reaktorin on määrä valmistua kahden vuoden kuluessa. Näitä 500 MW lämpötehoisia reaktoreita aletaan rakentaa myös muihin kaupunkeihin, mutta niiden nimiä ei vielä ilmoitettu. Lähisijoituksen takia turvallisuuskysymykset on pitänyt käsitellä uudestaan pitäen tavoitteena täydellistä turvallisuutta. Vakavien reaktorionnettomuuksien ehkäisemiseksi AST-reaktori primaaripiireineen sijoitetaan altaaseen, jota nimitettiin neljänneksi barriääriksi. Sen tehtävänä on ehkäistä reaktorin paljastuminen primaaripiirin vuototapauksissa. Lämmitysreaktoreilla on omat turvallisuuskriteerit, joita on käsitelty Atomnaja Energia-lehdissä nro 8/80 ja 7/83.

Nopeiden reaktoreiden rakentamishjelman avulla pyritään mm. parempaan polttoaineen hyväksikäyttöön. Nykyisten laitosten (Shevshenko 350 MW, Belojaršk 600 MW) lisäksi on suunnitelmia uusien rakentamiseksi, mutta uusia laitoksia ei valmistune aivan lähivuosina.

Turvallisuus ja kokemukset

Uuden ydinturvallisuusviranomaisen kerrottiin yhdistävän entisten viranomaisten (Glavatomnadzor, Gosgortehnazor) toimintoja. Uuden viranomaisen perustamisen syyksi mainittiin ydinvoiman käytön ja rakentamisen laajeneminen ja sen sanottiin käyttävän hyväksi käyttökokemuksia sekä suorittavan valvontaa tehtaissa ja työmailla. Organisaatio on vasta muodostumassa. Päällikön nimi on Kulov.

Ydinvoiman käytöstä saatuja kokemuksia kuvattiin hyviksi ja riittäviksi: Kulikov summeerasi ydinvoiman turvallisuuden sisältävän seuraavat kolme asiaa:

- päästöt eivät saa muuttaa ympäristössä taustasäteilystä johtuvaa säteilytasoa
- vakavien reaktorionnettomuuksien mahdollisuus on minimoitava
- korkea-aktiivisten jätteiden huolto on järjestettävä pätevästi.

Neuvostoliitossa ydinvoimalaitokset ovat velvollisia kirjaamaan käyttötapahtumat, joita sitten pyritään käyttämään hyväksi. Minenergo valvoo toimintaa, josta myös GKAE saa tiedot. TMI -onnettomuutta on tutkittu myös Neuvostoliitossa. Saadun hyödyn perusteella TMI -onnettomuutta luonnehdittiin tietyssä mielessä myönteiseksi tapahtumaksi.

Lähitulevaisuus

Korkealämpötila- ja fuusioreaktoreihin liittyvät tutkimukset jatkuvat, mutta näiden reaktorityyppien ei uskota tuovan apua energiaongelmiin vielä tämän vuosisadan puolella. Vuoteen 2000 saakka energiatuotannon kasvu pyritään hoitamaan lähinnä VVER ja RBMK tyyppisten reaktoreiden avulla. Uusien fossiilista polttoainetta käyttävien laitosten rakentamista vältetään myös ympäristösyistä.

Jarmo Alamäki, Heikki Kalli:

VIERAILU KURCHATOV-INSTITUUTISSA 11.10.1983

Johdantoa

Kurchatov-instituutti (KI) perustettiin sodan aikana 1943 puolustustehtäviin. Johtajaksi nimitettiin akateemikko I.V. Kurchatov. Sodan jälkeen sotilaalliset tehtävät siirrettiin pois institutista ja siellä keskityttiin ydinenergian rauhanomaisiin sovellutuksiin. Instituutti toimii Neuvostoliiton atomivoiman käytön komitean alaisuudessa, sen johtajana on akateemikko Aleksandrov, joka myös on Neuvostoliiton tiedeakatemian presidentti. KI:ssa on noin 7 000 työntekijää.

Vierailuun liittyneet esitelmät

Vierailumme johdannoksi KI:n tieteellinen sihteeri tohtori Akimov esitteli laitoksen organisaatiota ja tehtäviä. KI jakautuu olennaisesti viiteen osastoon, joiden alueina ovat ydinreaktorit, tutkimusreaktorit, ydinfysiikka, molekyyllifysiikka ja plasmafysiikka. Neuvostoliitossa käytössä olevat termiset reaktorit on kehitetty KI:ssa, sen sijaan nopeiden reaktorien kehittäminen tapahtuu muissa laitoksissa.

Seuraavaksi reaktoritutkimusryhmän johtaja tohtori Gagarinski käsittelee lähemmin termisten reaktorien kehitystyötä. Uraanin fission ketjureaktio käynnistyi Neuvostoliitossa ensi kerran 26.12.1946 juuri Kurchatovin johdolla. Ensimmäinen sähköä tuottava reaktori aloitti toimintansa vuonna 1954 Obninskissa. Tästä reaktorista kehitettiin grafiittihidastettu paineputkireaktori RBMK, sähkötehot kasvoivat vaiheittain: 5 MW - 100 MW - 200 MW - 1 000 MW - 1 500 MW. Ensimmäinen 1 500 MW:n RBMK otetaan käyttöön Ignalinskin laitoksella vielä tänä vuonna. Ensimmäinen painevesireaktorilaitos (VVER) sähköteholtaan 210 MW käynnistyi Novo-Voroneshissa syyskuussa 1964. Tästä 365 MW:n ja 440 MW:n vaiheiden jälkeen kehitettiin nykyinen 1 000 MW:n reaktorikoko.

Ydinenergia on Neuvostoliitossa laajan käyttöönoton kynnyksellä, seuraavan kymmenen vuoden aikana rakennetaan runsaasti VVER-1000 ja RBMK-1500 reaktoreita. Kehitystyö ei ole kuitenkaan päättynyt. KI tutkii myös intensiivisesti lämmitysreaktoreita sekä yhdistettyä lämmön ja sähkön tuotantoa. Samoin kaasujäähdytteisten korkealämpötilareaktoreiden (HTGR) kehitystyötä laitoksella tekee "muutama sata" henkeä. HTGR:n tutkimusta suoritetaan myös muissa laitoksissa.

KI:ssa tehtävää fuusiotutkimusta käsitteli esityksessään tohtori Jelisejev. Tutkimus aloitettiin vuonna 1951 ja juuri KI:ssa ehdotettiin vuonna 1955 tokamak-tyyppistä magneettista plasman koosapitoa. Fuusiotutkimusta suorittaa KI:ssa noin 1 500 henkeä. Tällä hetkellä fuusioenergia on tietynlaisella demonstraatiokynnyksellä; maailmalla on yhtä aikaa valmistumassa neljä toisiaan täydentävää suurta tokamak-laitteistoa: TFTR Yhdysvalloissa, JT-60 Japanissa, JET Euratomin yhteistyönä ja T-15 Kurchatov-instituutissa. Jelisejevin mukaan tavoitteena on rakentaa kaupallinen prototyyppi-voimala vuosisadan vaihteen tienoilla. Myös fuusio-fissio-hybriditä tutkitaan.

Tohtori Jakovlevin esitelmä käsitteli materiaalitutkimusta KI:ssa. Toiminta alkoi vuonna 1951. Ydinpolttoainetta pyritään tutkimaan mahdollisimman oikeissa olosuhteissa. Yhteistyössä IVO:n kanssa on tavoitteena selvittää polttoaineen käyttäytyminen transientti-tilanteissa (MR-projekti). Ydinvoimalaitosten säätöä koskevaan kysymykseen tri Jakovlev vastasi, että kokemusta on saatu erityisesti jäänsärkijöillä. Säätöä tutkitaan, tarkoitus on ottaa yksi laitos kuorman seurantaan tehoalueella 70...100 %.

Polttoaineen kehitystyössä lähiajan tavoitteena on teräsosien korvaaminen muilla materiaaleilla VVER-1000:n sydämessä, jolloin neutroniekonomia paranee ja palamaa voidaan nostaa. Novo-Voroneshin viidennellä yksiköllä (1 000 MW) polttoainetta koskevat kokeet ovat käynnissä syklin pidentämiseksi kolmeen vuoteen. Tutkimukset ovat osoittaneet, että kaksivuotiseksi suunniteltu polttoaine kestää myös kolmivuotisen käytön.

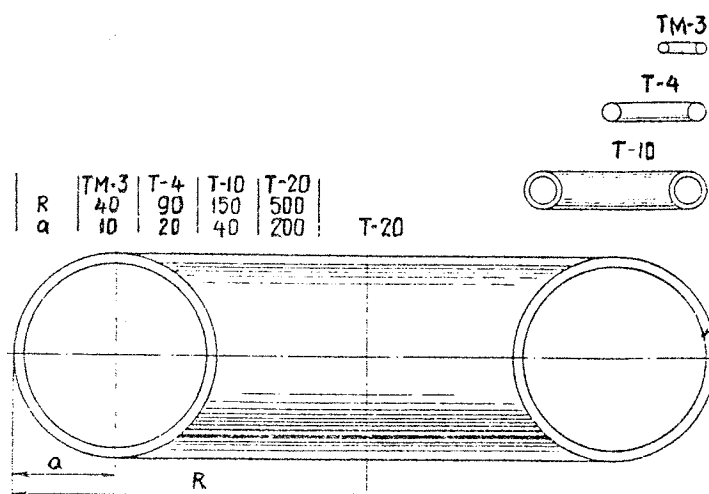
Turvallisuustutkimuksesta Jakovlev mainitsi, että turvajärjestelmien mitoituksen DBA on pääputken murtuminen, mutta myös sydämen sulamisonnettomuutta tutkitaan. Esimerkkinä tämän alan yhteistyöstä oli MARIA-projekti, johon IVO osallistuu.

Vierailuun liittyneet laitoskäynnit

Vierailua IR-8:lla veti tohtori Thservetsov. IR-8 on tutkimuskäytössä oleva allasreaktori, jonka sydän muodostuu 16 väkevöityä uraania sisältävästä neliöpoikkipintaisesta elementistä. Heijastimena on beryllium-elementteja. Reaktorin teho on 8 MW, nosto 20 MW:iin tapahtunee lähitulevaisuudessa.

Reaktorin sydämen läheisyyteen tulee 12 vaakasuoraa suihkuputkea, samoin isotooppituotantoa varten on 11 pystysuoraa kanavaa sekä säteilytyspaikkoja heijastimessa. Suihkuputkien pohjassa neutronivuo on $3 \cdot 10^{14}$ n/cm²s. Vaikka reaktorin teho onkin pieni, suoritukset ovat siis varsin hyvät. Tärkeimpinä käyttökohteina mainittiin ydinfysiikka, kiinteän aineen fysiikka, aktivointianalyysi ja lääketieteellinen isotooppituotanto.

Vierailu KI:ssa päättyi käyntiin T-10 tokamakilla. Tämä fuusiolaitteisto otettiin käyttöön vuonna 1975, sen käyttöikä lähenee loppuaan ja rakenteilla oleva T-15 korvaakin laitteiston lähiaikoina. T-15 on eräänlainen fysikaalinen demonstraatio, jossa kehitetty teho vastaa laitteiston kuluttamaa tehoa (n. 200 MW).



Kurchatov-instituutissa suunniteltujen Tokamak-laitteistojen kokoja, mitat senttimetreissä,

VIERAILU TSNIITMASH-INSTITUUTISSA MOSKOVASSA 11.10.1983

Reijo Pelli ja Raimo Paussu

Isännät: Zubchenko	laitoksen varajohtaja
Starchenko	hitsausosaston johtaja
Astafjev	materiaalien kehitystyön johtaja

1 Yleistietoja

Tsniitmash koneenrakennusalan tutkimuslaitos, jolla on johdettava asema Neuvostoliiton energialaitosten materiaalien tutkimuksessa ja laitteistojen valmistustekniikassa. Tsniitmash on hallituksen päätöksellä velvoitettu valvomaan ydinvoimalaitosten valmistusprosesseja ja laadunvalvontaa ollen maan tarkastusviranomaisten edessä vastuussa ydinvoimalaitosten laadusta ja käytön turvallisuudesta. Laitoksen palveluksessa on energiatekniikkaan liittyvissä tehtävissä n. 4000 henkilöä koostuen 43 tohtorista, 300 tekniikan lisensiaatista ja joista 2/3 on suorittanut korkeakoulututkinnon. Laitos käsittelee yli 90 laboratoriota ja 2 koetehdasta. Laitoksen tehtäviin kuuluu mm. voimalaitoskomponenttien valmistusmenetelmien ja laadunvalvonnan suunnittelu teräksen sulatusprosessista valmiiseen tuotteeseen asti.

2 Keskusteluissa esiin tulleita tietoja

Tsniitmash on kehittänyt uudet materiaalit VVER-1000 laitoksen primääripiirin laitteille, joista 15X2HMØA on uusi reaktoripaineastiateräs, 10ГН2MØA on paineistimen, höyrystimen ja putkien materiaalina ja terästä 06X12H3Д-П käytetään pumppuihin ja venttiileihin. Lisäksi on kehitetty primääripiirin komponenttien hitsausta varten uudet hitsauslisäaineet kuten elektrodit, langat, nauhat ja hitsausjauheet.

Uusi reaktoripaineastiateräs on tyypiltään Cr-Ni-Mo-V -seosteinen. Neutronisäteilyn alaisissa takeissa siitä käytetään

erikoispuhdasta laatua (A-A), jonka Cu- ja P-pitoisuuksien ylärajat ovat 0,10 % ja 0,010 %. Erikoispuhtaan laadun su-
latukseen käytetään raaka-aineena malmipohjaista raakarau-
taa epäpuhtauspitoisuuden alentamiseksi.

Lämpökäsittelyissä on kiinnitetty suurta huomiota lämpöti-
lan tasaisuuteen uunissa ja kaikissa vaiheissa suurimmat
lämpötilaerot tulevat olemaan ± 10 °C.

Reaktoripaineastiateräksen hitsiaineen säteilynkestävyyden
väitettiin olevan yhtä hyvän perusaineeseen verrattuna,
koska hitsiaineen Cu- ja P-pitoisuudet pidetään alhaisina.

Säteilynvalvontänäytteinä käytetään mm. Charpy-V ja COD-
sauvoja (10 x 10 mm).

Uusien ainettarikkomattomien tarkastusmenetelmien osalta
todettiin että, vaikka käytettävä normi on peräisin vuodel-
ta 1972, pyritään tarkastuksissa käyttämään viimeisintä tek-
niikkaa. Voimassa oleva normi ei aseta tälle esteitä. Reak-
toripaineastian määräaikaistarkastuksissa tullaan edelleen
käyttämään paineastian ulkopuolisia laitteistoja, joiden
elektroniikka on kehitetty Tsniitmashissa.

Reaktoripaineastian päädyt tullaan jatkossa valmistamaan yh-
destä aihioista, jonka pinnoitehitsauksessa myös Izhoran teh-
taat tulevat siirtymään kuumamuokkauksen jälkeiseen hitsauk-
seen.

Neuvostoliittolaisessa ydinvoimalaitoskomponentin materiaa-
lissa ilmenevästä viasta tulee tieto samanaikaisesti kompo-
nentin valmistaneelle tehtaalle ja Tsniitmashille. Tsniit-
mashin tehtävänä on arvioida onko kyseessä normeissa sallit-
tu vika. Laadunvalvontaosasto selvittää vian laadun. Lujuus-
laskentaosasto prof. Vasilchenkon johdolla voi selvittää
vian merkittävyyden.

Tsniitmash-instituuttiin tutustuttiin käytännössä keskus-
telujen, laitoksen historiaa ja nykytilannetta esittele-
vän filmin sekä laajan, yksityiskohtaisen valokuvanäytte-
lyn avulla.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus
Ydinvoimatekniikan laboratorio
Pekka Pirilä

Vierailu Minenergossa

Kolmantena vierailupäivänä, keskiviikkona 12.10., kävimme aamulla Neuvostoliiton voimatalousministeriössä Minenergossa. Isäntänämme oli varaministeri Veredennikov. Minenergo huolehtii koko Neuvostoliitossa ydinvoimalaitosten rakennuttamisesta ja käytöstä. Voimalaitosten koneistojen ja laitteistojen valmistus on sen sijaan toisen ministeriön Minenergomashin alaista toimintaa.

Ministeriössä käydyissä keskusteluissa käsiteltiin mm. Neuvostoliiton ydinenergia-alan yleisiä kehitysnäkymiä, joita on esitelty edellä ekskursion yleisesittelyn yhteydessä.

Ydinvoiman turvallisuusvaatimuksien ilmoitettiin vastaavan länsimaisia sekä aktiivisten että passiivisten toimintojen osalta. Tyypillisiä piirteitä uusilla voimalaitoksilla ovat mm. kolminkertainen redundanssi ja suojakuori.

Henkilöstön säteilyannoksia valvotaan mm. henkilökohtaisin dosimetrein. Ympäristön säteilytasoa seurataan 45 km säteellä laitosten ympärillä ottamalla näytteitä maaperästä, ilmasta, kasvillisuudesta, sateesta jne. Myös maito, kalat ja riista ovat jaksottaisen seurannan kohteena. Enempää laitoksilta kuin ympäristöstäkään ei ole raportoitu ainoatakaan annosrajojen ylitystä tai saastuttavaa päästöä. Korjaushenkilöstön suurimmat annokset ovat yleensä 1,5-2 rem/v. Jokainen laitos raportoi kuukausittain Minenergolle sekä teknillisestä että taloudellisesta toiminnastaan. Seisokkeja selvittämään lähetetään komissio, jonka johtopäätökset ja suositukset toimitetaan kaikille laitoksille.

Maanjäristykset on aikaisemmin otettu huomioon vain järistysalueille rakennetuissa laitoksissa. Uudet VVER-1000

laitokset tulevat kuitenkin sisältämään aina järjestyksiltä suojaavia ratkaisuja kuten hydraulisia vaimentimia ja luji-tettuja kiinnityksiä.

Zaporozhien voimalaitostyömaalla kehitettävä ja kokeiltava porrastettu rakennusmenetelmä, jonka mukaan kuuden laitoksen rakentaminen aloitetaan vuoden välein, on tarkoitus ottaa käyttöön muuallakin. Menetelmän pitäisi säästää 80-100 milj. ruplaa yksikköä kohden eli 25-30 % ilmoitetuista tä-hänastisista rakennuskustannuksista (300-320 ruplaa/kW).

Voimalaitosten käyttökertoimet ovat olleet luokkaa 0,7-0,75, Kuollassa tehonylitysten turvin jopa 0,9. RBMK- ja VVER-laitosten välillä ei ole ollut merkittävää eroa. Tavoitteenä VVER-laitoksille on 7000 h/a huipun käyttöaika eli 80 % käyttökerroin. Erääksi käyttökertoimeen ajoittain vaikuttavaksi ongelmaksi mainittiin vaikeudet sovittaa yhteen sähköntuotannon tarpeet ja huoltohenkilöstön työohjelma.

Interatomenergon toimesta tai koordinoimana laaditaan ydinvoimalaitoksia koskevia määräyksiä ja normeja. Tämä työ on aloitettu viitisen vuotta sitten. Valmiina on armatuureja koskevat erikoismääräykset sekä yhdeksän eri aihepiirejä käsittelevää normia. Normeja on tarkoitus saada valmiiksi 30 vuoden 1983 loppuun mennessä ja 86 vuoden 1986 loppuun mennessä.

Yhtenä Interatomenergon tehtävänä on ydinvoimalaitostyyppin VVER-1000 käyttöönoton koordinointi SEV-maissa. Tätä koskevasta ohjelmasta on tehty sopimus hallitusten välillä. Ohjelman puitteissa kehitetään mm. suodattimia ilmastointijärjestelmiin sekä voimalaitoksen automaatiojärjestelmiä.

Interatomenergo koordinoi myös ydinvoimalaitosten käyttötoimintaan liittyvää yhteistyötä SEV-maissa. Yhtenä toimintamuotona on seminaarien järjestäminen. Vuosittain pidetään seminaari, jossa käsitellään yleisesti SEV-maissa olevien ydinvoimalaitosten käyttökokemuksia. Lisäksi järjestetään pari seminaaria vuodessa joistakin erityisaiheista. Välitön raportointi normaalista poikkeavista ydinvoimalaitostapahtumista on toistaiseksi tapahtunut suoraan voimalaitosten välillä. Pari viikkoa aikaisemmin pidetyssä yhteistyökomission kokouksessa oli esitetty, että Interatomenergon tulisi osallistua kiinteämmin voimalaitostapahtumien raportointijärjestelyihin. Ensimmäisenä tehtävänä Interatomenergo on nähnyt tapahtumareporttien muodon yhtenäistämisen.

Tapaamisen lopuksi tuotiin Finatomin edustajien taholta esiin jo aiemminkin esitetty kiinnostus Interatomenergon ja Suomen teollisuuden yhteistyömahdollisuuksien tutkimiseen. Interatomenergon edustajat toivoivat konkreettista ehdotusta suomalaisten taholta. Asiaan sovittiin palattavan sopivassa yhteydessä.



Turvallisuus- ja
laadunvarmistusosasto
Ami Rastas

26.10.1983

KESKUSTELUT INTERATOMENERGOSSA 12.10.1983

Osalle ekskursiolaisia oli järjestetty iltapäivällä 12.10.1983 käynti Interatomenergoon, joka on SEV-maiden ydinvoimalouden koordinoitiorganisaatio. Interatomenergon toimintaa esittelivät mm.

apulaispääjohtaja Jan Hülovec
apulaispääjohtaja Karoly Tóth
osastopäällikkö Vyacheslav A. Solovyov.

Interatomenergon nykyinen pääjohtaja F.J. Ovtshinnikov, joka on vierailut Suomessakin ATS:n kutsumana vuonna 1978, oli jättänyt väli-tettäväksi anteeksipyyntönsä siitä, ettei hän voinut osallistua tilaisuuteen ulkomaanmatkan vuoksi.

Interatomenergo on perustettu 13.12.1973 ja on parhaillaan valmistautumassa kymmenvuotisjuhliin-sa. Interatomenergon tehtävänä on koordinoida ydinvoiman rakentamista ja käyttöä SEV-maissa. Se toimii kahdeksan SEV-maan hallituksen perus-taman komission alaisuudessa. Komissio oli pi-tänyt juuri pari viikkoa aikaisemmin yhdeksännen kokouksensa.

Interatomenergossa työskentelee 90 henkilöä toimi-paikkanaan Moskova. Sivutoimipisteitten perusta-minen muihin SEV-maihin saattaa tulla kysymykseen tulevaisuudessa. Interatomenergon toiminta on järjestetty kaupalliselta pohjalta siten, että se saa välittämistään sopimuksista tietyn provi-sion. Lisäksi Interatomenergo voi tehdä pieneh-köjä tilaustöitä.

Vuonna 1979 on allekirjoitettu sopimus ydinvoima-laitoslaitteiden toimituksista SEV-maiden välillä vuoteen 1990 saakka. Sen puitteissa on sovittu, mitä laitteita kukin SEV-maa valmistaa. Sopimus kattaa pääasiassa ydinvoimalaitostyyppin VVER-440 laitteita. Myöhemmin voi kysymykseen tulla myös tyyppin VVER-1000 laitteita.

KÄYNTI ATOMMASH-TEHTAALLA

Moskovan jälkeen oli vierailukohteena ydinvoimaloiden laitteistoja valmistava Atommash-tehdas Volgodonskin kaupungissa.

Vierailun isäntänä toimi pääjohtaja Ovtshar. Tehdaskäynnillä ja sitä seuranneessa keskustelutilaisuudessa tavattiin myös apulaisjohtaja Kusminov, pääteknologi Sergejenko, päämetallurgi Rjabov, keskuslaboratorion päällikkö Rjabinski, NDT-päällikkö Ivakin ja hitsauspäällikkö Jegorov.

Vierailuohjelmaan kuului tutustuminen tehdashalliin 1 ja käynti keskuslaboratorion aineenkoetuslaboratoriossa. Lopuksi oli ohjelmassa lyhyt keskustelutilaisuus, jolloin isännät vastasivat esitettyihin kysymyksiin.

Tehtaan yleisesittely

Atommash-tehdas on suunniteltu valmistamaan kokonaisia reaktorilaitoksia ydinvoimaloihin. Sen päätuote on VVER-1000 tyyppisen reaktorin raskaat komponentit; lisäksi se tekee laitteita myös muuntotyypisiin reaktoreihin.

Tehtaan v. 1975 käynnistetyt rakennustyöt jatkuvat edelleen. Tuotanto on kuitenkin jo aloitettu tehtaan valmiissa osissa. Ensimmäinen VVER-1000:n reaktoripaineastia valmistui v. 1981. Tehtaan tilauskantaan vuodelle 1984 kuuluu mm. 3 reaktoripaineastiaa, 10 höyrystintä ja 3 latauskoetta. Suunniteltu kapasiteetti, kahdeksan VVER-1000:n primääripiirin laitteistoa vuodessa, saavutettaneen vuonna 1987. Tehtaan nykyinen työntekijämäärä on n. 12 000.

Tehdas on Volgodonskin kaupungissa Volga - Don - kanavan varrella ja näin sieltä on vesiyhteys mm. Mustalle-merelle.

Valmistuttuaan tehdas käsittää kuusi rakennusta, joissa tuotanto jakaantuu näillä näkymin seuraavasti:

1 halli: Raskaat reaktorikomponentit, esivalmistus, taonta ja puristus, kokoonpano, hitsaus, lämpökäsittely, painekoestus ja radiografia

2 halli: Koneistus, säätösauvakoneistojen kokoonpano

3 halli: Koneiden ja laitteiden huolto, pintakäsittelyt

4 halli: Reaktorin sisäosat, kuljetuskalusto (valmis v. 1984)

5 halli: Tutkimuslaboratorio (myöhemmin)

6 halli: Hitsausmateriaalien valmistus

Teräksen perustuotantovaiheet eivät kuulu tehtaan valmistusprosessiin, vaan valut, levy-tuotteet ja takeet tulevat eri puolilta Neuvostoliittoa. Levyjen toimittajana mainittiin mm. Izhoran-tehdas ja takeiden Kramatorsk.

Tuotteiden valmistus tapahtuu sarjatuotantona liukuhihnaperiaatteella, jolloin kukin työvaihe tehdään tietyllä paikalla ja sen jälkeen tuote siirretään seuraavaan vaiheeseen. Siirtoja varten tehdashalleissa on runsaasti raskaita nostureita, joista suurimpien nostokyky on 400 ja 600 tonnia, ja myöhemmin myös 1200 tonnia. Tehtaassa on erittäin nykyaikaiset koneet ja laitteet, joista melkoinen osa on ulkomaista valmistetta.

Laadunvalvontaan kiinnitetään suurta huomiota. Valmistusajasta 60 % on laadunvalvontaa. Tehtaalle saapuvat materiaalit, puolivalmisteet ja osat joutuvat heti saapumistar-

kastukseen ja tästä alkaen laadunvalvonta jatkuu koko valmistusprosessin läpi päättyen valmiin tuotteen vesipainetai tyhjiökokeeseen. Täysin valmiit reaktoripaineastiat käyvät läpi koeasennuksen ja "kuumakoetta" vastaavan koetusvaiheen. Tehtaaseen tulee 11 lineaarikiihdytinhuonetta, joista 9 on vielä rakenteilla. Laadunvalvonnassa käytettyjä NDT-tarkastusmenetelmiä ovat mm. ultraääni-, röntgen-, tunkeumaväri- ja magneettipartikkelitarkastus.

Hitsausmenetelmistä on yleisin automaattinen jauhekaarihitsaus. Paksuseinämaisten osien kuten reaktoripaineastian pohjan levyjen hitsaukseen käytetään sähkökuonahitsausta. Muista käytettävistä hitsausmenetelmistä mainittakoon argonkaarihitsaus, jolla hitsataan mm. primäärikorkeus- ja höyrytymisen runkoon. Hitsaus on pitkälle automatisoitua, ja esimerkiksi putkiyhteet hitsataan automaattisesti. Hitsaamalla valmistettujen tuotteiden määrä oli v. 1981 320 tonnia, v. 1982 1150 tonnia ja tavoite v. 1983 on 1270 tonnia. Luvut kuvaavat hyvin tuotannon kasvua.

Kiertokäynti

Tutustumiskäynnin teimme tehdashalliin 1. Se on tehtaan suurin rakennus; lattia-ala on 400 x 900 m² ja korkeus 50 m. Hallin kapasiteetista on vain osa käytössä. Sinne on väliaikaisesti sijoitettu myös rakenteilla oleviin tai rakentamattomiin halleihin tarkoitettuja koneita ja laitteita.

Sarjatuotanto liukuhihnaperiaatteella ilmeni hyvin höyrytintuotannossa. Valmistuksessa oli useita höyrytymiä ja niiden eri valmistusvaiheet näkyivät selvästi. Muiden tuotteiden osalta ei sarjatuotanto näyttänyt vielä toteutuneen.

Järjestyksessä toinen tehtaan valmistama VVER-1000:n reaktoripaineastia oli juuri menossa viimeiseen lämpökäsittelyyn ja sen oli määrä valmistua kuukauden kuluttua. Lämpökäsittelyyn käytetään suurta 10 x 25 x 10 m:n kaasulla

lämmitettävää kammiouunia, jonka korkein lämpötila 1100°C ja säätötarkkuus $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Esivalmistus- ja puristinosastolla näimme nykyaikaisia ja tuotantokyvyltään suuria laitteita. Näistä esimerkkinä 15 000 tonnin japanilainen IHI-merkkinen hydraulinen taontapuristin, jonka pylväiden välinen työtila oli $9 \times 9 \text{ m}^2$ ja korkeus 10 m. Sitä käytetään pohjien, vaipan yhdealu-
een, kannen ja kannen laipan sekä reaktoripaineastian muiden osien kuumataontaan, kun seinämävahvuus on yli 250mm. Suurin kuumana puristettavan päädyn seinämävahvuus on 500 mm. Taontapuristimen vieressä on uuni, jossa voidaan lämmittää aina 250 t:n aihiot käsittelyä varten. Atommash valmistaa päätyjä myös Izhoran-tehtaalle. Osastolla on myös lukuisia suuria numeerisesti ohjattuja työstökoneita, mm. automaattinen kolmikarainen kollektorin porakone.

Kokoonpano- ja hitsausosastolla on käytössä myös erittäin uudenaikaiset menetelmät. Tällä osastolla pinnoitetaan automaattista jauhekaarihitsausta käyttäen reaktoripaineastian sisäpinta ruostumattomalla kerroksella. Ns. puhtaalla alueella oli parhaillaan käynnissä höyrystimen putkittaminen. Pisimmällä tuotannossa oleva höyrystin odotti tuubitettuna päätyjen asennusta.

Karkaisua varten on suuri kuilu-uuni, jonka halkaisija on 10 m ja syvyys 7 m. Lämpötilan säätötarkkuus on $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Näitä uuneja on tekeillä 3 lisää. Jäähdytysaltaan syvyys on 18 m ja tilavuus 2000 m^3 .

Laboratoriossa kävimme vain pikaisesti. Nopealla silmäyksellä näimme siellä ainakin instrumentoidun iskuvasaran, taivutus- ja vetokoneita sekä kovuusmittareita. Koekappaleiden lämpötilan kerrottiin vaihtelevan -80°C :sta aina 1200°C :een. Yksityiskohtana voidaan mainita, että laboratorion pöydällä oli runsaasti erilaisia koekappaleita, joilla testattiin mm. teräksen ruostumatonta pinnoitetta.

Keskustelutilaisuus

Tehtaan tuotantoa käsitelleiden kysymysten lisäksi keskusteltiin Atommashissa keväällä tapahtuneesta onnettomuudesta, josta oli ollut kirjoituksia niin neuvostoliittolaisissa kuin länsimaisissa lehdissä. Vastauksessaan tehtaan johto vähätteli tapausta ja ihmetteli asian saamaa julkisuutta todeten, että jos vastaava olisi tapahtunut jossain muualla ei koko tapahtuma olisi ollut edes uutinen. Johdon mukaan maaperällä on taipumus vajoamisiin, ja tällaisen vajoamisen yhteydessä koneiden perustuksia oli painunut. Nyt tapaus on täysin selvitetty eikä vastaavaa pääse enää tapahtumaan.

Yhteenveto

Vierailu oli kokonaisuutena erittäin antoisa ja vastaanotto lämmin. Tehdas on nykyaikainen ja täyteen tuotantovauhtiin päästyään kahdeksan reaktorin laitteistojen vuosituotanto lienee saavutettavissa.

VY

V Sorri/AmL

12.12.1983

ATS:N VIERAILU ZAPOROZHIEEN YDINVOIMALAITOSTYÖMAALLA

ATS:n Neuvostoliiton ekskursion viimeisenä virallisena vierailukohteena oli käynti Zaporozhien ydinvoimalaitostyömaalla. Laitoksen rakentamiseen päästiin perehtymään kiertokäynnin 1. ja 2. laitoksen reaktorirakennukseen sekä keskusteluihin laitoksen ja työmaan johdon kanssa. Myös ekskursion aiemmissa kohteissa, lähinnä Minenergossa Moskovassa, käsiteltiin Zaporozhieta sivuavia kysymyksiä. Näiden tietolähteiden pohjalta on seuraavaan esitykseen koottu muutamia keskeisiä havaintoja ja tietoja Zaporozhien ydinvoimalaitoksen rakennussuunnitelmista, toteutuksen nykyvaiheesta sekä teknisistä erikoisratkaisuksista.

Laitosalueesta

Nimi "Zaporozhie" on osin hieman harhaanjohtava laitokselle, sillä se sijaitsee itse asiassa Energodar-nimisessä pikkukaupungissa Njerp-joen varrella maanteitse n. 120-150 km lounaaseen Zaporozhien kaupungissa. Nimi viittaa nimittäin lääniin, johon Energodar kuuluu.

Energodaria voi luonnehtia oikeaksi nykyajan energiakaupungiksi. Sen rakentaminen on aloitettu v. 1970 samalla kun paikalle ryhdyttiin rakentamaan konventionaalisia lämpövoimalaitoksia. Asukkaita, keski-ikältään 30 vuotta, kaupungissa on tätä nykyä n. 35000.

Jo valmiina olevien hiiltä ja öljyä käyttävien lämpövoimaloiden yhteisteho on 3600 MW (3 x 800 MW + 4 x 300 MW). Rakennettavien ydinvoimalayksiköiden kokonaistehoksi tulee puolestaan 6000 MW. Kun kaikki yksiköt aikanaan ovat käytössä, on Energodar (suom. "Energia-anti") yksi maailman suurimmista sähköntuotantokeskuksista.

Rakentamishjelma ja nykytilanne

Kaikkiaan ydinvoimalaitokselle on määrä rakentaa kuusi VVER-1000 ydinvoimalaitosyksikköä vuoden välein. Neljän ensimmäisen yksikön rakentamisesta on jo tehty päätös.

Laitosyksiköiden on tarkoitus valmistua vuoden välein. Rakentamisessa sovelletaan ns. liukuvaa rakentamismenetelmää, jolloin erikoistöihin koulutetut työryhmät siirtyvät vuoden välein laitosyksiköltä toiselle. Yhdessä rakentamistöiden muiden rationalisointikeinojen kanssa tavoitteena on tällöin päästä 4 vuoden rakentamisaikaan/yksikkö.

Ensimmäisen yksikön rakentaminen oli aloitettu 1.4.1980. ATS:n vierailun aikaan lokakuun puolessavälissä oli yksiköllä käynnistymässä primääripiirin koeponnistusvaihe. Jatkoaikataulu vaikutti kireälle: marraskuussa kuumakoe, polttoaineen lataus joulukuun alussa ja täydelle teholle yksikkö oli määrä saada maaliskuussa -84.

Toisella laitosyksiköllä olivat reaktorirakennuksen valutyöt meneillään vierailun aikaan. Yksiköllä oli tarkoitus päästä asennustöihin käsiksi vielä vuoden lopulla. Kolmannen yksikön osalta rakennustyöt olivat perustusvaiheessaan.

Laitostyypistä

Rakennettavat yksiköt ovat ns. yleistettyjä VVER-1000 laitoksia, joiden turvavaatimukset ovat "kehittyneiden kapitalisten maiden" tasoa: mm. suojajärjestelmät ovat 3-kertaiset, käytössä on 2/3-periaate ja redundanssit on sijoitettu fyysisesti erilleen toisistaan (eri rakennuksiin). Lisäksi rakenteiden suunnittelussa on otettu huomioon maanjäristyskestoisuuden vaatimuksia.

Kukin yksikkö koostuu esijännitetystä betonista valetusta reaktorisuojarakennuksesta, sen ympärillä sijaitsevista 3:sta sähköteknisten laitteiden rakennuksesta ja turpiinirakennuksesta. Vesien käsittely- ym. apujärjestelmiä sisältävä apurakennus on yhteinen 4:lle ensimmäiselle yksikölle, kahdelle viimeiselle yksikölle rakennetaan yhteinen lisäapurakennus. Apurakennuksia lukuunottamatta kunkin yksikön rakennukset on perustettu 66 m x 66 m x 24 m pohjalaatalle.

Kullakin yksiköllä on yksi 1000 MW:n turpiini.

Suojarakennuksen elementointi

Voimalaitoksen 4 vuoden rakennusaika/yksikkö on maailmanennätysvauhtia, joka onnistuakseen edellyttää monia erityistoimia ja -ratkaisuja työryhmien "liukumien" lisäksi. Merkittävimpänä teknisenä ratkaisuna tuli tällöin esille reaktorin suojarakennuksen elementointi, jota isännät seikkaperäisesti esittelivät.

Käytännössä elementointi tarkoittaa, että suojarakennuksen terässuojakuori kootaan tehtaalla valmistetuista teräslevy-elementeistä, joihin on valmiiksi kiinnitetty betonirauditus ja muoviputket esijännityskaapeleita varten. Kooltaan elementit ovat n. 12 m x 35 m. Elementit nostetaan paikalleen nosturilla ja hitsataan toisiinsa kiinni saumasta "lattaraudalla". Myös suojarakennuksen kupoli nostetaan paikalleen yhtenä kappaleena. Elementeistä koottu hermeettinen terässuojakuori toimii sitten sisämuottina suojarakennuksen betonoinnille, joka tehdään sarjapumpuilla liukuvaluna. Betonisuojakuoren seinämän vahvuus on 1,2 m.

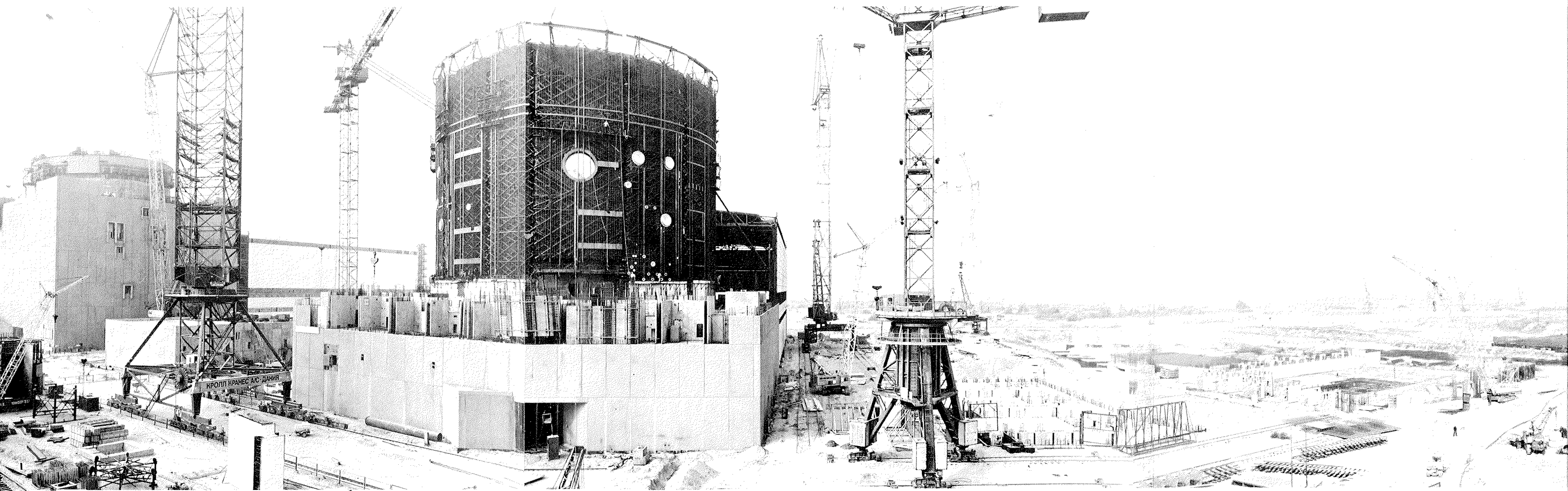
Loppuvaikutelmat

Voimalaitostyömaalla nähdyn ja kuullun perusteella tuli selkeästi esiin se vastakohta, mikä tällä hetkellä vallitsee Suomen ja Neuvostoliiton ydinvoimarakentamisen välillä. Suomen eipäs-juupas väittelyn sijaan Neuvostoliitossa on päätökset ydinvoimarakentamisesta tehty pitkälle tulevaisuuteen ja menossa on suunnitelmien toteutusvaihe. Kun kyseessä on lisäksi suurvalta, on rakentamisen mittakaava sen mukaista.

Sarjatuotannon omaisessa rakentamisessa käyttöönotetuista uusista menetelmistä saivat varsinkin ekskursioryhmän "rakenusmiehet" paljon opiksiotettavaa tietoa. Ratkaisujen soveltaminen mahdollisesti tulevaisuudessa suomalaisiin olosuhteisiin vaatinee kuitenkin vielä paljon pohdintaa.

Raportin kuva 1. on tehty panoraamakuvaksi kolmesta valokuvasta, jolloin kuvakulmaksi on saatu 180°. Kaikki neljä voimalaitosyksikköä ovat samassa tasossa. Toisen ja kolmannen yksikön kohdalla ei siis tosiasiaassa ole kulmaa.

(toimituksen huomautus)

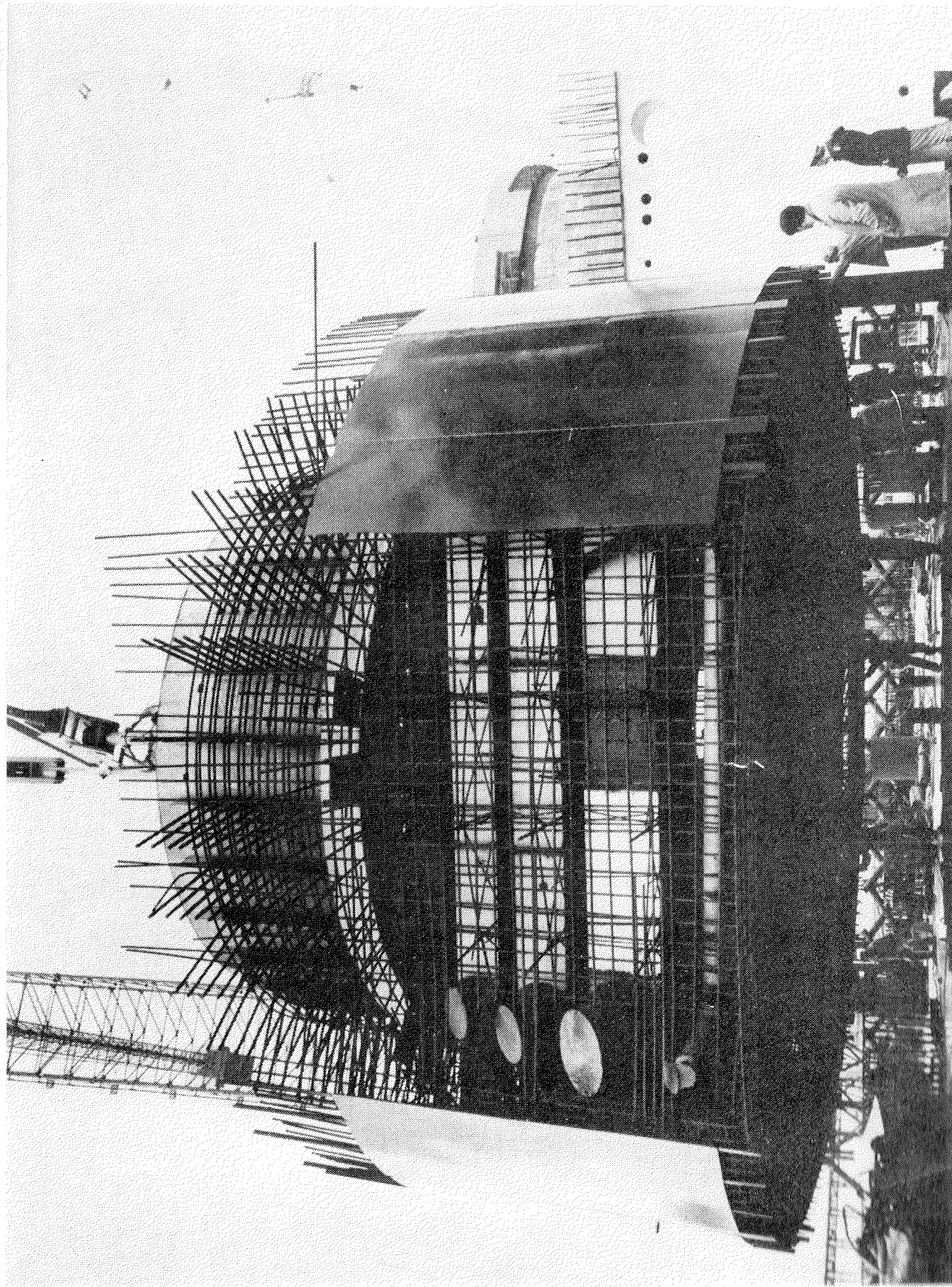


1. Zaporozhien 1. yksikkö ...

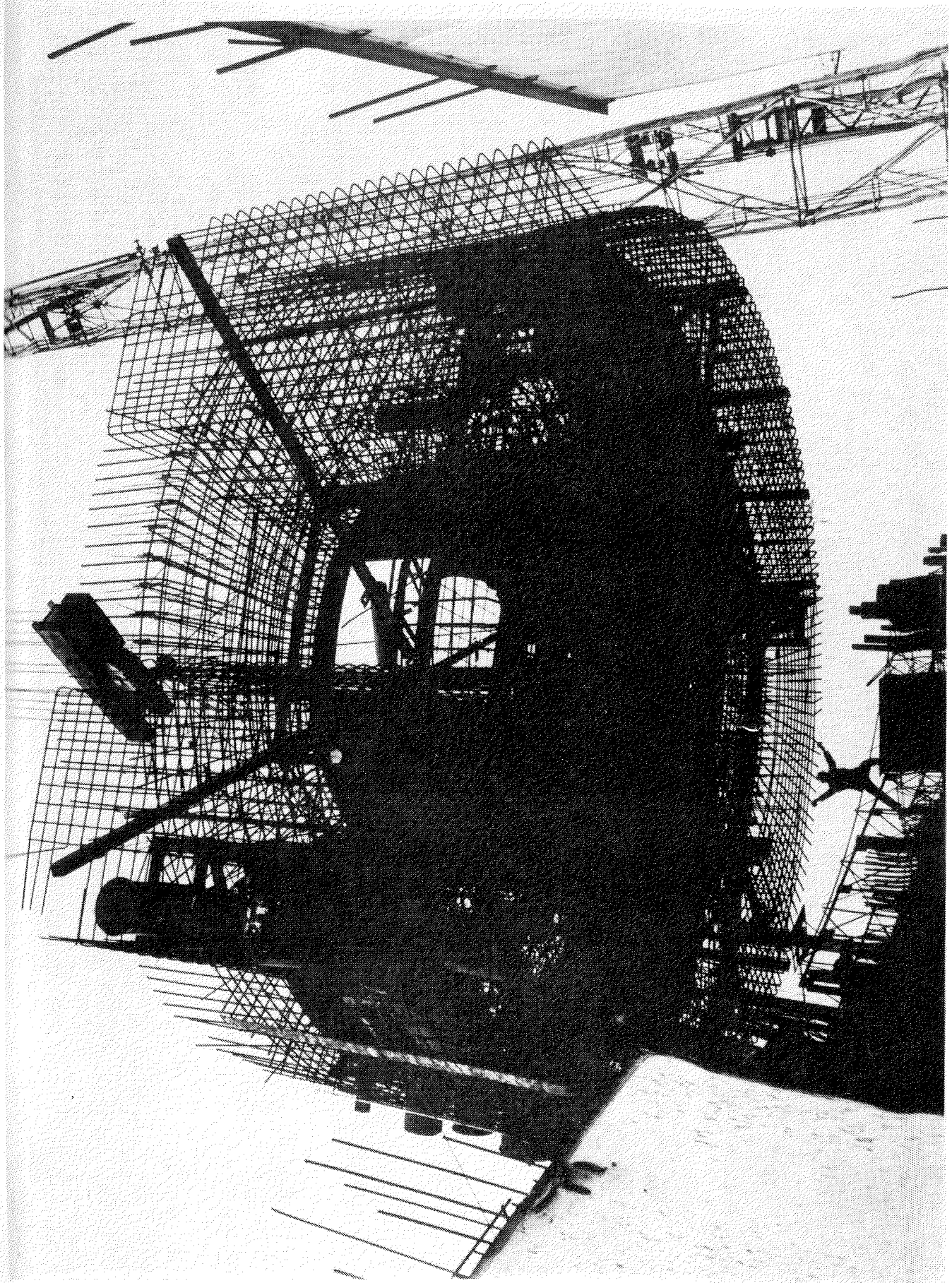
2. yksikkö ...

3. yksikön perustuksia ja

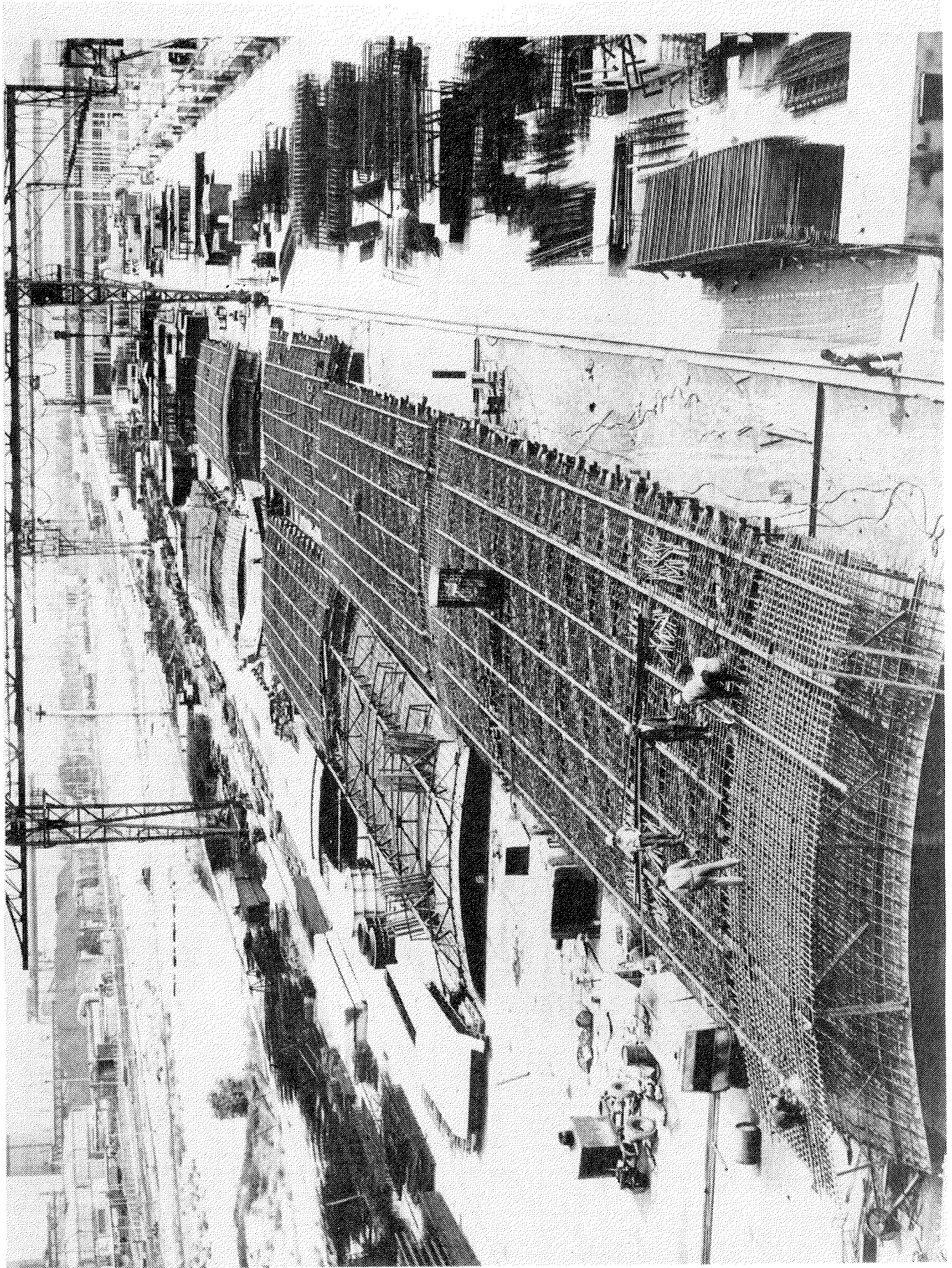
4. yksikkö



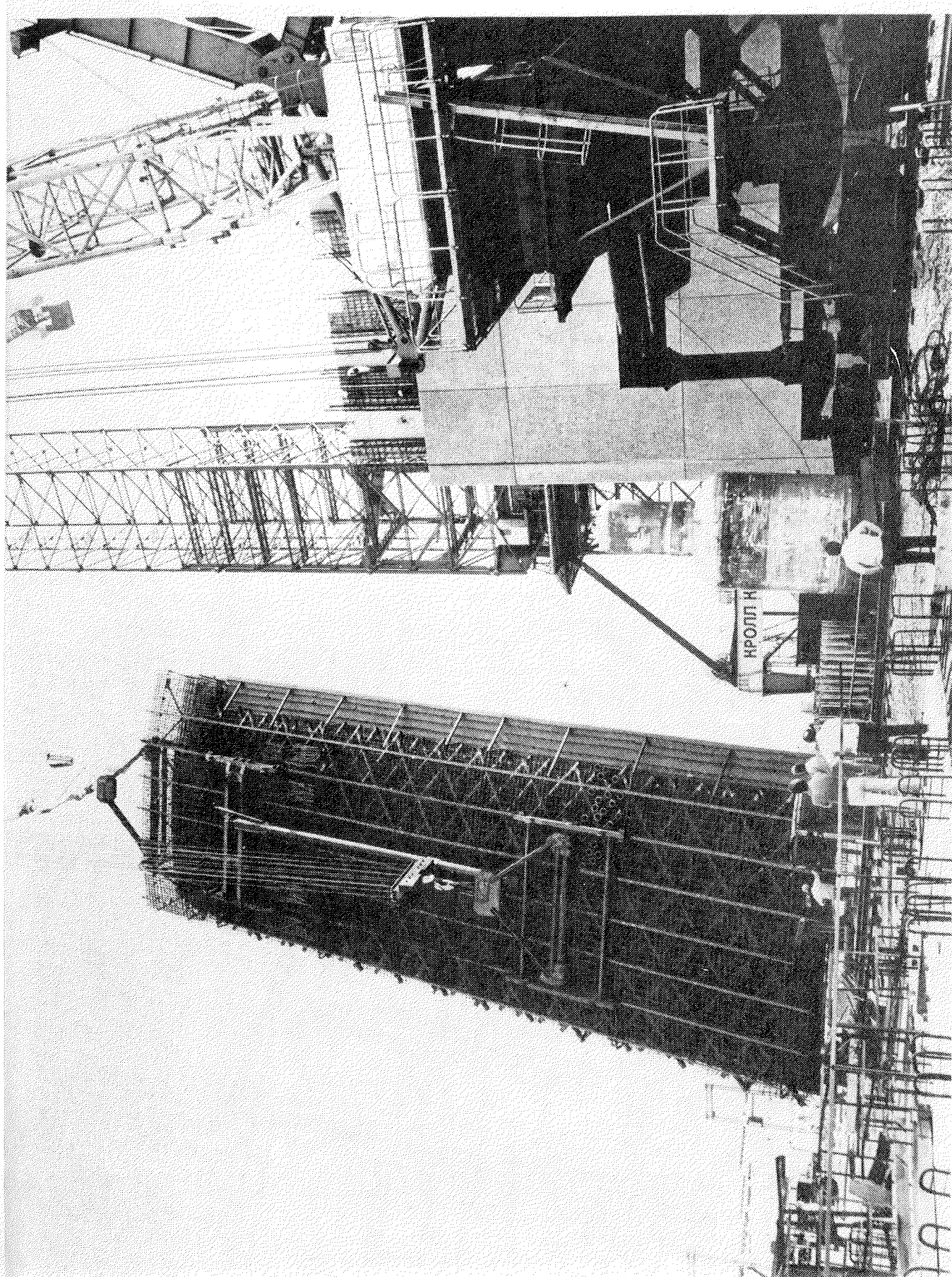
Kuva 2. Reaktorikuilun alaosan rakenteita ja raudoitusta lasketaan elementtinä paikoilleen.



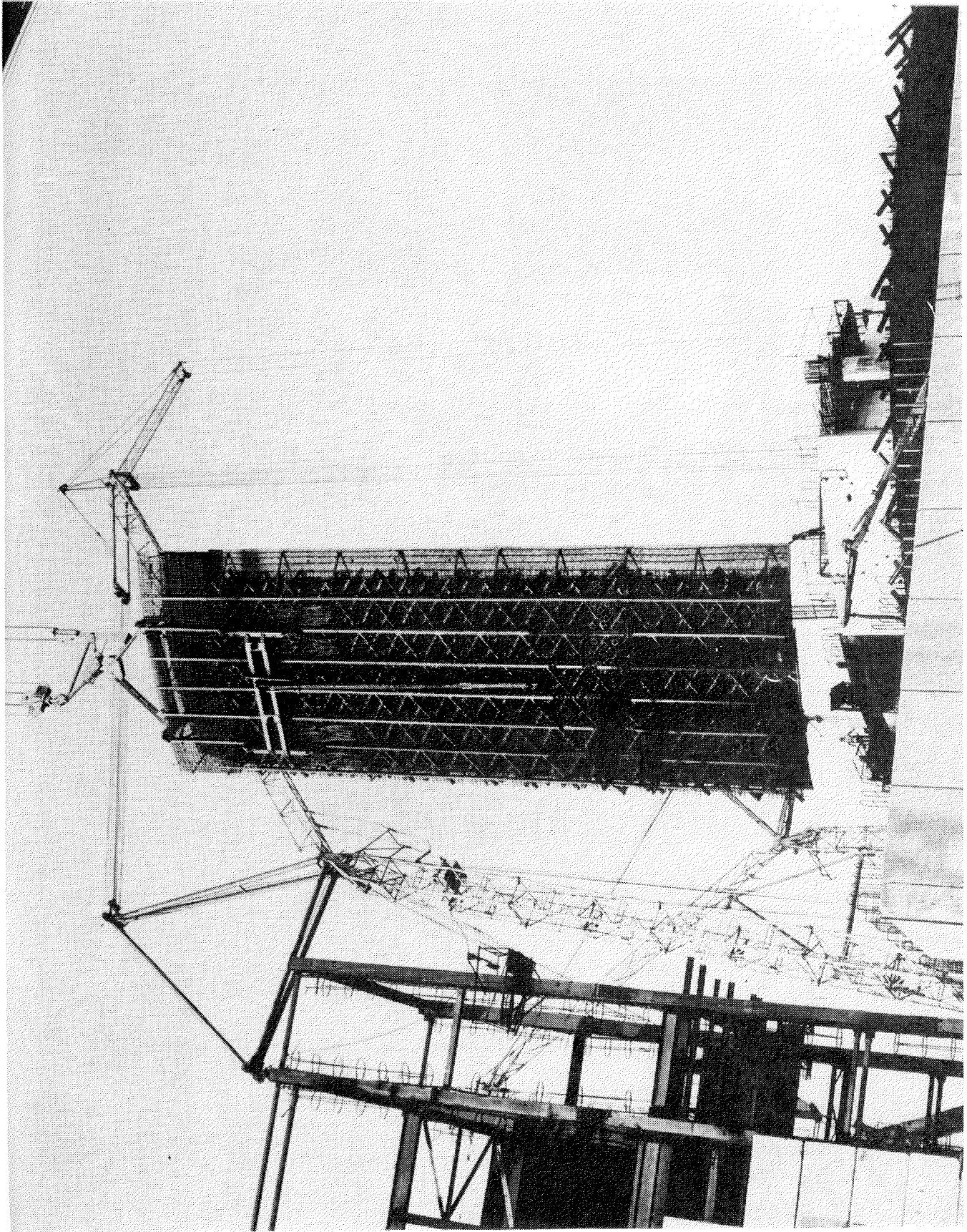
Kuva 3: Reaktorikuilun yläosan betoniraudoitusta nostetaan paikoilleen niinkään valmiina elementtinä.



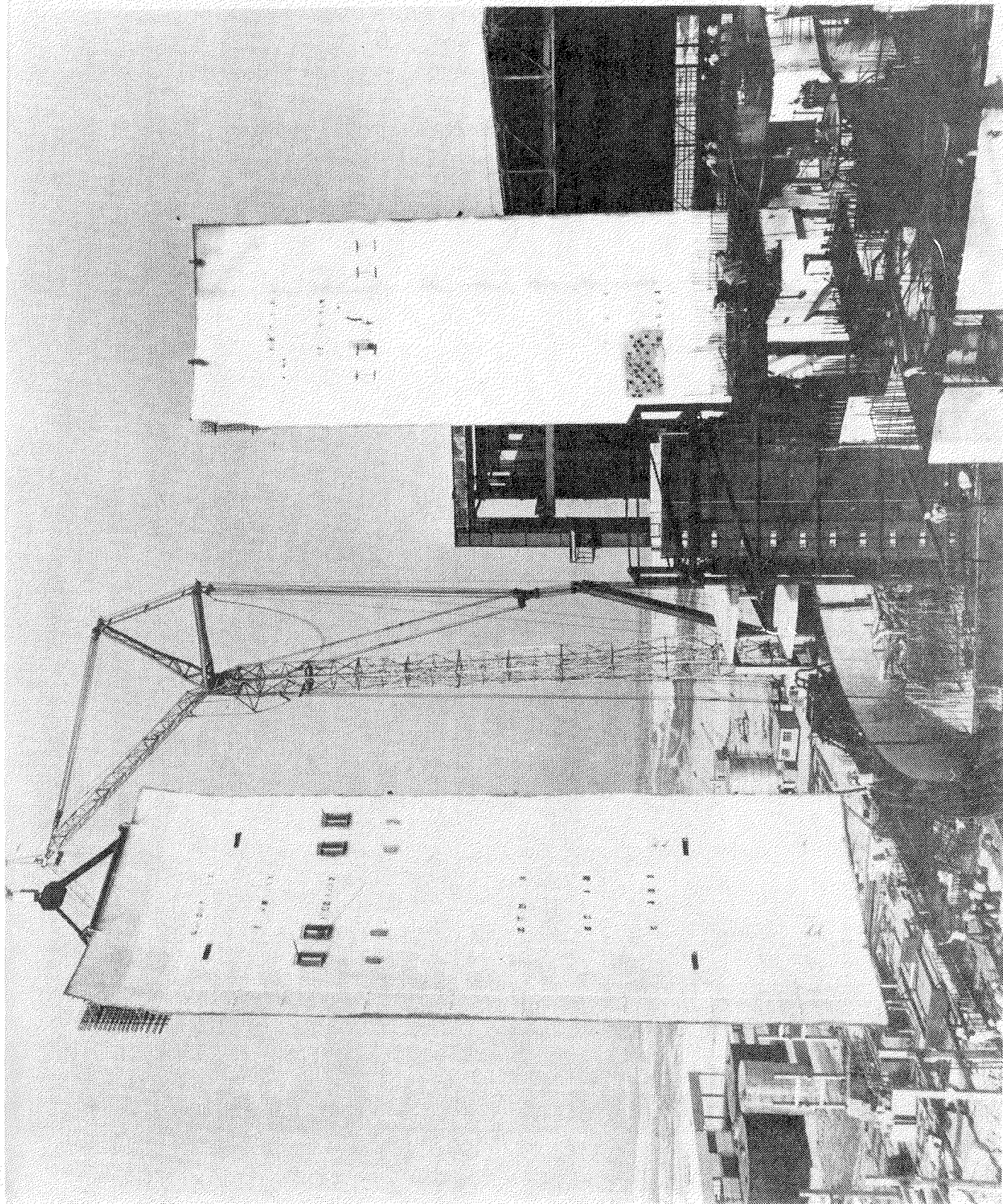
Kuva 4. Suojarakennuksen betoniraudoituksia kiinnitetään seinäelementteihin.



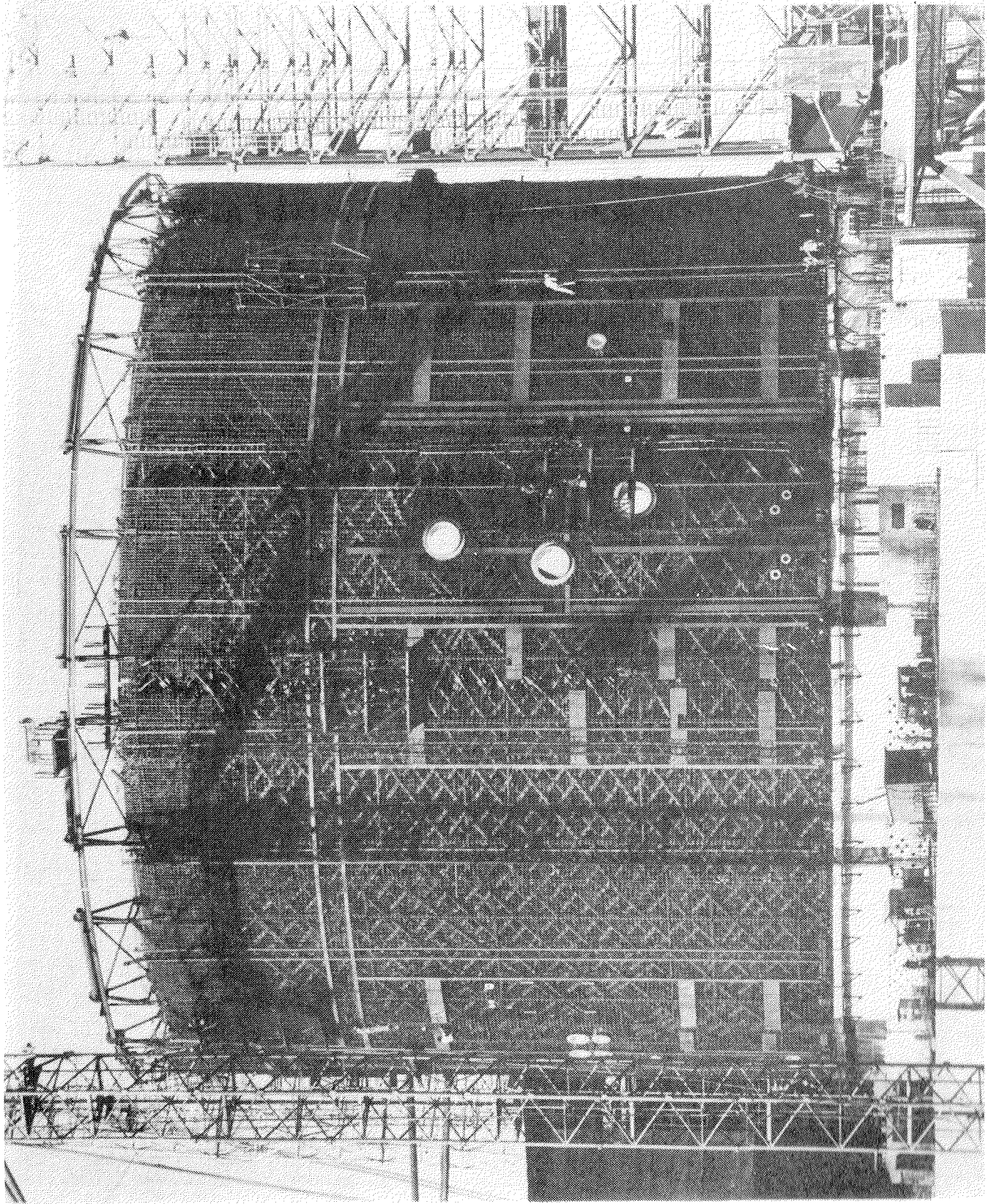
Kuva 5. Suojarakennuksen seinäelementin nosto alkamassa.



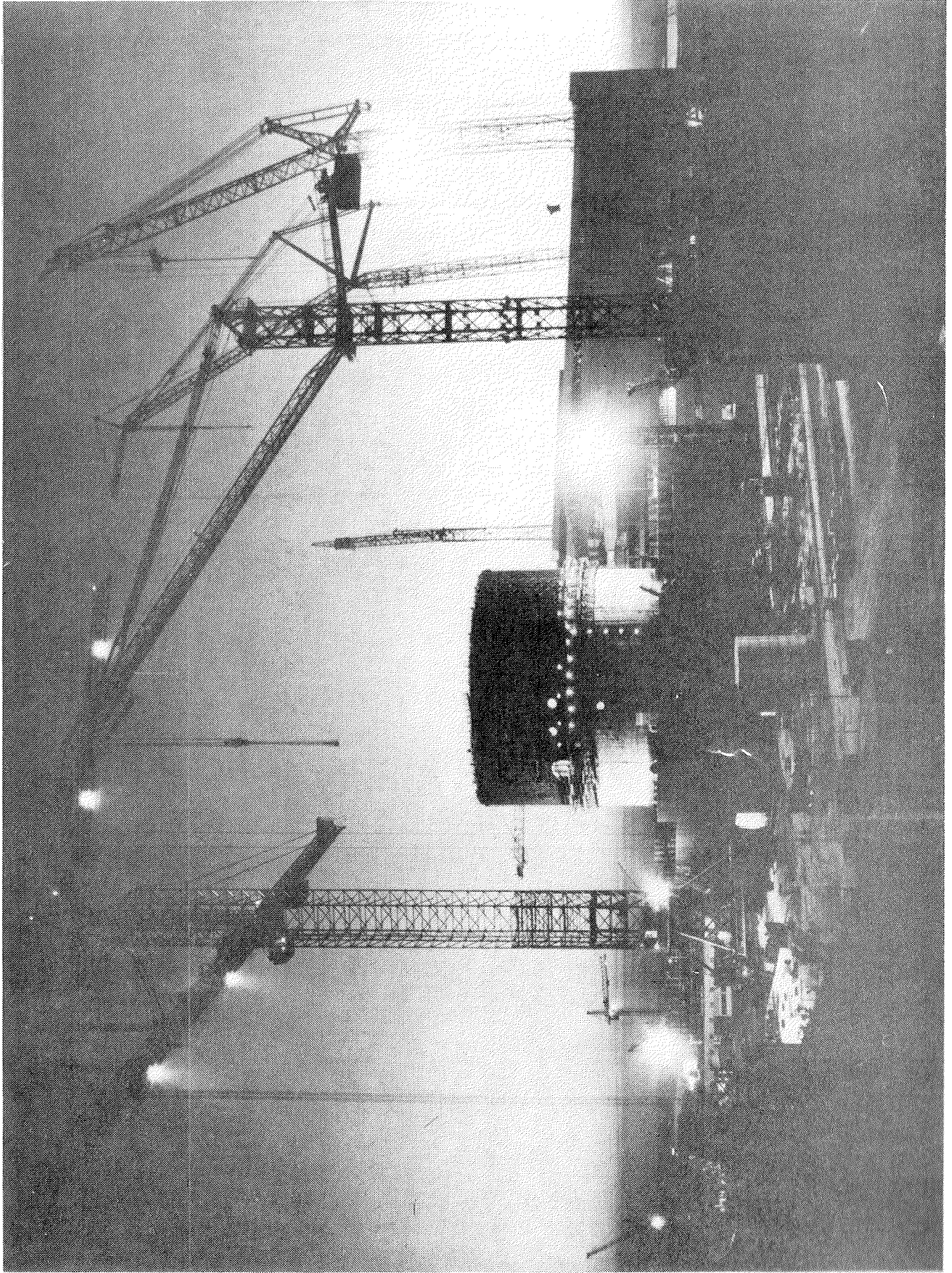
Kuva 6. Suojarakennuksen ensimmäistä seinäelementtiä lasketaan paikoilleen.



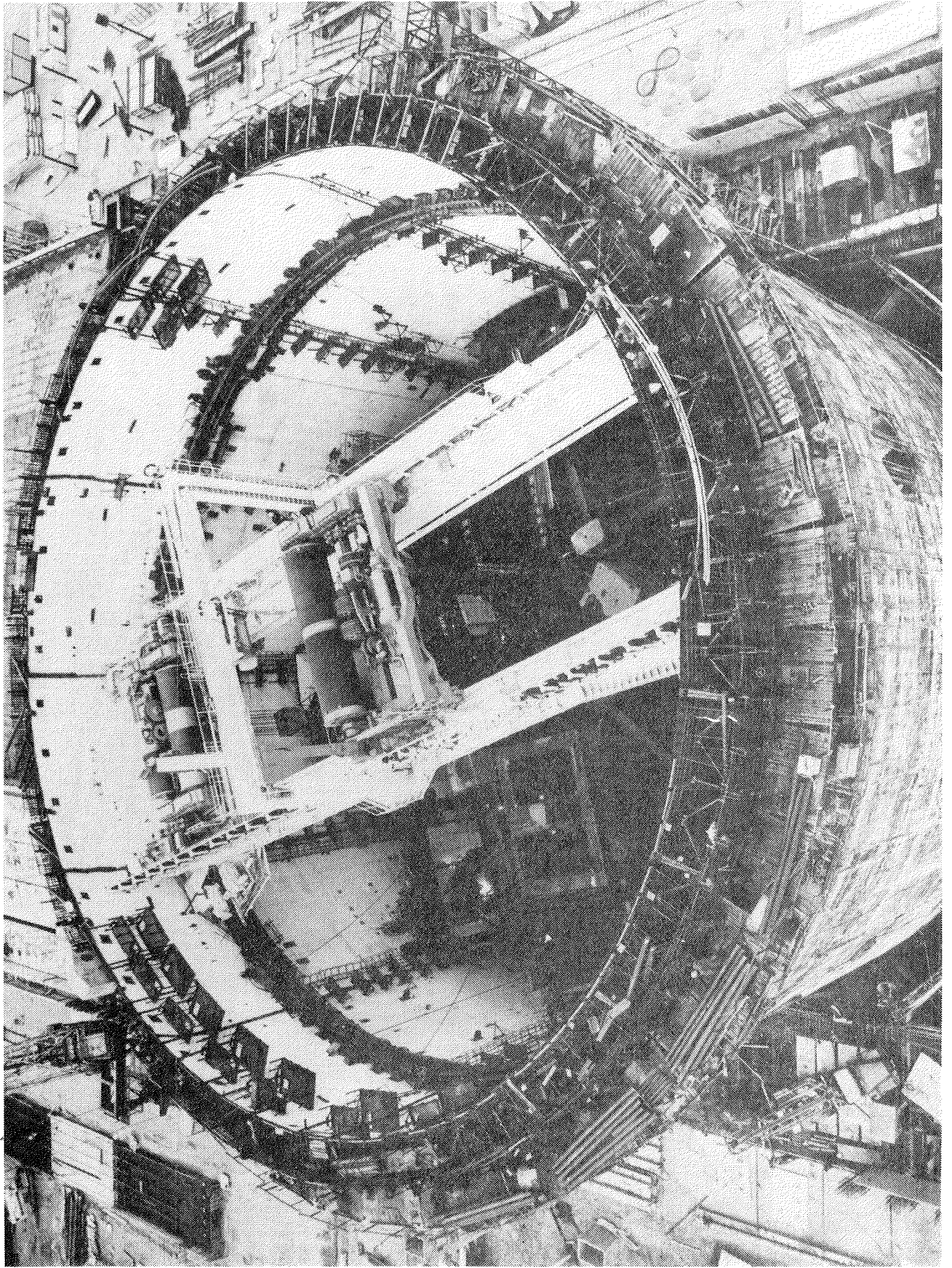
Kuva 7. Suojarakennuksen toista seinäelementtiä nostetaan paikoilleen.



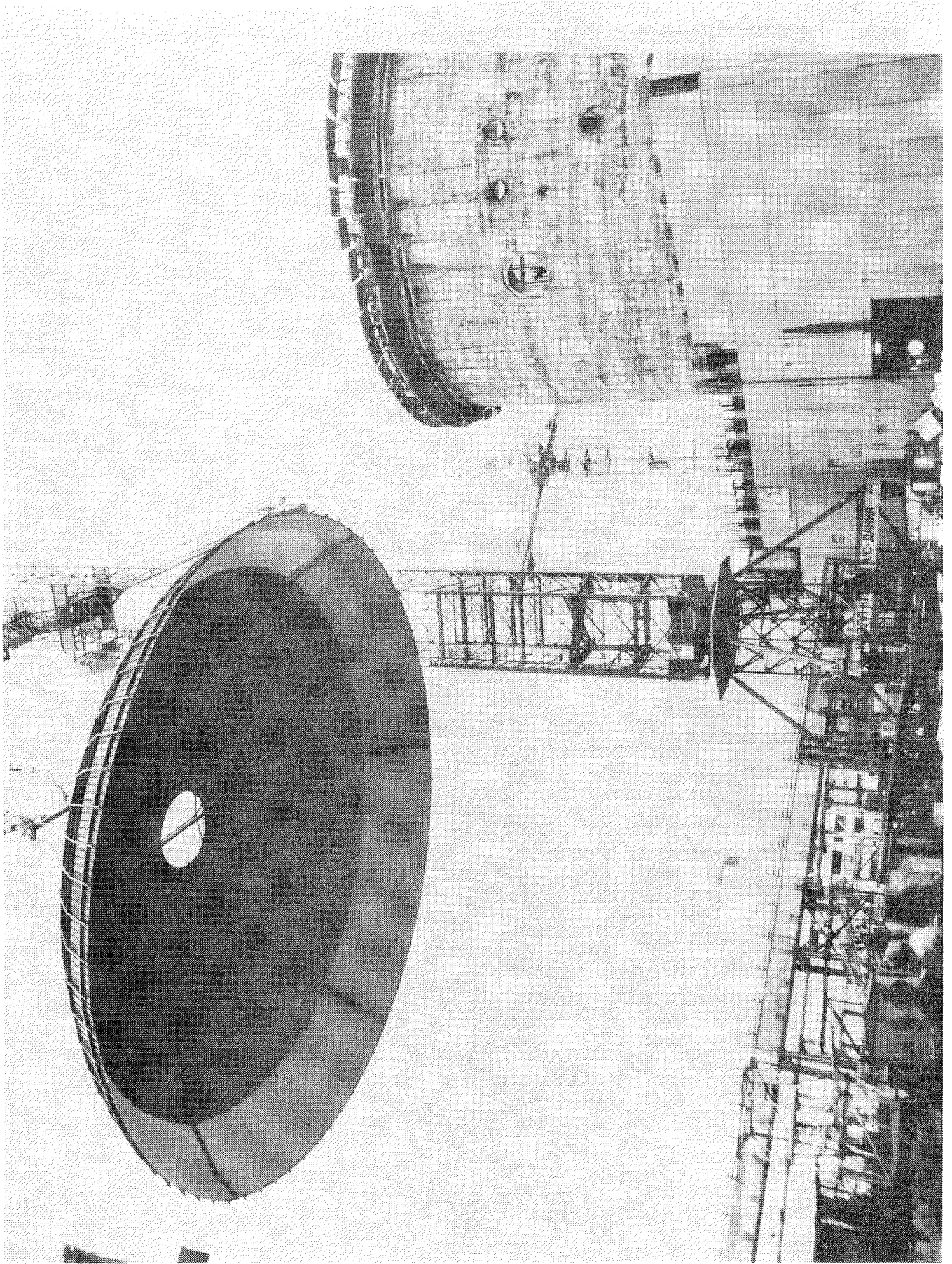
Kuva 8. Suojarakennuksen lukuvalu alkuvaiheissaan.



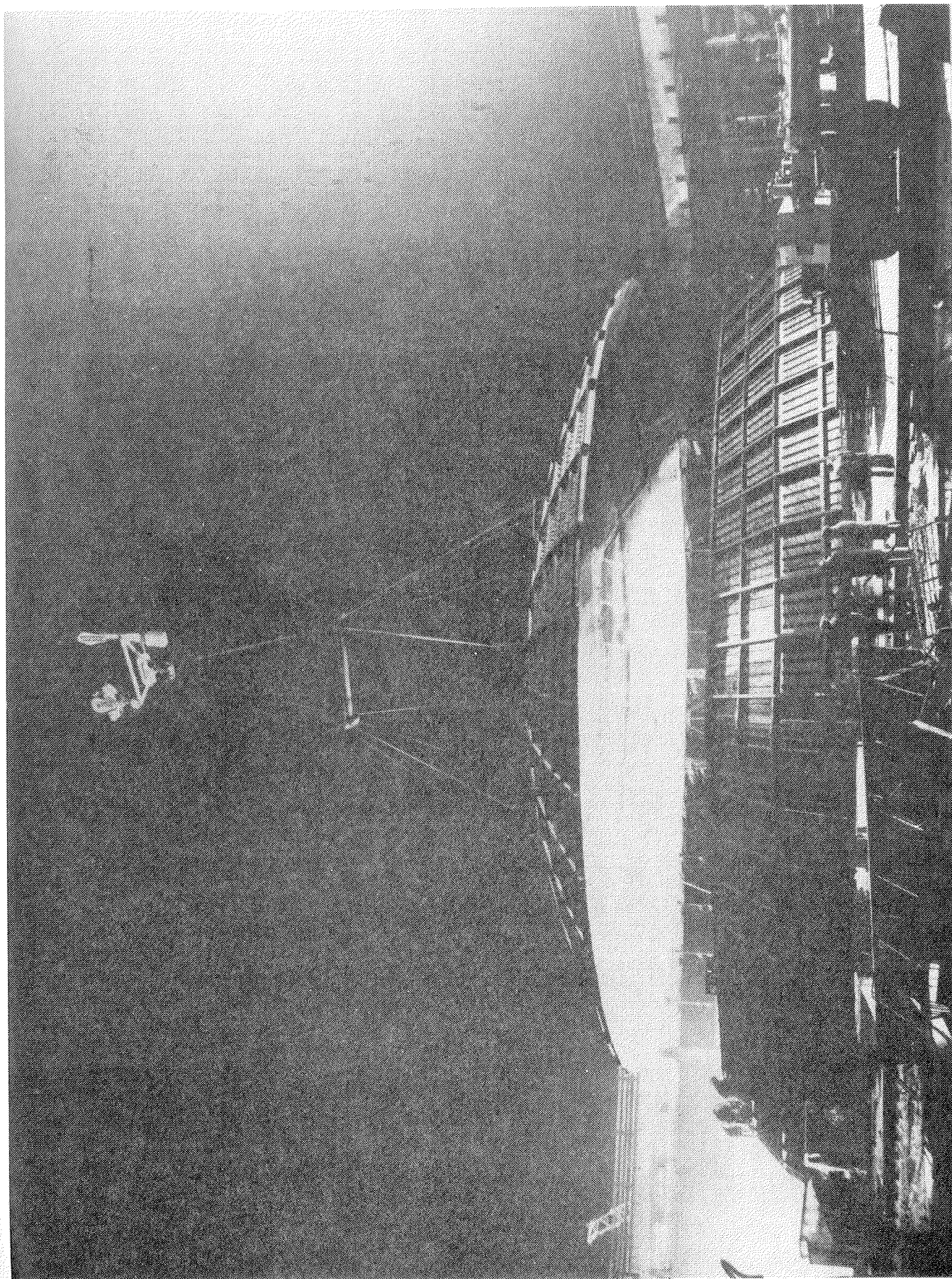
Kuva 9. Suojarakennuksen liukuvalu käynnissä.



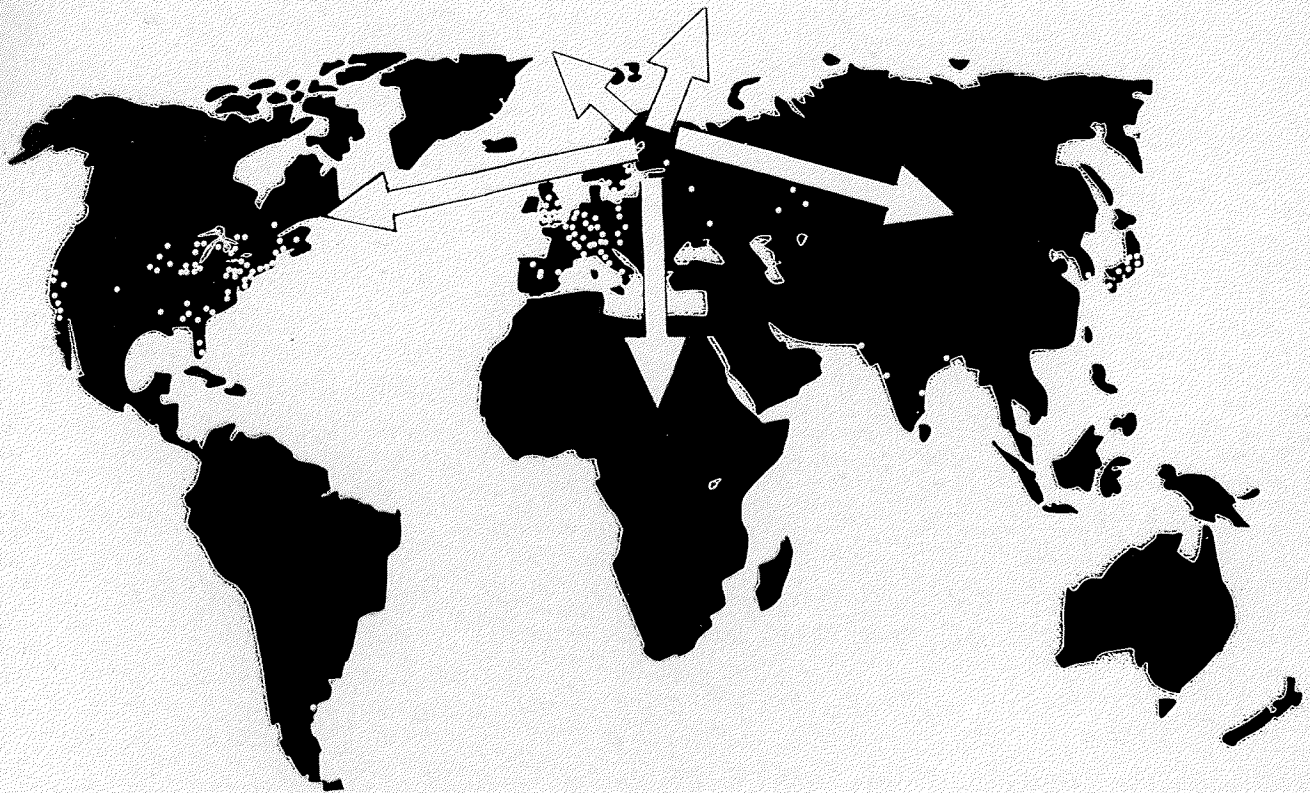
Kuva 10. Suojarakennuksen liukuvalu valmistumassa. Polaarinosturi asennettuna.



Kuva 11. Suojarakennuksen kansikupolia nostetaan paikoilleen.



Kuva 12. Kansikupoli lasketaan paikoilleen. Tarkka työ jatkui yöhön tunteihin.



Hyvää vuoden 1984 jatkoa
kaikkiin suuntiin !

Liittini Riijonin
Klaus Sjoberg

Mikko Linn
Lauri Toivola