

ATS

Ydintekniikka n:o 4/1980

TILANNE LOVIISAN YDINVOIMALAITOKSELLA		3
TILANNE TEOLLISUUDEN VOIMA OY:N YDINVOIMALAITOKSILLA		4
STL - USNRC TIEDONVAIHTO- JA YHTEISTYÖSOPIMUS		6
WEC, SYYSKUU 1980 MUNCHEN/YHTEENVETO		
	Lasse Nevanlinna	7
YDINENERGIA KANSAINVÄLISTEN ENERGIATUTKIMUSTEN VALOSSA		
	Jorma Routti	17
URANIUM ENRICHMENT BY EURODIF	Jean Sorel	24
EUROOPAN STRATEGINEN ASEMA	Jorma K. Miettinen	43
TIEDE VASTAAN USKONTO	Matti J. Jantunen	49
VERBAALIAKROBATIAA		54
ASTROSEP - ydinsähkön erotin tulossa		56

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO 4/80

JOULUKUU 1980

JULKAISIJA Suomen Atomiteknillinen Seura-
Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
TKT HEIKKI REIJOHEN
PUH. 90-4564148

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

ERIKOISTOIMITTAJA
TKT LASSE MATTILA
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIKAN LABORATORIO
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

TOIMITTAJA
FM LAUNO TUURA
PUH. 90-6172471

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI 10

ATS:n TOIMIHENKILÖT

PUHEENJOHTAJA
DI PAAVO HOLMSTRÖM
PUH. 939-37211

RAUMA-REPOLA OY, PORIN TEHTAAT
PL 96
28101 PORI 10

JOHTOKUNNAN JÄSEN
DI HEIKKI RAUMOLIN
PUH. 90-523522

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
KUTOJANTIE 8
02630 ESPOO 53

VARAPUHEENJOHTAJA
DI ANTERO RAADE
PUH. 90-6160267

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI 10

JOHTOKUNNAN JÄSEN
FL ANNELI SALO
PUH. 90-544212

SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS
PL 268
00101 HELSINKI 10

RAHASTONHOITAJA
TKT AITO OJALA
PUH. 90-448311

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

SIHTEERI
DI PEKKA LOUKO
PUH. 90-6160474

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI 10

YLEISSIHTEERI
FK ANNA-LIISA SAVOLAINEN
PUH. 90-171922/247

ILMATIETEEN LAITOS
PL 503
00101 HELSINKI 10

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKT LASSE MATTILA
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIKAN LABORATORIO
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

KANS.VÄL.ASIAIN SIHTEERI
TKT OLLI TIAINEN

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI 10

LEHDESSÄ JULKAISTUT ARTIKKELIT EDUSTAVAT
KIRJOITTAJIEN OMIA MIELIPITEITÄ, EIKÄ
NII DEN KAIKISSA SUHTEISSA TARVITSE VASTATA
ATS:N KANTAA.

JOKO AALLONPOHJA ON SAAVUTETTU?

Ydinvoiman rauhanomaisen käytön kannalta vuoteen 1980 sisältyi joukko vastoinkäymisiä, mutta myös monia merkkejä positiivisesta kehityksestä.

Yhdysvalloissa, Kanadassa, Saksan Liittotasavallassa ja useimmissa muissa Länsi-Euroopan maissa on ydinvoiman rakentaminen lähes pysähtynyt. Ranska kuitenkin tulee monen lähivuoden aikana ottamaan käyttöön ydinvoimaa 5000 ... 6000 MW vuodessa. Myös Japanin ydinvoimaohjelmaan näyttää olevan tulossa hetkellinen tauko. Neuvostoliitto ja muut SEV-maat jatkavat laajan ydinvoimaohjelmansa toteuttamista välittämättä lännessä asiasta käydystä polemiikista. Myös useat teollistumaan pyrkivät kehitysmaat (Brasilia, Argentiina, Korea, Libya jne.) rakentavat ulkopuolisista varoituksista piittaamatta ydinvoimaa.

Laajaa kansalaismielipidetä kuvaa alkuvuodesta 1980 Ruotsissa suoritettu kansanäänestys. Sen tuloksena tosin kahdentoista reaktorilaitoksen ohjelma toteutetaan, mutta tarkoituksella luopua ydinvoiman käytöstä näiden laitosten tultua aikanaan täysin palvelleina käytöstä poistetuiksi. Suomessa viime toukokuussa suoritettun mielipidetutkimuksen mukaan 42 % vastanneista suhtautuisi kielteisesti ydinvoiman käyttöön energian lähteenä ja vain 26 % myönteisesti. Pääkaupunkiseudun asukkaiden keskuudessa syyskuussa tehty mielipidetutkimus osoitti pääkaupunkiseudulle rakennettavan ydinvoiman vastustuksen olleen selvästi voitolla kannatuksesta noin äänin 85:15. Kauhupropaganda on Suomessa siis selvästi tehonnut. Myös Loviisan ja Olkiluodon viime kesälle sattuneiden käytön keskeytysten tiedotusvälineissä saama laaja julkiuus lienee vaikuttanut pääkaupunkiseudun mielipidetutkimuksen tuloksiin.

Mm. Münchenin maailman energiakonferenssin tulokset ovat ammattipiireissä täsmentäneet vuoden 1980 aikana eräitä arvioita, jotka vähitellen alkanevat levitä myös suuren yleisön tietoisuuteen:

- öljyntuotanto ei enää oleellisesti suurene nykyisestään ja saavutetaan lakipisteensä 5 ... 20 vuoden kuluessa,
- maakaasu seuraa samaa kehitystä pari vuosikymmentä jäljessä,
- vain hiili ja ydinvoima ovat teknisesti valmiina yhdessä ottamaan vastaan tämän haasteen,
- kivihiilenkin käyttöönoton on tapahduttava aikatekijän rajoissa, vaikeutena tarvittavat suuret investoinnit ja ympäristöhaitat,
- muiden energialähteiden yleismaailmallinen vaikutus lähivuosisikymmeninä jää marginaaliseksi

Vuonna 1979 tapahtunut öljyn raju hinnannousu ja nykyisestä Lähi-idän sodasta johtuva uuden hintavyöryn vaara vaikuttanevat yleisiin käsityksiin ydinvoimalle edullisesti. Kotimaassa lienee samansuuntaista vaikutusta Puolan kivihiilituotannon vaikeuksella samoinkuin turvetuotantomme toimitusvaikeuksilla ja turpeen hinnan nousulla.

Vuoden 1980 aikana onkin todettavissa yleisen mielipiteen alkavan usealla taholla kääntyä ydinvoimalle suosiollisemmaksi. Sveitsissä, Zürichin kantonissa voittivat ydinvoiman kannattajat, tosin niukasti syyskuun lopulla Kaiseraugstin voimalaitosta koskevan kansanäänestyksen. Myös Itävallassa järjestettäneen uusintakansanäänestys Zwentendorfin ydinvoimalaitoksen kohtalosta ydinvoiman kannattajien onnistuttua keräämään uusintäänestystä koskevaan ehdotukseensa yli 420.000 allekirjoitusta vastustajien kerätessä vajaat 130.000.

Osoitukseksi yleisen mielipiteen muuttumisen suunnasta Saksassa voitaneen tulkita silloisten liittokansleriehdokkaiden, Schmidtin ja Straussin Münchenin konferenssissa käyttämät ydinvoimalle myönteiset puheenvuorot.

Englannissa viime elokuussa suoritetussa mielipidetutkimuksessa n. 65 % vastaajista katsoi ydinvoimaa tarvittavan ja vain noin 20 % piti sitä joko tarpeettomana tai vastustettavana. Tulos on merkittävä maassa, jossa ydinvoima ensimmäisenä maailmassa saavutti todella merkittävän osuuden voimantuotannossa ja jossa siis ydinvoiman haittojen olisi pitänyt tulla selvimmin esille. Kaasujäähdytteisiin reaktoreihin perustunutta ripeää rakennusvaihetta seurannut hiljaiselon kausi näyttääkin Suur-Britanniassa nyt olevan loppumassa. Jo vuoden 1979 lopulla hyväksyttiin ohjelma, jonka mukaan parin korkealämpötilareaktorin lisäksi vuosina 1982 ... 1992 aloitetaan vuosittain ainakin yhden ydinvoimalaitoksen rakentaminen. Päättyyppinä tulee olemaan painevesireaktori. Päätöksen taustana on tietoisuus Pohjanmeren tunnettujen öljyvarantojen loppumisesta noin kymmenen vuoden kuluessa.

Kiinan kansantasavalta julkaisi kuluneen vuoden aikana merkittävän rakennusohjelman, 15.000 MW ydinvoimaa käynnissä vuoteen 2000 mennessä. Tämä merkinnee huomattavia tilauksia lähinnä länsimaisille reaktoritoimittajille.

Myös Yhdysvalloista on vuoden 1980 aikana saatu rohkaisevia uutisia. Siellä on ryhdytty ottamaan käyttöön laitoksia, jotka ovat joutuneet odottamaan käyttö lupaa TMI:n selvitysten takia. Lukuisat lokakuun presidentinvaalien yhteyteen järjestetyt yksittäisiä voima- tai jälleenkäsittelylaitoksia jne. koskeneet paikalliset äänestykset ratkesivat valtaosaltaan ydinvoiman rakentamisen kannalta suotuisasti. Myös presidentinvaalien tulosta sinänsä pidetään yleisesti ydinvoiman voittona. Reaganhan esitti vaaliohjelmassaan merkittävästi ydinvoimaystäväellisempiä käsityksiä verrattuna Carterin tähänastiseen, esim. breederin kehityskysymyksen suhteen varsin negatiiviseen linjaan. Luonnollisesti vasta aikaa myöten selviää, missä määrin Reaganin mielipiteet tulevat johtamaan konkreettisiin muutoksiin Yhdysvaltain voimalaitospolitiikassa.

Yhteenvetona lienee perusteltua katsoa ydinvoiman aallonpohja yleismaailmallisesti jo saavutetuksi joskaan ei vielä mitenkään ohitetuksi. Tässäkin asiassa meillä Suomessa ilmeisesti saavutaan samaan suhdannevaiheeseen tietyllä aikaviiveellä. ATS:lle ja varsinkin sen uudelleen perustetulle ATS-Infolle lähivuosina asetettavista tavoitteista katsoisinkin erääksi kaikkein tärkeimmistä tehokkaan osallistumisen ydinvoiman kannatuksen viemiseen meilläkin aallonpohjan yli uuteen nousuun.

6.12.1980 Paavo Holmström

LOVIISAN VOIMALAITOKSEN TILANNE

Loviisa 1 on ollut pitkäksi venähtäneessä seisokissa toukokuun puolesta välistä lähtien. Seisokin aikana on suoritettu n. 2500 ohjelmanmukaista huoltotyötä, suuri määrä tarkastuksia sekä viivästyksen syinä olevia höyrygeneraattorien ja pääsulkuventtiilien hitsisaumojen tarkastuksia, tutkimuksia ja pienehköjä korjauksia.

Useimmat näistä "korjauksista" ovat aiheutuneet siitä, että tarkan selvitystyön yhteydessä haluttiin hioa auki vahvoja hitsisaumoja röntgenfilmeissä hiukan epäselvästi näkyvien pienten indikaatioiden todellisen luonteen selvittämiseksi. Kun sitten on hiottu auki, on voitu yleensä todeta vian olevan todella vähäinen, mutta paljon hitsaustyötä menee silti avauksen peittämiseksi.

Muutamissa tapauksissa on IV0:n käsityksen mukaan ollut syytä todella korjata vika, koska vian käytön aikaiseen seurantaan ei ole ollut vielä tiedossa riittävän luotettavia ja nopeita menetelmiä, eikä myöskään haluta suorittaa tarkastuksia turhan tiheään tulevaisuudessa!

Huoltoseisokin aikana on suoritettu myös joukko turvallisuutta edistäviä toimenpiteitä kuten esim. palosuojeluun liittyviä töitä ja dieselgeneraattorien käyttövarmuutta parantavia toimenpiteitä.

Tänään olemme Loviisa 1:llä loppusuoralla. Eilen illalla suoritettiin reaktoripiirin ns. tiiveyskoe ja runsaan viikon sisällä voisimme päästä sähkön tekoon, jos vielä edessä oleva käynnistystyö sujuu ilman viivettä. Jonkinasteisia viiveitä yleensä tulee pitkän huoltojakson jälkeisessä laitoksen "kokoamisessa", mutta laitoksella tekevät hyvin monet henkilöt kovasti työtä, jotta pääsimme pian käyntiin.

Loviisa 2 tahdistettiin 4.11.80 ja koekäyttö on sen jälkeen edennyt erinomaisesti. Onhan yksikköä trimmattu näiden viimeisten viivästyksien aikana hyvään kuntoon, vaikkei sähköä ole tuotettukaan, ja lisäksi ovat koekäyttöön osallistuneet ryhmät erittäin päteviä.

Loviisa 2:lla on tänään tehoa yli 75 % eli verkkoon syötetään n. 320 MW. Koekäyttäjät ovat valmiit varsin pian anomaan STL:ltä lupaa tehon nostamiseksi 100 %:iin. Tehoalueella 95 - 100 % on edelleen lukuisia kokeita tehtävänä. Ennen kaupallisen käytön alkua on vielä ainakin yksi huoltoseisokki sekä ns. 14 vuorokauden koe. Loviisa 2:n sähköntuotanto on tähän päivään mennessä ollut noin 141 500 MWh.

Laitospäällikkö, DI Raimo Aaltonen

TILANNE TEOLLISUUDEN VOIMA OY:N YDINVOIMALAITOKSILLA

TVO I

Olkiluodon ensimmäinen laitosyksikkö TVO I on ollut kaupallisessa käytössä 10.10.1979 lähtien. Tämän jälkeen se on tuottanut sähköä 5,1 TWh (miljardia KWh) Käyttökerroin on tänä aikana ollut n. 76 %.

Kerrointa huonontaa ensimmäinen täysimittainen vuosiseisokki uudelleenlatauksineen ja tarkastuksineen 16.5.-3.7.80 välisenä aikana.

Kuluvan vuoden tuotanto tähän päivään mennessä on 3,99 TWh ja laitoksen kokonaistuotanto ensimmäisestä verkkoon kytkemisestä 2.9.1978 lähtien 7,56 TWh.

Koko TVO I:n tähänastisen käyttöhistorian aikana on sen reaktori apujärjestelmineen toiminut hyvin.

Tuotantoa haitanneet vaikeudet ovat olleet sähkögeneraattorilla keskittyen sen pyörivään osaan, roottoriin. Generaattoriin on jouduttu vaihtamaan roottori ja korjauksia ja tarkistuksia on tehty säännöllisin väliajoin. Tarkistusten ja muiden ennalta valmisteltujen toimenpiteiden vaikutus tuotantoon on ollut n.5,7%. Tuotannon keskeytykset on pystytty suurimmaksi osaksi sijoittamaan viikonvaihteisiin, jolloin sähkön tarve on pienempi.

Nyt TVO I:lle on asennettu eräiltä osin uudelleen muotoiltu roottori (jo aikaisemmin käytössä ollut). Odotamme rakennemuutoksen auttaneen ja siten toistuvat pysäyttämistä edellyttävät tarkastukset jäisivät pois.

TVO II

Toisen laitosyksikön koekäyttö on syksyn aikana edennyt suunnitelmien mukaan ja tällä hetkellä koekäyttöä jatketaan täyden tehon tuotannolla.

TVO II:n koekäyttö jouduttiin keskeyttämään helmikuun lopulla, jolloin oli päästy n. 50% tehotasolle. Syynä keskeytykseen oli sama sähkögeneraattorin roottorivika, joka esiintyi myös TVO I-laitoksella. Vararoottoreita

...
oli vain yksi ja se sijoitettiin TVO I:lle. Tämän vuoksi joutui TVO II odottamaan roottorin muutostyön valmistumista. Syyskuun loppupuolella roottori kuljetettiin takaisin laitospaikalle ja koekäyttöjä päästiin jatkamaan.

Marraskuun 10.päivänä TVO II sai luvan koekäyttöön täydellä teholla ja 11.11.80 molemmat Olkiluodon laitokset olivat ensimmäisen kerran yhtäaikaan 100 % teholla. TVO:n laitosten tuotanto vastasi tällöin yli 25 % Suomen sähköenergian kulutuksesta.

TVO II on edelleen koekäyttövaiheessa, joskin sen viimeisissä kokeissa. Koekäytöissä ei ole ilmennyt mitään sellaista joka estäisi laitoksen käyttämisen sähköntuotantoon. Tähän mennessä TVO II-laitos on tuottanut sähköä 380 miljoonaa kWh.

STL - USNRC tiedonvaihto- ja yhteistyösopimus

Säteilyturvallisuuslaitos allekirjoitti syyskuun 26. päivänä 1980 sopimuksen Yhdysvaltain ydinvalvontaviranomaisen United States Nuclear Regulatory Commission'in kanssa. Sopimus koskee tietoaaineiston vaihtoa ja ydinturvallisuusalan yhteistyötä.

Sopimuksen piiriin kuuluvat mm. ydinteknistä turvallisuutta ja ympäristövaikutuksia käsittelevät raportit, merkittävät tätä alaa koskevat päätökset, selvitykset USNRC:n ja STL:n soveltamista valvontamenettelyistä, eräät reaktoriturvallisuuden alan tutkimustulokset, käyttöraportit sekä pikaiset ilmoitukset merkittävistä tapahtumista. STL:n työntekijät voivat sopimuksen mukaan osallistua mm. reaktorien ja reaktorin osien valmistuksen valvontaan Yhdysvalloissa sekä USNRC:n sisäiseen koulutukseen.

Tiedonvaihto tapahtuu kirjeiden, raporttien vierailujen ja kokousten muodossa. Nyt solmitun sopimusjärjestelyn voimassaoloaika on viisi vuotta. STL:n yhteyshenkilönä toimii ylitarkastaja Björn Palmén.

6.11.1980

L Nevanlinna

1 (3)

WEC, SYYSKUU 1980 MÜNCHEN / YHTEENVETO

Energiavarat ja energian kulutus (kuva 1)

- Konventionaaliset öljyvarat ovat rajoitetut. Nykyinen öljyn tuotanto on 3.5 GT/a ja huippunsa 4 GT/a saavutettuaan laskee 1990-luvulta lähtien.
- Maakaasun tuotanto seuraa jokseenkin samanlaista kehitystä 2020 jälkeen.
- Kehitysmaiden pyrkimys korkeampaan elintasoon ja niiden väestön kasvu johtavat huomattavaan energian kulutuksen kasvuun. Kehitysmaiden kulutuksen kasvu kohdistuu enimmäkseen nestemäisiin polttoaineisiin, koska nämä eivät vaadi korkeampaa teknologiaa ja infrastruktuuria.

Maailman energian kulutus 1976-2020: (kuvat 2, 3)

	1976		2020	
	Gtoe/a	toe/capita, a	Gtoe/a	toe/capita, a
1. Teollistuneet maat	5	4.5	13.6	6.5
2. Kehitysmaat	1.7	0.6	10.4	1.5
Koko maailma	6.7		24.0	

Teollistuneilla mailla öljyä vähemmän käytettävissä.

Miten ongelma ratkaistaan: (kuvat 4, 5, 6)

- Hiilivarat ovat hyvin suuret, mutta niiden hyödyntämiseen liittyy ongelmia:
 - infrastruktuuri
 - poliittinen halukkuus (takeet tarjonnasta, investointien tuottavuus)
 - ympäristövaikutukset (CO₂, SO₂, lentotuhka)
- Joissakin maissa ydinenergia voisi ratkaista energiantuotanto-ongelmat. Uraania riittää muutaman vuosikymmenen ajaksi, kunnes hyötöreaktorit (breeder) helpottavat pitkän tähtäyksen tarjontaa. Ydinenergian kasvaneeseen käyttöön liittyvät ongelmat on kuitenkin ratkaistava:
 - suuren yleisön hyväksyminen
 - ydinase materiaalin tuottaminen

- Öljyn korvaaminen. Korvikkeet:

- hiilen kaasuttaminen
- hiilen nesteytys
- öljyliöske
- öljyhiekka

Vaikka teknologia tunnetaan, lisää tutkimus- ja kehitystyötä tarvitaan. Kustannukset ovat korkeat.

- Uusiutuvista energiavaroista aurinkoenergian ns. alhaisen lämpötilan sovellutukset kasvavat asteittain pääasiassa rakennusten lämmityksessä, mutta ns. korkean lämpötilan sovellutukset vaativat vielä tutkimus- ja kehitystyötä. Näiden sovellutusten kustannukset ovat vielä 10-kertaa liian korkeat.
- Geotermisellä energialla on paikallista merkitystä. Tuulen, biomassan, metaanin ja muiden uusiutuvien varojen osuus maailman energian tuotannossa jää vaatimattomaksi, vaikka jotkut niistä näyttelevät paikallisesti hyvin tärkeää osaa, kuten esim. biomassassa trooppikissa.
- Energian käytön tehostaminen ja energiasäästöt saattavat olla tärkeimpiä energialähteitä. Niiden vaikutusta on vaikea arvioida määrällisesti, koska ne riippuvat sovelletuista energiankulutusarvioista. Energian käytön tehostaminen ja energiasäästöt vähentävät myös ympäristöpaineita.
- Energiaprojektien rahoittaminen saattaa aiheuttaa ongelmia. Saattaa olla, että kansalliset liikepankit eivät kykene hoitamaan rahoitustaakkaa ilman Maailmanpankin ja Kansainvälisen Valuuttarahaston apua.
- Maailman energiaongelmien ratkaisemiseen liittyy myös muita ongelmia:
 - voimalaitosten rakentamisen pitkät toteutusajat antavat huolen aiheita.
 - ympäristövaatimukset
 - institutionaaliset pakotteet
 - poliittiset ongelmat
- Kansainvälistä yhteistyötä tarvitaan monilla aloilla, jos aiotaan taata energia-alan järjestelmällinen kehittyminen. Yhteistyötä tarvitaan mm. seuraavilla alueilla:

(kuva 7)

- öljyntuottaja-, teollisuus- ja kehitysmaiden halu ymmärtää toistensa ongelmia ja keskinäistä riippuvuutta sekä halu ongelmien keskinäiseen ratkaisuun.
- kansainvälinen yhteistyö ympäristöpolitiikassa (SO₂, CO₂)
- ydinaseiden tuottamisongelmat
- kehitysmaiden auttaminen tekniikan siirtoon, liikenteeseen, rahoitukseen jne. liittyvillä aloilla
- yhteistyö kansallisten sähköjärjestelmien kansainvälisessä yhdistämisessä suurempien alueiden tai mantereiden puitteissa helpottamaan öljyn, hiilen ja maakaasun korvaamista muilla polttoaineilla.
- lim. ratkaisemattomat ongelmat eivät ole vain energiavaroihin ja tekniikkaan liittyviä, vaan sisältävät joukon monia muita:
 - infrastruktuuri
 - ympäristövaatimukset
 - kansainvälinen yhteistyö

WEC 1980 MÜNCHEN/YHTEENVETO

Kuvat:

- | | |
|--------|---|
| Kuva 1 | "Static Lifetime" of primary energy reserves |
| Kuva 2 | Maaailman energian kulutus 1976 - 2020 (taulukko) |
| Kuva 3 | WEC:n arvioima maailman koko raakaenergian kulutus ja säästöpotentiaali 1975 - 2020 |
| Kuva 4 | Maaailman energiakulutuksen jakaantuminen teollistuneiden ja kehitysmaiden kesken 1970 - 2020 |
| Kuva 5 | WEC:n arvioima maailman eri energialähteiden tuotantokapasiteetti 1975 - 2020 |
| Kuva 6 | Globaalinen primäärienergian tarpeen jakaantuminen raakaenergiälähteille 1980 - 2020 |
| Kuva 7 | Suomen primäärienergian tarve 1980 - 2000 |

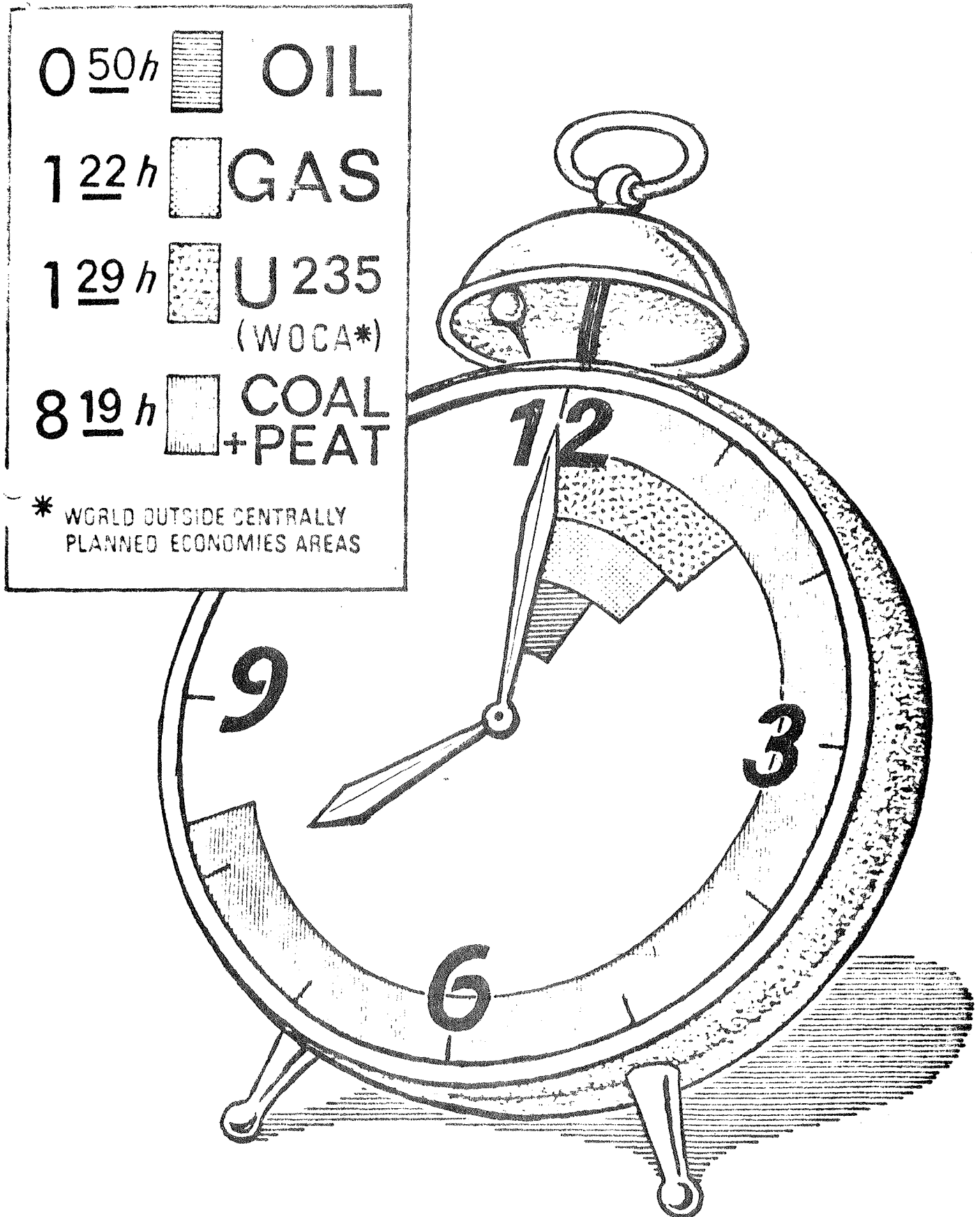


Fig. 1 "STATIC LIFETIME" OF PRIMARY ENERGY RESERVES (TOTAL ENERGY RESERVES: ≈ 12 HOURS)

MAAILMAN ENERGIAN KULUTUS 1976 - 2020:

	1976		2020	
	GTOE/A	TOE/CAPITA, A	GTOE/A	TOE/CAPITA, A
1. TEOLLISTUNEET MAAT	5	4.5	13.6	6.5
2. KEHITYSMAAT	1.7	0.6	10.4	1.5
KOKO MAAILMA	6.7		24.0	

11

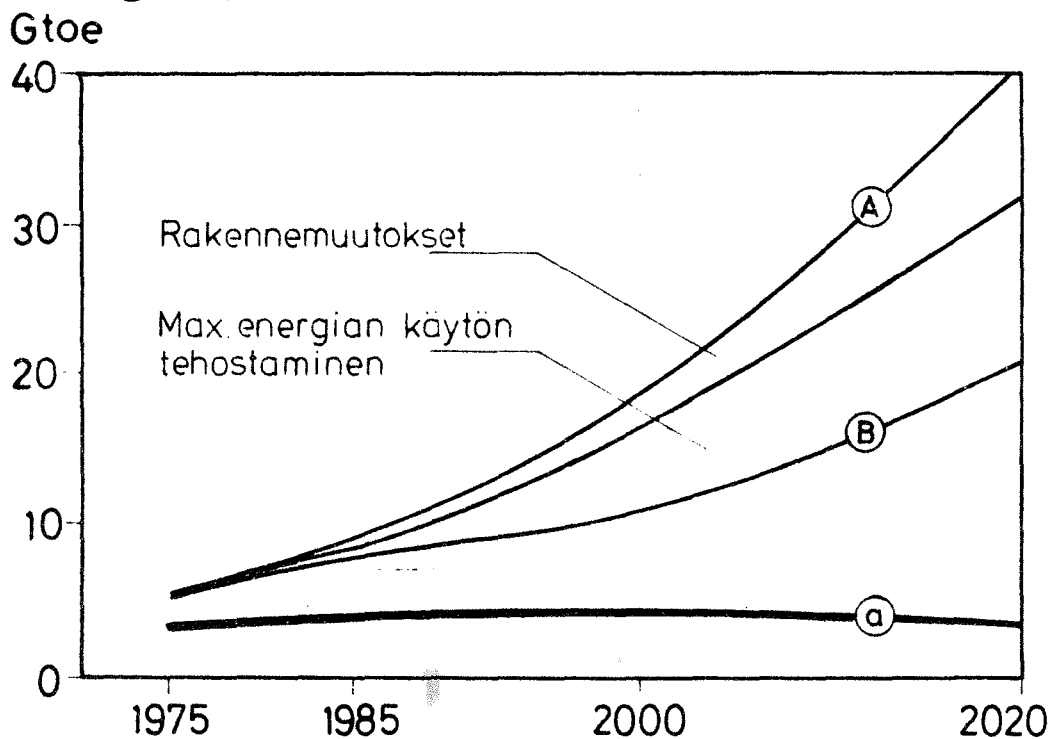
WLC 1980

10.11.1980

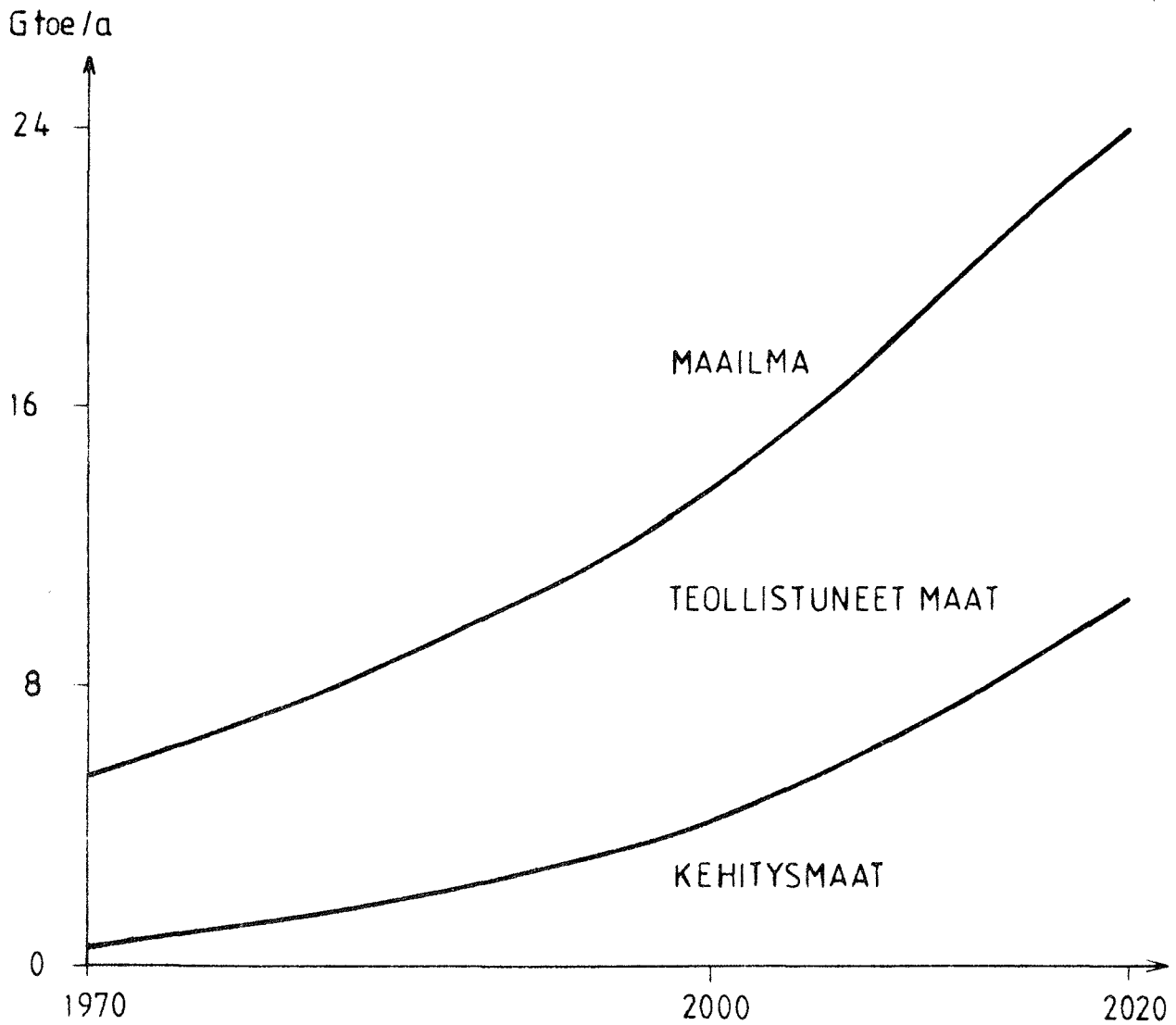
WEC:n ARVIOIMA MAAILMAN KOKO RAAKAENERGIAN
KULUTUS JA SÄÄSTÖPOTENTTIAALI 1975-2020 (Gtoe/a)*

*Talouskasvu 1975-2000 4,6%/a
2000-2020 4,1%/a

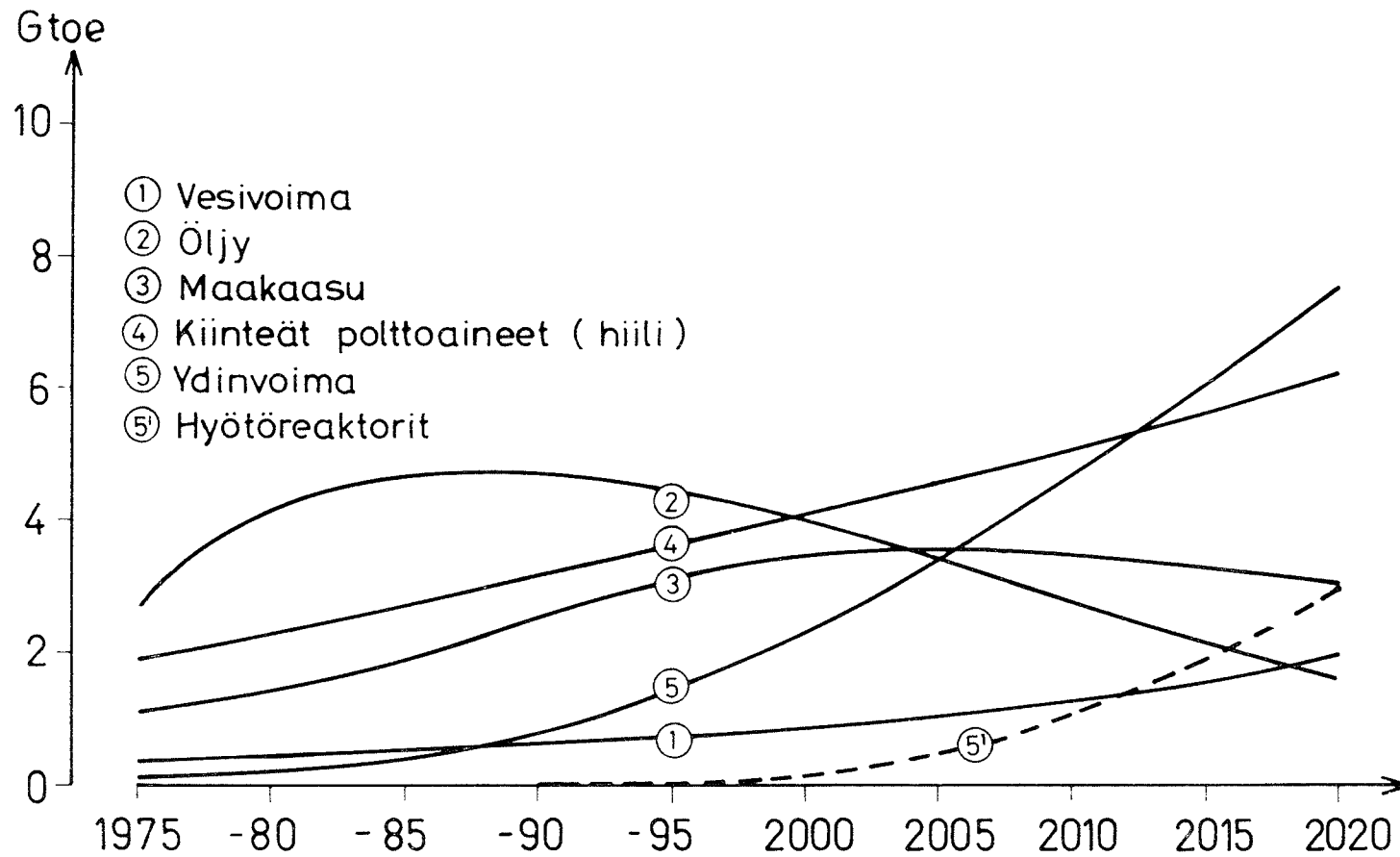
- Ⓐ Raakaenergian kulutus, kun oletetaan energian kulutus/kokonaistuotos = vakio
- Ⓑ Raakaenergian kulutus, kun oletetaan rakennemuutoksia ja max. energian käytön tehostaminen nykyisen teknisen tuntemuksen puitteissa
- Ⓐ Öljyn tuotanto



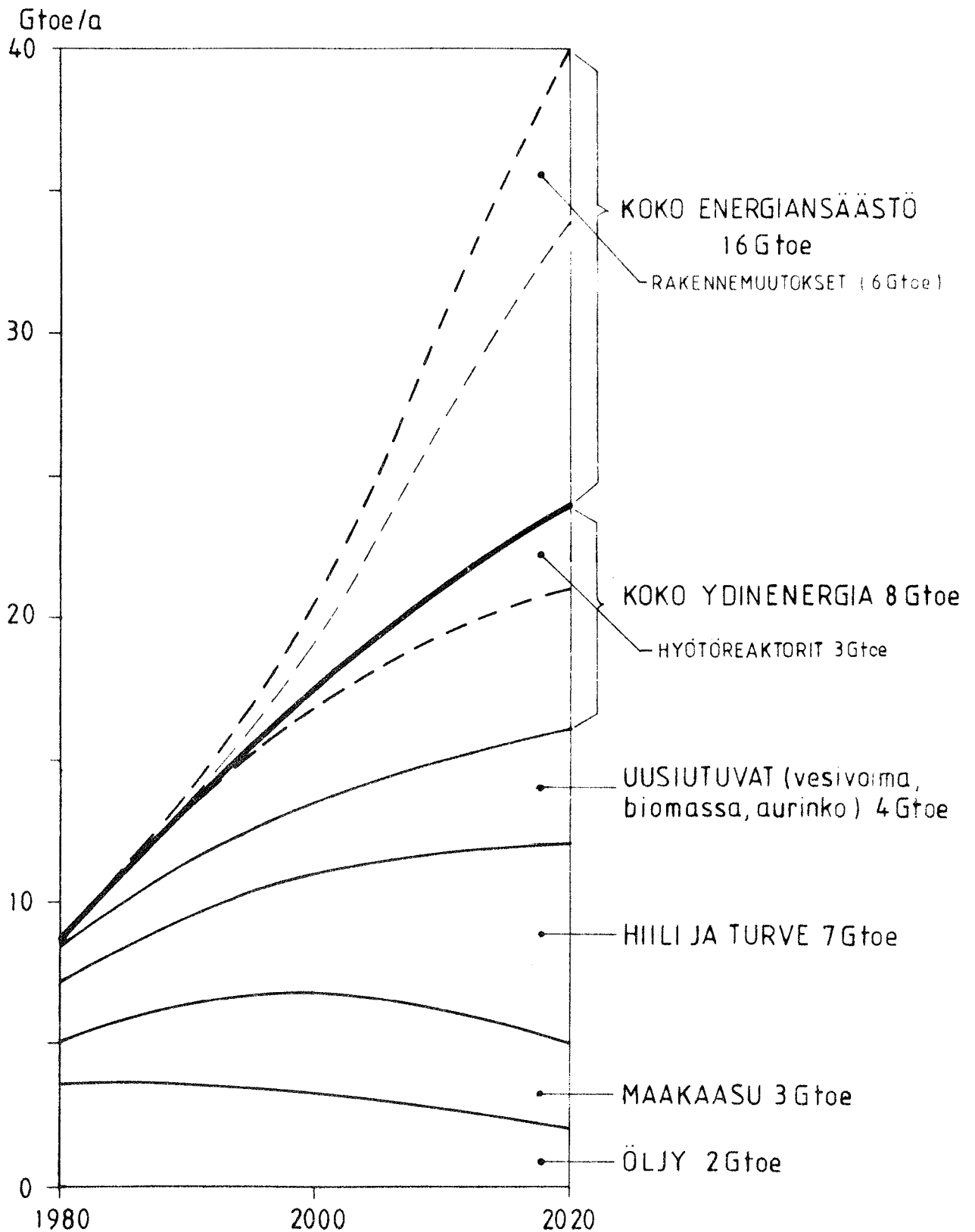
WEC:n ARVIOIMA MAAILMAN ENERGIAN KULUTUS 1970 - 2020 (Gtoe)



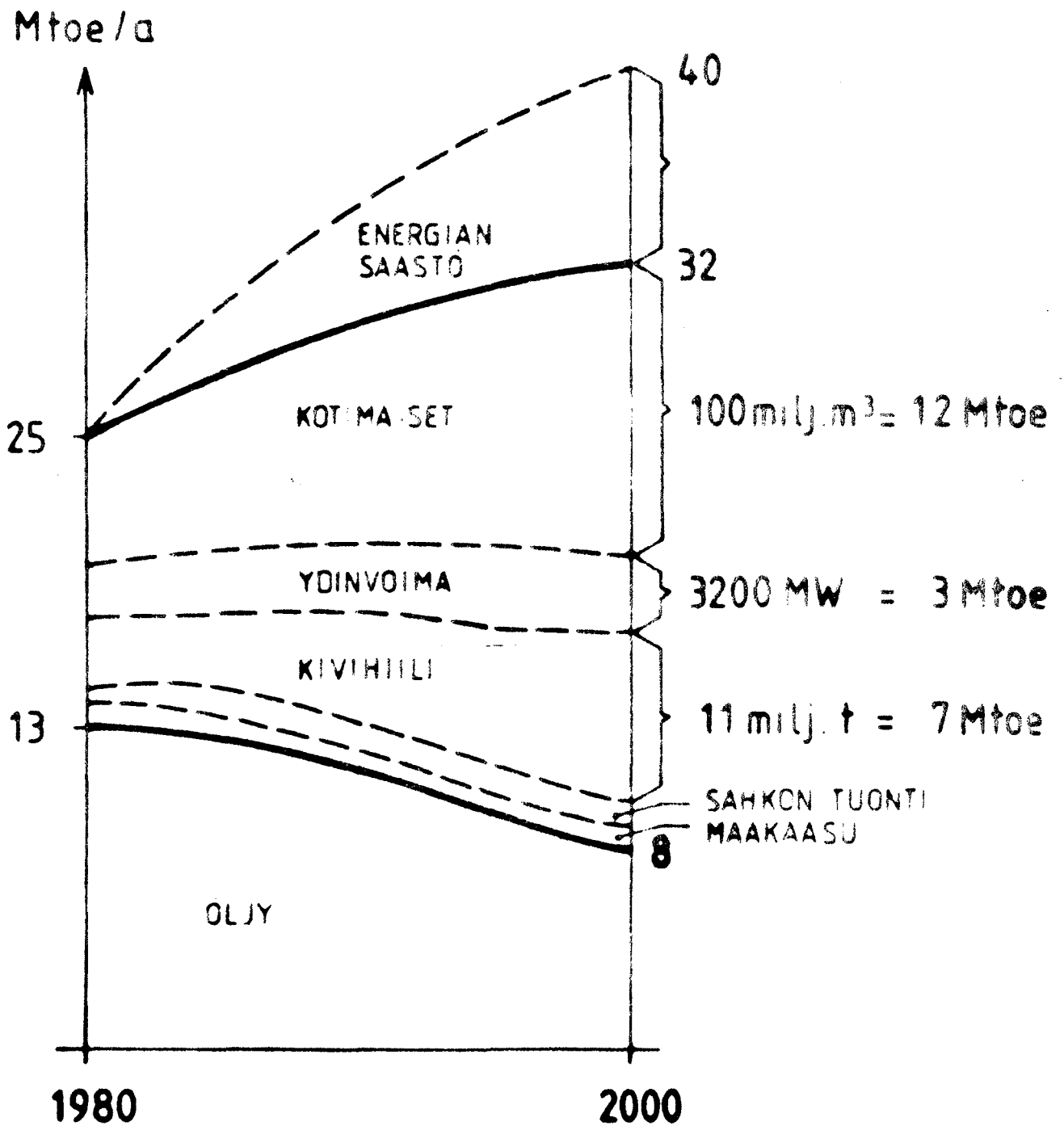
WEC:n ARVIOIMA MAAILMAN ERI ENERGIALÄHTEIDEN POTENTIAALINEN TUOTANTOKAPASITEETTI 1975-2020 (Gtoe/a)



GLOBAALINEN PRIMAÄRIENERGIAN TARPEEN JAKAANTUMINEN RAAKAENERGIALÄHTEILLE 1980-2020 (WEC)



PRIMAARIENERGIAN TARVE



Professori Jorma Routti
Teknillisen fysiikan osasto
Teknillinen korkeakoulu

Suomen Atomiteknillinen Seura
Kokous 1980-11-13

YDINENERGIA KANSAINVÄLISTEN ENERGIATUTKIMUSTEN VALOSSA

1. Energiatutkimukset

Vuonna 1980 on valmistunut useita kansainvälisiä energiätutkimuksia, joissa ydinenergiaa on käsitelty yleisempien energiäkysymysten osana. Tämä lähestymistapa onkin monelta kannalta ainoastaan ydinenergiaan keskittyviä tarkasteluja parempi. Ydinenergian mahdollinen panos maailman energiahuollossa tulee selvemmin esille ja myös seuraukset tämän mahdollisuuden käyttämättä jättämisestä arvioiduiksi. Ydinenergian hyväksyttävyyys riippuu suurelta osin turvallisuustasosta ja ympäristövaikutuksista, tai paremminkin yleisön käsityksistä niistä. Myös nämä kysymykset saavat oikean perspektiivin eri energialähteitä rinnakkain tarkasteltaessa. Mutta myös ydinenergian asiantuntijoille laajempi energiakuva on välttämätön. Siitä riippuu ydinpolttoaineen hinnan ja polttoainekierron kehityksen aikataulu sekä reaktoristrategiat nykyistä tehokkaampien konversio- ja hyötöreaktorien käyttöönotossa.

Uusista kansainvälisistä energiätutkimuksista mainittakoon erityisesti seuraavat ja niissä esiintyvät ydinenergiakappaleet:

WEC, World Energy Conference,
"Survey of Energy Resources 1980", 350 p. + Appendixes,
Chapter 3, Nuclear Resources, 100 p.

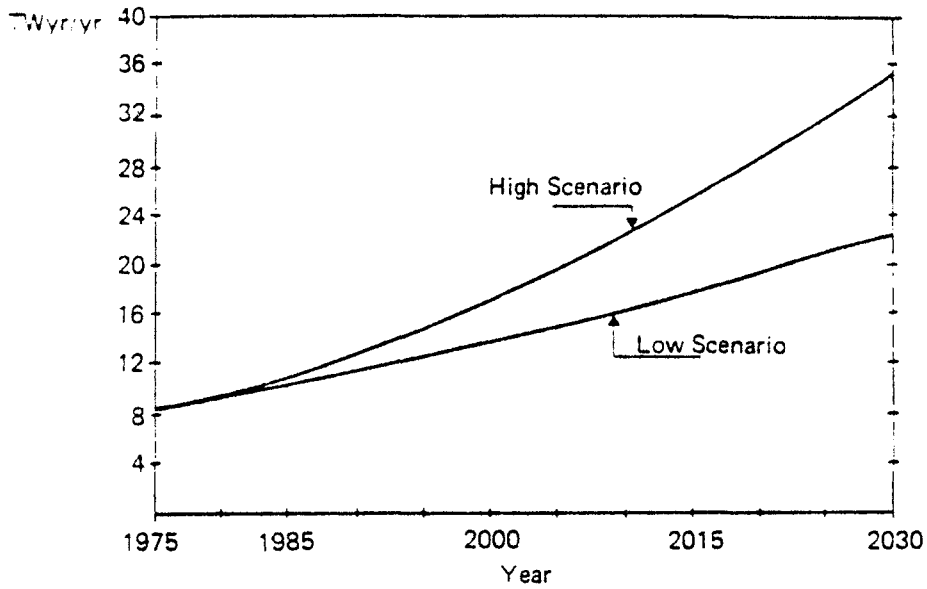
CONAES, Committee on Nuclear and Alternative Energy Systems,
National Research Council, Academy of Sciences, USA,
"Energy in Transition 1985-2010 (1980) 677 p.,
Chapter 5, Nuclear Power, 135 p.

IIASA, International Institute for Applied Systems Analysis,
"Energy in a Finite World" (1980) 843 p.,
Chapter 9, The Nuclear Option, 55 p.

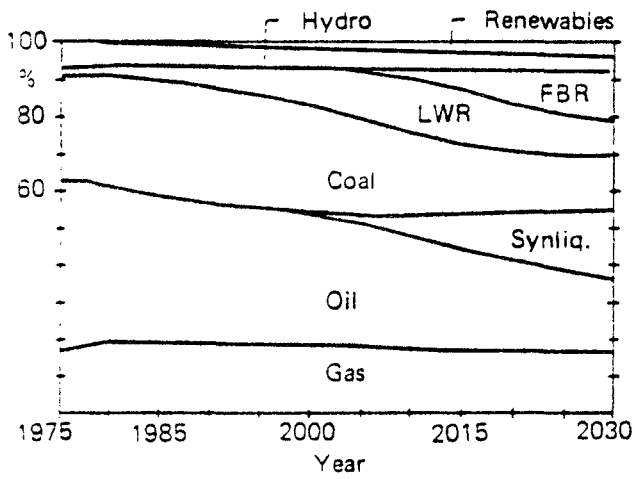
WEC on kansainvälinen järjestö, jonka jäseninä ovat kansalliset toimikunnat lähes kaikista maista, niin teollisuus- kuin kehitysmaista, markkinatalous- ja sosialistisista maista sekä energiaa tuovista ja vievistä maista. Sen katsaus on ajanmukaisin kartoitus maailman energiavaroista ja niiden geologisesta ja valtiollisesta jakautumasta. Tutkimus julkaistiin WEC:n yleiskokouksen yhteydessä Münchenissa syyskuussa 1980.

CONAES on Yhdysvaltojen osalta energiatransitiota ja siinä erityisesti ydinenergian osuutta käsitellyt Tiedeakatemian toimikunta, jonka jäseninä olivat erilaisia näkökantoja niin ydinenergiasta kuin sen vaihtoehtoista omaavat henkilöt. Selvitys kartoittaa tilannetta lähinnä Yhdysvalloissa, mutta sen näkökohdat erityisesti hyväksyttävyysskysymysten käsittelyssä ovat muuallakin käyttökelpoisia.

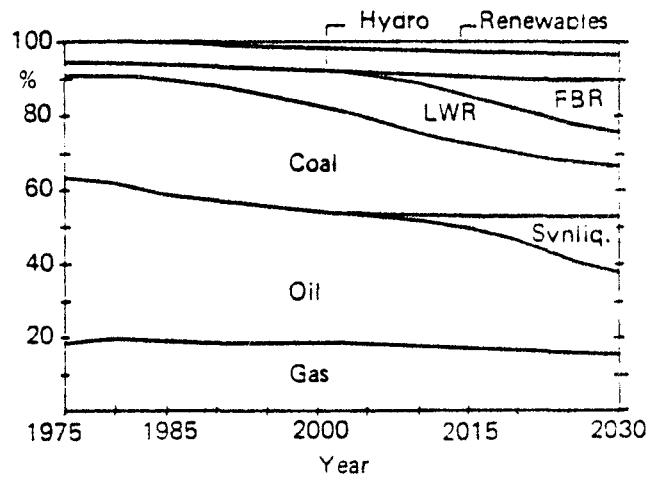
a) Total Primary



b) Shares by Source, High Scenario



c) Shares by Source, Low Scenario



IIASA: Global primary energy: two supply scenarios, 1975-2030.

IIASA on Laxenburgissa Itävallassa toimiva tutkimuslaitos, jonka pääjäseninä ovat Neuvostoliitto ja Yhdysvallat ja pienemmin mutta keskenään yhtä suurin osuuksin monet OECD-maat, Suomi niiden joukossa. Pitkän tähtäimen energianäkymiä vuoteen 2030 ja sen jälkeenkin kartoittava tutkimus on laitoksen mittavimpia, ja myös perusteellisin kokonaiskatsaus toistaiseksi tällä alalla. Erityisen mielenkiintoisia ovat arviot ydinenergian ja uusiutuvien energialähteiden osuudesta fossiilisten polttoaineiden kauden loppupuolella ja sen jälkeen.

Edellä mainittujen tutkimusten perusteella käsittelen seuraavassa ydinenergiakysymyksiä tarkastellen kokonaisenergian kysyntäarvioita ja eri energialähteiden tarjontatilannetta, ydinpolttoainevaroja ja niistä riippuvia reaktoristrategioita sekä myös energiapolitiikasta riippuvia reaktoriohjelmiä.

2. Energian kysyntäarviot ja eri energialähteiden tarjontatilanne

Maaailman nykyinen 4 miljardin väestö käyttää energiaa keskimäärin 2 kW termistä tehoa henkeä kohden eli yhteensä n. 8 TW. Vuoteen 2030 mennessä arvioidaan väestön kaksinkertaistuvan ja kokonaisenergian kysynnän kolmin-kertaiseksi. Kasvu keskittyy kehitysmaihin ja myös suunnitelmatalous-maihin teollistuneiden maiden osuuden pienentyessä.

Öljy kattaa maailman energiasta nyt puolet. Sen tunnetut varat ovat n. 90 Gt vuosituotannon ollessa 3 Gt. Tuotanto ei kuitenkaan juuri enää nouse joten öljyn osuus pienenee. Suuret kokonaisvarat ja niiden jatkeeksi tulevat suunnilleen yhtä suuret liuskeöljy- ja tervahiikkavarat mahdollistavat kuitenkin nestemäisten polttoaineiden tarjonnan niitä vaativiin kohteisiin vielä pitkälle ensi vuosisadan puolelle.

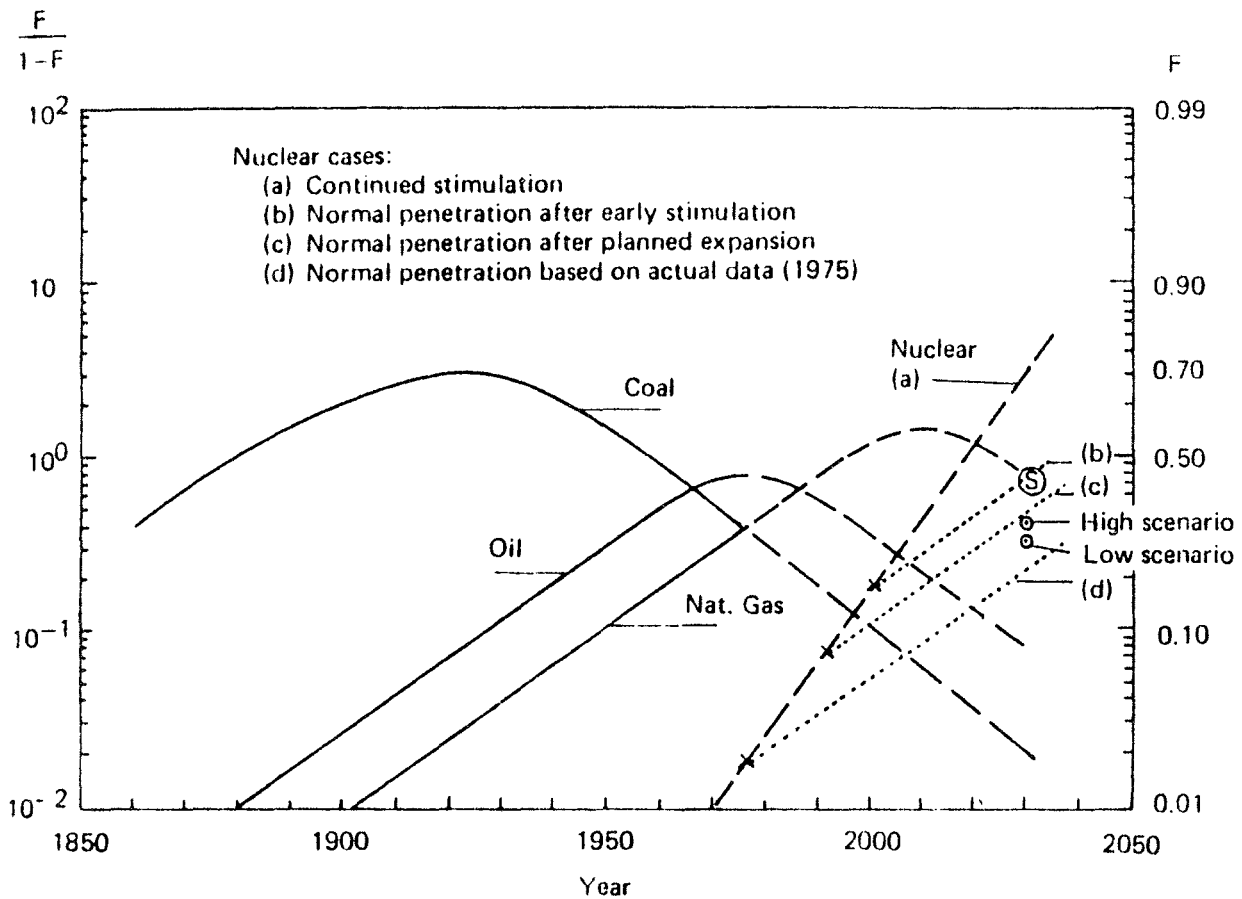
Maakaasun tunnetut varat vastaavat n. 60 Gt öljyä, arvioidut kokonaisvarat n. 180 Gt ja vuosituotanto 1 Gt. Tuotantopotentiaali on ainakin kaksinkertainen mutta vaatii mittavia siirtojärjestelmiä. Kaasun tuotantoprofiilit seuraavat muodoltaan öljyä n. 15 vuoden viiveellä.

Kivihiilen tunnetut ja arvioidut kokonaisvarat ovat öljyyn verrattuina n. kuusinkertaiset. Sen osuus on jatkuvasti laskenut ja yltää nykyisin noin viidennekseen koko energiasta. Vain n. 10% hiilestä on maailmankaupassa ja siitäkin suuri osa on koksashiiltä. Tuotanto voisi kaksinkertaistua ja kansainvälinen kauppa kymmenkertaistua v. 2000 mennessä, mikä kuitenkin edellyttää huomattavia investointeja tuotantoon ja kuljetukseen. Käytön hintaa nostavat merkittävästi savukaasujen puhdistuvaatimukset ja pitkällä tähtäimellä poltossa vapautuvan hiilidioksidin aiheuttamat ilmastolliset vaikutukset asettanevat ylärajan hiilen käytölle ennenkuin sen kokonaisvarat.

Uusiutuvien energialähteiden, kuten vesivoiman, polttopuun, tuuli- ja aaltoenergian, jne. merkitys kasvaa tulevaisuudessa, mutta niiden kokonaispanos jäänee alle viidennekseen v. 2020 mennessä. Edellä mainittujen ns. pehmeiden uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen yläraja on n. 6 TW. Erään rajoituksen niille asettaa pieni energiatiheys, joka tyypillisesti on kaksi kertalukua pienempi kuin kaupunkien energiankäyttö pinta-alayksikköä kohden. Ns. kova aurinkotekniikka sähköntuotantoinen jopa satelliittivoimain ja synteettisten polttoaineiden tuotantomahdollisuuksineen on vasta kehityksen alkuvaiheessa ja merkittävän markkinaosuuden saavuttaminen vie kymmeniä vuosia.

URAAANIN ETSINTÄ (WEC)

MAA	PORAUS (km)	LÖYDÖT (kton)	TULOS (kg/m)
Australia	1 100	345	314
Keski-Afrikka	55	16	290
Argentiina	200	42	212
Intia	306	54	178
Suomi	25	3.2	128
Filippiinit	8	0.3	38
Italia	74	2.2	30
Turkki	196	4.1	20
Saksan LTV	205	5.6	28
Espanja	638	16	25
Ranska	5 151	123	24
USA	82 000	1 918	23
Japani	393	7.7	23
Portugali	435	9.2	21
Mexico	723	7.1	10



IIASA: Global market penetration rate of energy sources and considered penetration rates for nuclear power

Energian kysynnän ja tarjonnan tarkastelu korostaa ydinenergian tärkeyttä energiahuollon osana. Sen potentiaalin määräävät ydinpolttoainevarat ja reaktoristrategiat ja käytön asteen myös energiapolitiikan kehitys.

3. Ydinpolttoainekierron kapasiteettiarviot

Uraanivarat luokitellaan tuotantokustannusten ja löydösten luotettavuuden mukaan. Tunnetut varat (reasonably assured resources) ovat hintaluokassa alle \$80/kg 1.86 Mt ja hintaluokassa \$80-130/kg 0.7 Mt ja arvioidut lisävarat vastaavasti 1.58 Mt ja 0.98 Mt. Geologiset kokonaisvarat ovat paljon suuremmat n. 90 Mt 1 km:n syvyisessä maan pintakerroksessa ja 280 Mt alle 3 km:n syvyudessa. Näiden hyödyntäminen ei LWR-reaktoreita varten ole kuitenkaan mielekäästä, koska jo 70 ppm malmia tulisi louhia yhtä paljon kuin kivihiiltä samantehoiselle laitokselle. Toisaalta hyötöreaktoreita varten se ei ole tarpeellista, koska jo esim. 4 Mt:n louhimisesta LWR-kierrosta tähteeksi jäävä U238 riittäisi 5 TWe FBR-kannalle n. 1000 vuodeksi.

Noin puolet em. 4 Mt:n tunnetuista uraanivaroista on Yhdysvalloissa. Tämä kuvastaa paremmin tähänastisen etsinnän intensiivisyyttä kuin geologista odotusarvoa. Löydöt ovat olleetkin esim. Australiassa ja Keski-Afrikassa rikkaampia ja LWR-reaktoreissa käyttökelpoisen uraanin kokonaismääräksi arvioidaan 15-20 Mt. Kertakäyttökierrossa 4 Mt urania riittäisi esim. 1 TWe LWR-kannalle n. 30 vuodeksi.

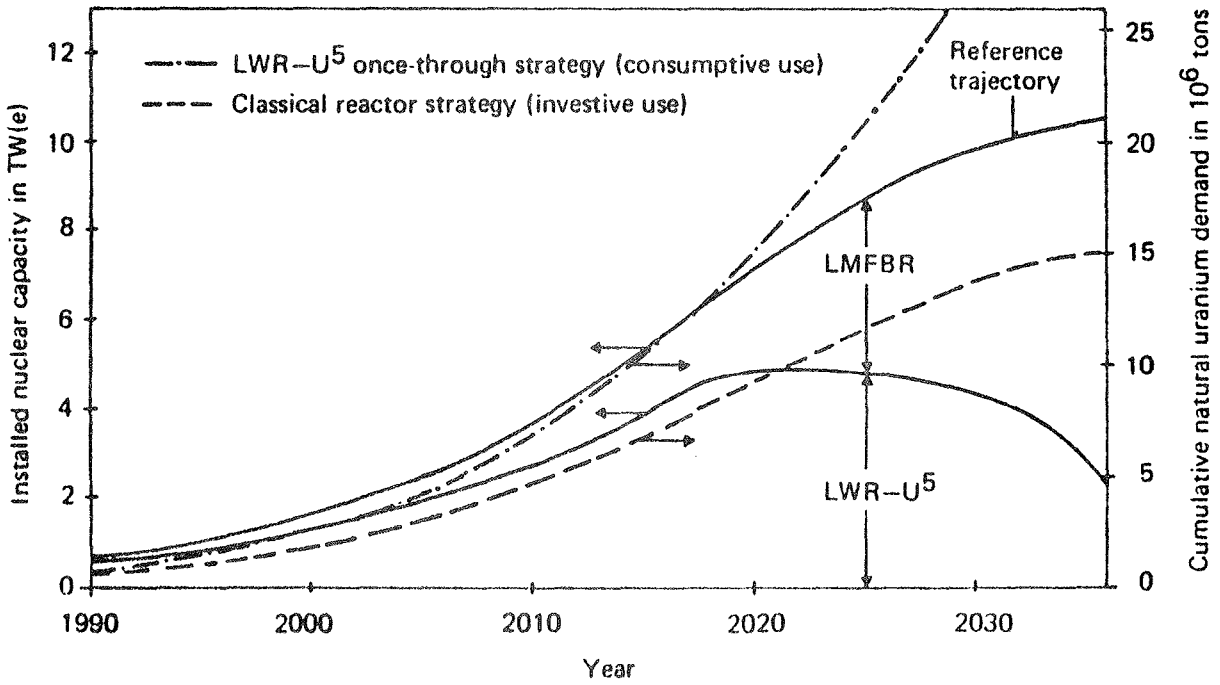
Uraanin vuosituotanto on n. 50 Kt ja tähänastinen kumulatiivinen tuotanto 650 Kt. Suunnitellut tuotannon laajennukset kattavat kysynnän noin v:een 2000 asti, josta lähtien FBR-reaktoreiden osuuden kasvu on tarpeellinen. Uraanin hintakehitystä on vaikea ennakoida, ja hintajoustop ollessa lähes olematon se riippuu kysynnän ja tarjonnan tasapainosta.

Toriumvarat ovat uraanivaroja suuremmat ja koska niiden hyödyntäminen Th232-U233 kierrossa vastaa U238-Pu239 kiertoa eivät ne asettaisi rajoituksia korkealämpötilareaktoreiden kannalle. Fuusiopolttoaineista litium tritiumin hyötämiseen olisi ainakin yhtä riittävä ja deuterium ehtymätön.

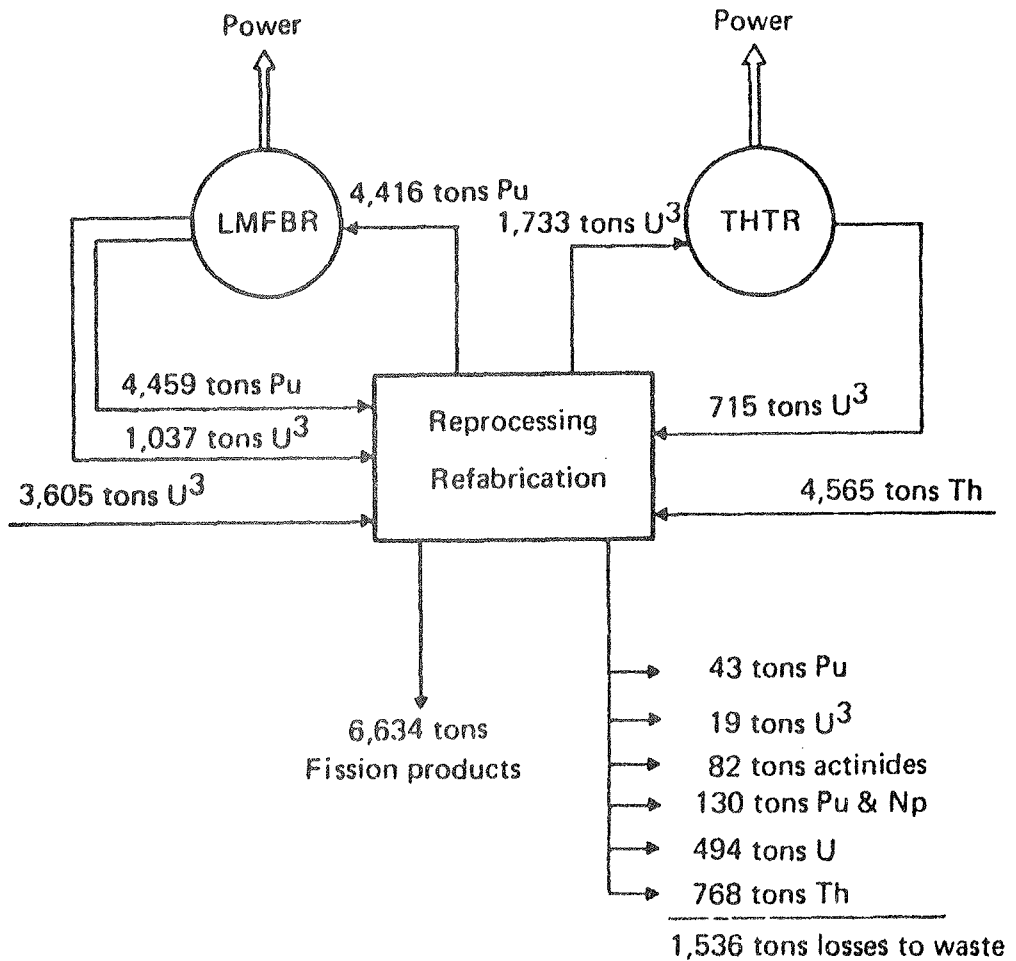
Väkevöintikapasiteetti on nykyisin riittävä ja se on melko nopeasti laajennettavissa kysynnän mukaan. Sentrifugi- ja suutintekniikka ovat kehittyneet nopeasti ja suurin osa laajennuksista suunnitellaan niiden varaan. Polttoaineen valmistuskapasiteettia on vielä helpompi laajentaa kysynnän kasvaessa.

Jälleenkäsittelykapasiteetti on riittämätön ja kaupalliseen käyttöön ovat lähinnä tulossa vain 1.5 kt laitos Ranskassa ja Englannissa. Jo nykyisten reaktorien tuottaessa tätä enemmän käytettyä polttoainetta kasvavat sen varastot nopeasti ja yltyvät arviolta 300 t:n määrään v. 2000. Jälleenkäsittelyn ja uudelleenkierrätyksen ongelmat liittyvät epätietoisuuteen reaktoristrategioiden valinnassa, joskin kaikki energiatutkimuksen korostavat niiden tarpeellisuutta ja hyötöreaktoreiden kehittämisen tärkeyttä.

Myös ydinjätteiden loppusijoitus kytkeytyy jälleenkäsittelyratkaisuihin, jotka ovat vielä keskeneräisiä. Sekä käytetyn polttoaineen että jälleenkäsittelyjätteen loppusijoituksen turvallisuus pyritään myös kokeellisesti osoittamaan pikaisesti, mutta varsinaisesti loppusijoitus alkaa vasta v:n 2000 jälkeen. Vaikka pitkä väliaikaisvarastointi helpottaakin loppusijoitusta ja mahdollista jälleenkäsittelyä teknillisesti, aiheuttaa se ongelmia ydinenergian poliittisessa hyväksyttävyydessä.



IIASA: A classical reactor strategy



IIASA: Annual throughputs and losses (in tons) for a 17 TWyr/yr, FBR/HTR operation

4. Reaktoristrategiat ja reaktoriohjelmat

Uraanivarat sallivat LWR-kannan kasvun 1 TWe:n tasolle, johon päästäneen v:n 2000 tienoilla. Uraanin ja plutoniumin jälleenkierro sekä köyhdytetyn uraanin U235 pitoisuuden pienentäminen nykyisestä 0.25%:sta pidentäisivät uraanin riittävyttä yhteensä lähes kertaluvulla kaksi. Tehokkaat konversioreaktorit, kuten raskasverimoderoidut reaktorit, voivat päästä lähellä hyötöä ja niiden lisäuraanitarve olisi pieni. Mutta vain hyötöä sallii reaktorikannan kasvun rajoitettujen uraanivarojen puitteissa.

Siirtymävaihetta LWR-kannasta konversio- ja hyötöreaktoreihin on kartoitettu IIASA:n reaktoristrategioissa. LWR-kanta ei niissä kasvu juuri yli 1 TWe:n tason, jolloin kumulatiivinen uraanitarve ylittää 12-15 Mt:iin asti. Pitkällä tähtäimellä voitaisiin siirtyä sähköä tuottavaan LMFBR-kantaan ja synteettisiä polttoaineita ja prosessilämpöä tuottaviin THTR-reaktoreihin (Thorium High Temperature Reactor), joiden polttoainekiertojen massavirrat olisivat raaka-ainevaatimuksiltaan pienet, esim. 17 TW järjestelmä käyttäisi vuosittain n. 4 Kt uraania ja toriumia, jotka se polttaisi lähes kokonaan fissiotuotteiksi.

Nykyiset ydinenergiaohjelmat ovat näihin pitkän tähtäimen potentiaaliin mahdollisuuksiin verrattuna hyvin pienet. Käytössä on noin 100 GWe ja rakenteilla ja tilattu n. 150 GWe. Reaktoriteollisuuden kapasiteetti on Ranskaa ja Neuvostoliittoa lukuunottamatta vajaakäytössä ja 1980-luvun lopun tilauskannan pienuus asettaa eräiden valmistajien jatkamisen kyseenalaiseksi. Vuoden 2000 tavoitteista on jatkuvasti tingitty, vaikka kiristynyt energiatilanne antaa aihetta odottaa rakennustahdin kiihtyvän 1990-luvulla. Kapasiteetti yltäneen korkeintaan 1 TWe:een asti, joka toisaalta on aikaisempia pari-kolmekertaisia ennusteita paljon helpommin toteutettavissa polttoainekierron rajoitukset välttämättä.

Ydinenergiaa koskevissa odotuksissa on liikuttu alkuaikojen ylioptimismistä viime vuosien liioiteltuun pessimismiin. Odotettavissa ja toivottavissa on realismin kausi, joka pyrkii ja pystyy vielä avoimena olevat teknilliset kysymykset selvittämällä varmistamaan ydinenergian käytön poliittisen hyväksyttävyyden ja sen merkittävän potentiaalin hyödyntämisen maailman energiaongelmien ratkaisuisissa.

URANIUM ENRICHMENT BY EURODIF

(by Mr. Jean SOREL)

I - HISTORY OF THE PROJECT

I-1 Historical grounds and status of EURODIF

With the development of the light water cooled reactor system using enriched uranium, it became apparent that the existing US potential alone would not be sufficient to satisfy the demand created by such growth.

Several initiatives were taken both in Europe and the United-States to remedy this situation: France proposed in 1969 to European countries to benefit from its industrial experience in enrichment.

After two years of discussions, a study group was formed in 1972 to evaluate the feasibility of the project. The group reached a positive conclusion in 1973 and EURODIF was incorporated in November 1973 to take over the business of uranium enrichment.

The organization chart in SLIDE 1 shows the shareholding of EURODIF, as of today.

I-2 The project

SLIDE 2 shows the original schedule chart, as established by the study group by the end of 1973. The choice of the site took place at the beginning of 1974 as forecasted. After a year of administrative procedures and earthwork, the construction of ancillary and first cascade units began. Three years later, the first diffusion stages were running for preliminary tests and one year after, the first cascade was in operation and production started. In spite of a very tight schedule, everything was on time.

The second cascade unit started just afterwards and was in full operation by September 1979 and the third one has now been on stream for six weeks, slightly earlier than expected.

The entire plant will be completed by the end of 1981 and full production capacity will be reached in 1982.

By that time, with a production capacity of 10.8 million SWU's/year EURODIF will have a share of almost one third of the production of the Western world and will be able to supply up to one hundred standard nuclear power plants. That is to say that EURODIF is becoming a major and reliable supplier of enrichment services.

II - THE GASEOUS DIFFUSION PROCESS

II-1 Principles

In a closed chamber, at a given temperature, kinetic energy is the same for every molecule. It means that a light molecule moves faster and collides with wall a number of times greater than heavy molecules.

In the gaseous diffusion process, wall is a porous membrane and light molecules have a greater probability than heavy ones to cross any given pore.

Thus, there is enrichment by diffusion through the membrane. The corresponding separation factor α is, according to Knudsen's Law, equal to the square root of the ratio of the molecular mass of the heavier to the lighter isotope.

As atomic uranium can hardly be used as a process gas due to its low vapor pressure even at high temperatures, the combination of uranium with elemental fluorine, which has only one isotope of mass 19, is used. It is called uranium hexafluoride UF_6 and the

molecular masses of the two isotopes U_{235} and U_{238} are respectively 349 and 352.

$$\text{thus, } \alpha = \sqrt{\frac{352}{349}} = 1.0043$$

The theoretical enrichment factor $\xi_{th} = \alpha - 1 = 0.0043$ is quite small and assumes in particular that its mean free path is large in comparison to the pore size of the barrier.

As the gas flows along the membrane, it becomes more and more depleted with respect to the entering gas. This is one of the reasons why the theoretical separation factor cannot be attained in practice as it is minored by a certain number of factor taking into account:

- the θ ratio of the gas enriched by diffusion to that entering the stage,
- the existence of a boundary layer at the membrane wall,
- the pressure gradients at the membrane.

These factors lead, in actual practice, to an enrichment coefficient close to 0.0020 and accordingly to a large number of stages installed in series. The EURODIF plant at TRICASTIN requires 1400 stages.

A gaseous diffusion stage is built around the diffuser housing barriers (SLIDE 3). Part of the gas becomes enriched by diffusion through the membrane from the high to the low pressure side. The enriched gas is sent to the stage above. A compressor is required to maintain the specified pressure levels. As diffusion is done without external work, the quasi totality of the energy supplied to the gas by the compressor must be removed as heat. The non-diffused gas is depleted and is sent to the stage below. But as it flows along the membrane, its pressure decreases and must be brought back to the diffuser's inlet pressure. So, the depleted gas is first sent to the two stages below compressor, at an intermediate level.

II-2 Structure of a plant

The number of stages in series depends both from the isotopic assays required for the product and the waste and from the performances of the equipments in their operating conditions.

In theory, the best arrangement is obtained in an ideal cascade when each stage is slightly smaller than its predecessor to ensure that no mixing takes place in the cascade (SLIDE 4).

In order to benefit from economics of scale in their manufacture, only three sizes have been selected at TRICASTIN.

The natural feed enters at an intermediate point in this cascade and, as in a distillation column, the enriched product is withdrawn at the top and the depleted product at the bottom.

The number of stages in the enriching and depleting sections of the plant is chosen so as to obtain a close fit with the ideal cascade.

In addition, by acting on flows through pressure control system it is possible to operate under conditions very near from ideality.

III - TECHNICAL ASPECTS

Stages are housed in 4 separate buildings and distributed in groups of 20 stages located in a cell (SLIDES 5 and 6). Such group of 20 stages constitutes an operating and maintenance unit. By means of by-pass and cut-off valves, a group can be taken off stream, enabling the remaining ones to continue their normal operation.

In the warm environment above the cell floor are found the compressor casing, the heat exchanger (located at the compressor's inlet), and at the top, the diffuser housing the barriers.

The compressor's motor is located under the cell floor, in a cool ambiance.

Barriers are the most important components in the plant and are manufactured in order to ensure a high and constant quality as well as a life span of some twenty years.

Compressors are of axial type and take into account the recent advances in aerodynamics enabling high pressure ratios to be obtained with a small number of compression stages. The motor-compressor unit is rotating around a vertical axis. It includes many particular features and mainly two seals. A sophisticated rotating seal to separate the UF6 process gas from the ambience had to be designed to retain a high degree of leak tightness in spite of contact with corrosive UF6. Even though such a rotating seal has an average life expectancy of over 50,000 hours, the compressor has also a static seal which enables the rotating seal to be replaced without having to empty the process circuit from its UF6. This keeps down time very low.

The heat exchanger is located at the compressor's inlet thus reducing somewhat compression's energy. It uses finned tubes of the type used in air coolers inside a coated steel casing.

Aluminium and nickel coated steel are used extensively in the plant due to their good resistance to UF6 corrosion and the manufacturing techniques have been selected so as to obtain leaktight components and close manufacturing tolerances. Thus plant components can be easily mounted and exchanged or replaced.

SLIDE 7 shows the nickel-coating plant, on the site, where the inner surfaces of the vessels and pipes are nickel-coated.

On SLIDE 8 are shown three compressor casings of the three sizes inside of the plant. On the lay-out of the TRICASTIN plant (SLIDE 9) you can see the four buildings, each building housing groups of stages of the same size (SLIDE 10).

The front of the four buildings linked together by interconnecting galleries forms a continuous facade of 850 meters long.

In order to operate, the diffusion cascade must be supplemented with a fairly large number of auxiliaries especially to perform four essential functions.

Two of these functions relate to energy: they involve the electricity supply and distribution on the one hand and the heat removal at the other. Electricity is supplied by 4 nuclear power stations of each 930 MWe (SLIDE 11).

A plant such as the TRICASTIN one needs at full capacity a permanent supply of 3,000 MW of electricity.

Gaseous diffusion is often criticised for its appetite of energy; without denying this characteristic it must be pointed out that the energy consumed to enrich the fuel needed for the power stations requires finally less than 4 % of the power produced by this fuel; this value then turns out to be quite reasonable.

The plant, the power station and the national grid are interconnected through an electrical switchyard (SLIDE 12) which is the largest existing in Europe. The power-station supplies the plant through 220 kV lines and is connected to the grid by auto-transformer raising the voltage to 400 kV.

Power in excess is sent to the grid.

The electrical energy supplied is converted practically in an equal amount of heat, in all the plant cooling circuits. This meant choosing, for the EURODIF plant, to remove the heat by natural draft wet cooling towers (SLIDES 11 and 12), due to the temperature characteristics demanded and the complex organisation of the water circuits. This heat is removed in two wet cooling towers of 90 meters diameter at the base and 120 meters high, after saving of 600 MW for agriculture and local heating purposes. The temperature of water is at 70°C.

The third essential auxiliary function is formed by all the equipment used in the handling and processing of the UF₆. This UF₆, solid at ambient temperatures is delivered to the plant in containers. The enriched and depleted products are also shipped back in containers (SLIDE 13).

The reception and delivery of the containers, their weighing, sampling and analysis, are carried out by the REC facility (Réception, Expédition, Contrôle in french). Customers are allowed to attend these operations. In this area non-proliferation control by EURATOM are also carried out. Near the REC, in the "process Annex", the containers are heated up to turn UF6 into gaseous form. This gas is introduced directly in the diffusion plant through a pipe. Through other pipes, enriched and depleted products are withdrawn and put into containers which are sent to the REC.

Finally, the fourth fundamental function is constituted by the "brain" of the plant, i.e. all the monitoring and operating means. Obviously, modern gaseous diffusion plants rely heavily on the possibilities offered in this field by computer methods.

The plant operation is controlled from a single command post (SLIDE 14) by a small shift of 5 persons. So there is no human supervision at local levels thanks to this computarisation.

IV - RELIABILITY AND STEADINESS OF THE PROCESS

It is easy to understand why this process has a very good reliability:

- First, the fact that separating elements, i.e. barriers, are static insures a nearly unlimited life span of the diffusers. In addition, motor compressors run in the range of medium speeds and are not submitted to strong centrifuges forces.
- Then, technological and operational background acquired in industrial experience on a large scale of this type of plant allows to minimize uncertainty in construction as well as in operation and moreover, due to the perfect control of aerodynamic conditions, a very good steadiness in production.

V - ECONOMICAL ASPECTS

V-1 The SWU concept

Let us first recall that the separative work unit (in short SWU) permits to measure the enrichment.

The separative work is obtained by multiplying the uranium mass by the variation of a characteristic function (potential of separation) that depends on the isotopic assay.

It presents some resemblance with heating work which is the product of the concerned mass by the variation of a characteristic function (enthalpy) depending on temperature; and, as well as a quantity of calories does not inform about the rise in temperature, nor does a SWU quantity give an indication about assays.

Therefore, it is necessary to associate to any SWU quantity an enrich product assay and a depleted product assay.

For instance:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ SWU} \\ + \\ 174 \text{ kg U at } 0.711 \% \end{array} \quad \rightarrow \quad \left[\begin{array}{l} 56 \text{ kg U at } 1.8 \% \\ + \\ 118 \text{ kg U at } 0.2 \% \end{array} \right]$$

or

$$\begin{array}{l} 100 \text{ SWU} \\ + \\ 123 \text{ kg U at } 0.711 \% \end{array} \quad \rightarrow \quad \left[\begin{array}{l} 21 \text{ kg U at } 3.25 \% \\ + \\ 102 \text{ kg U at } 0.2 \% \end{array} \right]$$

or

$$\begin{array}{l} 100 \text{ SWU} \\ + \\ 185 \text{ kg U at } 0.711 \% \end{array} \quad \rightarrow \quad \left[\begin{array}{l} 26 \text{ kg U at } 3.25 \% \\ + \\ 159 \text{ kg U at } 0.3 \% \end{array} \right]$$

V-2 The flexibility

The conditions required to increase a 1 ton mass by 1 degree are very different from those required for increasing a 1 kg mass by 1000 degrees, although the work is the same one.

In the same way, enrichment and depleting assays are to be taken into account by the producer of SWUs. However, the gaseous diffusion process allows, for a given facility, variations in assays in the range of those required by reactors without resulting in a significant loss of efficiency.

Such flexibility is entirely offered to the Customers by EURODIF. They may choose freely enriched assays as well as contractual depleted assay.

V-3 The choice of assays

The enriched assays are determined by the reactors needs. Today we are in presence of two adverse effects. While the study of neutrons in reactors leads to a rise of assays, the increase in power leads to the opposite direction.

EURODIF offers assays up to 5 %, limit value which is far above above the present requirements.

The cost of enriched product depends on two components: natural uranium and separative work whose quantities are linked to the tails assay; one component increases when the other decreases.

For the Customer, there is a value of the tails assay at which, with a given ratio of the prices of natural uranium and SWU, cost of the product is minimized.

For instance, for a ratio of 0.75, and enriched product assay of 3.25 % and a 100 SWU's quantity, the cost of the product varies with the tails assay as shown in this table:

$$N_p = 3.25 \%$$

$$C_F/C_{SWU} = 0.75$$

Nw	0.20	0.25	0.30
Q_{SWU}	100	100	100
Q_F kgU	122,9	151,0	185,0
Q_P kgU	20,6	23,2	25,8
C_P/C_{SWU}	9,33	9,19	9,26

In this case, the optimum is obtained with a tails assay of 0.25 %.

EURODIF Customers can freely choose their tails assay within a large range of values, such that the ratio of the components costs can vary from 0.4 to 1.6.

V-4 SWU cost

The SWU cost reflects the charges of EURODIF which are:

- depreciation of the plant
- energy cost
- the other operating costs

Depreciation was calculated with a great precision. In fact, the plant cost was established according to industrial experience and financing was obtained on clearly specified foundations.

Up to now it remains in the range of 9.5 billion of french francs (in constant currency) as evaluated in 1974.

In current french francs, budget figure means an expense of 15.5 billion. When adding the pre-operating expenses, initial inventories, start-up costs, interest during construction period and working capital, the total to be financed amounts to 23 billion french francs.

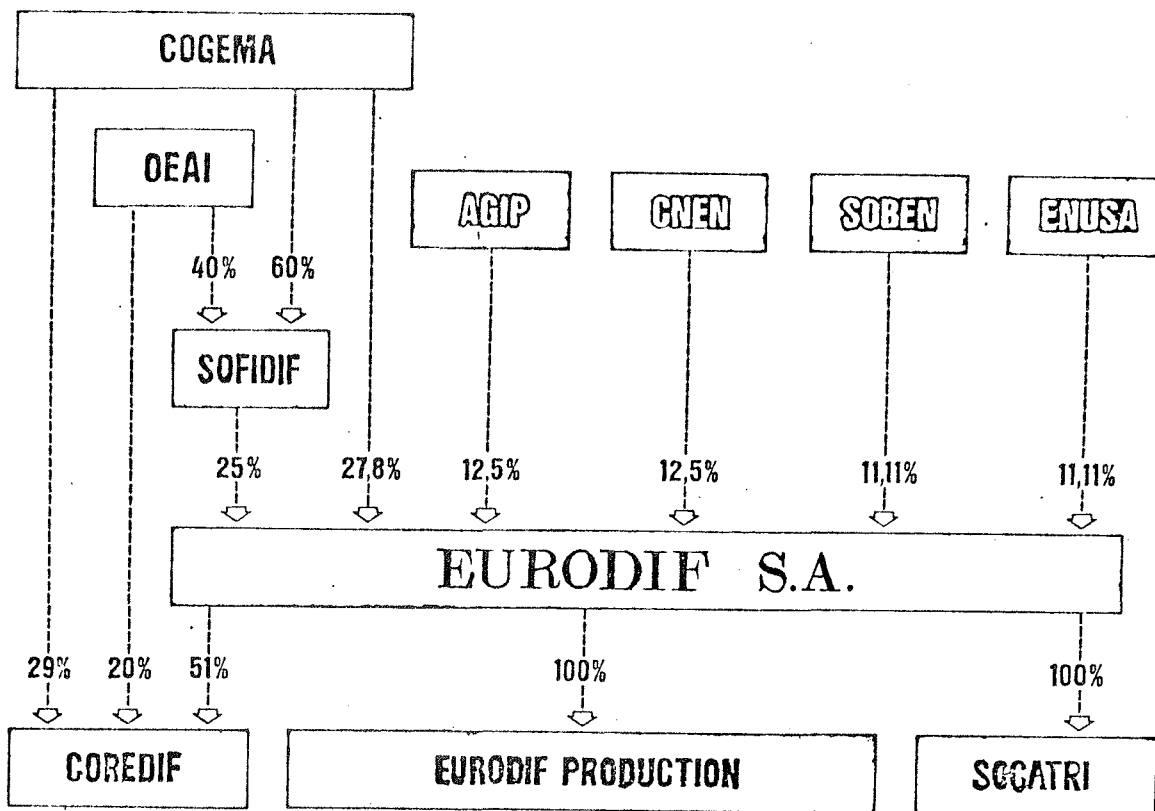
- Energy cost reflects directly the electricity cost supplied by the TRICASTIN reactors.
- In the other operational costs only labour is subject to uncertainty but with 900 men for a production of 11 millions SWU its effect is very small.

Thus it was possible to pre-determine accurately the SWU cost, whose main components are:

Energy: with 2400 kWh/SWU energy represents half of the SWU cost,
Depreciation: which represents 40 % of the cost.

And then to elaborate a guaranteed price with an escalation formula that essentially reflects the monetary inflation.

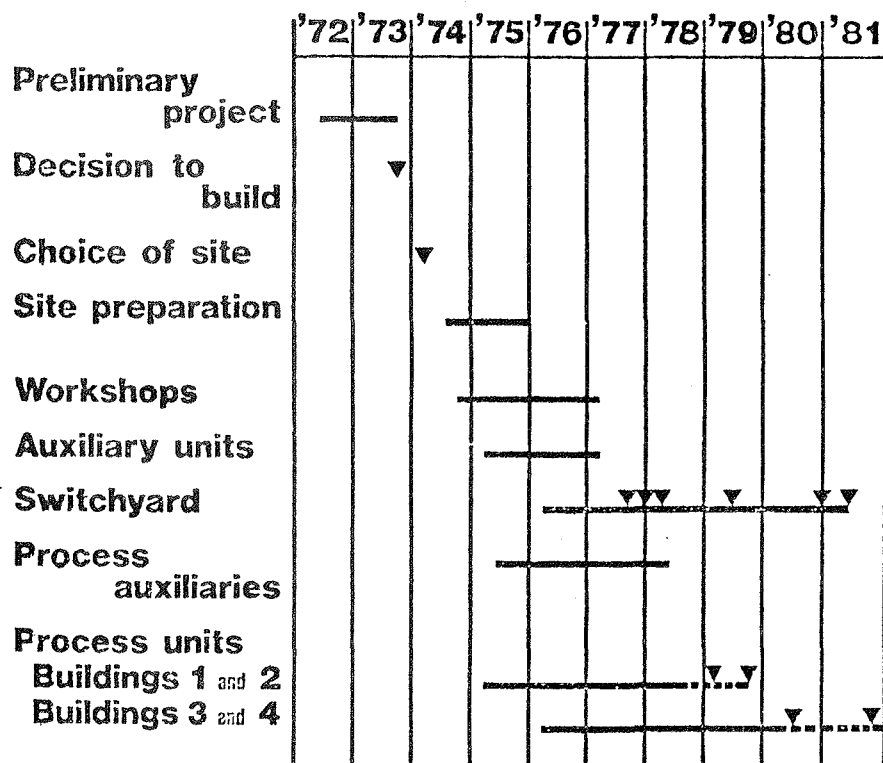
-:-:-:-

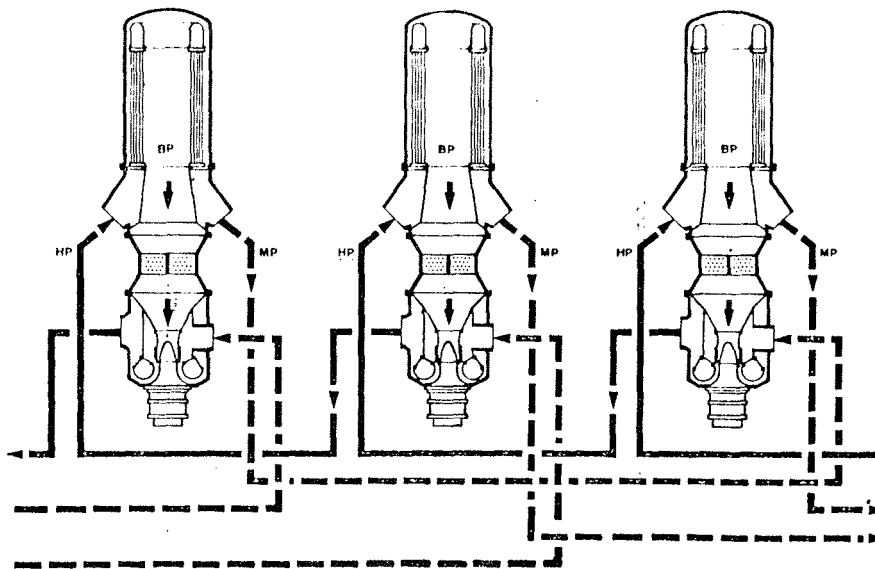


SLIDE 1 : EURODIF SHAREHOLDING

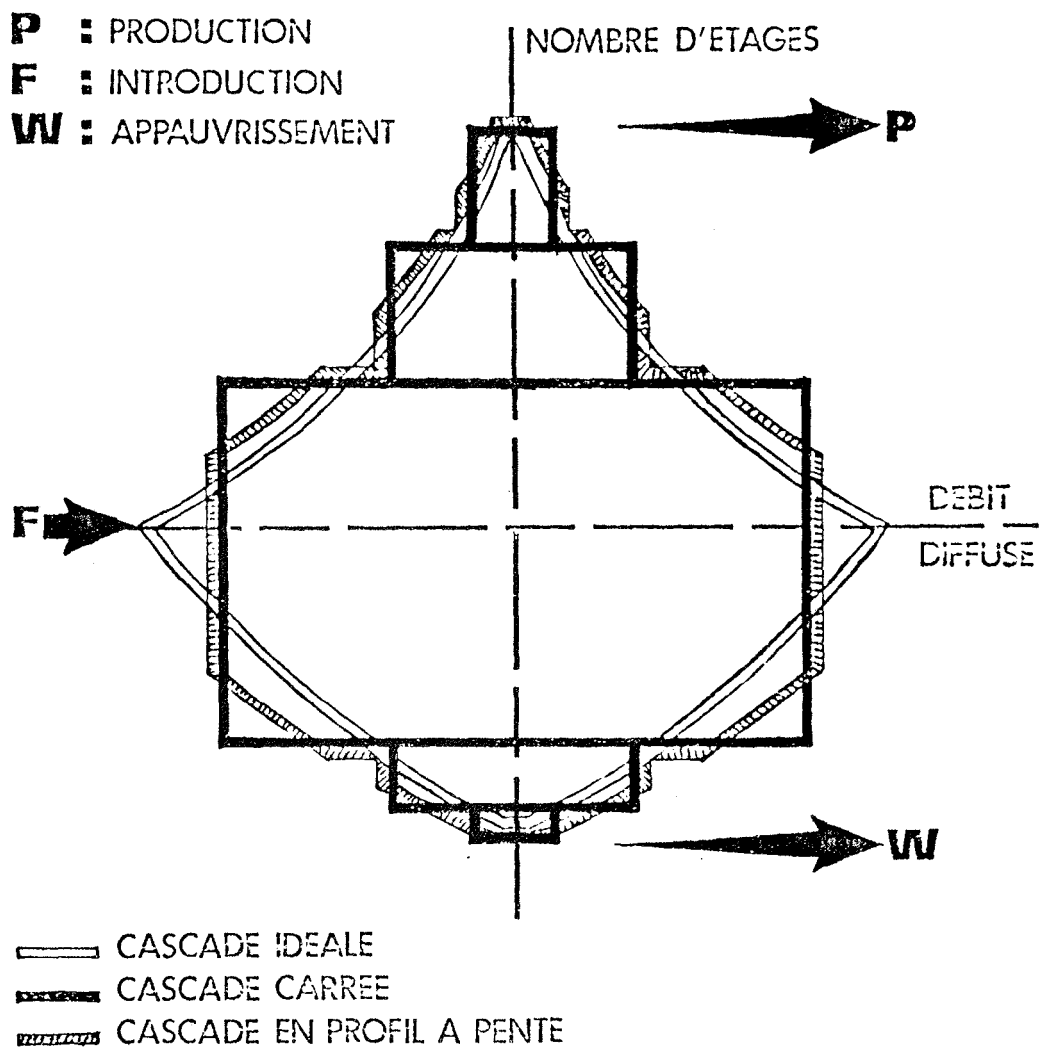
SLIDE 2

EURODIF PLANT CONSTRUCTION SCHEDULING

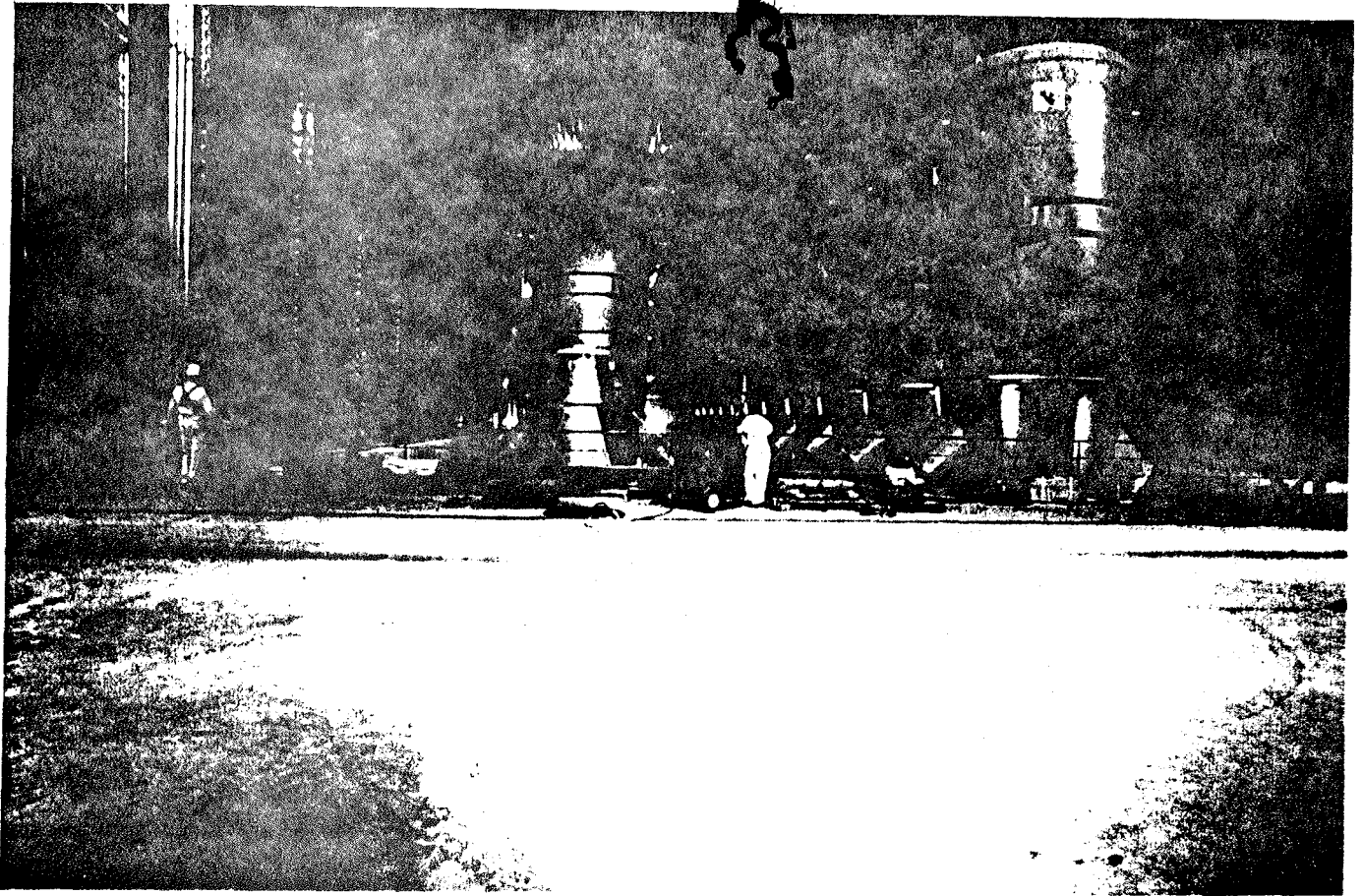




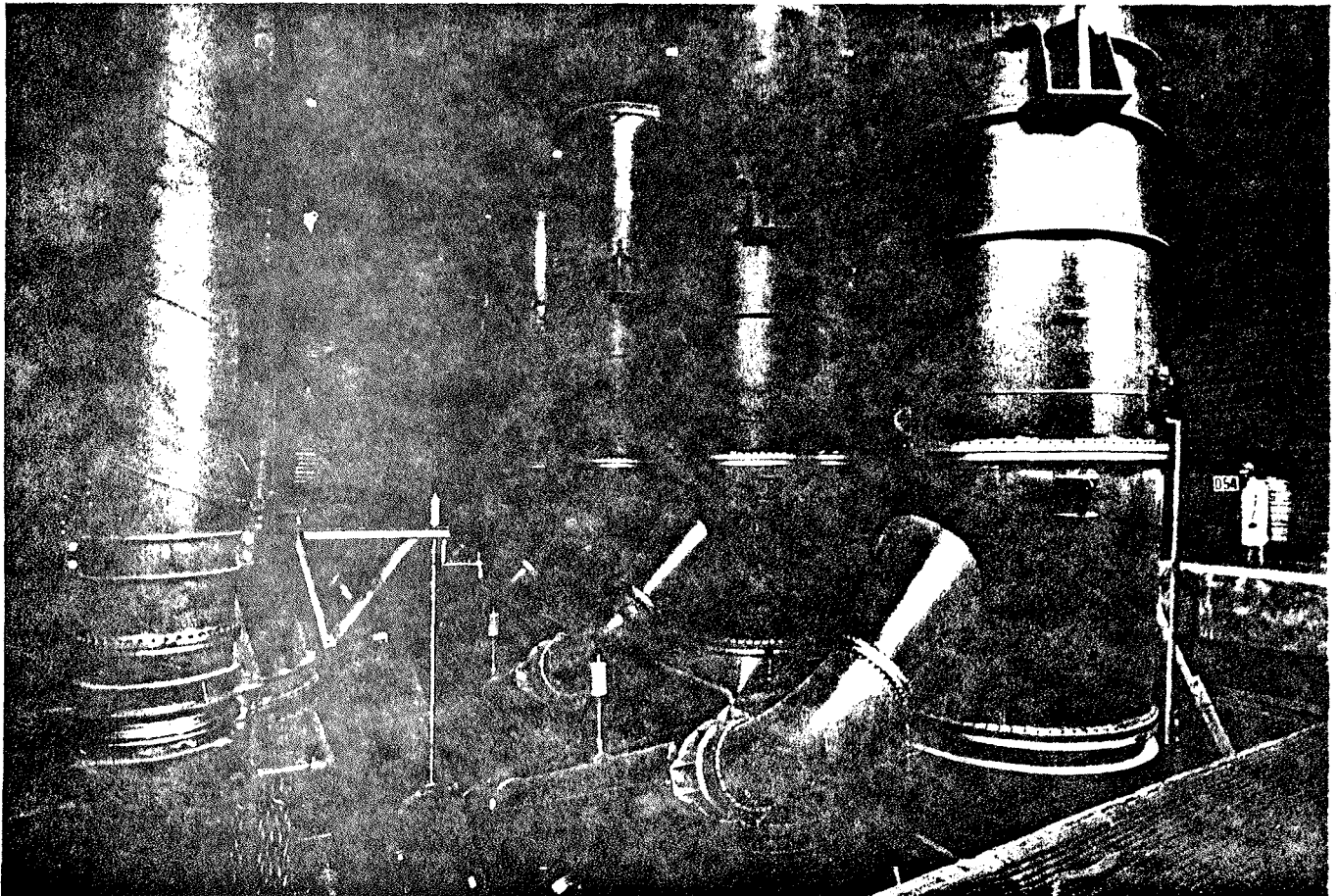
SLIDE 3 : THREE GASEOUS DIFFUSION STAGES



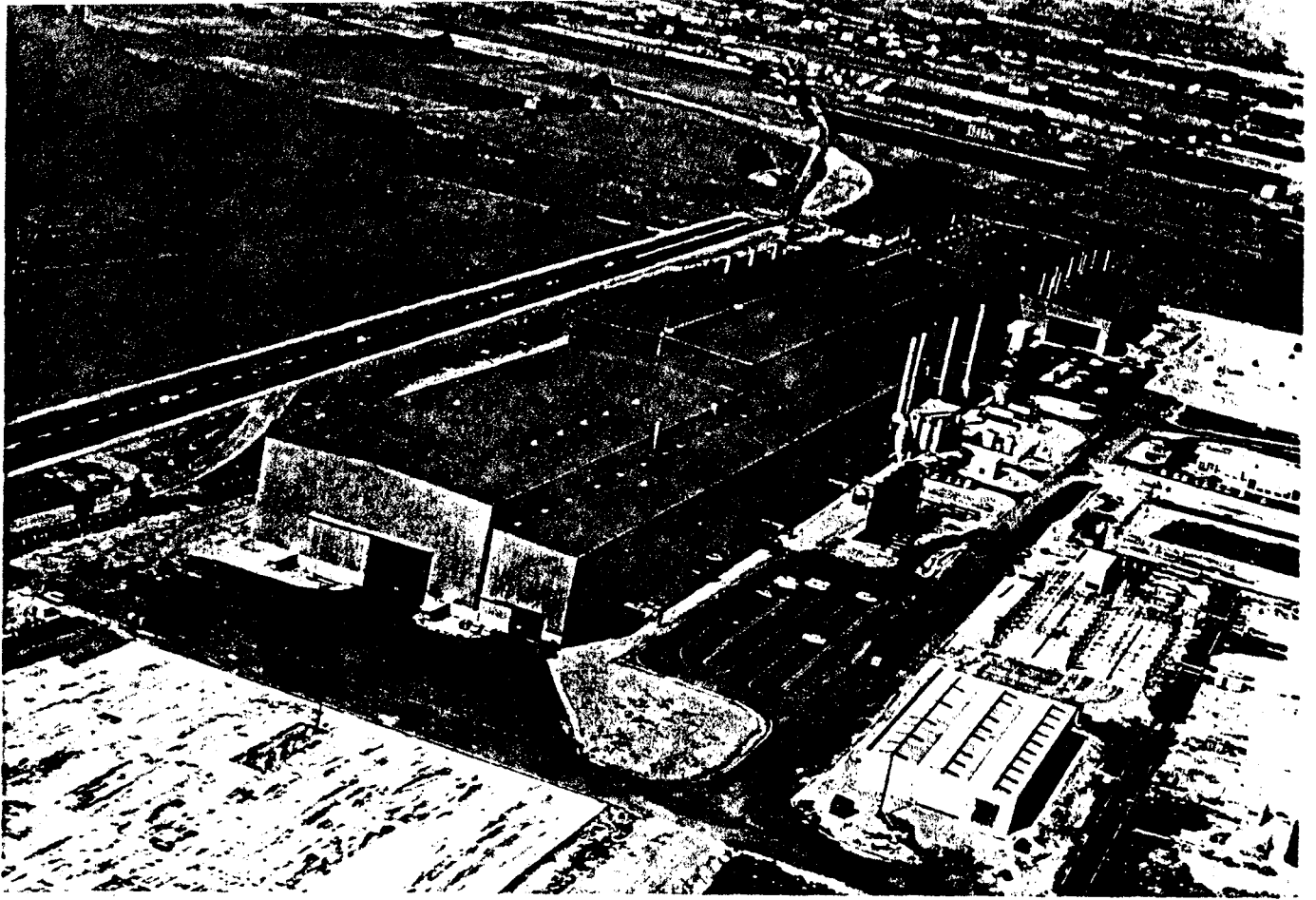
SLIDE 4



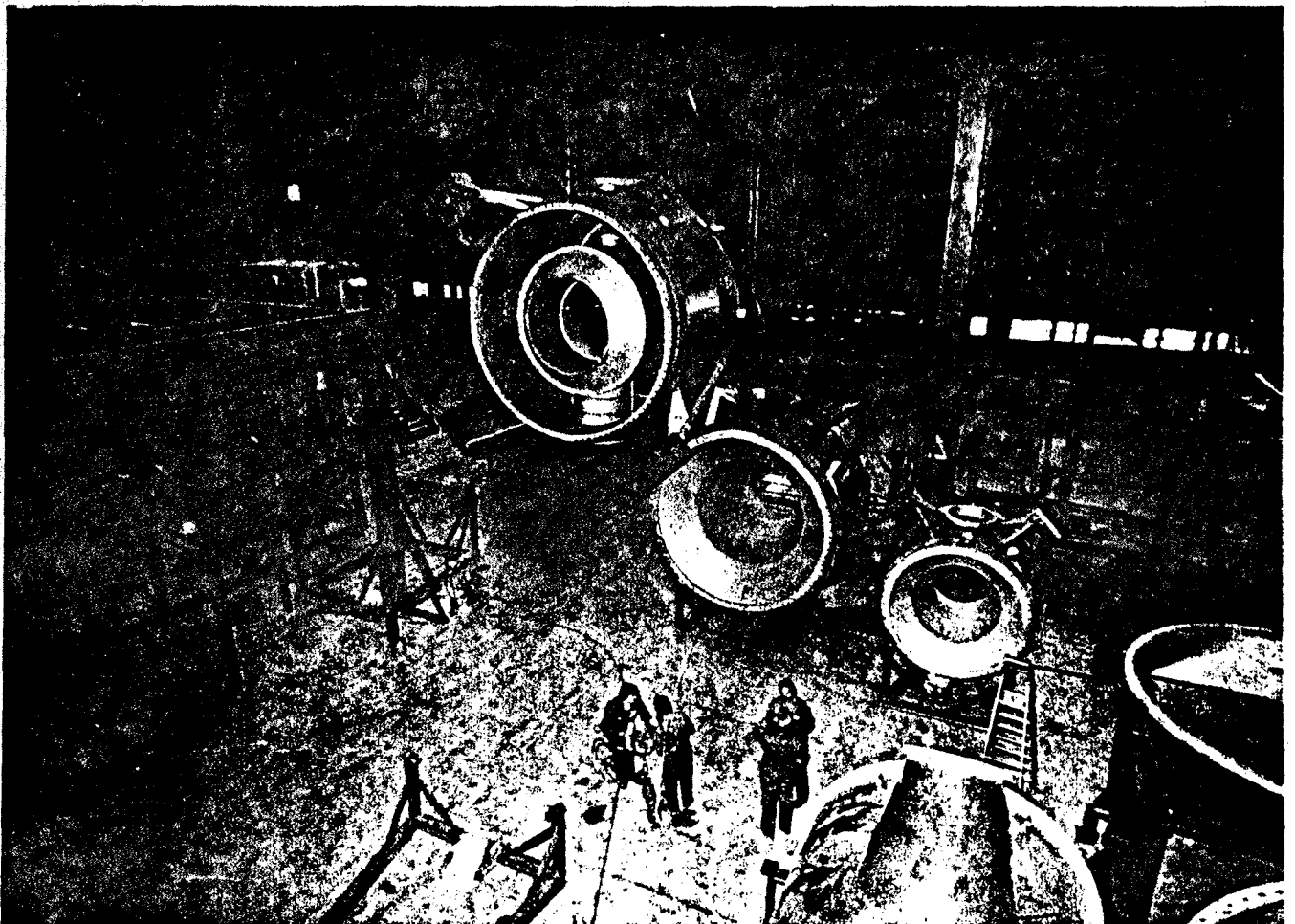
SLIDE 5 : A GROUP OF 20 STAGES



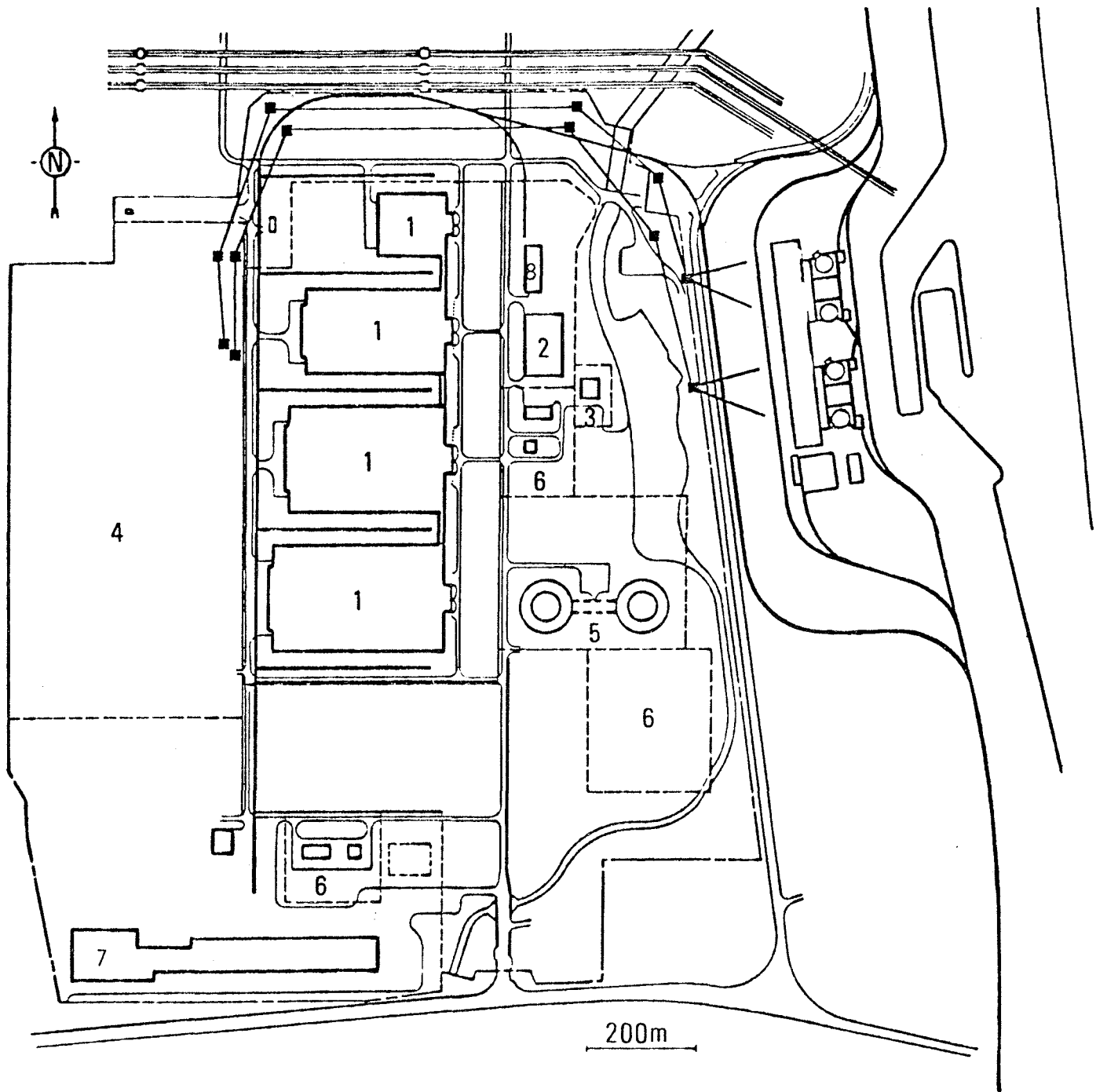
SLIDE 6 : GASEOUS DIFFUSION STAGES



SLIDE 7 : SOCATRI PLANT

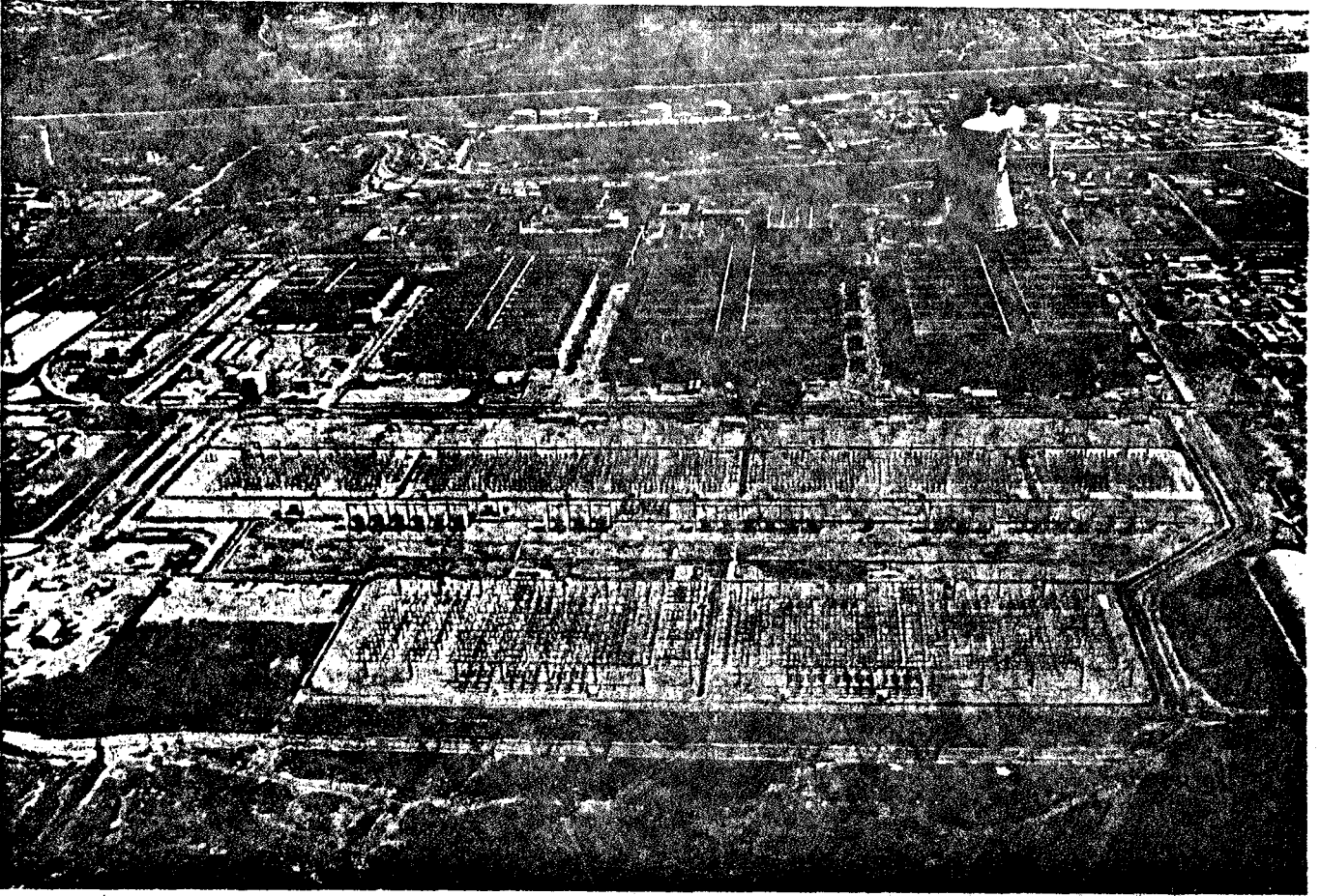


SLIDE 8 : SOCATRI PLANT (DETAIL)

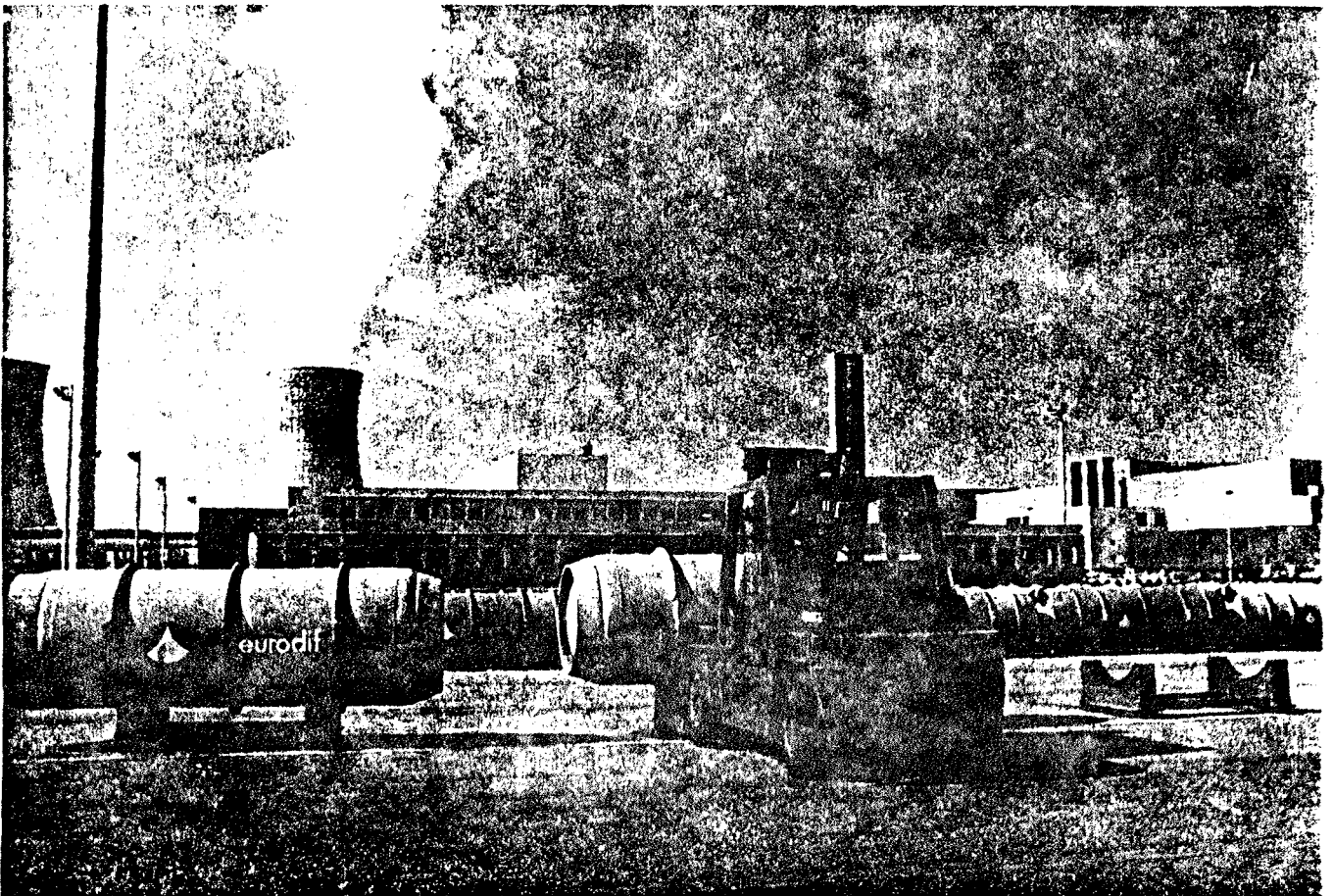


- | | | | |
|---|------------------|---|----------------------|
| 1 | CASCADES | 5 | COOLING TOWERS |
| 2 | PROCESS ANNEXES | 6 | ANCILLARY UNITS |
| 3 | CONTROL BUILDING | 7 | NICKEL-COATING PLANT |
| 4 | SWITCHYARD | 8 | REC AREA |

SLIDE 9 : TRICASTIN PLANT LAY-OUT



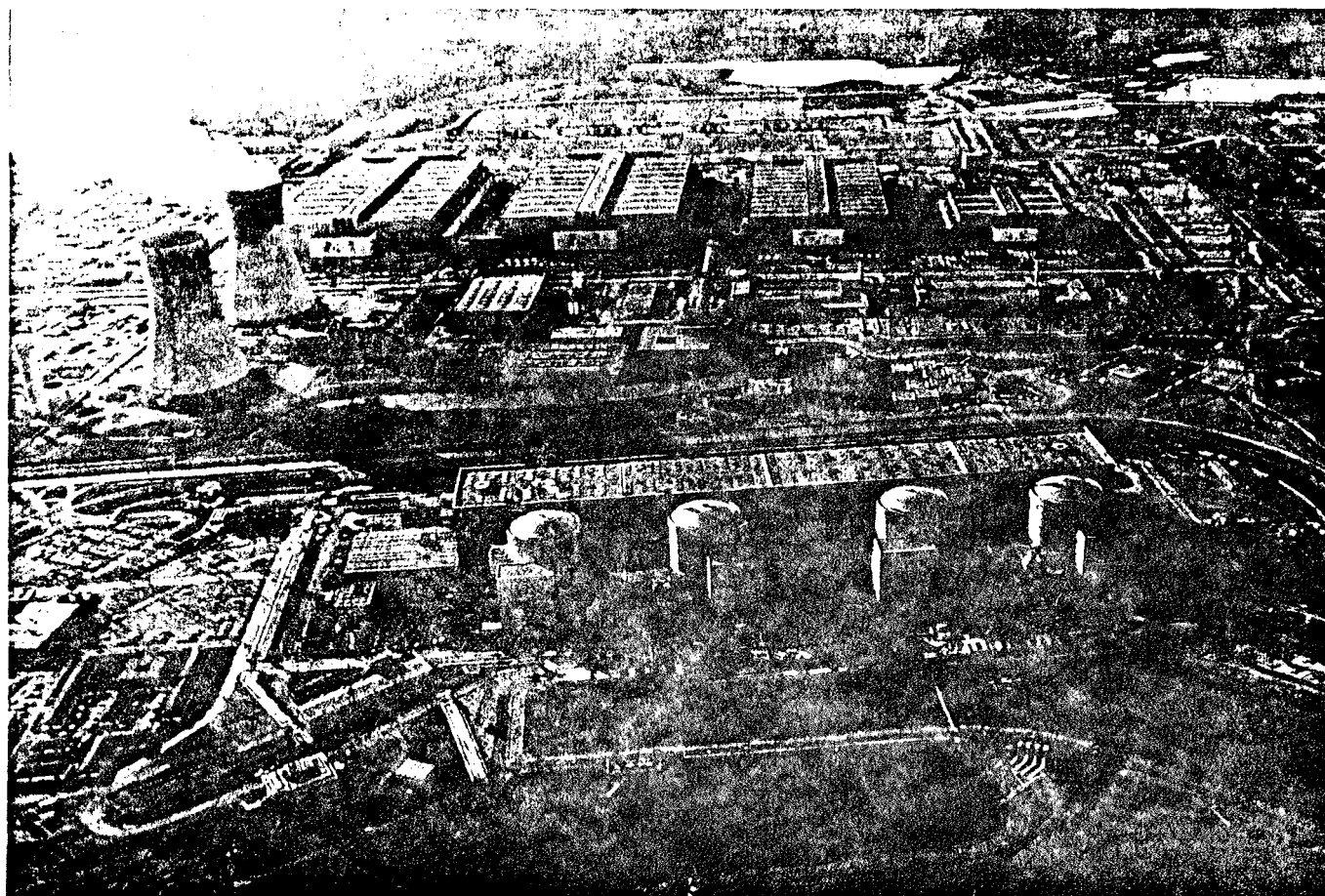
SLIDE 10 : SWITCHYARD



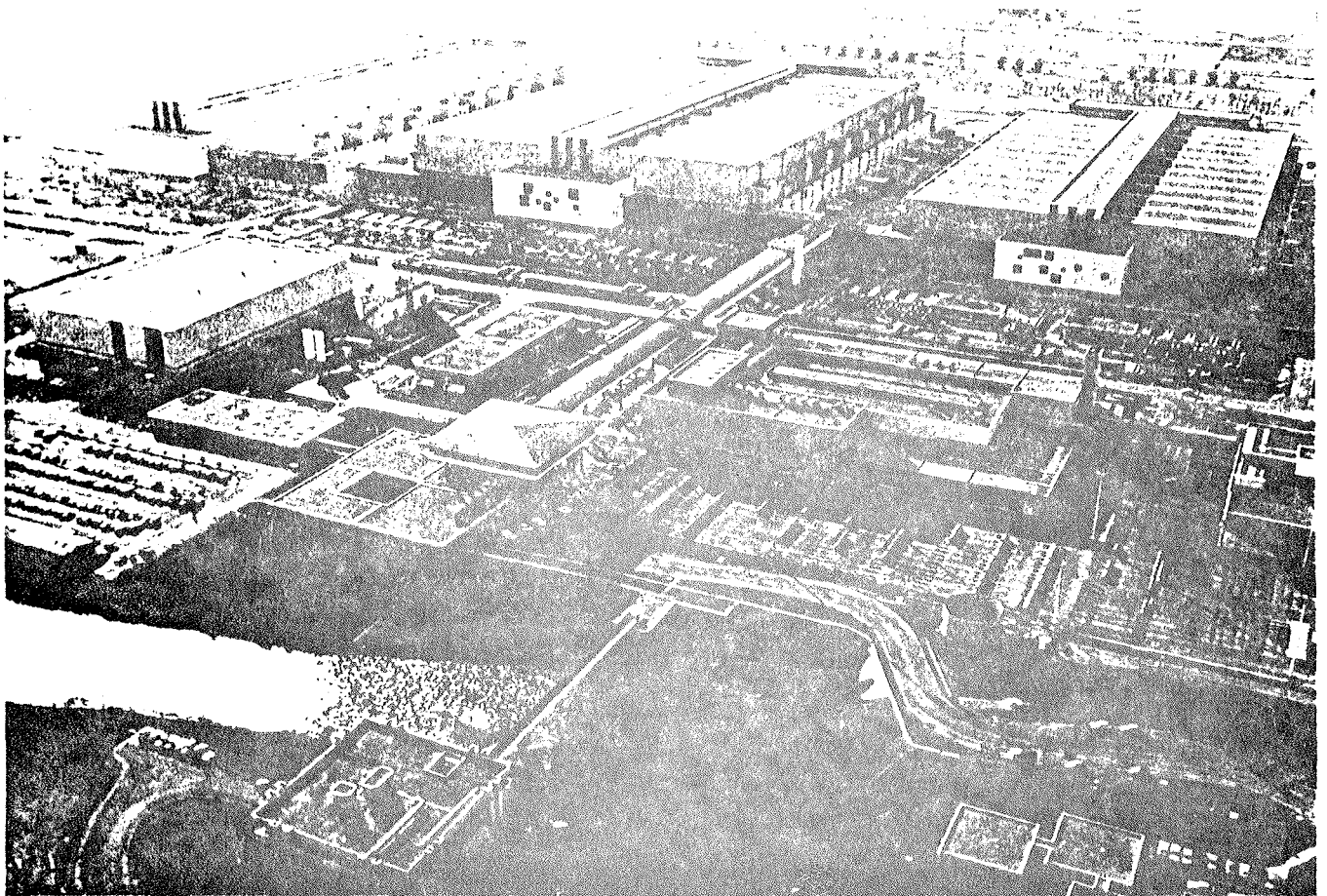
SLIDE 11 : HANDLING OF CONTAINERS AT THE REC



SLIDE 12 : EURODIF PLANT



SLIDE 13 : EURODIF PLANT AND EDF STATION



SLIDE 14 : THE REC, THE PROCESS ANNEX AND THE CONTROL ROOM

Tämä jälkipainos julkaistaan Kanava-lehden luvalla.

TkT Matti Vuorio piti ATS:n kuukausikokouksessa 10.12.1980 samaa aihepiiriä käsittelevän esitelmän Ydinvarustelu ja aseriisunta PUGWASHIN näkökulmasta. Prof. Jorma K. Miettinen on Suomen PUGWASH-toimikunnan puheenjohtaja.

Jorma K. Miettinen

Euroopan strateginen asema

Kuuban kriisissä v. 1962 Neuvostoliitto joutui perääntymään pääasiassa Yhdysvaltain ylivoimaisuuden takia. Tämän kriisin vaikutukset olivat kahdenlaiset:

1) Kriisi vahdutti Yhdysvaltoja, joka näki Neuvostoliiton tulevan nousemaan 1960-luvun lopulla strategisesti niin voimakkaaksi, ettei ydinsota enää olisi mielekäs. Se alkoi sen tähden pyrkiä neuvottelujen kautta strategisen tasapainon vakaamiseen mikä johti SALT-prosessiin. Tasapainon vakauttamiseksi tuli kummankin puolen pidättäytyä kehittämästä "ensi-iskuun" kykeneviä ohjusvoimia. Eritoten amerikkalaiset katsoivat SALT-prosessin edellyttävän ns. molemminpuolisen varmistetun tuhon eli MAD-doktriinin noudattamista. Sen mukaan asetettaisiin tiukat rajoitukset ohjussiilojen tuhoamiseen kykenevien tarkkojen ja suuren räjähdysvoiman omaavien mannerohjusten kehittämiseksi, mutta sallittaisiin epätarkkojen, pienempikärkisten, kaupunkien tuhoamiseen tarkoitettujen suhteellisen haavoittumattomien sukellusveneohjusten (II iskun asciden) runsas lukumäärä "kostoiskun" varmistamiseksi. Tämä doktriini takaisi sodan aloittamattomuuden vaikka strategisissa

Ydinaseet ovat hallinneet kansainvälistä turvallisuusjärjestelmää strategisella tasolla koko toisen maailmansodan jälkeisen kauden. Kuuban kriisiin asti oli Yhdysvallat ylivoimainen. Vain sen maa-, meri- ja ilmavoimat olivat varustetut toimimaan kautta koko konfliktin spektrin, tavanmukaisin asein käytävästä sodasta täysmittaiseen ydinsotaan. Neuvostoliiton strategiset ydinvoimat rajoituivat tuolloin kouralliseen raskaita pommikoneita ja muutamaan mannerohjukseen; sen merivoimat kykenivät vain rannikopuolustukseen. Sen taktiset ilmavoimat olivat suorituskyvyltään vaatimattomat Yhdysvaltain vastaaviin ilmavoimiin verrattuina.

ohjusvoimissa olisi muuten suuria erojakin.

2) Neuvostoliitto puolestaan asetti tavoitteekseen *todellisen strategisen tasavertaisuuden* Yhdysvaltoihin verrattuna, minkä se saattoi saavuttaa vain voimakkain strategisin mannerohjusvoimin. Se asetti tavoitteekseen myös tasavertaisten globaalisten laivastovoimien kehittämisen. Se ei nimittäin tunnustanut MAD-doktriinia ja katsoi tasavertaisena olevansa oikeutettu kilpailuun globaalista vaikutusvallasta Yhdysvaltain kanssa.

Aseteknisen kehityksen lisäksi tarvittiin kuitenkin myös otollinen kan-

sainvälis-poliittinen tilanne ennen kuin SALT-prosessi lähti käyntiin. Tämä syntyi v. 1968—69, jolloin

— Neuvostoliitto joutui Tšekkoslovakian kriisiin Euroopassa sekä välirikoon Kiinan kanssa, mikä johti mm. Ussur-joen yhteenottoon Aasiassa. Sille syntyi voimakas tarve rauhoittaa Euroopan puoleinen rajansa.

— Yhdysvallat puolestaan joutui vaikeuksiin Vietnamin sodan takia. Se kärsi takaiskun Tet-hyökkäyksessä ja itse Yhdysvalloissa alkoi sodanvastainen protestiliike, jonka tulosta oli mahdoton ennustaa. Se oli siirtänyt Euroopasta runsaasti joukkoja Vietnamiin, joten sillekin tuli akuutti

tarve rauhoittaa Euroopan tilanne.

Presidentti Nixonin noustessa virkaan 1969 hän otti ulkopoliittisiksi tavoitteikseen mm. SALT-sopimuksen Neuvostoliiton kanssa, liennytyksen Euroopassa, diplomaattisuhteet Kiinan kanssa ja irtaantumisen Vietnamin sodasta.

Näin pääsivät SALT-prosessi ja liennytys käyntiin. Niiden ansiosta syntyi 1970-luvun alkupuoliskolla useita kymmeniä itä-länsisopimuksia, joista muutama oli tärkeitä, sekä SALT I -sopimus v. 1972.

Liennytyksen luhistuminen ja strategisten aseiden uusinta

Miksi sitten liennytysprosessi hidastui ja 1980-luvulle tultaessa Yhdysvaltain ja Neuvostoliiton välisenä jopa täysin tyrehtyi? Syynä ovat olleet etupäässä kaksi tekijää, toisaalta

1) aseteknologinen kehitys ja varusteluohjelmien tavoitteet, toisaalta

2) erilaiset globaalin kilpailun pelisäännöt Yhdysvalloilla ja Neuvostoliitolla

Neuvostoliiton asevarusteluohjelmien massiivisuus tuli näkyviin heti SALT I -sopimuksen solmimisen jälkeen yllättäen Yhdysvallat. Kesällä 1973 Neuvostoliitto aloitti neljän uuden, entisiä monta kertaa järeämmän ja MIRV-monikärjin varustetun mannerohjuksen koeamunnat. Oli nähtävissä, että niiden tarkkuuden parantuessa ja lukumäärän tullessa SALT I:n väliaikaissopimuksen sallimalle enimmäistasolle ne tulisivat n. vuoteen 1984 mennessä tekemään mahdolliseksi koko Yhdysvaltain mannerohjuskannan tuhoamisen yllättävällä ensi-iskulla.

USA:n kongressin jäsen R. L. Legget julkaisi v. 1975 ennusteen mannerohjusten "kovien kohteiden" tu-

hoamiskyvyn kasvamisesta Yhdysvalloilla ja Neuvostoliitolla, jonka mukaan kumpikin suurvalta saavuttaisi v. 1984 kyvyn tuhota vastustajan mannerohjussiiot 90-prosenttisesti yllätysiskulla. Yhdysvallat asetti SALT II:n päätavoitteeksi ainakin järeimpien neuvosto-ohjusten (SS-18) kapasiteetin rajoittamisen, missä se onnistui vain heikosti SALT II:ssa. Noin v. 1975 Yhdysvallat aloitti varotoimet strategisen tasapainon varmistamiseksi ja mannerohjuskantansa haavoittuvuuden pienentämiseksi Minuteman III:lle suoritettavien parantamistoimien muodossa.

Yhdysvaltain v:n 1976 puolustusbudjetissa hyväksytyt Minuteman II ja III -ohjusten parantamistoimet käsittivät mm. seuraavat toimenpiteet:

— Uuden, entiseen verrattuna räjähdysoimeltaan kaksinkertaisen (350 Kt) taistelukärjen MK 12 A kehittämisen. Tämä saatiin valmiiksi ja sen asentaminen alkoi keväällä 1980 tullen jatkumaan n. v:een 1985.

— Parannetun ohjausjärjestelmän NS-20 kehittämisen. Se saatiin maaliskuussa 1980 asennetuksi kaikkiin 550:een Minuteman III -ohjukseseen. Tarkkuus parani n. kaksinkertaiseksi (50 prosentin osumasäde CEP lyheni n. 400:sta n. 220 metriin).

— Siilojen lujittamisen. Ohjelma, joka saatiin toteutetuksi tammikuussa 1980, käsitti ohjusten shokinkestävän ripustamisen, niiden suojaamisen elektromagneettiselta pulssilta, paksunnetun betoniluukun ja laitteet estämään roskien putoamisen siiloon luukkuja avattaessa.

— Uuden tietokoneohjelman uudelleenkohtiointia varten, joka lyhensi maalin vaihtoajan 24 tunnista 36 minuuttiin. Tämä on v. 1980 asennettu 200:aan Minuteman III -ohjukseseen. Ohjelma jatkuu edelleen.

Sittemmin Yhdysvallat on jatka-

nut strategisten ohjelmien kehittämistä hyväksyen paljon suurempia aseohjelmia. Tammikuussa 1980 Pentagon esitti 100 miljardin dollarin strategisten ydinaseiden ohjelman viidelle vuodelle, mutta Senaatti pyrki nostamaan tätä vielä siittäkin. Ohjelma käsittää mm.

— B52G -pommikoneiden (151 kpl) uusimisen ja varustamisen 20:llä ALCM-risteilyohjuksella, yht. 3 020 ohjusta, vuosina 1982–90. Kehitteillä ovat myös sukellusveneistä ja pinta-aluksista laukaistavat risteilyohjukset sekä 464 maalta laukaistavaa GLCM:ää, jotka sijoitetaan Eurooppaan v. 1983 lähtien elleivät lokakuussa 1980 aloitettavat aseidenrajoittamisneuvottelut (SALT III:n esineuvottelut) johda positiiviseen tulokseen ja SALT II lisäksi tule ratifioituksi.

— 200 uutta suurta ja tarkkaa 10-kärkistä MX -mannerohjusta. Ne tulevat kiertelemään jatkuvasti bunkkerista toiseen, joten niitä on vaikea tuhota — jokaista ohjusta varten aiotaan rakentaa 23 bunkkeria.

— 12 Poseidon — ohjussukellusvenettä tullaan ensi vuoden loppuun mennessä varustamaan uusilla, 8-kärkisillä, entistä tarkemmilla Trident C4 -ohjuksilla.

— 13 uutta jättiläismäistä Trident -sukellusvenettä otetaan käyttöön veneiden valmistuessa n. 1 1/2 vuoden välein. Ensimmäinen, Ohio, on jo vesillä. Niissä on kussakin 24 monikärkiohjusta, aluksi Trident C4:t, mutta n. v:sta 1985 jättiläismäiset Trident II-ohjukset, joissa on kussakin 10 väistelykykyistä, mutta silti hyvin tarkkaa "advanced MARV" -kärkeä (50 % n osumaympyrän säde CEP sama kuin MX:llä, n. 90 m)

Neuvostoliitolla on Pentagonin lähteiden mukaan vastaavanlaisia aseohjelmia kehitteillä, mm. 5:5 mannerohjusten sukupolvi sekä 24-

ohjuksinen ydinsukellusvene "Typhon" joka on suunnilleen yhtä suuri kuin Trident. Edelleen sillä on amerikkalaisten mukaan rakenteilla hyvin nopea ja syvällä (700 m!) kulkeva titaanirunkoinen partiosukellusvene Alfa sekä n. 75.000 tonnin lentotukialus neljän pienemmän Kiev — luokan aluksen lisäksi.

Tiedot Neuvostoliiton aseohjelmista ovat vähemmän tarkkoja kuin Yhdysvaltain, koska Neuvostoliitto ei itse julkaise niitä vaan ne kaikki tulevat amerikkalaisten tiedustelulaitosten välityksellä. Strategisten ohjusten tuotantoa rajoittavat SALT-sopimukset, joista jälkimmäistään kumpikin suurvalta on luvannut toistaiseksi noudattaa vaikkei sitä ole saatu ratifioituksi, mutta SALTin ulkopuolella vallitsee myös raju varustelukilpa, jota mikään sopimus ei hillitse. Se kohdistuu tavanmukaisen ja taktisen ydinaseistuksen laadulliseen parantamiseen, sellaisiin uusiin strategisiin järjestelmiin kuin satelliittintuhoajat ja ohjusten torjuntaan kehitettävät suunnatun energian (laser ja alkeispartikkelit) suihkut sekä sukellusveneen torjuntamenetelmät, tiedustelu, johto ja yhteysmenetelmät, elektroninen sodankäynti, strategiset kuljetusvälineet ja interventiojoukot jne. Kun tätä varustelukilpaa käytetään strategisen painostuksen välineenä ei sitä voida juuri neuvotteluilla hillitä.

Aseidenriisuntaneuvottelujen edistyessä huonosti (SALT II, Wienin AVS-neuvottelut, Geneven aseidenriisuntakonfressi (CD) ja useat bilateraaliset neuvottelut) alkoi käsitys strategisesta tasapainosta muuttua Yhdysvalloissa. Jo vuonna 1974 Yhdysvallat alkoi siirtyä ns. Schlesingerin strategian nimellä tunnettuun rajoitetun ydinsodan doktriiniin (em. Minuteman'ien modernisointia perusteltiin sillä). Sen oli määrä tehdä

myös strategisten ydinaseiden käyttö Euroopan puolustamiseksi uskottavaksi. Neuvostoliiton osoittaessa pidättyvyyttä ulkopoliitikassaan ja USA:n ollessa heikkouden tilassa Vietnamin sodan tappion, Watergaten sekä presidentin ja kongressin välisen kiistan ulkopoliittisesta päätättävällstä tähden liennytys saattoi kuitenkin vielä jatkua. Se huipentui Helsingin ETYK'in loppuasiakirjaan kesällä 1975.

Edellämainittu rajoitetun ydinsodan doktriini on tänä kesänä hyväksytty virallisestikin "Presidential Directive 59" nimisen dokumentin muodossa. Se on pitkän kehityksen tulos ja ohjusten lukumäärän ja tarkkuuden kasvun seuraus.

Vuoden 1975 loppupuolella Neuvostoliitto kuitenkin luopui varovaisesti ulkopoliitikastaan projisoiden omaa ja Kuuban sotilasapua laajamittaisesti ensin Angolaan, sitten Etiopiaan. Saavutettuaan tukikohtaoikeudet Etelä-Jemenissä se sai vahvan strategisen aseman Intian valtameren ja Persianlahden läheisyydessä. Kun lisäksi sen vahva varusteluohjelma ja tämän ohjelman globaalis-strateginen luonne (laivaston sekä ohjusvoimien ja tutkimuksen priorisointi) oli ilmeinen, USA alkoi lisätä strategista varusteluansa ja lähentää suhteitaan Kiinaan.

Strateginen tasapaino onkin alkanut siirtyä ja muodostua jälleen entistä selvemmin kaksi-napaiseksi samalla kun uusi voimakas varustelukierre on lähtenyt käyntiin. Kiina on lähentymässä USA:ta. Japani varustautuu voimakkaasti tavanmukaisella aseistuksella ja kehittää laajaa teknistaloudellista yhteistyötä Kiinan kanssa mutta säilyy tosiasiaa vielä täysin riippuvana Yhdysvaltain ydinsateenvarjosta. Eräitä globaalis-strategisen kehityksen trendejä on kaavailtu loppuyhteenvedossa.

Putoaako SALTilta pohja?

Vaikka presidentti Carter edelleen ilmoittaa kannattavansa SALT II:ta on koko SALT-prosessilta putoamassa pohja liikkuvien mannerohjusten, risteilyohjusten, satelliittisodankäynnin ja sotateknologian täydellisen uudistamisen kaikilla tasoilla johdosta. Vaikkei Yhdysvaltain johto vaikutustensa mukaan halua kytkeä Afrikan ja Aasian tapahtumia SALTiin, niiden vaikutus Yhdysvaltain yleiseen mielipiteeseen ja senaatin jäseniin on kytkenyt pettymyksen liennytykseen SALTiin.

Yhdysvallat on ilmeisesti pyrkimässä jälleen strategiseen johtoasemaan. Sen lähes kolme kertaa Neuvostoliittoa suurempi GNP, huomattavasti korkeampi teknologian taso, parempi teollinen innovaatiokyky sekä parempi geopoliittinen asema saattavatkin tehdä eräänlaisen strategisen etumatkan mahdolliseksi suurin kustannuksin, mutta mitä hyötyä siitä on moninkertaisen varmistetun tuhoamiskyvyn aikakautena on eri asia. Yhdysvallat on kuitenkin puolustuksellisesti strategisesti sen verran heikommassa asemassa, että sen täytyy pyrkiä pysymään hyökkäyksellisen aseistuksen alalla jonkin verran edellä tunteakseen olonsa turvatuksi. USA:lla ei ole mainittavaa väestönsuojelua, sen väestö ei ole koskaan

"Yhdysvaltain sotilaallisesta tutkimuksesta ja "kehittyneimmästä" (advanced) teknologiasta vastaava apulaispuolustusministeri Ruth M. Davis katsoo Yhdysvaltain olevan yleisesti Neuvostoliitosta johdossa. Johto on huomattavin mikroelektronikassa (3—4 v.), tietokoneissa, elektronisessa instrumentoinnissa ja tietokoneohjelmoinnissa. Neuvostoliitto voi olla johdossa erällä avaruussodankäynnin alueilla: kiihdytinteknologia ja eräät laserteknologian alueet, mutta Yhdysvallat johtaa maalin havaitsemisen (satelliitista) ja seutaamisen suhteen (Military Electronics 7/79).

kokenut totaalista sotaa eikä ole varmaa että sen yhteiskunta kestäisi psyykkisesti täysmittaista ydinsotaa. Yritykset toteuttaa laajamittainen väestönsuojelu ja ohjusementorjunta ovat kilpistyneet valtavaan emotionaaliseen vastarintaan.

Mannerohjusten tullessa haavoituviksi, SALT-prosessin merkityksen vähetessä ja uusien, käänteentekevien asejärjestelmien tullessa käyttöön kaikilla tasoilla tulee 1980-luvusta ilmeisesti entistä kovemman asevarustelukilvan ja labiilin strategisen tasapainon aikakausi. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole nähtävissä että strateginen tasapaino pettäisi ellei jompia kumpi puoli onnistu tekemään jotain käänteentekevää aseteknologista läpimurtoa; esim. läpimurto ASW:ssä eli ohjussukellusveneidän yhtäkkinen tuhoamiskyky enustetun mannerohjusten ja lentokenttien tuhoamiskyvyn lisäksi tai lähes täydellinen ABM eli ohjusten torjuntakyky voisivat olla sellaisia. Pelkkä sotilassatelliittien osittainen tuhoamiskyky joka saattaa olla saavutettavissa 1980-luvun lopulla tuskin vielä olisi sellainen. Millainen tulee sitten Euroopan asema olemaan tässä globaalissa strategisessa kentässä?

Euroopan asema

Supervaltojen kannalta Eurooppa on vain yksi — tosin tärkein — useista mahdollisista sota-näyttämöistä. NATO:n strateginen merkitys on Yhdysvalloille erittäin tärkeä sillä se sitoo modernein, mekanisoiduin ja ydinasein varustetuin massa-armeijoin Neuvostoliiton Euroopassa olevia sotavoimia uhaten sen sydänalueita. Välissä on tosin puskurivyöhykkeenä itä-Eurooppa. Yhdysvallat painostaakin NATOa lisäämään sotilashudjetteja 3 %:ksi vuotuisen reaalkas-

vun suhteen sekä modernisoi sota-näyttämön kantavat ja taktiset ydinaseet. Neuvostoliitolle NATO on suuri riskitekijä niin kauan kuin sen päävastustajalla, Yhdysvalloilla, on kiistaton johtoasema puolustusliitossa. Neuvostoliiton tavoitteena onkin asettaa Länsi-Euroopalle kyseenalaiseksi etu sen noudattaessa Yhdysvaltain strategiaa.

Eniten julkista huomiota on saanut osakseen NATO:n 12. 12. 1979 tekemä tunnettu päätös sijoittaa Eurooppaan n. vuodesta 1983 lähtien 108 Pershing II -ballistista ohjusta ja 464 maasta laukaistavaa risteilyohjusta (GLCM) ellei sitä ennen päästä aseriisuntaneuvotteluissa (lähinnä SALT III:ssä) tätä matalampaan kattoon. Kumpaisenkin ohjuksen tarkkuus on maaliohjauksen eli ns. hakupään ansiosta ilmiömäinen, n. 10—30 m, suuresta kantamasta (Pershing II 1 800 km, GLCM n. 2 400 km) huolimatta. Neuvostoliitolla on nyt (lokak. 80) Eurooppaan kohdistettuina 100 kpl 3-kärkistä SS-20 keskimatkan ohjusta, joiden kantama on n. 4 000 km, ja niitä valmistuu koko ajan lisää yksi viikossa. Neuvostoliitto ilmoitti vihdoin elokuussa 1980 olevansa valmis neuvottelemaan ilman ennakkoehtoja.

Kesällä 1977 käyty neutronipomidebatti ja viime syksynä käyty Euro-ohjusdebatti sekä Yhdysvaltain Iranin ja Afganistanin kriisin johdosta liittolaisilleen asettamat solidaarisuusvaatimukset ovat paljastaneet havainnollisesti Länsi-Euroopan NATO-maiden aseman USA:n globaalistrategiassa. NATO-maat ovat sidotut USA:han strategisessa sodassa ja siihen valmistautumisessa, mutta ne pyrkivät eroon siitä muissa super-valtakriiseissä.

Ranska ja Saksan liittotasavalta pyrkivät kehittämään neutraalisia suhteita öljyä tuottaviin Arabimai-

hin. USA haluaa kuitenkin Länsi-Euroopan maiden osallistuvan Neuvostoliiton strategiseen painostukseen ainakin modernisointiohjelmien kautta.

Länsi-Euroopan maat Hollantia ja Tanskaa lukuunottamatta suostuvat varustelun lisäämiseen, mutteivät ainakaan toistaiseksi Englantia kenties lukuunottamatta ole halukkaat toimiin jotka vaarantaisivat liennytyksen. Sekä Saksan liittotasavalta että Ranska ajavat omaa ulkopoliittista linjaansa pyrkien ylläpitämään "erityissuhdetta" Neuvostoliittoon.

Avainasemassa NATO:ssa on Saksan liittotasavalta. Se on taloudellisesti vaurain, tavanmukaisilta sota-voimilta ylivoimaisesti vahvin Länsi-Euroopan valtio, mutta sotilaallisesti ylimmällä, ydinaseiden tasolla Yhdysvalloista täysin riippuva koska sillä ei ole omaa ydinasetta. Toisaalta sille ovat hyvät Neuvostoliittosuhteet myös erinomaisen tärkeät. Sen taloudellinen yhteistyö ja kauppavaihto Neuvostoliiton ja muiden sosialistimaiden kanssa on merkittävää — n. 1 500 länsisaksalaista teollisuusyritystä on jo yhteistyössä — Itä-Euroopan maiden kanssa. Sen inhimilliset yhteydet DDR:ään ovat niinkään erittäin tärkeät: monta miljoonaa länsisaksalaista käy vuosittain tervehtimässä sukulaisiaan DDR:ssä. Tämän yhteyden häiriytyminen tuntuisi kipeästi inhimillisesti tärkeimmällä eli perheyhteyksien tasolla. Saksan liittotasavallan idänsuhteissa onkin erottelu Neuvostoliiton ja muiden sosialistimaiden välillä olennaista. Hyvillä suhteilla Moskovaan se pyrkii varmistamaan hyvät suhteet myös muihin sosialistimaihin.

Liittotasavalta tuleekin varmaan sitkeästi taistelemaan liennytyksen hengissä pitämiseksi Afganistanin tapahtumista huolimatta. Vasta jos tilanne kärjistyy kuuman kriisin tasol-

le, se joutuu turvallisuussyistä täysin mukautumaan Yhdysvaltojen linjaan. Se on Neuvostoliiton politiiksaan myös pyrkinyt lähestymään Ranskaa suojellakseen liennytyksestä riippuvia idänyhteyksiään ja irroit-tautuakseen vähitellen Yhdysvaltain globaalista ulkopoliitikasta itsenäisemmän, eurooppakeskeisen ulkopoliitiikan linjoille.

Tilanne nyt

Eurooppa on bipolaarisen strategisen kentän tärkein näyttämö. Turvallisuuskehitys Euroopassa tulee sen tähden edelleen riippumaan etupäässä supervalttojen välisistä suhteista.

Kun strateginen ydinsota näyttää supervalttojen välisen pariteetin johdosta epätodennäköiseltä, vahvistetaan soranäyttämön ydinaseita ja tavanmukaisia taisteluvoimia. Yhdysvaltain doktriini sisältää myös strategisten ydinaseiden rajoitetun käytön sotilaskohteisiin rajoitettavien hyökkäysten muodossa, esim. NATOn puolustamiseksi. Tämä ohjelma julkaistiin elokuussa "counterveiling" eli vastatoiminta-strategian nimisenä.

Euroopan rauhantilan tultua varmistetuksi ETYKin päätösistunnossa 1975 Neuvostoliitto alkoi ns. "vapautusliikkeiden" suurimittaisen sotilaallisen avustamisen Kuuban osallistuessa Afrikassa tavanmukaisin joukoin ja DDR:n teknisin ja sotilaallisin neuvonantajin tähän ns. "solidaarisuusapuun". Neuvostoliitto tulkitsee tämän "luokkataistelun jatkumiseksi" ja katsoo strategisen pariteetin saavutettuaan "voimien korrelaation" muuttuneen suoruisaksi "imperialismin vastaisille voimille".

Strategisten ydinvoimien ollessa

ehkäistyinä paikalliset tavanmukaiset voimat ratkaisevatkin yleensä "voimien korrelaation" alueellisella tasolla. Yhdysvallat on kuitenkin Afganistanin jälkeen ryhtynyt vastatoimiin saadan käyttöönsä tukikohtia Egyptissä sekä Itä-Afrikan maissa (Somalia, Kenia) ja Persian lahdella (Oman); se on myös tehostanut Diego Garcian tukikohtaansa Intian merellä, nostanut laivasto-osastonsa vahvuutta siellä sijoittamalla sinne mm. kaksi lentotukialusta ja sijoittanut alueelle 1 800 miehen merijalkaväkiprikaatin.

Kansainvälinen tilanne on kuitenkin kiristynyt myös muista syistä kuin supervaltakriisin takia. Lähi-Idän kriisi on edelleen ratkaisematta, Iranin vallankumous on vauhdittanut eräänlaisen islaminuskon ristiretken, öljykriisi ja raaka-ainepula uhkaavat jne.

Pohjois-Etelävaltioiden välillä valitseva taloudellisen tason ero ja varsinkin tämän eron kasvutrendi on aiheuttanut vuosisatoja kestäneestä läntisestä ylivallassa vapautuneiden kehitysmaiden keskuudessa vaatimuksen "uudesta taloudellisesta järjestyksestä", jonka avulla ko. trendiä tulisi muuttaa. Ne asettivat tavoitteekseen 1970-luvulla — toisella kehityksen vuosikymmenellä — 5 %:n vuotuisen talouskasvun; sekin olisi nostanut 1970-luvun kuluessa kehitysmaiden kansantuotetta per capita vain 85 dollarilla teollisuusmaiden vastaavan arvon kasvun ollessa 1 200 dollaria.

Kehitysmaiden, joissa on n. 70 % maailman väestöstä, GNP on alle 30 % maailman valtioiden GNP:stä ja kuilu laajenee yhä nopeammin. Neuvostoliitto esittää, että kolmannen maailman maiden tulisi yhtyä marxismin hengessä imperialismin vastaiseen taisteluun uuden kansainvälisen talousjärjestelmän pystyttä-

miseksi, mutta sen oma talouskehitys on pysähtynyt ja useat muut sosialistimaat (Puola, Pohjois-Korea, Vietnam) ovat vaikeuksissa.

Läntiset teollisuusmaat eivät kuitenkaan tule vapaaehtoisesti luopumaan hyvinvoinnistaan ainakaan jos se aiotaan sotilaallisin keinoin niiltä riistää. Varsinkin Yhdysvallat katsoo että sen hyvinvointi perustuu pääasiassa sen omiin henkisiin ja materiaaliin resursseihin. Se on kuitenkin varsin riippuvainen kehitysmaiden tuottamista raaka-aineista, erityisesti öljystä; viime mainittu riippuvuus on tosin hyvin myöhäistä perua. OPEC-maiden käytettyä öljyastetta sotilaallisesti Yom Kippursodan yhteydessä 1973 Yhdysvallat on alkanut kehittää interventiovoimia sen ja liittolaistensa öljynsaantiin kohdistuvien interventioiden torjumiseksi. Neuvostoliiton interventio politiikka Lähi-Idässä ja Intian Valtamerellä (Etiopia, Etelä-Jemen, viimeksi Afganistan) on kiihdyttänyt tätä kehitystä. Yhdysvallat on julistanut että sen ja sen liittolaisten öljynhuoltoon kohdistunut sotilaallinen uhka on *casus belli*. Länsi-Eurooppa on siis myös tämän kytkennän kautta sidottu Yhdysvaltoihin.

Turvatakseen öljynsaantinsa rauhanomaisesti Saksan liittotasavalta ja Ranska ovat luomassa uusia yhteyksiä öljyvaltioihin uudella, arabimyönteisellä pohjalla, mikä vierottaa niitä Israelista ja Yhdysvalloista.

Nykyisessä kriisissä on siis monenlaisia aineksia. Osittain se on kriisiä hyvinvoinnin erilaisesta jakautumisesta Pohjoisen ja Etelän välillä, osittain Yhdysvaltojen hallitsemisen kriisiä (mm. kyvyttömyys korjata sen energiapolitiikkaa), osittain Neuvostoliiton hallitsemisen kriisiä (talouskasvun hidastuminen; byrokratian ja sotilasmenojen kasvaminen; "haukkojen" vaikutusvallan voimistumi-

nen) ja aivan varmaan kansallisvaltioihin perustuvan kansainvälisen järjestelmän kyvyttömyyttä korjata sellaisia globaalisia epäkohtia kuin

- energian ja muiden luonnonvarojen tuhlaus
- ympäristön hillitön kuluttaminen ja saastuttaminen
- väestönkasvun säännöstelemättömyys jne.

Sota ei näytä enää ydinsodan aikakaudella kohtuulliselta välineeltä kansainvälisten ristiriitojen korjaamiseen, mutta sodat strategista alemmalla tasolla näyttävät kuitenkin mitä todennäköisimmiltä. Näiden sotien hallitseminen ja eskaloitumisen estäminen on vakava haaste vallitsevalle kansainväliselle järjestelmälle.

Strategisia kehitystrendejä 1980-luvulla

1. *Keskustasapaino.* Ydinaseet tulevat edelleen hallitsemaan sitä, mutta "triadit" monipuolistuvat: toisaalta *avaruusjärjestelmät*, toisaalta *strategiset interventiovoimat* tulevat lisäämään strategisten voimien joustavuutta. Strategisten *sukellusveneohjusten* ja *sukellusvenetorjunnan* merkitys kasvaa. Neuvostoliiton *laivasto* kehittyy globaaliseksi supistaen Yhdysvaltojen entistä hegemoniaa. *Toisen iskun kyky* säilyy molemmilla supervalloilla, mikä rajoittaa strategisen ydinsodan riskiä.

Asevarustelukilpa supervaltojen välillä kiihtyy aseteknologian nopean uusiutumisen ja globaalisen raaka-ainepulan johdosta. Ballistiset ohjukset saavat satelliittiohjuksen avulla kyvyn tuhota taktisia maaleja, esim. lentotukialuksia. Antisatelliittijärjestelmät saattavat alkaa tulla operatiivisiksi vuosikymmenen jälkipuoliskolla.

2. *NATO-Varsovan liitto.* Erityisesti NATO tulee vahvistumaan sotilaallisesti pitkäaikaohjelmansa ja teknologisen modernisaation johdosta. Saksan liittotasavallan sotateollisuus kasvaa voimakkaasti ja sen sotavoimat kehittyvät Länsi-Euroopan voimakkaimmiksi organisaatiomuutosten ansiosta. Ranska säilyy toiseksi, Englanti kolmanneksi voimakkaimpana eurooppalaisena NATO-jäsenenä. Kumpikin modernisoi strategiset ydinvoimansa. Saksa ja Ranska lähestyvät toisiaan ulkopoliittisesti pyrkien irrottautumaan liiasta sitoutuneisuudesta Yhdysvaltojen globaalipolitiikkaan, johon Englanti sopeutuu paremmin. NATO-Mannereurooppa alkaa eriytyä NATO-Atlantista.

3. *Kiina.* Dengin pragmaattinen linja on vakauttanut poliittisen johtoasemansa. Kiina tulee jatkamaan neljän modernisoimisen ohjelmaansa leveällä rintamalla ja pitkällä tähtäimellä. Puolustus on siinä vasta 4:nnellä sijalla. Välit Neuvostoliittoon säilyvät kireinä, mutta välit Yhdysvaltoihin, Japaniin ja NATOon lähentyvät hitaasti USA:n ja Neuvostoliiton välisen kireän globaalisen kamppailun jatkuessa. Alueelliseen puolustukseen tarvittavat tavanmukaiset voimat modernisoidaan osittain 1980—90, strategiset voimat kehitetään täysimittaisiksi vuoteen 2000 mennessä Kiinan taloudellisten voimavarojen rajoissa. Kiinalla on valinta: lähestyä Japania ekonomialinjalla ja säilyttää poliittinen itsenäisyytensä tai lähestyä USA:ta strategialinjalla ja joutua sotilasliittosuhteeseen.

4. *Japani.* Talousmahtina Japani on nyt toinen maailmassa ohitettuaan Neuvostoliiton. Raaka-aineet ovat sen akilleen kantapäätä. Japani tulee lisäämään voimakkaasti tavanmukaista puolustustaan, mutta ydin-

aseiden hankinnalle sillä on vahvat sisäpoliittiset estot, jotka vain suuri turvallisuuskriisi voi murtaa. Teknologinen yhteistyö Kiinan kanssa voimistuu, Japani säilyy kuitenkin riippuvaisena Yhdysvaltain strategisesta ydinsateenvarjosta. Japanilla on valinta: militarisoitua vaiko jatkaa talousmahtina.

5. *Pienet uudet ydinasevaltiot.* Ydinaseet tulevat leviämään "pöydän alla". Intialla, Israelilla ja Etelä-Afrikalla on jo luultavasti simulaattoreilla testattu ydinase valmiina. Mm. Pakistan, Taiwan, Libya, Irak, Brasilia, Argentiina ja Etelä-Korea ilmeisesti kehittävät sellaista. Aseen olemassaoloa ei kuitenkaan haluta paljastaa ennen kuin on pakko. Käytön hillikkeet ovat myös suuret: sitä käytetään vasta kun kansallinen olemassaolo on vaarassa.

6. *Kehitysmaat.* Jälkeentäjäneisyys ja tietoisuus siitä tulevat kasvamaan, samoin paikalliset sodat. Ne eivät kuitenkaan yleensä ole pahoja (Latinalainen Amerikka, Afrikka) elleivät molemmat suurvallat sekaannu niihin, mutta ovat pahoja (Lähi-Itä), jos suurvaltaintressit ovat mukana. Raaka-ainepula tulee aiheuttamaan suurvaltojen sekaantumista niihin entistä enemmän. Yhdysvallat uudistaa interventiovoimansa mutta poliittisesti sen interventioikyky säilyy epävarmana niin kauan kuin presidentin ja kongressin välinen kiista ulkopoliittisesta päätäntävällä jatkoo ratkaisemattomana.

7. *1980-luku tulee olemaan kansainvälisesti epävakaa.* Sodanriski tulee olemaan huomattavasti suurempi kuin 1960- ja 1970-luvuilla. Valmistuminen suursotaan sitoo voimia ja jarruttaa kansainvälistä taloudellista yhteistyötä. Pohjoisen ja etelän välinen kiulu kasvaa. Ruoka otetaan öljyn tavoin strategisen kamppailun välineeksi.

Tämä jälkipainos julkaistaan Kanava-lehden luvalla.

DI, FT Matti Jantunen piti 24.1.1980 ATS:n kuukausikokouksessa esitelmän aiheesta Tieteellisen ja uskonnollisen maailmankuvan käsityksestä tarkastellen erityisesti ydinenergiasta käytävää keskustelua.

— 0 —

Matti J. Jantunen

Tiede vastaan uskonto

Luonnontieteet, tähtitiede, fyysiikka ja matematiikka olivat hellenistisellä kaudella lähinnä Aleksandrian yliopistossa saavuttaneet korkean tason. Roomalaiset sotilaat tuhosivat sekä Aleksandrian yliopiston kuuluine kirjastoineen että Archimedeen Syrakusan.

Valtaantäpäästyään kristinusko alisti tieteet lopullisesti. Kun kristinuskon perusteet, nykyistä Raamattuamme edeltäneet kristittyjen ja juutalaisten kirjoituskokoelmat, eivät suuremalti ottaneet kantaa maapallon muotoon, tähtien ratoihin, fysiikkaan, kemiaan, matematiikkaan yms., liittivät kirkonisät kristilliseen dogmatiikkaansa Aristoteleen, tuon pakanan ja antiikin suurimman tieteellisen huijarin, tieteellistä pohjaa vailla olevan astrologisen maailmankuvan.

Katolinen kirkko ei sallinut raamattujen kääntämistä kansankielelle, ja käsinkirjoitetut raamatut olivat latinantaitoisellekin ylivoimaisen kalliita. Kirkosta sukeutui kaikkien aikojen merkittävin ylikansallinen organisaatio, joka asetti ja erotti kuninkaita, jolla oli oma kieli, laki, verotus, koululaitos ja kansainvälinen virkahierarkia.

Totaalinen valtakoneisto pelkää ai-

Ihminen ei ole olemassa yhdessä maailmassa, vaan kahden eri maailman välissä. Yläpuolellamme on moraalinen, etiikan ja uskonnon maailma, joka lähtee yhdestä Jumalasta. Sen osat ovat kokonaisuuden funktioita. Alapuolellamme on luonnontieteiden kuvaama maailma, joka rakentuu käsittämättömästä määrästä aineen, energian ja informaation alkioiden funktioita. Tämän maailman osat ovat alkioiden funktioita. Länsimaisen kulttuurin historia on ollut tieteen ja uskonnon välistä valtakamppailua.

na valtansa menetystä ja vastustaa taidon kehitystä ja muutosta. Kirkon tieteisiin ja niiden tekijöihin kohdistama vaino pohjautui sille pelolle, että tutkimus toisi esiin kristinuskon vastaisia totuuksia. Ajatuksen pitäisi olla uskovalle mieletön. Koska Jumala on maailman luonut ja hallitsee sitä, ei mikään totuus voi todistaa Häntä vastaan. Ateistille tai epäuskoiselle kysymyksen pitäisi olla yhdentekevä.

Kirkko hallitsi tieteitä opetuksella, arvovallalla, kurilla ja inkvisitiolla yli tuhat vuotta. Kirkon auktoriteettia tosin horjuttivat jo Luther, Galileo, Kopernikus jne., mutta sen luhisti vasta luonnontieteiden historian jättäjä, Newton. Principia Mat-

hematican jälkeen jokainen joka perusti luonnontieteensä Aristoteleen teki itsestään pelleri. Kirkko oli kärsinyt nöyryyttävän takaiskun, josta se ei ole tähän päivään toipunut.

Tuli valistus, ensyklopedistit ja mytologiasta vapaa tieteellinen maailmankäsitys. Vuosituhannen ajan vainotut tiedemiehet ja vapaaajattelijat kävivät nyt vastahyökkäykseen. Tiede lupasi todelliset, eksaktit vastaukset ihmisen ja maailman kysymyksiin — totta, luonnontieteiden, ja niiden sovellutusten, tekniikan, agronomian ja lääketieteen kolmisatavuotinen menestys on ollut ainoalaatuinen historiallinen kehitysvaihe. Tästä menestyksestä osallinen maailma, Eurooppa ja Pohjois-Ame-

rikka, alistivat ylivoimallaan nopeasti lähes koko maailman, sekä kansat että luonnon.

Faustin menestys?

Tultiin 1800-luvun loppupuolelle, koko maailma oli kartoitettu, eläimet ja kasvit luokiteltu, alkuaineet eristetty ja niille annettu nimet, uusia planeettoja löydetty pelkkien numeeristen laskelmien avulla, sanalla sanoen, maailma oli valmis; materialistinen, staattinen, konkreettinen ja mekaaninen — enää ei sivistynyt ihminen tarvinnut Jumalaa eikä kirkon moraalisaantöjä — elämän lait voitiin löytää tieteestä. Näin ajattelivat kuitenkin vain sivistyneimmät ja edistyneimmät; tavallinen kansa kävi edelleen kuuntelemaan pappien saarnoja, luki katekismusta, raamatua ja postillaa.

Tänä aikana oli kuitenkin tieteen keskellä tapahtunut asioita, jotka tulivat häiritsemään valmista tieteen maailmaa. Ehkä ensimmäinen häiriö oli atomin käsite, joka Lavoisierin puhtaasti teoreettisena hypoteesina aiheutti kemian kehittymisen jättiläisaskelin. Atomista otettiin irti sen tieteellinen hyöty, mutta sen ei annettu häiritä maailmankuvaa — se nimittäin kuviteltiin vain pieneksi jakamattomaksi ainehiukkaseksi — kuin hiekansiruksi. Atomiteorian menestys oli ehdoton — silti siitä jaksettiin riidellä lähes koko 19. vuosisadan ajan.

Vuosisadan lopussa koki fysiikka shokkinsa. Mustan kappaleen säteilyn selitykset eivät ainoastaan kariutuneet, vaan ne johtivat naurettavuuksiin. Planck oletti säteilyn jakautuvan energiapaketteihin, kvantteihin, ja sai ongelman ratkaistuksi. Planck ei tietävästi pohdiskellut pi-

demälle oletuksensa filosofisia seurauksia, hän oli loppuun saakka vanhan koulun mies. Tällä pohjalle rakennettiin Heisenbergin, Schrödingerin, Diracin ja monien muiden luoma kvanttifysiikka. V. 1905 julkaisi muuan A. Einstein Annalen der Physik -sarjassa kolme artikkelia, jotka koskivat Brownin liikettä, valosähköistä ilmiötä ja liikkuvien kappaleiden elektrodynamiikkaa. Vallankumouksellisilla olettamuksillaan Einstein yksinkertaisti suuresti Maxwellin yhtälöihin perustuvaa elektrodynamiikkaa ja antoi fysiikalle uuden suunnan. Seurasi yleinen suhteellisuusteoria ja kosmologia. Rutherfordin kokeet ja Bohrin atomimalli haajoittivat ennen jakamattoman atomin ja osoittivat sen olevan lähinnä tyhjää. Sittemmin hajosi myös atomin ydin, josta on löytynyt alkupe-
räisten protonien ohella loputtomiin uusia enemmän tai vähemmän pysyviä aine/energiahiukkasia.

Päästäkseen eteenpäin oli kemian ja fysiikan irroittauduttava konkreettisesta ja havainnollisesta sekä luotava uudet täysin abstraktit ja sanalla sanoen elämälle vieraat käsitteet. Maailma rakentuu nyt atomeista, energioista, kentistä, kvanteista, tiloista ja joistakin mitä kutsutaan hiukkasiksi, mutta joilla ei ole mitään tekemistä meidän tuntemiemme pölyhiukkasten kanssa. Tavallinen kansalainen kuvaa ympäristönsä aivan toisenlaisin käsittein. Nyt oli tajuttava, että aistimme eivät välitä meille *todellista* maailmaa, vaan kuvan siitä (niin, kumpi maailma on todellinen?).

Usko tieteeseen

Entäpä muut luonnontieteet. Biologia pysyi kauan lajittelevana ja kuvai-

levana tieteenä. Darwin toi mukanaan radikaalin tekijän, evoluution, jota ei tänäkään päivänä läheskään varauksetta hyväksytä edes biologien keskuudessa. Kromosomien ja geenien löytäminen, niiden roolin ja rakenteen periaatteellinen selvittäminen ovat vasta nyt antamassa biologille loogista, teoreettista ja matemaattista pohjaa.

Samanaikaisesti on luonnontieteissä myös jouduttu luopumaan ylhäältäpäin annetusta mallista johon osat mukautetaan, ja siirtymään malleihin, joissa suuret ilmiöt johdetaan niiden pienimmistä osatekijöistä. Tämä lähestymistapa asettaa matemaatikalle suuria, pääosin täyttämättömiä vaatimuksia. Kosmologia ja darwinismi toivat luonnontieteisiin uuden tekijän — dynamiikan — jatkuvan ja irreversiibelin muutoksen. Luonnontieteiden maailmankuva oli muuttunut abstraktiksi ja äärettömän paljon aikaisempaa monimutkaisemmaksi.

Ensimmäisen maailmansodan jälkeen valtasi suuren länsimaisen yleisön mielet kuitenkin 1800-luvun tieteen itsevarma, konkreettinen ja mekaaninen maailmankuva. Ihmiset alkoivat todella uskoa Dühringin taivoin, että käsin pideltävä on todellisuutta ja todellisuus on käsin pideltävää.

Alettiin uskoa, että uskonto on kaunis vanha tapa, mutta että sitä tarvitaan vain täyttämään niitä kartan väheneviä valkoisia laikkuja, joita tiede ei vielä ole kyennyt selvittämään. Moraalin ja etiikan mytologiaan perustuvat vanhat viisaudet voidaan korvata uusilla tieteellisillä tosiasioilla tai tehdä tarpeettomaksi tekniikan ja lääketieteen keinoin. Uskoon perustuva maailmankäsitys korvattiin ihmiskunnan nyt aikuistuesssa tieteeseen perustuvalla maailmankäsityksellä. Ensyklopedistit olivat voit-

taneet.

Miksipä ei? Tiede ja tekniikka uottivat jatkuvasti mullistavia edistysaskeleita: sähköt, lentokoneet, radiot, autot, antibiootit, atomipommit, TV:t, tietokoneet, ehkäisytabletit, avaruuslennot, mikroprosessorit. Niinpä kaikkivoivalta tieteeltä pyydettiin ratkaisua loppuihinkin ongelmiin; köyhyyteen, sosiaalisiin ongelmiin, sotaan, auto-onnettomuuksiin, kehitysmaiden kurjuuteen. syöpään, ympäristön pilaantumiseen ja energiakriisiin. Tieteeseen todella uskottiin, ja ratkaisuja kaikkiin näihin ongelmiin odotettiin vielä 60-luvun alussa nopeasti. Mutta kuinka kävi? Ratkaisuja joko ei löytynyt tai niitä ei hyväksytty.

Tiede ei ole tavaratalo, josta löytyy kaikkea — sieltä ei löydy läheskään kaikkea. Tiede ei ole selittänyt maailmasta eikä ihmisestä hyppysellistä enempää. Selitetty maailma on todellisen infinitiesimaalinen osa. Sannalla sanoen, tieteelliselle maailmankäsitykselle ei ole olemassa tieteellistä pohjaa. Nk. tieteellinen maailmankäsitys perustuu uskolle uskonnon antiteesiin.

Tämä väite kaipaa ilmeisesti perustelua. Paljonko me tiedämme fysiikasta? Principia Mathematican, Maxwellin yhtälöiden, Einsteinin gravitaatioteorian ja Schrödingerin yhtälöiden menestys on valtaisa. Mutta missä ovat yhtälöt, joilla ennustetaan atomin tai sen ytimen spektri, energia ja hiukkaset. Meillä on valtavasti mitattua tietoa, mutta eksakti teoria puuttuu.

Geenibiologian puolella kyetään nykyään matemaattisesti selittämään joitakin mehiläisyhdyskuntien yksittäisiä käytöspiirteitä. Ihmisen geenistön kvantitatiivinen selittäminen on mielikuvituksen työtä takana ja kaukana hämärän rajan tuolla puolen. Ihmisten, eläinten ja kasvien bi-

okemiaa tunnetaan vain paikkapaikoin ja lähes yksinomaan kvalitatiivisesti. Jos ihmisen biokemiaa tunnettaisiin eksaktisti, ei lääkkeitä tarvitsisi kokeilla eläimillä. Lääke voitaisiin kehittää yhtä tarkasti kuin kuuraketti ja sen vaikutus ennakoita ilman kokeita yhtä tarkasti kuin tuon raketin törmäyskohta kuussa.

Luonnontieteiden maailmasta on siis eksaktisti selvitetty vain infinitiesimaalinen osa. Tiede kykeni vastaamaan vaikeisiin kysymyksiin niin kauan kuin se sai esittää nämä kysymykset itse (vastauksen sattumanvaraisen löytymisen jälkeen). Niin kauan kuin ihmiset tyytyivät seuraamaan ja ihaillemaan tieteen riemuvoittoja sivusta, heidän erehdyksensä pysyi salassa. Mutta tuli tiedepoliitikka, tiedehallinto, ja tavoitetutkimus. Kaikki nämä perustuvat käsitykseen tieteen kaikkivoipuudesta. Tieteeltä voi vaatia tai ostaa mitä tahansa. Yksi halusi syöpälääkkeen, toinen turvallisen saasteettoman ja energiaa kuluttamattoman auton, kolmas poliittista uskoaon pönkittävä yteiskunnallisen totuuden. Apurahoja tarvitsevat tiedemiehet lupasivat nämä kaikki. Terässiltaa ei kuitenkaan voitu rakentaa kivikaudella, eikä radioteleskooppia ennen Maxwellia. Tieteen tuloksia voidaan ostaa rahalla ainostaan jos tulokset perustuvat yksiselitteisesti tunnettuihin aikaisempiin tosiasioihin. Kuuraketti perustui, syöpälääke ei.

Tiede vastaa vain totuudesta

Tieteen suurvoitot on saatu sattumanvaraisesti ja tahattomasti. Yhteistä voittajille on, että he ovat saaneet työskennellä vapaasti ja rauhasa, tehdä sitä mitä he osaavat, ei sitä

mistä heille maksetaan. Tiedepoliitikka on erehdys. Kontrolloitu ja ahdistettu tiede on tuottanut loputtomiin mittausarvoja ja korrelaatioita, joille ei ole olemassa teoriaa eikä selitystä. Tällaisina nämä tutkimuksen hedelmät ovat parhaimmillaan hyödyksi tulevalle teorianmuodostukselle, pahimmillaan ne ovat yleisöä harhauttavia iskulauseita demagogien suussa. Yksi väittää näistä korrelaatioista yhtä, toinen toista. "Johtavat tiedemiehet eivät ole päässeet yksimielisyyteen".

Entä suuri yleisö. Sitä on petetty. Onko tiede luvannut liikaa? Tiede ei ole luvannut mitään, mutta se on antanut valtavan paljon. Ensyklopedistit ja monet poliitikot sekä tiedemiehet lupasivat liikaa. Todelliseen tieteelliseen maailmankäsitykseen on vielä käsittämättömän pitkä matka. Yleisön pettymys on johtanut vastareaktioihin. Toiset hakevat totuutta Intian guruilta, toiset käyvät konserteissa ja teattereissa, lukevat hienoa kirjallisuutta ja ylpeilevät siitä etteivät tiedä fysiikasta, matematiikasta eivätkä tekniikasta mitään. Monet kääntyvät takaisin kirkon puoleen, mutta täällä onkin vastassa moderni ja pluralistinen sosiaalis-hengellisdemokraattinen palvelutalo, jolla on paljon erikoistuneita hallintovirkamiehiä, tietokonekeskuksia ja palvelupisteitä. Kirkko on ominut tuon onnettoman modernin maailmankuvan ja osoittanut yhteiskunnallisen vastuunsa siirtämällä kirkkopyhät lauantaihin. Pettymys on kääntynyt itse tieteitä vastaan. Tieteitä syytetään tuhoaseista, ympäristön saasteista, köyhien nälästä ja katastrofiuhasta. Tieteet palvelevat kenraaleita ja suurta rahaa.

Nämä syytökset ovat absurdeja. Tieteet tuottavat tietoa luonnon lainalaisuuksista, eivätkä ne ole vastuussa mistään muusta kuin tulosten ja teo-

rioiden totuusarvosta.

Palaan nyt alkuperäiseen aiheeseen tieteestä ja uskosta. Vuosituhantinen ristiriita ei ole johtunut tieteistä eikä uskonnosta. Se on johtunut tieteitä tai uskontoaan keppihevosinaan käyttävistä ihmisistä, jotka ovat pyrkineet joko valtaan tai kokonaisvaltaiseen maailmankäsitykseen. Aikaisemmin ihmisiä petkutettiin uskonnon, sittemmin tieteen nimissä. Jälkimmäinen petkutus on nyt tulossa ilmi.

Kokonaisvaltainen tieteellinen maailmankäsitys ei nykyisellä tieteen tasolla ole mahdollinen. Me elämme kahdessa eri maailmassa, josta toinen on meidän aistiemme, kokemuksemme, viisautemme, kulttuurimme ja tunteemme ohjaama subjektiivinen maailma. Tässä maailmassa on värejä, musiikkia, tunnelmaa, vihaa, rakkautta, oikeaa, väärää, kaunista, rumaa, hyvää ja pahaa. Tässä maailmassa ovat ihmissuhteet, tässä me etsimme elämän tarkoitusta ja ihmisen tehtävää. Tässä maailmassa pätevät moraalin ja etiikan lait, ja siitä löytyvät usko, onni ja suru, viisaus ja tyhmyys, nöyryys ja pöyhkeys. Tämä maailma on tärkeä ja varmasti todellinen ja siinä me koemme pelastuksen, armon tai kadoruksen. Luonnontieteiden ja tekniikan hallitsema maailma on perinpohjin laiminlyönyt ja jopa pyrkinyt kieltämään tämän ihmisen subjektiivisen, mutta todellisen maailman. Se irrationaalinen aggressiivisuus, jota me ympärillämme näemme, on ymmärrettävää, mutta vaarallista reaktiota rationaaliselle ihmisestä etäännyneelle maailmankäsitykselle. Ihminen ei ole rationaalinen eläin, mutta rationaalinen ajattelu on eräs hänen oppimansa menestyksellinen työväline.

Se toinen, meistä etäännyvä maailma on luonnontieteiden abstrakti maailma. Täältä löytyvät järki, ana-

lyysi, logiikka, matematiikka, synteesi. Tämä maailma on hallinnut kulttuuriamme noin 200 vuotta ja sen menestys on ollut huimaava. Sen avulla on poistettu valtaosaltaan nälkä, köyhyys ja sairaudet. Se on tuonut elämäämme mukavuutta, turvaa, vapaa-aikaa. Se on mahdollistanut nopeat matkat, tietoliikenteen, raskaan työn siirtämisen koneille ja yksitoikkoisen automaatiolle, ja sen täysin perustellut tulevaisuuden lupaukset ovat vielä paljon suuremmoisemmat.

Tämä maailma koostuu hiukkasisista, kentistä, tiloista, energioista, reaktioista, funktioista ja informaatiosta. Tämä ei ole meidän maailmamme, mutta myös se on todellinen, sen lainalaisuudet hallitsevat pitkälle myös kokemusmaailmaamme. Me tiedämme tästä maailmasta hyvin vähän, mutta jo tämä on ollut meille suunnattomaksi hyödyksi ja edistykseksi. Tämä maailma antaa meille jatkuvasti tietoa ja analogioita, jotka ovat erittäin merkityksellisiä myös kokemusmaailmassamme. Jos me rikomme luonnontieteen maailman lainalaisuuksia vastaan, me lyömme päämme seinään myös omassamme. Siksi sisäänpäinkääntyminen ja tämän maailman ja sen tiedon hylkääminen olisi suuri typeräisyys, joka kostahtaisi nopeasti.

Ihmisen ja luonnontieteen arvot

Me tiedämme kuitenkin fysiikan, kemian ja biologian (psykologiasta ja sosiologiasta puhumattakaan) maailmasta aivan liian vähän, että siitä voitaisiin muodostaa kestävä maailmankäsitystä, vielä vähemmän etiikkaa ja moraalialia. Tämän on tavallaan

osoittanut mm. Pentti Linkola uusimmassa kirjassaan. Hänen biologista ja ekologiasta johtamansa moraalilla on kauhistava ja mieletön. Se on varmasti väärä, mutta tämä ei johdu niinkään hänen johtopäätöksistään kuin lähtökohdistaan. Jos joku biologi sanoo meille, että meidän tulee antaa kehitysmaiden lasten kuolla nälkään, sotiin ja tauteihin, koska väestönkasvu uhkaa meitä ekokatastrofilla, on meidän hyljättävä muuttuva biologia ja täytettävä kestävä ja muuttumaton ihmisyyden vaatimus.

Toinen biologi, joka sanoo, että parempi olisi luonnolle jos ihminen häviäisi ja ihana luonto saisi kukoistaa kauniina ja vapaana saasteista, on yhtä mieletön. Hän ei tajua että käsitteet hyvä, kaunis ja vapaa ovat ole-massa ainoastaan ihmisessä. Jos meitä ei olisi, ei olisi kauneutta eikä rumuutta, ei hyvää eikä pahaa, ei oikeaa eikä väärää. Olisi vain kenttiä, energioita ja hiukkasia. Tämä biologi on siirtänyt ihmisen subjektiivisen maailman käsitteitä luonnontieteen maailmaan, jossa niillä ei ole mitään sisältöä. Teko voi olla oikea vain jos ihminen sen tekee. Uusi planeetta tulee kauniiksi vasta kun ihminen sen näkee.

Mikään luonnontiede ei kelpaa elämämme eikä ihmisyytemme ohjeeksi. Luonnontieteen maailmankuva on tähän aivan liian epätodellinen ja muutoksenalainen. Se viisaus, joka sisältyy kymmeneen käskyyn, evankeliumiin ja vuotisraamattuun, ei vuosituhansien kuluessa ole muuttunut miksiäkään. Tämä viisaus perustuu vuosimiljoonaiseen kokemukseen ihmisestä, ihmissuhteista, ihmisen asemasta ja tehtävästä; uskoni mukaan se perustuu Jumalan johdattukseen ja Kristuksen lunastustyöhön.

Löytyykö tästä muuttumattomasta viisaudesta ohjetta suhteessamme

luonnontieteen ja tekniikan saavutuksiin? Vanhassa testamentissa sanotaan, että kasvit, eläimet ja koko luonto on annettu meidän hyväksikäytettäväksemme. Vuorisaarnassaan sanoo Kristus: Hedelmistään puu tunnetaan, ei huono puu kannan hyvää hedelmää eikä hyvä huonoa. Tavattoman monta puuta on haukuttu huonoksi tai kehuttu hyväksi, vaikka

puun hedelmät kertovatkin aivan päinvastaista. Ajatelkaamme vaikka pa ydinvoimaa ja televisiota.

Kristus esittää myös kaikkien tuntevan vertauksen leivisköistä, joita kolme palvelijaa käytti eri tavoin. Tiede ja tekniikka ovat meille annetut leiviskät. Meidän tulee käyttää niitä lähimmäistemme ja itsemme hyväksi niin että ne jatkuvasti lisään-

tyvät. Jos me hylkäämme ne ja pakeneimme kehityspelkoamme metsäpirtteihin — unohdamme ne epätoivoiset apua tarvitsevat lähimmäisemme tässä maailmassa, joita me ihmisinä tieteen ja tekniikan keinoin kykenisimme auttamaan — olemme me sen palvelijan kaltaiset, joka hautasi leiviskänsä maahan ja kohtasi Herransa tuomion.

VERBAALIAKROBATIAA

Julkisessa keskustelussa, tuote-esittelyissä ja eri puulaakien sisäisissä palavereissa harjoitetaan aina tietyssä määrin ns. verbaaliakrobatiaa. Seuraavassa on sekä joukko lainattuja (Katalyytti 2/80) että muita kokemusperäisiä esimerkkejä tästä alunperin harvinaisesta mutta nykyään yhä yleisemmästä sanataiteen muodosta.

YLEISESTI OTAKSUTAAN/YLEISESTI TUNNETTUAHAN ON ...

= pari muutakin henkilöä on samaa mieltä

ON TODENNÄKÖISTÄ/ON OTAKSUTTAVAA/ON LUULTAVAA/ON MAHDOLLISTA/ASIAHAN ON NYT NIIN ETTÄ...

= minun mielestäni

ERÄS TUNNETTU TIEDEMIES/JOHTAVAT ASiantuntijat JA TIEDEMIEHET/TOHTORI (PROFESSORI) N.N. XX:N YLIOPISTOSTA/ NOBEL-PALKINNON SAAJA Y. Y: ...

= ei kukaan alalla työskentelevä asiantuntija

JO KAUAN ON TIEDETTY ETTÄ...

= en ole välittänyt selvittää tiedon alkuperää

EIHÄN KUKAAN JAKSA ...

= en viitsi enkä piittaa muutenkaan

ASIASTA EI OLE VIELÄ TARPEEN TEHDÄ RATKAISUA.

= riittävän vitkuttelun jälkeen se ratkenee itsestään

OLEMME PARHAILLAAN ALOITTAMASSA VOIMAKKAAN KEHITYSTYÖN TÄLLÄ ALUEELLA.

= olemme lyöneet laimin tämän alueen kehittämisen

TULEMME ANTAMAAN KAIKEN MAHDOLLISEN TUKEMME.

= emme pysty tukemaan teitä millään tavalla

ON OLLUT JO PITKÄÄN KOKEILTAVANA ...

= ei ole saatu vielä kukaan toimimaan

ASIASTA ON TEHTY SUURI JA MITTAVA SELVITYSTYÖ.

= olemme keränneet paljon tietoa mutta emme saa niistä kunnan tulosta aikaan

MENETELMÄ VALITTIIN KOSKA SE NÄYTTI SOVELTUVAN TARKOITUKSEEN PARHAITEN/MENETELMÄ LIENEE TUNNUSTETTU JOHTAVAKSI ...

= ainoa menetelmä jonka tunsimme

PÄÄMIEHEMME ON ILMOITTANUT ETTÄ LÄHIAIKOINA ESITELLÄÄN UUSI ...

= kilpailijamme tuote on parempi kuin omamme

KYSYMYKSEEN EI VOIDA ANTAA LOPULLISTA VASTAUSTA.

= tulokset eivät vastanneet ennakkokäsityksiä ja kaikki olivat asiasta eri mieltä

MAHDOLLISESTI PITEMMÄN AJAN KULUESSA ...

= emme malttaneet odottaa

RATKAISU TÄSSÄ ASIASSA TEHDÄÄN MUILLA PERUSTEILLA.

= asiasyyt eivät puolla haluamaani ratkaisua

SEURAAVASSA ESITETÄÄN PARI TYYPILLISTÄ TULOSTA:

= seuraavassa esitetään ennakkokäsityksiä parhaiten
tukevat tulokset

KOLMESTA KOHTEESTA TEHTIIN YKSITYISKOHTAISEMPIA TUTKIMUKSIA:

= muut antoivat ristiriitaisia tai vastakkaisia
tuloksia ja siksi ne hylättiin

KÄSITYKSEMME MUKAAN ...

= esitämme seuraavan tuloksen josta emme kuitenkaan
pidä välttämättä kiinni

TUOLLAISIA VIRHEELLISIÄ KÄSITYKSIÄ ESITETÄÄN PALJON,
MUTTA.../NÄINKIN VOIDAAN TIETYSTI SANOA, MUTTA.../EI OLE
USKOTTAVAA, ETTÄ.../TUOSTA VOIDAAN VARSIN PERUSTELLUSTIKIN OLLA
ERI MIELTÄ

= en pysty esittämään perusteltua vastaväitettä

ESITÄMME HARKITTAVAKSI ...

= teette kuitenkin oman päänne mukaan

KIINNITÄMME HUOMIOTA SIIHEN ETTÄ ...

= asia on jo pitkään ollut täysin hunningolla

VOITAIISIIN TIETENKIN VÄITTÄÄ ETTÄ ...

= tämän vastaväitteen voi esittää koska tiedän
siihen hyvän vastauksen

TULOKSET TULLAAN JULKAISEMAAN MYÖHEMMIN

= saattaa olla että asia tulee vielä esille,
toivottavasti kuitenkaan ei

TULOKSET TUKEVAT ENNAKKOKÄSITYKSIÄ

- ERINOMAISESTI = kohtalaisesti

- HYVIN = huonohkosti

- NIIN HYVIN KUIN OLOSUHTEET HUOMIOIDEN VOI ODOTTAA
= ei lainkaan

- KOHTALAISESTI = hyvällä mielikuvituksella

SAMAA SUURUUSLUOKKAA = eri suuri

MONIEN VAIKEUKSIEN JÄLKEEN = olemme pahasti myöhässä

LISÄTUTKIMUKSET/-SELVITYKSET OVAT TARPEEN

= tämä työ ei ole lopputuloksiltaan erityisen hyvä

EI OLE AJATELTAVISSA ETTÄ ...

= asiaa on vakavasti ajateltu

ASTROSEP — ydinsähkön erotin tulossa

Kiivaissa väittelyissä ydinvoimalaitoksista on yksi asia jäänyt tähän asti vaille huomiota. Vastustuksesta huolimatta ydinvoimalla tuotettua sähköenergiaa syötetään valtakunnan verkkoihin ja yli rajojenkin. Ydinvoiman vastustajalla ei ole ollut mahdollista tietää, mikä osa hänen käyttämästään sähköenergiasta on ydinvoimaa, mikä turvallisesti, konventionaalisesti kehitettyä energiaa, puhumattakaan, että olisi ollut mahdollista kieltäytyä atomisähkön käytöstä.

Onhan pelättävissä, että atomisähkö käytettynä esim. elintarvikkeiden valmistuksessa, kotitalouksien ruoanlaitossa sekä ihonläheisissä sähkölaitteissa kuten parranajokoneissa, käherryslaitteissa, hammasharjoissa ym. aiheuttaa säteilyvammoja tai kutinaa. Erään kuuluisan instituutin tiedemiehet ovat nyt kehittämässä mullistavaa menetelmää, jonka työnimenä on Astrosep H.

Menetelmän mukaan toimiva laite on kytkettävissä pistorasiaan ja se erottaa käytettävästä sähköstä ydinvoimalla tuotetun virran jopa 87 prosenttisesti. Tyristorisuuntaaja ohjaa ”atomisähkön” takaisin verkkoon.

Tästä on tietenkin haittana, että ydinsähkötöisyys muilla käyttäjillä, joilla erötinta ei ole käytössä, suurenee. Onkin siten suositeltavaa, että esim. kerrostalon kaikki asunnot varustetaan erottimilla.

Astrosepin toiminta perustuu siihen, että atomisähkövirran elektronien energiasisältö on muutaman elektronivoltin verran suurempi kuin ”normaalien”. Tätä efektiä käytetään hyväksi: laitteen elektronisädeputkessa erityisten magneettisoptisten anodien kautta atomivirtaelektronit ohjautuvat apuanodeille ja niiltä edelleen takaisin verkkokierto. Erotuskyky n. 87 % on saatavissa suuremmaksi kun uusi puolijohdeyksikkö (kuusi kerrosta ABCMOS-tekniikalla vaihtuvien hilojen) on saatu valmistusvaiheeseen. Tämän laskeaan tapahtuvan 1.4.81 mennessä. Interkama Schnelldienst 2, 12. Oktober 1980, s. 51.

INSTRUMENTTI

ISSN 0357-9018

informaatiolehti julkaisijain edustamista mittaus- ja säätölaitteista

Numero 11
Marraskuu 1980

5. vuosikerta
(46. numero)

Päätoimittaja
Esko Sartola
Toimitussihteeri
Soili Rissanen

Julkaisija ja ©

ELEKTRO-DYNAMO OY

Vironkatu 7
00170 Helsinki 17