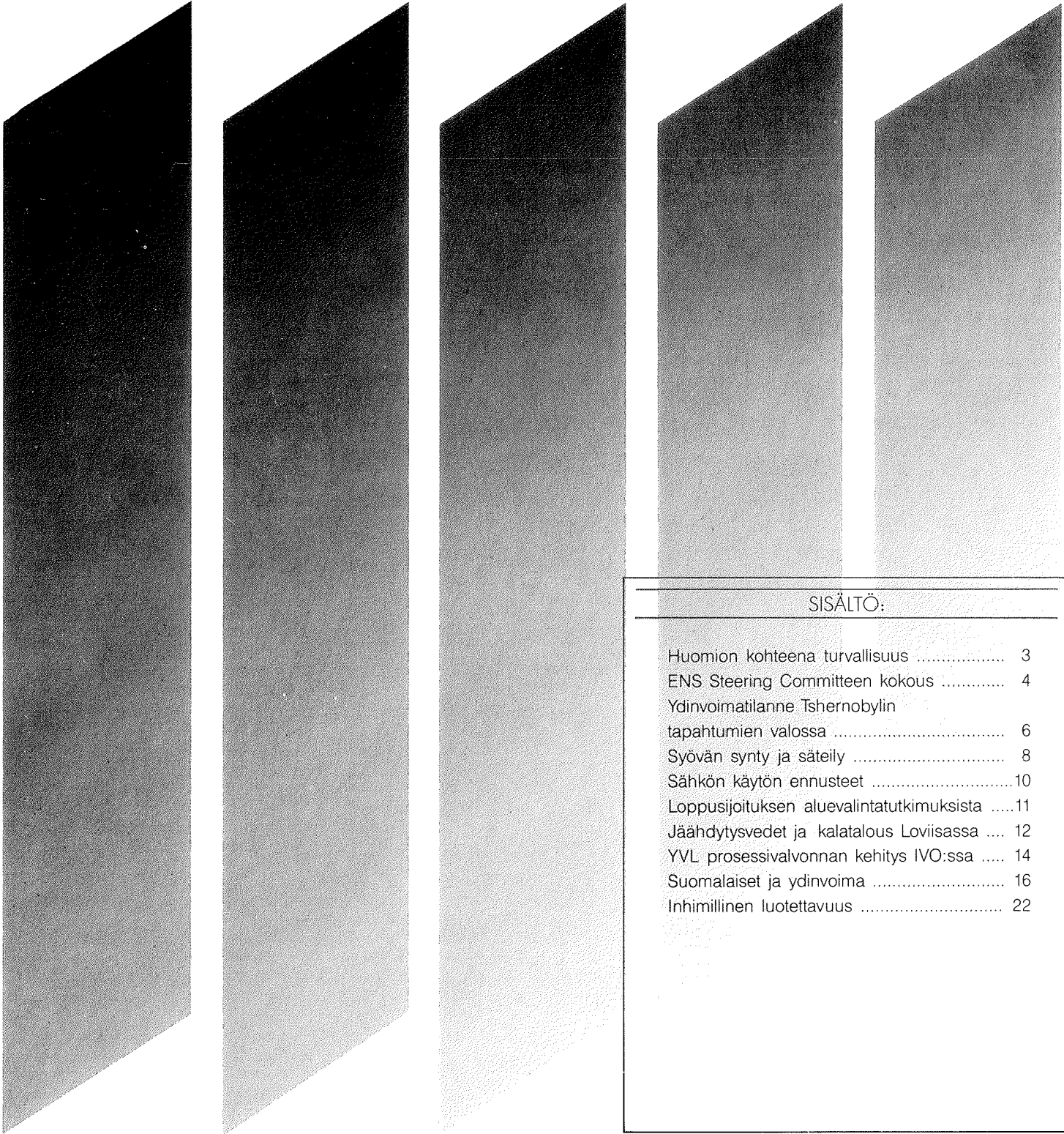




ATS

YDINTEKNIikka



SISÄLTÖ:

Huomion kohteena turvallisuus	3
ENS Steering Committeeen kokous	4
Ydinvoimatilanne Tshernobylin tapahtumien valossa	6
Syövän synty ja säteily	8
Sähkön käytön ennusteet	10
Loppusijoituksen aluevalintatutkimuksista	11
Jäähdytysvedet ja kalatalous Loviisassa	12
YVL prosessivalvonnan kehitys IVO:ssa	14
Suomalaiset ja ydinvoima	16
Inhimillinen luotettavuus	22

ATS

YDINTEKNIikka

2/86

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

TOIMITUS

Päätoimittaja
FT Mikko Kara
P. 90-6090553

Imatran Voima Oy
Malminkatu 16
00100 Helsinki

Erikoistoimittaja
DI Klaus Sjöblom
P. 915-550431

Imatran Voima Oy
07900
Loviisa

Erikoistoimittaja
DI Ahti Toivola
P. 938-18220

Teollisuuden Voima Oy
27160
Olkiluoto

Toimittaja
FM Launo Tuura
P. 90-6172471

Helsingin kaupungin energialaitos
Kampinkuja 2
00100 Helsinki

JOHTOKUNTA

Pj TKT Erkki Aalto
Imatran Voima Oy
PL 138
00101 Helsinki
Puh. 6160250

Jäs. DI Antti Hanelius
Suomen Voimalaitosyhdistys ry.
Lönnrotinkatu 4 B
00120 Helsinki
Puh. 602944

Vpj TkL Jukka Laaksonen
Säteilyturvakeskus
Kalevankatu 44
00180 Helsinki
Puh. 6167283

Jäs. DI Ilkka Mikkola
Teollisuuden Voima Oy
Fredrikinkatu 51—53 B
00100 Helsinki
Puh. 605022

Rh DI Seppo Salmenhaara
VTT/REA
Otakaari 3 A
02150 Espoo
Puh. 4566330

Jäs. TkL Björn Wahlström
VTT/SÄH
Otakaari 7 B
02150 Espoo
Puh. 4566400

Siht DI Esko Tusa
Imatran Voima Oy
PL 138
00101 Helsinki
Puh. 6958324

TOIMIHENKILÖT

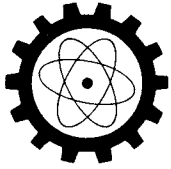
Yleissihteeri
FK Lauri Rantalainen
Puh. 90-6090949
Imatran Voima Oy
PL 138
00101 Helsinki

Ekskursios sihteeri
DI Pertti Salminen
Puh. 90-648931
VTT/Ydinvoimatekniikan lab.
Lönnrotinkatu 37
00180 Helsinki

Kans.väl.yhteyks.siht.
DI Klaus Kilpi
Puh. 90-4564148
VTT/E-osaston kanslia
Vuorimiehentie 5
02150 Espoo

ATS-Info puheenjohtaja
TKT Seppo Vuori
Puh. 90-648931
VTT/Ydinvoimatekniikan lab.
Lönnrotinkatu 37
00180 Helsinki

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



ATS
20

*20-VUOTISJUHLA
KATAJANOKAN KASINO
PERJANTAINA 19.9.1986
KLO 19.00*

PUHEET
KVARTETTILAULUT
TORVISOITTOESITYKSET
TANSSIAISET
BAARI
JUHLAT
JATKUVAT
AAMUUN . . .



Juhla- tai tumma puku
Illalliskortti 200:—
Tiedustelut 90-456 4141

SRE-Luotettavuustekniikan ja turvallisuusanalyysin Symposio

Kari J. Laakso/VTT, säh

SRE (Society of Reliability Engineers, Scandinavian Chapter) -yhdistys järjestää yhdessä Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen sähkötekniikan laboratorion kanssa yhteispohjoismaisen luotettavuustekniikan konferenssin 14.—16.10.1986 Otaniemessä.

Konferenssin järjestelyihin ja sen tukemiseen osallistuvat mm. suomalaiset ydinvoimayhtiöt sekä pohjoismainen atomienergiayhdyselin NKA. Symposiossa käsitellään luotettavuustekniikan ja järjestelmällisen turvallisuusanalyysin menetelmiä ja sovellutuksia.

Symposion tavoitteena on edistää tietämyksen vaihtoa luotettavuustekniikan ja todennäköisyysperustaisen turvallisuusanalyysin menetelmistä ja sovellutuksista sekä myötävaikuttaa käyttövarmuuden ja turvallisuuden huomioonottavan kokonaisnäkemyksen vakiintumiseen teknisten järjestelmien suunnittelussa, turvallisuus-, käyttö- ja kunnossapitotoiminnassa sekä päätöksenteossa.

Symposion aihepiiri painottuu merkittävästi järjestelmällisen ja todennäköisyysperustaisen turvallisuusanalyysin sovellutuksiin ja menetelmiin sekä inhimillisten tekijöiden vaikutuksen huomioonottamiseen turvallisuusanalyysin osana.

Lisäksi 16.10.1986 järjestettävään asiantuntijoille tarkoitetun Risk Analysis Methods and Applications Workshopin tavoitteena on edistää tietämyksen ja kokemusten vaihtoa järjestelmällisistä turvallisuusanalyysistä erityisesti ydinvoima-alalla sekä prosessiteollisuuden kanssa ja piirissä.

Näiden kolmen päivän aikana tullaan kuulemaan pääasiassa englanninkielisiä esitelmiä ja keskustelemaan näihin liittyvistä asioista suomalaisten, ruotsalaisten, tanskalaisten, norjalaisten ja yhdysvaltalaisen insinöörien ja asiantuntijoiden kesken.

Aiheesta kiinnostuneita Suomen Atomiteknillisen Seuran jäseniä pyydetään jo nyt merkitsemään konferenssipäivät 14.—16.10.1986 kalenteriinsa. Lisätietoja symposion ohjelmasta ja järjestelyistä saa allamainituilta henkilöiltä. Symposion yksityiskohtainen ohjelma ilmestyy kesäkuussa ja siitä tullaan tiedottamaan lisää ATS Ydintekniikan seuraavassa numerossa.

Hotellihuoneen varmistamiseksi kävelymatkan päässä symposioon suositellaan osanottajia kuitenkin ilmoittautumaan symposioon viimeistään 20.8.1986 mennessä.

Kari J. Laakso
puh. 90-456 6465

Antti Lyytikäinen
puh. 90-456 6463

Merja Malinen
puh. 90-456 4778

VTT/Sähkötekniikan laboratorio
SF-02150 ESPOO

Huomion kohteena turvallisuus

Viimeaikaiset tapahtumat ovat tuoneet selvästi esiin, että vakavan ydinvoimalaitosonnettomuuden seuraukset ulottuvat huomattavasti varsinaista vaara-aluetta laajemmalle. Omakohtaiset mitaushavainnot onnettomuuspäästöstä tekevät konkreettisen vaikutuksen, vaikka pitoisuudet olisivatkin alle hälytysrajojen. Silloinkin kun aineelliset vahingot koskevat vain yhtä ydinvoimalaitosyksikköä ja terveydellinenkin riski vain suppeata aluetta, välilliset vaikutukset koskevat koko reaktorityyppiä, käyttäjäorganisaatiota, asianomaisen maan teknologian mainetta sekä kansallista itsetuntoa. Julkinen paine kautta maailman edellyttää riskien minimoimista ehtona ydinenergian hyödyntämiselle. Myös tällaisessa tilanteessa ratkaisujen tulee olla rationaalisesti perusteltuja ja päätöksen teon pitkäjänteistä.

Teoriassa tapahtunut onnettomuus voidaan katsoa stokastisen ja jo hyväksytyin riskisuureen realisoitumaksi, eikä sen välttämättä tarvitsisi vaikuttaa voimassaoleviin riskiarvoihin tai niiden hyväksyttävyyteen. Käytännössä kuitenkin riskikäsitteitä halutaan tarkentaa ja niiden hyväksyttävyyttä punnita uudelleen.

Kokonaan toinen asia on, miten eri ydinvoimalaitostyyppien ja niiden kokemukset ovat siirrettävissä meidän oloihimme. Tähän asti tehdyt todennäköisyyspohjaiset riskianalyysit ovat osoittaneet, että niin sydämen sulamiset, onnettomuuspäästöt ja merkittävimmät tapahtumaketjut kuin näiden todennäköisyydetkin ovat hyvin yksilöllisiä kullekin laitokselle. Erot yksittäisten ydinvoimalaitosten riskiarvoissa eivät ole suoraan korreloineet laitostyyppin — kuten BWR, PWR tai FBR — kanssa. Sen sijaan turvajärjestelmillä on ollut ratkaiseva turvallisuutta parantava vaikutus.

Esimerkiksi Sequoyahille tehty PRA osoitti, että hätäsyöttövesijärjestelmä on tehnyt ko. laitoksen yli 1000 kertaa turvallisemmaksi kuin ilman sitä; samoin myös reaktori- ja laitossuojausjärjestelmä. Reaktorin hätäsisäveden syöttöjärjestelmä on pienentänyt sydämen sulamisen todennäköisyyttä lähes kahdella dekadilla kuten myös hätäjäähdytyskiertokin. Varasähköjärjestelmät ovat lisänneet turvallisuuden kymmenkertaiseksi. Myös muilla tekijöillä oli turvallisuutta selvästi edistävä vaikutus. Sen sijaan turvajärjestelmien luotettavuuden ja toiminnan edelleen parantami-

sen todettiin pienentävän riskiä vain marginaalisesti. Tasolle 2 ulotetuissa PRA-tutkimuksissa on osoittautunut, että suojarakennus ehkäisee radioaktiivisia päästöjä tehokkaasti, myös ja erityisesti onnettomuuden alkuvaiheessa.

Vastaavanlaisten Loviisaa ja Olkiluotoa koskevien todennäköisyyspohjaisten turvallisuusanalyysien myötä käsityksemme riskeistä ja näiden pienentämismahdollisuuksista täydentyy. Tähän astinen turvallisuustyö on tähdännyt suunnittelun perusteena olleista onnettomuuksista selviytymiseen; myös tätä vakavimmat onnettomuudet on otettu huomioon. Ja omista lähtökohdista ponnistamme jatkossakin eteenpäin. Vaikkei muualta saadut kokemukset ole suoraan sovellettavissa olosuhteisiimme, ne voivat silti antaa arvokasta lisätietoa.

Tshernobylin onnettomuus testasi — ja samalla myös lisäsi — suomalaisten valmiutta säteilymittaukseen, suojautumistoi-
menpiteistä päättämiseen ja väestölle tiedottamiseen. Julkinen tiedotus oli pitkälle objektiivista ja asiatietoja välittävää; tavallisille kansalaisille tarjottiin siten radiologian ja säteilyltä suojautumisen peruskurssi.

Laajempien ja yksityiskohtaisempien tietojen saamiselle Tshernobylistä ja sen vaikutusalueelta olisi turvallisuutta lisäävä vaikutus — vastaavasti kuten TMI-tapahtumalla. Radioaktiivisten aineiden vapautumisen, kulkeutumisen, laskeutumisen ja rikastumisen arvioinnin kannalta onnettomuus saattaisi tarjota harvinaisen mielenkiintoista tietoa. Tapahtumaketju, joka tätä kirjoitettaessa on vielä pitkälti arvelujen varassa, voisi kertoa paljon ydinvoimalaitoksen onnettomuuskäyttäytymiseen liittyvistä ilmiöistä. Valmius- ja pelastuspalvelutoimintaa sekä näiden tuloksia koskeva informaatio olisi ainutlaatuisen arvokasta. Lisäksi tutkijat mielellään seuraisivat nyt säteilylle altistuneen populaation terveydellistä tilaa tieteellisin menetelmin. Aika näyttää, miten Gorbatsovin ajan uudenlainen avoimuus heijastuu tässä suhteessa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että ydinvoimalaitostemme turvallisuus on yhtä korkealla tasolla kuin aikaisemminkin, mutta turvallisuuden merkitys on entistäkin korostuneempi. □

ENS Steering Committeeen kokous 17–18.4.1986 Genovassa

Kokous oli vuoden 1986 ensimmäinen ENS Steering Committeeen (ENS SC) kokous. Muut vuoden 1986 kokoukset ovat kesäkuussa ja lokakuussa. Lisäksi ENS Board on kokoontunut tammikuussa. Seuraavassa lyhyesti tärkeimpiä esille otettuja asioita kokouksen esityslistan 25:stä kohdasta.

Seuran taloudellinen tila on hyvä. Vuoden 1985 alussa Seuran pääoma oli 460 kSFr, johon lisätään vuoden 1985 toiminnan ylijäämä 20 kSFr. ENC 4-kokouksesta odotetaan ENS:lle koituvan voittoa noin 500 kSFr, joten vuoden 1986 lopulla Seuran pääoman arvioidaan olevan 1 MSFr. Ensimmäistä kertaa Nuclear Europe-lehti tuotti voittoa vuonna 1985. Kilpailusyistä lukua ei kuitenkaan virallisemmin julkisteta.

Seuran sääntöihin (Statutes ja By-Laws) hyväksyttiin eräitä muutoksia. Näin saatettiin säännöt vastaamaan Seuran nykytoimintaa. Asia oli esillä jo Steering Committeeen marraskuun 1985 ja Boardin tammikuun 1986 kokouksissa. ENS:n yleiskokouksen (18.4.1986) hyväksynnän jälkeen sääntömuutokset astuivat voimaan.

Jäsenasiat

Seura hyväksyi neljä uutta kannatusjäsentä. Näistä kolme on Ruotsista, mm. Studsvik Energiteknik.

Järjestyksessään ensimmäiset ENS Honorary Fellows'it valittiin. ENC 4-kokouksessa näiksi kutsutaan (3.6.1986 pidettävällä lounaalla) prof. Wolf Häfele (SLT), Lord Marshall of Goring (UK), prof. Carlo Salvetti (I), Howard K. Shapar (pääjohtaja, NEA/OECD), Georges Vendryes (F) ja C. Pierre Zaleski (F).

Nuclear Europe-lehti ja muut julkaisut

Nuclear European muutamia tunnuslukuja ovat: Vuoden 1985 toiminnan voitto 23 kSFr, mainostulot vuonna 1985 850 kSFr, vuoden 1986 budjetoidut mainostulot 840 kSFr (näistä varmistettu jo 600 kSFr).

Tehdyn lukijatutkimuksen mukaan kolme luetuinta ydinalan uutislehteä ovat Nuclear Europe, Nuclear Engineering International ja Nuclear News (vertailuluvut 57, 27 ja 20 %, vertailuryhmä?). Nuclear Europea lukee jatkuvasti 70 000 ihmistä.

ENS myi vuonna 1981 40 % osakkeistaan Nuclear Technology (NT) ja Fusion Technology (FT) lehdistä ja perusti oman lehensä Nuclear European. Kuitenkin ENS on edelleen osakkaana NT:ssa ja FT:ssa 10 % osakkuudella, mikä vastaa pääomaa 50 kUS\$. Vuoden 1985 tuotto ENS:ille oli 11 kUS\$ (25 kSFr), joka on hyvä tuotto sijoitetulle pääomalle. Kuitenkin tuotto on lähtenyt laskuun viime vuosina.

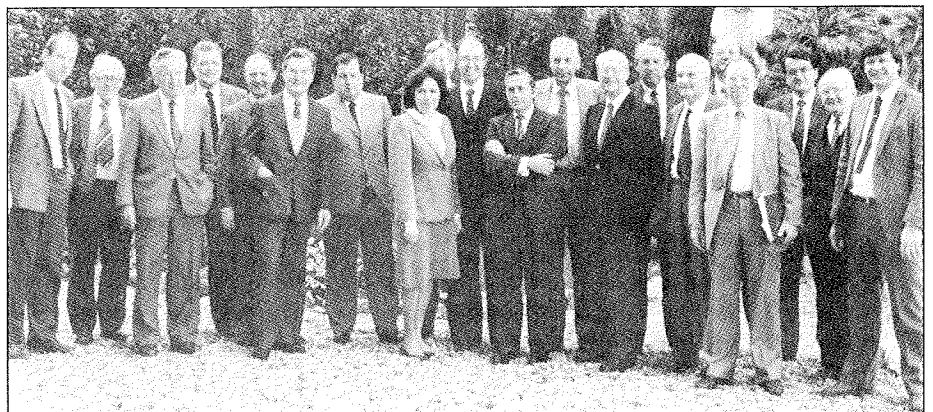
ENS SC keskusteli siitä, tulisiko ENS:n luopua NT- ja FT- osakkeistaan. Tähän ei kuitenkaan nähty syytä mm. siksi, että Seuran taloudellinen tila ei edellytä pääoman realisoitua. ENS:n mukanaolo NT:ssa ja FT:ssa on American Nuclear Society'n (ANS) toivomus (laaja kansainvälinen intressipiiri NT:lla ja FT:lla) ja myös ENS:n etujen mukaista.

ENC '86-kokous (European Nuclear Conference -86)

Tähän mennessä ilmoittautuneita ENC '86 -kokoukseen on 1600 henkeä. Vähintään 500 henkeä odotetaan lisää ennakoilmoittautumisten perusteella. Ilmoittautuneista 60 % osallistuu ENS:n kokoukseen, 38 % sekä ENS:n että Foratomin kokouksiin ja vain 2 % Foratomin kokoukseen.

Tähän vuosikymmenen suurimpaan mainostettuun alan kokoukseen osallistuu tämän hetken ilmoittautumisten perusteella henkilöitä eräistä eri maista seuraavasti: F 380, D 263, UK 192, Sveitsi 141, USA 92 (odotetaan 200 . . . 300), B 80, S 69, Espanja 58, I 47, NL 41, Canada 25, Japani 19, Tanska 14, N 5, Etelä-Afrikka 5, Kiina 3 ja USSR 1. Yhtään osallistujaa ei ole Etelä-Amerikasta.

Mikäli mitään ennalta odottamatonta kielteistä ei tapahdu ENS '86 -kokouksen yhteydessä, myös ENC '90 päätettiin pitää Genevessä. Sen sijaan myöhempien ENC -kokouksien paikkaa ei ole vielä päätetty. Virallisesti ENC '90 -kokouksen pitopaikka julkistetaan ENC '86 -kokouksen päättäjäispäivänä.



ENS Steering Committee, from left to right: Franz Marcus (auditor, Denmark), Paul Wolff (British Nuclear Energy Society), Karl Buob (chairman of ENS Information Committee, Switzerland), Bill Vinck (Liaison Officer, EC) Keith Simm (Institution of Nuclear Engineers, UK), Jean Couture (ENS Treasurer and Vice-President, SFEN, France), ENS Secretary General Peter Feuz, Teresa Rapallini (representing Ansaldo who hosted the General Assembly, Genoa), behind her is Thomas Exkered (ENS Vice-President, Sweden), Umberto Moschella (Member of ENS Board, ANS Italy), ENS President Rafael Caro (Spain), Jean-Martin Kälin (auditor, Switzerland), Harry Cartwright (ENS Past President, UK), Hans Henning Hennies (ENS Senior Vice-President, KTG, Germany), Francesco Fraschetti (Italian Nuclear Society), behind him is R. Lallement (SFANS, France), Lón Bindler (chairman of the ENS Program Committee, Belgium), Bruno Pellaud (Swiss Nuclear Society), ENS Hon. President Guy Tavernier (Belgium) and Klaus Kilpi (Finnish Nuclear Society).

ICONTT 4 -kokous

ICONTT 4 (International Conference on Nuclear Technology Transfer) -kokouksen järjestämiseen ENS otti toistaiseksi odottavan kannan. Aiemmat kokoukset on järjestetty Persiassa, Argentiinassa ja Espanjassa. Viimeksi mainittu (pidettiin syksyllä 1985) oli organisatorisesti ja sisällöltään menestys, mutta tarkoituksellisesti kannalta (teknologian siirto ydinenergia-alan kehityksessä) pettymys johtuen nimen omaan heikosta kehitysmaiden asiantuntijoiden osallistumisesta. ANS on jo päättänyt ICONTT 4 -kokouksen järjestämisestä. ENS:n kannanotto riippuu mm. siitä, miten ENS/ANS -suhteet kehittyvät.

Tuki jäsenseurojen järjestämiin kokouksiin

ENS päätti tukea Sveitsin atomitekniikka seuraa (SNS) syyskuussa 1987 pidettävän PSA-aihepiirin kokouksen järjestämisessä. Tuki on kahden tyyppistä, osavastuun ottamista mahdollisista tappioista ja toisaalta henkilöresurssien käyttöä eli Bernissä olevan ENS:n sihteeristön työtä kokouksen organisoinnissa (ml. Nuclear European hyväksi käyttö).

ENS/SNS:n yhteisesti sponsoroima kokous on nyt ENS:lle ns. pilot scheme -tapaus. Oleellista on, että ENS tukee jäsenseuraansa siinä, missä se juuri parhaiten voi, ts. sihteeristönä avulla ja ottamalla kantaakseen taloudellista riskiä. Sen sijaan SNS kantaa vastuun kaikista

kokouksen sisältöön ja tieteelliseen tasoon liittyvistä kysymyksistä (mm. Programme Committee). On ilmeistä, että näin organisoitavia kokouksia tullaan jatkossa järjestämään eri ENS:n jäsenseurojen toimesta.

Suomen ja Skandinavian maat ovat periaatteessa kiinnostuneita saman tyyppisistä ENS:n tuesta järjestäessään kansainvälisiä kokouksia. Toimistotyö- ym. apua ei niinkään tarvita ENS:n sihteeristöltä mm. maantieteellisestä etäisyydestä johtuen. Sen sijaan voisi olla toivottavaa, että ENS toimisi kokouksen eräänlaisena vakuutusyhtiönä, joka kantaisi mahdolliset kokouksen järjestämisestä koituneet tappiot. Tällainen ENS:n tuki saattaisi oleellisesti parantaa pohjoismaisten atomitekniikkaseurojen tai yksittäisen seuran voimin järjestettävän kansainvälisen kokouksen toteutumismahdollisuuksia.

Ruotsin T. Eckered mainitsi Suomen edustajalle kokouksen ulkopuolella harjoittamansa jonkin sopivan pohjoismaisen voimin toteutettavan kokouksen suunnitelun käynnistämistä. Eräänä mahdollisuutena hän mainitsi **ihminen - kone - aihepiiriin**. Maarianhaminassa 15 . . . 16.4.1986 pidetty aihepiiriin pohjoismaainen kokous oli nähty hyödylliseksi, minkä vuoksi oli päätetty järjestämään uusi kokous lähivuosina.

ENS:n ja ANS:n suhteet

ENS:n suhteet American Nuclear Societyyn (ANS) ovat olleet pidemmän aikaa

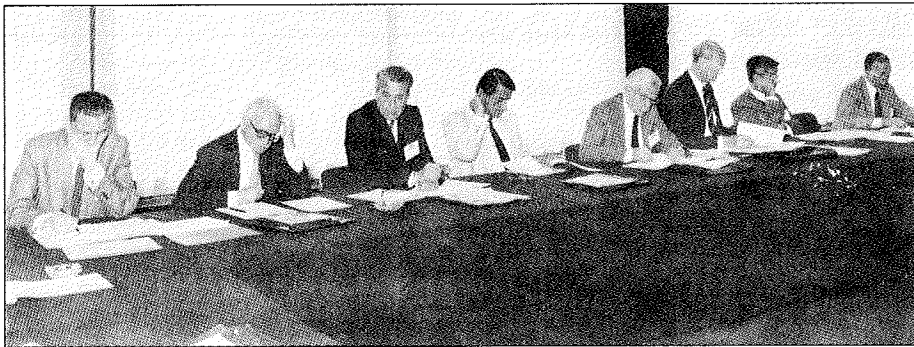
jossain määrin ongelmalliset. Keskeinen ongelma on ANS:n pyrkimys perustaa ANS:n paikallisosastoja ENS:n jäsenmihin, mikä on aiheuttanut hankalia arvovalta- ym. ongelmia eräissä maissa.

ENC '86 kokouksen yhteydessä ENS:n ja ANS:n edustajat (käytännössä Seurojen hallitukset) tapasivat. Sitä ennen (3.6.1986) on Genevessä myös ENS SC:n kokous eriyteistemanään ENS/ANS -suhteet.

Opiskelijoiden harjoittelupaikat

Opiskelijoiden harjoittelupaikkojen vaihtoon pilottikokeilussa Ranskan ja Ruotsin välillä kolme opiskelijaa kummastakin maasta on saanut kesätyöpaikan. Ranskassa työpaikat ovat EdF, Framatome (Paris) ja CEA (Saclay), Ruotsissa Ringhals, Studsvik ja CLAB (Oskarshamn).

ENS:n sihteeristön lupaama luettelo eri maiden yhteyshenkilöistä harjoittelupaikkojen järjestämiseksi on viivästynyt johtuen eräiden jäsenseurojen vastauksen puuttumisesta. Luettelo luvattiin kuitenkin lähiaikoina, mahdollisesti ilman tietoa vastaamatta jättäneiden seurojen yhteyshenkilöistä. Tällöin voitaisiin kesän 1987 harjoittelupaikkojen vaihtoa kokeilla myös Suomen osalta. Alustavien selvitysten perusteella ATS:n johtokunta totesi syksyllä 1985, että 2 . . . 4 kesäharjoittelupaikkaa/vuosi voitaneen järjestää ulkomaisille alan opiskelijoille Suomessa. Tämä avaisi vastaavan määrän harjoittelupaikkoja suomalaisille opiskelijoille muissa Euroopan maissa. □



The ENS Steering Committee met on June 3 during ENC'86 in Geneva. Here are some of those who took part.

The top photograph shows (from left to right): Boris Saitcevsy (SFANS, France), André Gauvenet (SFEN, France), Milan Osredkar (PSENTT, Yugoslavia), Bruno Perllaud (Swiss Nuclear Society), Lewis Roberts (BNES, UK), Harry Cartwright (Past President), Jean Couture (Vice-President and Treasurer) and Léon Bindler (Belgian Nuclear Society).

The lower photograph shows (from left to right): Thomas Eckered (Vice-President), Erik Söderman (Swedish Nuclear Society), Umberto Moschella (ANS-Italy), Francesco Frascchetti (Italian Nuclear Society), Keith Simm (INuCE, UK) and Karl Buob (Chairman of ENS Information Committee).



Ydinvoimatilanne Tshernobylin tapahtumien valossa

Tshernobylin ydinvoimalaitoksen onnettomuus on hyvin vakava tapaus monelta kannalta, vaikkei se tämänhetkisten tietojen mukaan vaikuttaisikaan suoranaisesti meidän suomalaisten turvallisuuteen. Kyseessä on reaktorityyppi, jota käytetään vain Neuvostoliitossa, ja se poikkeaa täysin kevytvesityypistä, jota me Suomessa käytämme ja joka on länsimaissa muutoinkin yleisin tyyppi.

Suomessakin omaksutun länsimaisen turvallisuusajattelun mukaan Tshernobylyyppistä grafiittireaktoria ei tänne voitaisi rakentaa, eikä sitä ole koskaan tarjottu SNTL:stä ulkomaille. Neuvostoliiton kevytvesityyppi, ns. VVER-laitos on otettu menestyksellisesti käyttöön monessa maassa. Tosin tämänkin laitoksen suunnittelussa on Loviisaa varten lisätty useita turvallisuutta varmistavia ratkaisuja, joista seuraavassa artikkelissa.

Vuosien mittaan ovat SNTL:n ja länsimaiset turvallisuusfilosofiat lähestyneet toisiaan. Nykyiset VVER-laitokset, jotka SNTL:ssä rakennetaan 1000 MWn kokoisiksi, sisältävät jo jokseenkin kaikki ne turvallisuuspiirteet, jotka Loviisassakin on vaadittu. Tshernobyli-laitostyyppi on meil-

le niin tuntematon, ettei sen turvallisuusjärjestelmiä ole voitu analysoida, mutta tuntuu selvältä, ettei ainakaan näihin vanhoihin laitoksiin ole rakennettu täydellistä reaktorin suojarakennusta eikä varauduttu esimerkiksi tulipaloon riittävästi.

Viides ydinvoimalaitos

Perusvoima Oy:n selvityksissä ovat mukana neuvostoliittolaiset 1000 MWn ja 440 MWn vaihtoehdot. Molempien osalta on lähdetty korkeasta turvallisuustasosta, joka vieläkin ylittää uusimmatkin neuvostoliittolaiset sisäiset vaatimukset. Perusvoima Oy:n ja sen osakasyhtiöiden käsityksen mukaan ei Tshernobylin tapauskaan anna aihetta vakavasti epäillä VVER- tai yleensä kevytvesityypin turvallisuusominaisuuksia. Sekä Olkiluodon että Loviisan laitosten käyttökokemukset, käytetty turvallisuusteknologia ja turvallisuusanalyysien osoittamat marginaalit kestävät voimayhtiöiden käsityksen mukaan hyvinkin kriittisen tarkastelun.

Tshernobylin tapaus vaikuttaa voimakkaasti yleiseen mielipiteeseen ja aiheuttaa myös tarvetta käydä turvallisuustekninen periaatekeskustelu. Perusvoima Oy on sopinut kauppa- ja teollisuusministeriön kanssa, että seuraavan ydinvoimalaitoksen turvallisuustekniset perusteet otetaan varmuuden vuoksi vielä uuteen käsittelyyn, johon mitä ilmeisimmin liittyy Säteilyturvakeskuksen ratkaiseva aktiivinen panos.

Imatran Voima ja Teollisuuden Voima ovat myös ilmoittaneet valmiutensa tar-

kastaa nykyisten ydinvoimalaitosten turvallisuusteknologia Tshernobylin onnettomuuden pohjalta. Vastaavastihan Three Mile Island aikanaan aiheutti laajan tarkistuskierroksen, jonka puitteissa laitoksiin tehtiin eräitä parannuksia. Tshernobylin laitoksen teknologian erilaisuuden takia ei ole todennäköistä, että nyt saisimme aiheen teknisiin muutoksiin nykyisissä laitoksissamme. Tshernobylinkin jälkeen suomalaiset ydinvoimalaitokset ovat luotettavia.

Energiapolitiittinen tilanne

Tshernobylin tapaus vaikuttaa kuten Three Mile Island 70-luvun lopulla yleiseen mielipiteeseen, ja aiheuttaa ymmärrettävän syvää huolestuneisuutta. Tässä tilanteessa ei ole mielekäästä jatkaa seuraavan ydinvoimalaitoshankkeen valmistelua ottamatta Tshernobyliä huomioon. Perusvoima Oy on ryhtynyt osaltaan toimiin eräiden käynnissä olevien valmistelutöiden hidastamiseksi. Ainakin on nyt odotettava tarkempia tietoja Tshernobylin laitosta tapahtumien syistä.

Suomen sähköhuoltotilanne on ollut hyvin huolestuttava jo ennen tätä tilannetta. On todennäköistä, että joudumme rakentamaan joka tapauksessa myös hiilivoimaa. Jos yleinen mielipide kääntyisi voimakkaasti kaikkea ydinvoimaa vastaan, joudumme laajaan hiililaitosohjelmaan ja sähkön tuontiin. Toivomme, että ilmapiiri energiapolitiikassa säilyy sellaisena, että johtopäätökset Tshernobylistä voidaan tehdä viisaasti. □

Neuvostoliittolaistyyppisten laitosten turvallisuuspiirteistä

Ydinvoimalaitoksille asettavat turvallisuusvaatimukset ovat niiden noin 30 vuoden historian aikana paljon muuttuneet. Yleisesti voidaan sanoa, että vaatimustaso on noussut. Tämä kehitys on myös nähtävissä Suomessa, etenkin ydinvoimalaitosten suunnitteluvaatimuksissa ja säteilyannosrajoissa.

Kun Suomen ensimmäistä ydinvoimalaitosta ruvettiin suunnittelemaan lähtökohdiana oli kaikkia vaatimuksia vastaava turvallisuustaso. Tämä koski kaikkia esillä olevia laitosvaihtoehtoja ja erityisesti neuvostoliittolaista painevesireaktorityyppiä VVER-440, josta Loviisan laitos on kehitetty. Suomalaisen turvallisuusvaatimusten ja neuvostoliittolaisen silloisen turvallisuusfilosofian välillä oli eroja, jotka johtivat muutoksiin laitoksen suunnittelussa.

Näkyvin ero on Loviisan suojarakennus, joka paineenkestävänä ja tiiviinä ympäröi reaktorin ja siihen liittyvät järjestelmät. Alkuperäiskonstruktiossa vain tietyt tilat oli suunniteltu paineenkestäviksi ja tiiviiksi.

Toinen merkittävä ero oli alkuperäistä täydellisempi hätäjähdytysjärjestelmä jäähdytteenmenettämistilanteita varten. Tähän järjestelmään kuuluvat korkeapaine- ja matalapainepumppujen lisäksi tyyppikaasun paineella toimivat vesisäiliöt, ns. akut, jotka tarvittaessa syöttävät vettä reaktoriin.

Loviisan laitoksen valvomo samoin kuin laitoksen tietokonevalvonta ja automaatio edustavat modernia, pitkälle vietyä tasoa, ja esittävät merkittävää osaa laitoksen turvallisessa käytössä.

Turvallisuuden ylläpitäminen ja edelleen parantaminen edellyttää jatkuvia ponnituksia. Tähän yhtiö on valmis täysipainoisesti panostamaan resursseja. Vuosien varrella suoritettu työ on myöskin ollut hedelmällistä. Tämä ilmenee mm. käyttöhäiriöiden määrän pienenemisenä ja hyvänä käytettävyytenä.

Myöskin Neuvostoliitossa ja SEV-maissa VVER-440-tyyppiset laitokset ovat toimineet hyvin, eikä ole tietoa siitä, että niillä laitoksilla olisi sattunut vakavia häiriöitä tai onnettomuuksia.

Neuvostoliitossa kehitetty 1000 MW laitostyyppi on periaatteeltaan hyvin samantoinen kuin lännessä kehitetyt samaa tyyppiä olevat laitokset. Se on varustettu kaikilla niillä turvallisuuspiirteillä, joita muuallakin yleisesti käytetään.

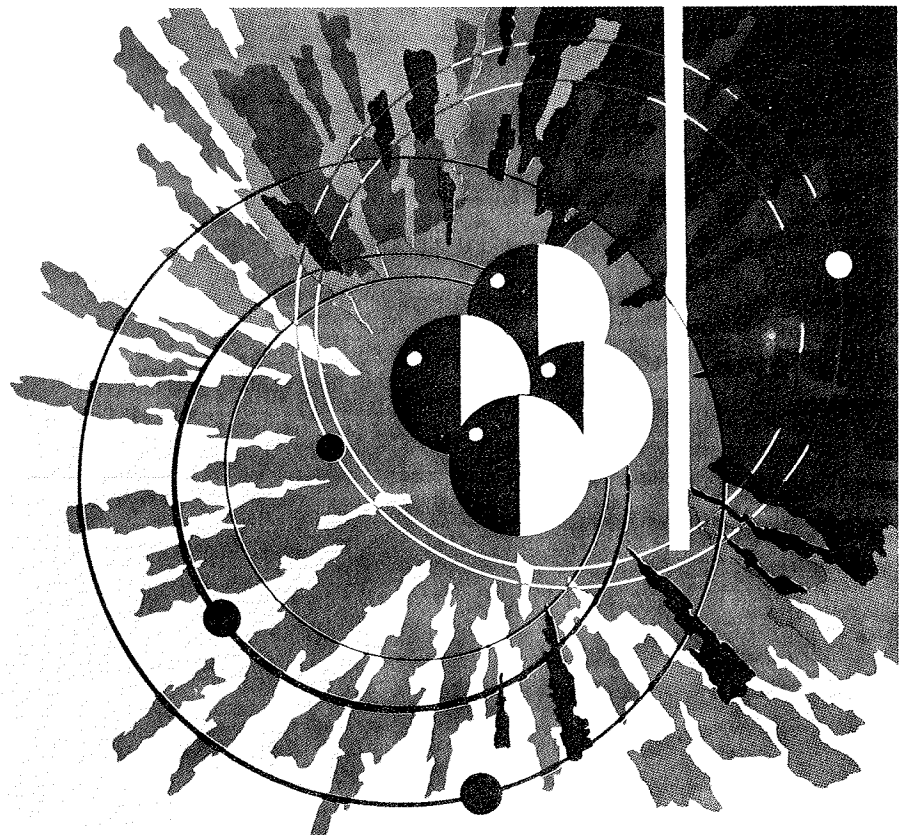
Tämä laitostyyppi sovellettuina Suomen olosuhteisiin on yhtenä vaihtoehtona mukana suunnitelmissa viidennen ydinvoimayksikön hankkimiseksi Suomeen.

Tshernobylin laitoksen vaurioitunut reaktori, joka tyyppiltään on grafiittihidasteinen kanavareaktori, on aivan erilainen kuin Loviisassa käytössä olevat painevesireaktorit. Oleellisimpana erona on se, että polttoaineputket on sijoitettu erillisin paineputkiin eli kanaviin, joissa polttoainetta jäähdyttävä vesi virtaa. Nämä kanavat on sijoitettu isokokaisen grafiittirakennelman

pystysuoriin reikiin. Kanavissa jäähdytysvesi kiehuu, ja muodostunut höyry johdetaan vedenerotuksen jälkeen suoraan turbiiniin.

Tätä reaktorityyppiä ei ole tiettävästi tarjottu vientiin, ja on näin käytössä vain Neuvostoliitossa. Sen konstruktioita ja ominaisuuksia ei näin ollen meillä tunnetta erityisen hyvin. Tämän takia laitoksen turvallisuustaso ja onnettomuuden syytä on vaikea arvioida.

Käytettävissä olevien tietojen perusteella laitos on varustettu turvajärjestelmillä eri tyyppisten onnettomuustilanteiden varalta. Onnettomuusikäytyminen on kuitenkin erilaista kuin kevytvesireaktoreissa. Koko reaktorilaitosta ympäröivää suojarakennusta ei ilmeisesti ole, mutta paineenalaiset primääripiirin osat on sijoitettu tiiviisiin tiloihin. □



Syövän synty ja säteily

1980-luvulla on tapahtunut dramaattinen kehitys syövän biologian ymmärtämisessä. Tämä kehitys on perustunut pääasiassa tai lähes kokonaan siihen, että soluista on löydetty sellaisia DNA-jaksoja, syöpägenejä eli onkogenejä, joiden aktivoituminen muuttaa solut pahanlaatuisiksi. Erilaisia syöpägenejä on tähän mennessä tunnistettu soluista muutamia kymmeniä ja geenien aktivoitumistapoja puolisen tusinaa.

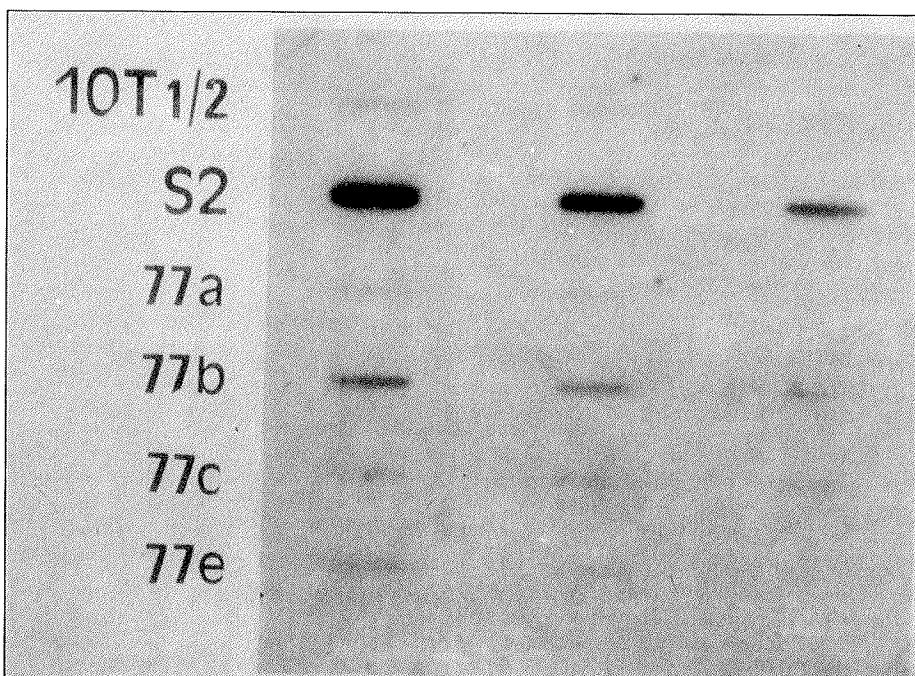
Syöpägeeni on hieman harhaanjohtava nimitys; nimi johtuu siitä, että ensimmäiset pahanlaatuisia kasvaimia aiheuttavat syöpägeenit löydettiin eräistä eläimissä olevista viruksista. Myöhemmin on selvinnyt, että virusten kantamat syöpägeenit ovatkin poimittuneet viruksiin normaalien eläinsolujen perimästä. Syöpägeenit ovat sitten tavalla tai toisella muuttuneet niin, että joutuessaan virusten tuomana takaisin soluun, geenin toiminta johtaa nopeasti syöpään. Ihmisellä syöpä johtuu kuitenkin hyvin harvoin viruksen soluun tuomasta syöpägeenistä; valtaosassa tapauksia normaalisolun sisältämä hyvänlaatuisen ja solun elämälle välttämätön esisyöpägeeni (proto-onkogeneeni; yleensä tai aina solukon säätelyjärjestelmään liittyvä geeni) on rakenteeltaan vaurioitunut tai muuten toiminnaltaan muuttunut niin, että siitä on tullut aktiivinen syöpägeeni. Esisyöpägeenejä vaurioittavia ulkoisia tekijöitä eli karsinogeneeneja on paljon; sellaisia ovat mm. monet kemialliset aineet ja säteily.

Mekanismeja, joilla säteily voi muuttaa proto-onkogeenin aktiiviseksi syöpägeeniksi, on useita. Tällaisia ovat esim. mutaatiot eli muutokset DNA:n emäsjärjestyksessä, geenin translokaatio eli geenin siirtyminen uuteen paikkaan solun kromosomeissa, sekä geenin monistuminen. Kaikista edellä mainituista mekanismeista on jo olemassa ainakin jonkinlainen suora kokeellinen havainto, vaikka yleisesti onkin todettava, että säteilybiologinen

tutkimus on yllättävän hitaasti omaksunut uuden tiedon ja uudet tutkimusmenetelmät. Yksi yksinkertainen tapa tutkia proto-onkogeenien muuttumista aktiiviseksi syöpägeeneiksi on säteilyttää "normaalisoluja" soluviljelmässä laboratorioolosuhteissa ja eristää viljelmistä pahanlaatuisiksi muttuneet solupesäkkeet; pesäkkeet voi nähdä paljain silmin 6–8 viikon kuluttua. Kasvattamalla pahanlaatuisen solupesäke massaviljelmäksi soluista voidaan sitten eristää aktiivisesti toimivien geenien transkripti eli lähetti-RNA, josta solu lukee geenin sisältämän informaation ja valmistaa sitä vastaavan valkuaisainemolekyylin. Lähetti-RNA:t voidaan tunnistaa spesifisillä koettimilla, jotka ovat soluista tai viruksista eristettyjä kloonattuja syöpägeenejä tai niiden osia. Koettimet leimataan sopivalla radioaktiivisella merkkiaineella (yleensä ^{32}P) ja niiden annetaan sitten pariutua homologisen lähetti-RNA:n kanssa. Pariutumisen voidaan todeta autoradiogrammeista; saadun signaalin voimakkuus on verrannollinen soluissa olevan lähetti-RNA:n määrään eli tutkittavan geenin toiminta-aktiivisuuteen. Esimerkki tällaisen koejärjestelyn tuloksesta on esitetty oheisessa kuvassa.

Täysin normaali solu ei yleensä muutu ilmiasultaan pahanlaatuisiksi yhden syöpägeenin aktivoitumisen kautta. Jo kauan on tiedetty, että syövän syntymiseen vaaditaan useampia "iän" mukana elimistön soluihin kasautuvia DNA:n muutoksia. Tämä monivikateoria on nyt osoitettu oikeaksi genitasolla ja sillä on välitön vaikutus myös säteilyn aiheuttaman syövän synnyn ymmärtämisessä.

Kuva Hiiren sidekudossolukon myc-syöpägeenin aktiivisuus (lähetti-RNA:n määrä) normaaleissa ja pahanlaatuisissa soluissa. 10T $\frac{1}{2}$ = normaalisolukko; S $_2$ = "itsetään" syntynyt syöpäsolukko; 77a-e = säteilyllä aikaansaatuja syöpäsolukkoja. Soluista eristetty lähetti-RNA on kiinnitetty nitrosellulosa-filtteriin ja sen on annettu pariutua (hybridisoitua) ihmisen c-myc-syöpägeenistä kloonatun palasen kanssa; koetinpalanen on leimattu ^{32}P :llä ja hybridisaation intensiteetti on mitattu autoradiografisesti. Lähetti-RNA:n normaalista poikkeavan määrän syy on selvitettävä jatkotutkimuksilla; solulinjassa S $_2$ syynnä on c-myc-geenin monistuminen pitkän laboriokasvatuksen aikana (soluissa on parikymmentä geenikopiota normaalin yhden sijasta).



Monivikateorian pohjalta voidaan päätellä, että varsinkin pienten säteilyannosten aiheuttama syöpä syntyy erilaisilla todennäköisyyksillä eri ympäristöissä. Mahdollisuus siihen, että pieni säteilyannos vaurioittaisi samassa solussa useampia esisyöpägeenejä, on hyvin vähäinen; sen sijaan todennäköisyys, että pienikin annos (esim. luokkaa 1 mGy) muuttaa jonkin esisyöpägeenin aktiiviseksi syöpägeeniksi ainakin yhdessä solussa (potentiaalisia kohteita ihmisessä on luokka 10^{14}), on suuri. Soluviljelmäkokeiden perusteella todennäköisyys on niin suuri, että se on käytännössä täysin varma: esim. sellainen hiiren solu, joka tarvitsee enää vain yh-

den uuden esisyöpägeenivaurion, muuttuu ilmiänsuhtaan pahanlaatuisiksi todennäköisyydellä $2 \times 10^{-4} \text{ Gy}^{-1}$. Monivikateorian valossa on tällöin ilmeistä, että pienen säteilyannoksen aiheuttama syövän syntymisen vaara riippuu ratkaisevasti siitä, miten suurella todennäköisyydellä säteilyn aktivoiman syöpägeenin omaavassa solussa syntyy tarvittava lisävaurio jonkin säteilystä riippumattoman karsinogeenin (esim. kemiallisen aineen) vaikutuksesta. Lisävaurion syntymisen todennäköisyys vaihtelee luonnollisesti eri ympäristöissä ja on myös luultavaa (tai varmaa), että ilmiänsuhtaan valmiin syöpäsolun kasvaminen klooniksi ja kehittyminen kliiniseksi

syöväksi riippuu sekin ulkoisista tekijöistä. Näin ollen pieneen säteilyannokseen liittyvä riski ei todellisuudessa ole vakio eikä sen suuruutta siten ilmeisesti koskaan voida päätellä epidemiologisten tutkimusten tuloksista. Kokeellisten havaintojen perusteella säteilyyn liittyvä pahanlaatuisen ilmiänsuhteen syntymistodennäköisyys voi eri ympäristöissä vaihdella ainakin tekijällä 100. Tämä on toisaalta hankala asia riskin ennustamisen kannalta, mutta toisaalta se merkitsee myös sitä, että pieniin säteilyannoksiin liittyvä vaara voi edullisissa olosuhteissa (altistuminen muille karsinogeneille vähäistä tai olematonta) todella olla käytännössä nolla. □

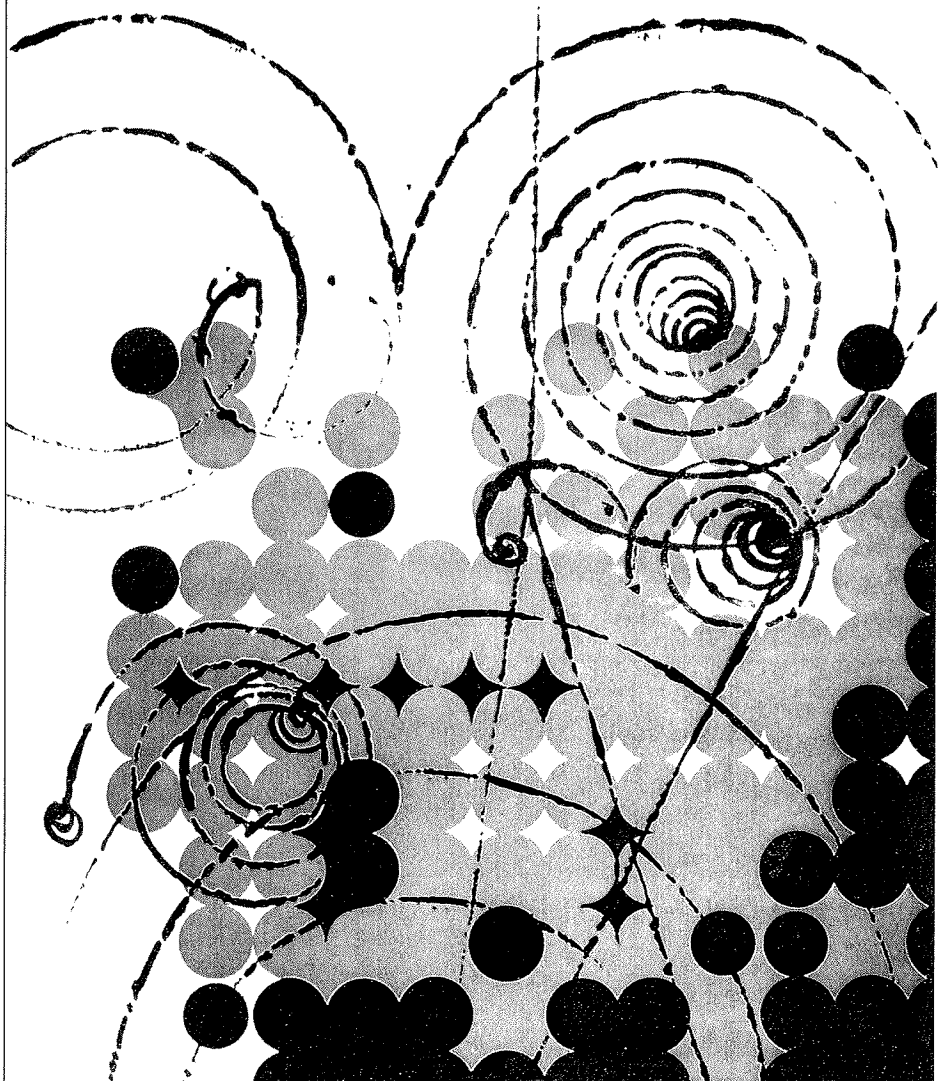
Radon asunnoissa

Suomalaiset saavat vuosittain keskimäärin 400 mremin suuruisen säteilyannoksen, josta yli puolet on peräisin huoneilman radonista. Joidenkin yksittäisten henkilöiden kohdalla tämä osuus on paljon suurempi ja annos saattaa ylittää jopa moninkertaisesti säteilyöntekijöille sallitun suurimman vuosittaisen annoksen (= 5000 mrem).

Säteilyturvakeskuksen tiedote 1/86 kertoo lyhyesti mitä radon on, miten se tulee asuntoihin, mitä terveyshaittoja sillä on ja miten radon pitäisi ottaa huomioon korjaus- ja uudisrakentamisessa.

On arvioitu, että vuosittain 200 . . . 600 Suomen kahdesta tuhannesta keuhkosyöpätapauksesta on peräisin radonista. Suomessa ja Ruotsissa huoneilman radonpitoisuudet ovat huomattavasti maailman keskitasoa korkeampia. Ilmaa hyvin läpäisevä maa-aines (esim. soraharju) pysyy ylläpitämään asunnossa monikymmenkertaista radonpitoisuutta verrattuna samanlaisen radontuotannon omaavaan savimaahan tai tiiviiseen kalliioon. Korkeimmat huoneilman radonpitoisuudet Suomessa esiintyvät linjan Virolahti — Kouvola — Hämeenlinna — Hanko eteläpuolella, jossa on mitattu jopa yli 800 Bq/m³ olevia radonpitoisuuksia.

Säteilyturvakeskus suosittelee, että toimenpiteisiin radonpitoisuuden alentamiseksi on ryhdyttävä, jos asunnon radonpitoisuus vuosikeskiarvona ylittää 800 Bq/m³. Uusien asuntojen rakentamisessa on pyrittävä mahdollisimman alhaiseen radonpitoisuuden vuosikeskiarvoon, tapauksesta riippuen 50 . . . 200 Bq/m³. □



Sähkön käytön ennusteet

Eri tahot ovat viime aikoina esittäneet sähköhuollon suunnittelun lähtökohdaksi sähkön käytön ennusteita.

Sähköntuottajien yhteistyövaltuuskunnan STYV:n arviota vuodelta 1985 on käytetty myös sähköhuollon neuvottelukunnan runkosuunnitelmaehdotuksessa vuosille 1986—95 esitettyjen johtopäätösten pohjana.

Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) julkaisi keväällä 1984 kaksi skenaariota, joiden lähtökohtana oli vuoden 1982 tilasto. Vuoden 1985 syksyllä KTM esitteli hallituksen iltakoulussa ns. sähköpaketin eli näkemyksensä ja toimenpideehdotuksensa 1990-luvun sähköhuollon turvaamiseksi. Siinä on käytetty lähtökohtana aikaisemman kasvuskenaarion mukaista arviota vuodelle 2000 ja alkupäätä on tarkistettu vastaamaan toteutunutta tilastokehitystä. KTM ei ole esittänyt, miten sähköpaketin arvio jakaantuu kulussektoreittain. Tästä syystä taulukossa on verrattu vain kokonaisarvioita.

KTM:n tavoitteellisen arvion lähtökohtana on ollut sähköpaketissa ehdotettu sähkön käytön tehostamisohjelma, jossa on ehdotettu mm. energiansäästötkimpuksen lisäämistä, avustuksia ja korkotukea energiansäästöinvestointeihin sekä sähkön käytön kasvun hillintää vero- ja tariffipolitiikalla. KTM arvioi ehdotetun tehostamisohjelman johtavan onnistuessaan ehkä 3—4 terawattitunnin säästöön vuosisadan vaihteeseen mennessä. Toimenpiteistä ei ole tehty konkreettisia päätöksiä.

Sähkön käyttö oli vuonna 1985 yhteensä noin 51,8 TWh ja kasvu edellisestä korkeasuhdannelanteesta eli vuodesta 1980 on ollut yhteensä noin 12 TWh. Kasvu on ollut selvästi molempia em. pitkän aikavälin arvioita nopeampaa. Parin viime vuoden kasvuun ovat vaikuttaneet teollisuuden parantunut suhdannetilanne,

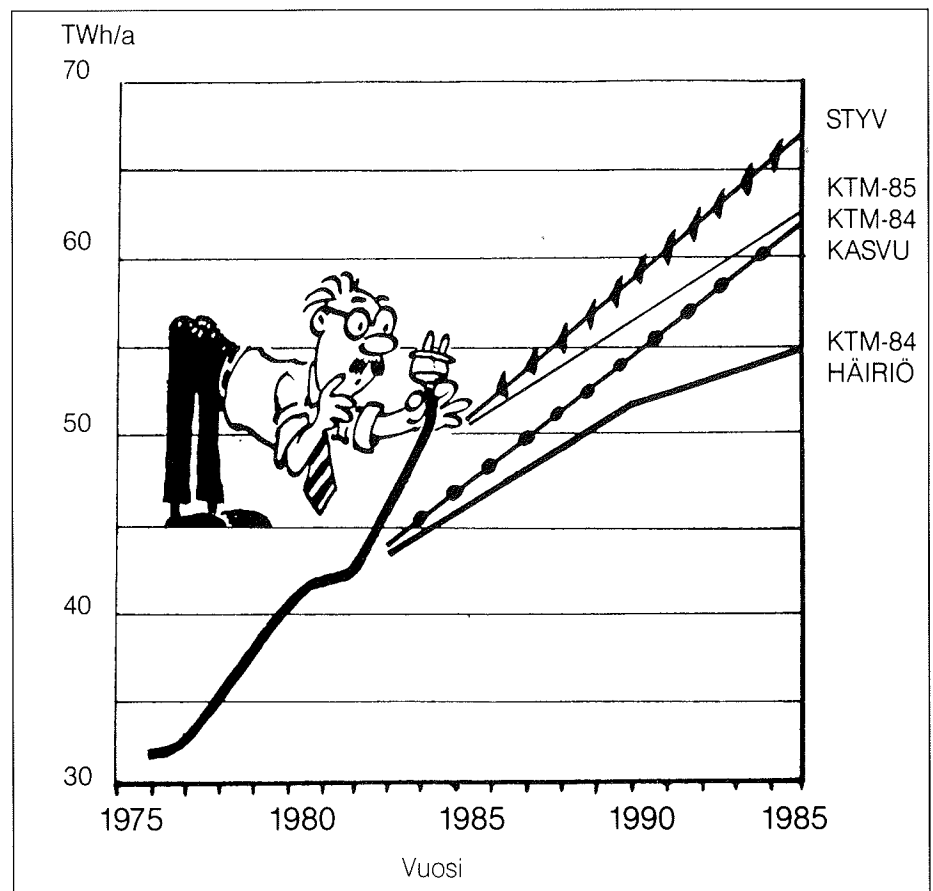
muun sähkön käytön kiihtyvä kasvu sekä vuoden 1985 alkupuolen sääolot, jotka olivat selvästi normaalia kylmemmät. Talven 1985 pakkasten vaikutus on ollut noin 1 terawattitunti.

Viimeaikaisen sähkön käytön kasvun sekä talousnäkyvien valossa voidaan pitää perusteltuna varautumista jopa STYV:n arvionkin ylittävään sähkön käytön kasvuun 1980-luvun loppupuolella. □

Taulukko. STYV:n ja KTM:n käyttämien ennusteiden vertailu.

	1985*	1990		1995		2000	
		STYV	KTM	STYV	KTM	STYV	KTM
Sähkön käyttö TWh/a	51,8	58	56	66	62	72	68
Kuormitushuippu MW	8840	9600	9500	10800	10500	11900	11500

*) Toteutunut



Tilannekatsaus käytetyn polttoaineen loppusijoituksen aluevalintatutkimuksista

Valtioneuvoston vuonna 1983 tekemän periaatepäätöksen mukaisesti TVO:ssa laadittiin vuoden 1985 loppuun mennessä selvitys niistä alueista, jotka voisivat soveltua käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen. Kauppa- ja teollisuusministeriölle luovutetussa selvityksessä oli eri puolilta Suomea nimetty yhteensä 101 kallioaluetta, joiden joukosta 5—10 aluetta valitaan alustaviin kairaututkimuksiin. Nämä kairaukset tehdään vuosien 1986—92 aikana, jonka jälkeen tutkitaan tarkemmin 2—3 aluetta, siten että lopullinen valinta voidaan tarvittaessa tehdä vuonna 2000.

Teollisuuden Voima ilmoitti 18.3.1986 kauppa- ja teollisuusministeriölle, että yhtiö oli valinnut 101 alueen joukosta Ikaalisten Kalliolammen alueen ensimmäiseksi tutkimuspaikaksi. Valintaa tehtäessä oli TVO:ssa vuoden 1986 alussa selvitetty omistusoletuksia ja kenttätutkimuksiin tarvittavan alueen kokoa. Selvityksen perusteella Kalliolammen alue rajattiin uudelleen niin, että siihen kuului pelkästään valtion maita. Kaupunki ei siihen mennessä ollut ottanut virallista kantaa TVO:n tutkimusten aloittamiseen.

Kalliolammen alueen valinnan jälkeen Ikaalisten yhdeksänjäseninen kaupunginhallitus päätti ylimääräisessä kokouksessaan esittää valtuustolle kannanoton, jonka mukaan kaupunki ei hyväksy alueelle ydinjätteiden loppusijoitusta eikä siihen liittyviä tutkimuksia. Kaupunginhallituksen päätökseen liittyi neljä eriävää mielipidettä. Valtuusto hyväksyi tämän kannanoton 3.4.1986.

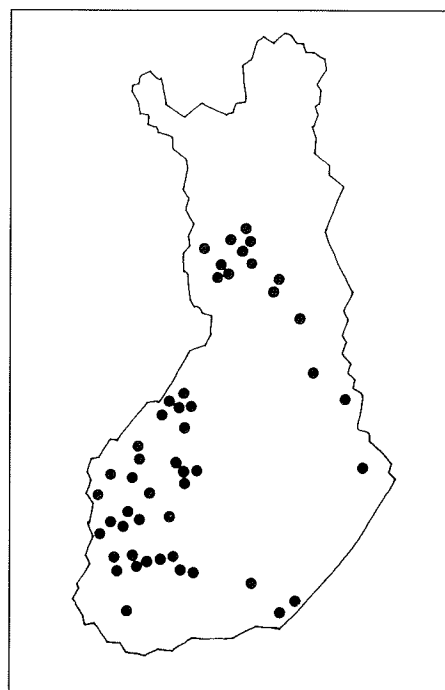
Kun Ikaalisten kaupungin virallinen kanta tuli TVO:n tiedoksi, päätettiin TVO:ssa, ettei kenttätutkimuksia Ikaalisissa toistai-

seksi aloiteta. Se tutkitaanko Kalliolammen alue vai ei, pystytään ratkaisemaan vasta myöhemmin. Päätöstä ei voi tehdä TVO yksin, vaan sen on kuultava kauppa- ja teollisuusministeriötä, joka on tekemässä yleisarviointia aluevalinnasta.

Ympäristöministeriön kanssa käytyjen neuvottelujen perusteella TVO esitti kauppa- ja teollisuusministeriölle, että 101 alueen joukosta poistettaisiin 17 aluetta ja rajattaisiin uudelleen 12 aluetta. Poistamisen syinä ovat ympäristöministeriön esittämät luonnonsuojeluun liittyvät näkökohdat. Kauppa- ja teollisuusministeriö on 15.5.1986 päivätyssä kirjeessään ilmoittanut hyväksyvänsä ehdotettujen alueiden poistamisen ja uudelleenrajaukset. Jäljellä on 84 aluetta ja erilliselvityksen perusteella mukaan otettu Olkiluoto.

Näiden jäljelle jääneiden tutkimusalueiden läpikäynti jatkuu TVO:ssa. Lupaehtojen mukaisesti tavoitteena on tutkia 5—19 aluetta vuoden 1992 loppuun mennessä.

TVO:n tavoitteena on edelleen lupavelvoitteiden noudattamisen lisäksi jo tässä vaiheessa pyrkiä yhteistyöhön kuntien kanssa. 10.6.1986 mennessä TVO:n asiantuntijat ovat käyneet noin kahdessakymmenessä kunnassa kertomassa ydinjätteiden loppusijoitukseen liittyvistä tutkimuksista. TVO:lle on tullut tiedoksi yhdeksän kunnanhallituksen myönteinen päätös tutkimusten käynnistämisestä (Evijärvi, Hyrnsalmi, Kihniö, Korttesjärvi, Kuhmoinen, Lappajärvi, Ranua, Viljakkala, Ylitornio). Näissä päätöksissä on osassa ainoastaan todettu, että kunnalla ei ole mitään huomauttamista TVO:n tutkimussuunnitelmiin ja joissakin on jo otettu myönteinen kanta ydinjätteiden loppusijoitukseen. Ikaalisten lisäksi on kaksi kielteistä valtuuston päätöstä (Multia, Ranua) tullut TVO:lle tiedoksi ja lisäksi yksi kunnanhallituksen kielteinen päätös (Jaa-la). Lehtitietojen perusteella on lisäksi kolme kunnanhallitusta (Pello, Parkano, Närpiö) tehnyt kielteisen päätöksen ydinjätetutkimuksista. □



1983—85 tehtyjen karttatutkimusten jälkeen on jäljellä noin 100 mahdollista tutkimusaluetta eri puolilla Suomea. Ne alueet, jotka sijaitsevat lähellä toisiaan, on merkitty karttaan yhdellä pisteellä.

Jäähdytysvesien kalataloudelliset vaikutukset Loviisan voimalaitoksen läheisellä merialueella

Loviisan voimalaitoksen läheisellä merialueella 1970-luvun alussa käynnistyneillä kalataloudellisilla tutkimuksilla pyritään ensisijaisesti seuraamaan ammattikalastusta ja siinä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia.

Alueellisesti tutkimukset kattavat Klobbfjärdeniltä länteen, linjalle Kejvsalö-Tjuvö ulottuvan merialueen. Tutkimukset tehdään maa- ja metsätalousministeriön hyväksymän ohjelman mukaisesti.

Voimalaitoksesta johtuvia, saaliisiin haitallisesti vaikuttavia muutoksia ei tutkimusalueella ole havaittu. Talvella jäähdytysvedet heikentävät jäitä ja vaikeuttavat kalastusta. Tästä haitasta on Länsi-Suomen vesioikeus määrännyt Imatran Voima Oy:n maksamaan kuudelle ammattikalastajalle korvausta vuosilta 1976—1982 yhteensä 6 220 mk.

Lämpimien jäähdytysvesien fysiologisista ja ekologisista vaikutuksista kaloihin

Kalojen ja kalaston elintoimintoja, tuotantoa ja rakennetta säätelevät useat ympäristötekijät. Veden lämpötilan ohella ainakin suolapitoisuudella, valon voimakkuudella sekä veden kemiallisilla ja hydrologisilla ominaisuuksilla on todettu olevan merkitystä.

Vaihtolämpöiset kalat aistivat 0,03—1,0 C-asteen lämpötilaeroja. Kalat valitsevat tällä tavoin niiden fysiologisten elintoimintojen kannalta optimaalisen, energia-varastoja säästävän lämpötila-alueen. Tämä, kullekin kalalajille ominainen lämpötila (thermal preferendum) vaihtelee vuodenaikojen mukaan siten, että valitun lämpötilan raja-arvot ovat lämpimänä vuodenaikana väljemmät.

Lämpötilan äkillisten ja merkittävien muutosten on todettu aiheuttavan kaloissa stressiä viittaavia oireita kuten veren maitohappopitoisuuden kasvua, plasman

bikarbonaattikonsentraation muutoksia ja vaikeuksia happo-emästasapainon säätelyssä. Näitä kalat pyrkivät eliminoimaan lisäämällä hapen ottoa ja kohottamalla veren kortisoni- ja glukosipitoisuutta. Tällaisia kalojen kannalta epäedullisia olosuhteita voidaan aikaansaada käytännössä vain suljetuissa laboratorioolosuhteissa, joissa kalojen hakeutuminen optimilämpötilaan voidaan estää.

Ammattikalastajien lukumäärä ja kalastusmenetelmät

Tutkimusalueella kalastaa kaikkiaan noin 20 ammattikalastajaa. Näistä 11 kalastaa voimalaitoksesta 5 km:n säteellä piirretyn ympyrän rajoittamalla merialueella (lähialue). Alueella on ammattikalastajiksi itsensä ilmoittaneiden lukumäärä vaihdellut 10 . . . 13.

Kalastus tapahtuu keväällä ja alkukesällä pääasiassa silakkarysillä ja rysäpyydyksiin luettavilla lohiloukuilla. Muina vuodenaikoina ammattikalastajat kalastavat verkoilla. Troolausta tutkimusalueella ei harjoiteta.

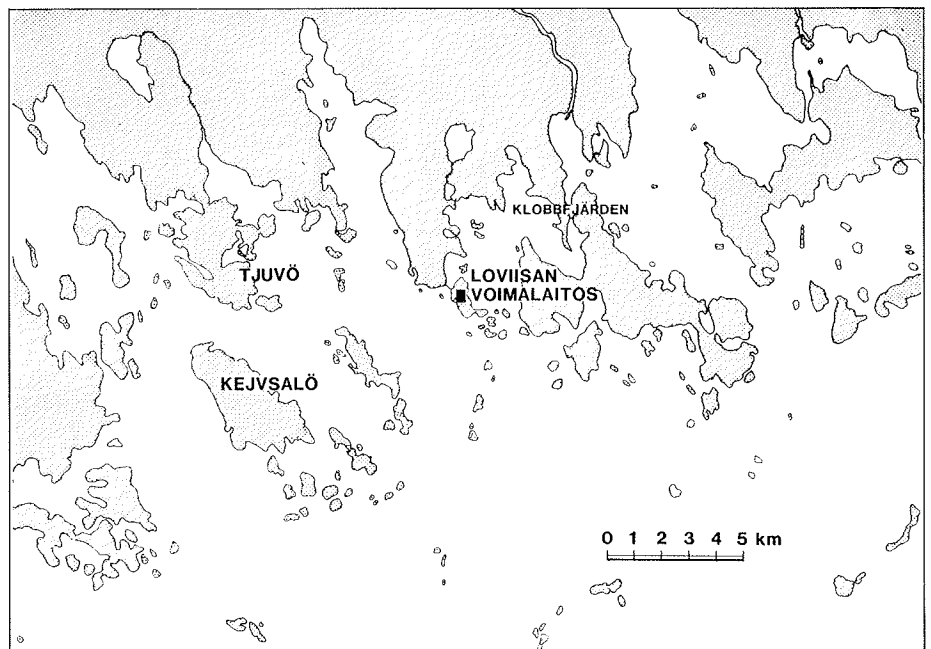
Lämpimät jäähdytysvedet tai alueellisesti muuttuneet virtausolosuhteet eivät ole aiheuttaneet muutoksia kalastustavoissa tai pyydyksissä.

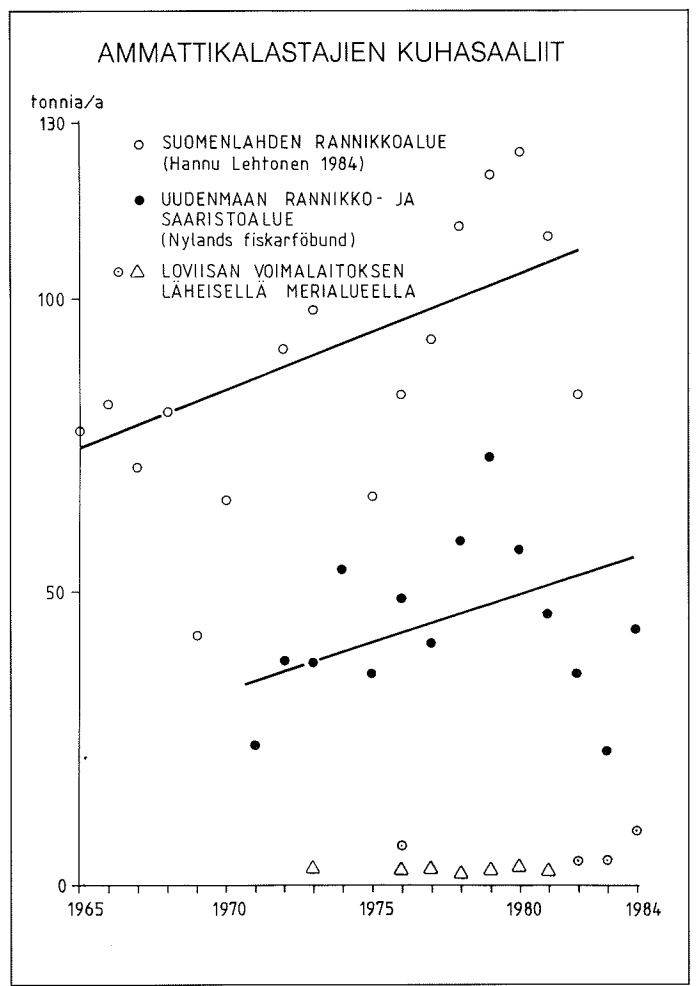
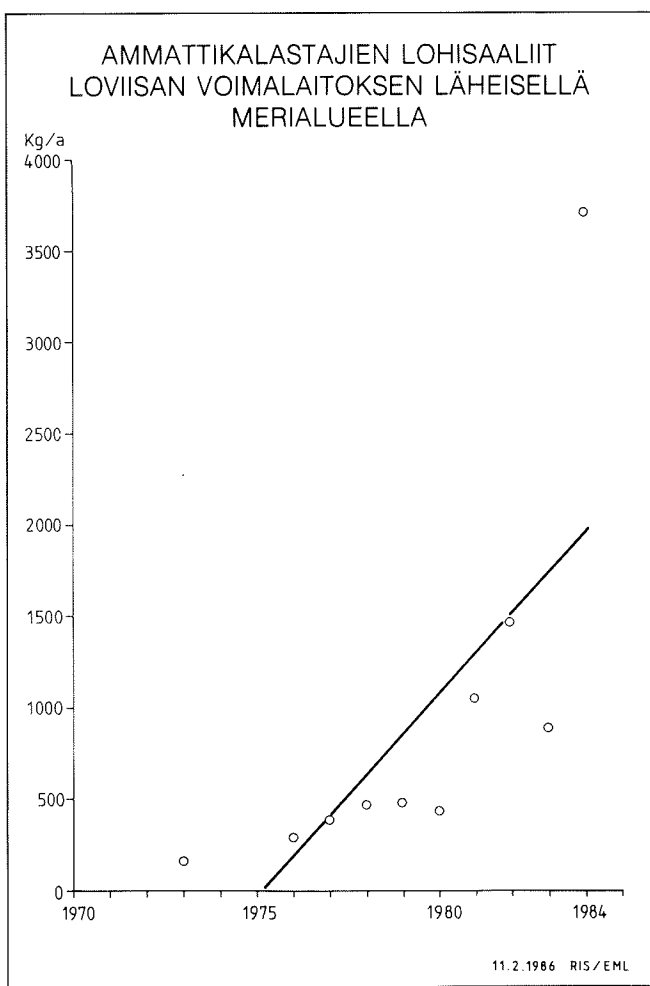
Ammattikalastajien saaliit

Tutkimukset osoittavat, että ammattikalastajien kokonaissaaliissa esiintyy suurta vuotuista vaihtelua. Edelleen on todettu, että lohi/taimensaaliit samoin kuin kuoreja turskasaaliit ovat kasvaneet ja eräiltä osin moninkertaistuneet havaintovuosien aikana.

Koko tutkimusalueella (Klobbfjärden — Tjuvö — Kejvsalö), jolta saalistietoja on olemassa vain vuoden 1982 jälkeiseltä ajalta on saalis ollut määrällisesti runsain vuonna 1983. Tällöin ammattikalastajien saama kokonaissaalis oli 794 000 kg.

Viime vuosina Suomenlahdella todettu silakkakannan heikkeneminen on havaittu myös voimalaitoksen lähialueella, jossa joitakin vuosia sitten esiintyi runsaasti silakkaa. Tutkimusalueella silakan, joka oleskelee lämpimien vesien vaikutusalueel-





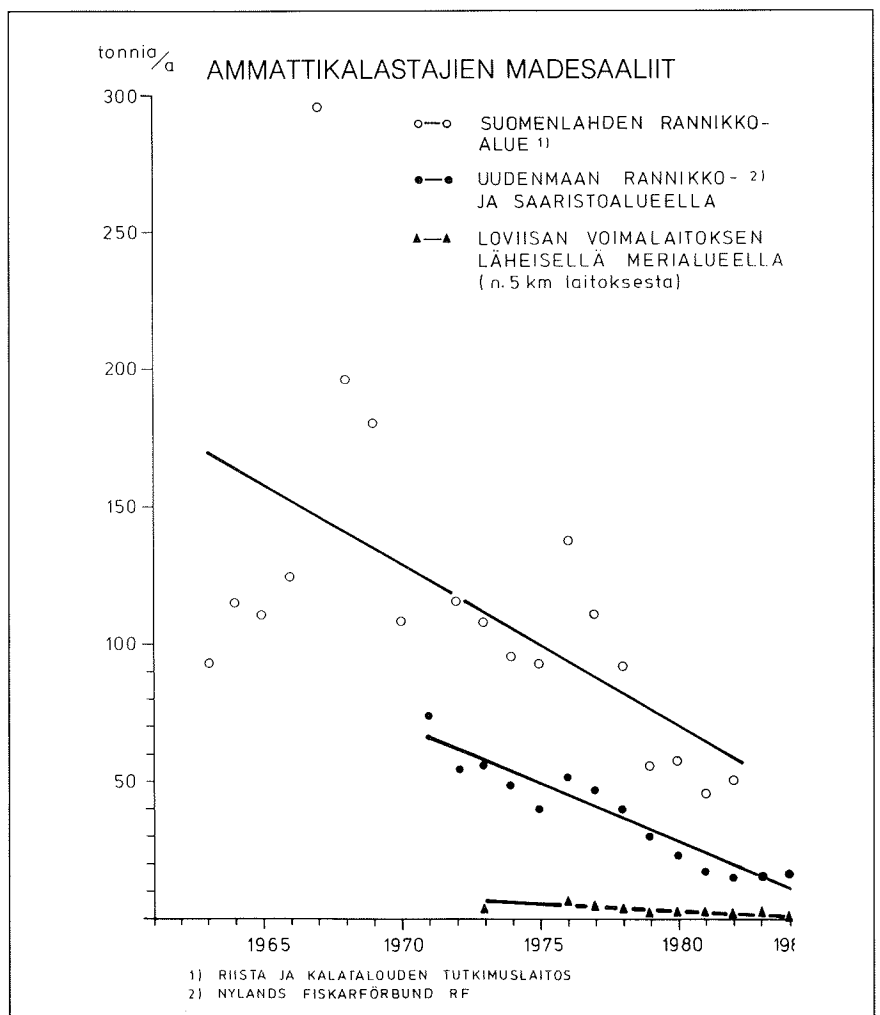
la on viime vuosina talvella korvannut kuore.

Lohi- ja taimensaaliin lisääntymiseen voimalaitoksen lähialueella ovat istutusten ohella vaikuttaneet voimalaitoksen lämpimät jäähdytysvedet, jotka houkuttelevat näitä kalalajeja kylmän veden aikana.

Turskasaaliin voimakkaan lisääntymisen 1970-luvun loppupuolella aiheutti veden suolapitoisuuden nousu. Turskakantoihin voimalaitos ei ole vaikuttanut. Vahva turskakanta puolestaan on heikentänyt eräiden taloudellisesti vähämerkityksellisten kalalajien kuten härkäsimpun ja kivi-nilkan kantoja.

Viime vuosina ovat erityisesti ammattikalastajat väittäneet voimalaitoksen heikentäneen alueen made- ja kuhakantoja. Tutkimukset osoittavat kuitenkin, että kyseessä ei ole paikallinen, vaan yleinen koko Suomenlahdella esiintyvä ilmiö. Madekannan taantuminen saattaa ainakin osittain johtua turskakannan voimistumisesta.

Vaikkakaan kalakannoissa ei ole tutkimuksin havaittu voimalaitoksesta johtuvia haitallisia muutoksia, on vesioikeus määrännyt Imatran Voima Oy:n istuttamaan voimalaitoksen jäähdytysvesien vaikutusalueelle mereen 5 000 lohien tai meritaimenen 20 cm:n pituisia poikasta vuodessa. □



Ydinvoimaloiden prosessinvalvonnan kehitysnäkymiä Imatran Voima Oy:ssä

Konkreettiset suunnitelmat Imatran Voima Oy:n näkemyksiä ydinvoimaloiden valvontaperiaatteiden ja operaattoriprosessikommunikaation kehittämisen suhteen liittyvät toisaalta Loviisan nykyisten laitosten prosessitietokonejärjestelmien uusintaan ja toisaalta uusien laitosyksiköiden valvontakonsepteihin.

Vaikka Imatran Voima Oy:llä (IVO) ei olekaan tällä hetkellä rakenteilla yhtään ydinvoimalaa ja yhtiön Loviisan voimalaitosyksiköt puolestaan toimivat moitteettomasti, ei tämä merkitse sitä, että mitään kehittämistarpeita ydinvoimala-alueella laitosten valvonta mukaanluettuna ei olisi. Loviisan laitoksen järjestelmiä uudistetaan ja kehitetään jatkuvasti. Samanaikaisesti valmistaudutaan uusien laitosten rakentamisen pikaiseen aloittamiseen, jolloin perusajatus myös operaattoriprosessiliitännän kohdalla on oltava jo nyt melko pitkällä.

On luonnollista, että IVO:n prosessinvalvontasuunnittelijoiden käsityksiin vaikuttavat eniten Loviisan laitoksen rakentamisesta ja käytöstä saadut kokemukset. Laitoshan on 2x465 MW PWR, joka prosessin osalta perustuu neuvostoliittolaiseen VVER-440-konseptiin. Laitoksen ohjaus- ja säätöjärjestelmät ovat kuitenkin länsimaisia. Valvonnan kannalta oleellista on:

- Korkea automaatioaste.
- Keskitetty yksikkökohtainen päävalvomo, kolme operaattoria.
- Prosessitietokoneen keskeinen rooli valvomossa: Pääosa prosessi-informaatiosta esitetään vain tietokoneen CRT-näytöillä, mutta tietokone ei ole kuitenkaan turvallisuusluokiteltu systeemi.
- Ns. mosaiikkitekniikan käyttö valvomon taulujen ja pulpetin koon pienentämiseksi.

Valvomokonsepti perustuu IVO:n omaan suunnitteluun ja sitä voidaan pitää suhteellisen modernina vielä tänäänkin, vaikka suunnittelu tapahtui jo 70-luvun alkupuolella. Silloisen edistyksellisyysyhtenä selityksenä on, ettei IVOLla ollut kokemusta ydinvoimaloiden eikä yleensäakaan suurvoimaloiden rakentamisesta, vaan ennakkoluulottomasti haettiin parhaantuntuiset ideat ympäri maailmaa. Laitos- ja järjestelmätoimittajat eivät myöskään päässeet sanelemaan ratkaisuja, koska koordinoituvastuu oli IVOLla.

Mitään oleellisia muutoksia valvomoon ei laitosyksiköiden yhteensä yli 15 käyttövuoden aikana ole tehty eikä vaadittu. Nykyjärjestelmistä on jatkuvasti hankittu käyttäjäpalautetta erityisesti laitoksen koulutusmullaattoria hyväksikäyttämällä. IVO:n omien suunnittelijoiden lisäksi tähän on osallistunut Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Merkityksellistä on ollut myös kansainvälinen yhteistyö, erityisesti Halden-projektin kanssa. Tämän tuloksenahan IVO on osallistunut Haldenin NORS-tutkimussimulaattorin spesifiointiin ja toimitukseen, jolloin on saatu kokemusta myös puhtaasta "videovalvomosta".

Kehittämistarpeita

On selvää, että ydinvoima-alueella yleensäkin on syytä välttää liian radikaaleja kehitysharppauksia. Käyvillä laitoksilla, kuten esim. Loviisan nyky-yksiköillä, ei pidä lähteä muuttamaan valvontakonseptiakaan ilman todella pakottavia syitä. Uusien laitosten kohdalla on pyrittävä järkevään kompromissiin koettujen ratkaisujen ja vielä kehitysasteella olevan tekniikan välillä. Tästä aiheutuva ristiriita näkyy mm. siinä, että yhtenä avainkysymyksenä tällä hetkellä on toisaalta se, rohjetaanko perusautomaatio- ja turvajärjestelmissä siirtyä digitaalteknikkaan, josta on jo vuosien myönteiset kokemukset konventionaalisisilta voimalaitoksilta ja toisaalta se, että tekoälyyn pohjautuvien asiantuntijajärjestelmien tuloa valvontakonsepteihin pidetään selvänä.

Kokemukset Loviisan "hybridivalvomosta" osoittavat, että normaaliolosuhteissa ja pienissä häiriöissä operaattorit mielellään käyttävät tietokoneen kuvaputkilta saatavaa yksityiskohtaista informaatiota, mutta suurissa ja nopeissa transienteissa he mieluummin turvautuvat konventionaaliseen valvomokalustoon. Tämä johtuu siitä, että transienteissa informaatiota tarvitaan ja toisaalta automaattisesti tulostuu niin paljon, ettei tilanteen tunnistaminen ja hallinta onnistu pienehköjen näyttöruutujen kautta, varsinkin kun näyttökuvia joudutaan selaamaan. Lisähankaluutena on se, että operointitoimenpiteitä joudutaan tällöin tekemään myös konventionaalisisilta ohjaustauluilta, joilla näyttöpäätteitä ei ole.

Tyypillisimmillään informaatoriuuhka on tietokoneen tulostamissa hälytyksissä, joita ei millään ehditä huomioida isommissa häiriöissä. Tällöin voi esim. jäädä havaitsematta sellaista tietoa, jota tarvittaisiin häiriön laajenemisen estämiseksi niin pitkälle, että suojausjärjestelmät ehtivät käynnistyä.

Edellä mainitut ongelmat ovat tyypillisiä ydinvoimalavalvomoille yleensäkin ja ne kärjistyvät vielä siellä, missä valvomon layout-suunnittelussa ja ergonomiassa on epäonnistuttu.

Mitä pitäisi tehdä, jotta operaattorin työtä erityisesti transienttilanteissa voitaisiin helpottaa ja tehostaa sekä inhimillisten virheiden todennäköisyyttä pienentää? Luonnollinen vastaus tähän on se, että operaattoreilla on oltava helposti saatavissa jalostettua ja relevanttia tietoa päätöksentekonsa tueksi sen lisäksi, että tilanteen hallinnan vaatimat toimenpiteet on tietenkin oltava helppo suorittaa.

Tiedon jalostamista voidaan kuvata mm. seuraavilla termeillä:

- tiedon hierarkinen jäsentely
- tiedon validointi
- turhan tiedon eliminointi
- johdettu tieto, esim. algoritmit

- ennustava simulointi
- tilanteen diagnostisointi
- toimintaohjeet operaattoreille

Useimpiin näistä tarvitaan jo tehokasta tietokoneteknologiaa, joka pystyy suoriutumaan tehtävistään viiveettömästi reaaliajassa. Nykyisin tällaista teknologiaa alkaa jo olla saatavissa, ja sen tehokkuushintasuhte paranevat jatkuvasti. Ongelmana onkin suunnittelijaresurssien löytäminen sovellutusten kehittämiseksi sekä toisaalta uusien menetelmien validointi.

On syytä korostaa, että päätöksenteon apuvälineitä ei tarvita ainoastaan laitoksen turvallisuuden varmistamiseksi, vaan nimenomaan käytettävyyden parantamiseksi, jotta esim. voitaisiin ehkäistä häiriöiden laajentuminen jo alkuvaiheessa. Turvajärjestelmien tulee toimia operaattoreista riippumatta.

Tiedon esittämistavoissa operaattoreille on vielä paljon parantamista. Kuvaputkielei CRT-näyttöjä on alfanumeerisen tiedon esittämisen lisäksi käytetty melko kaavamaisesti korvaamaan konventionaalisia mittareita, piirtureita ja merkkivaloja. Rajoituksena on ollut näyttöjen pieni koko ja huono resoluutio, jotka ovat johtaneet siihen, että prosessitieto on jouduttu pilkkomaan pieniksi kokonaisuuksiksi. Tätä on pyritty korjaamaan näyttöhierarkialla, mutta monista hierarkiaportaista on puolestaan seurauksena useita perättäisiä kutsutoimenpiteitä ennen kuin oikea tieto löytyy.

On siis olemassa selvää tarvetta päästä eroon CRT:n kokorajoituksista, jotta suurempia kokonaisuuksia voitaisiin esittää kerrallaan. Kehitteillä onkin sellaista uutta näyttötekniikkaa, joka mahdollistaa rinnakkaismuotoisen esitystavan, jota konventionaalinen valvomo kiinteine laitesijoituksineen edustaa, ja älykkään tietokonetekniikan hyvien puolien yhdistämisen. Toisaalta myös CRT-tekniikka kehittyy edelleen; tästä esimerkkinä sellaiset käyttökelpoiset piirteet kuten ikkunointi ja kuvan portaaton liikuttaminen laajemmalla kuvapohjalla (panning) sekä kuvan suurentaminen tai pienentäminen siten, että tietoa myös samalla tulee lisää tai vähenee (decluttering). Myös resoluutio ja kuvan laatu yleensäkin paranevat jatkuvasti.

Yhtenä kynnyskysymyksenä CRT-pohjaisista valvomoista puhuttaessa nähdään ohjaustoimenpiteiden suorittaminen suoraan kuvaputkelta joko kursorin avulla tai sormiosoituksella. Tässäkin voi suurella laitoksella olla ongelmana näytön pieni koko, mutta kiistämättömänä etuna taas on se, että ohjaustoimenpiteiden vaihtus näkyy samalta näytöltä.

Paikallisverkkotekniikan kehitys mahdollistaa prosessitietojen esittämisen myös valvomon ulkopuolella eri käyttäjien haluamassa muodossa. Tällaisia ulkopuolisia käyttäjiä ovat käyttöinsinöörit, turvallisuusinsinöörit, säteilyvalvojat, kunnossapitohenkilöstö jne. Laitoksen ulkopuolella kiinnostusta voi olla viranomaisilla

ja suunnittelijoilla. Vielä tärkeämpää on kuitenkin se, että paikallisverkko mahdollistaa eri tietokonejärjestelmien kytkemisen yhteen tiedon siirtämiseksi järjestelmien kesken. Näin voidaan tulevaisuudessa toivottavasti välttää tyyppilliseltä nykyvalvomoiden ongelmalta: Kun uusia tietokonesysteemejä lisätään laitokselle, kaikilla on omat käyttäjäkommunikaatiolaitteensa erilaisine kuvaputki- ja näppäimistöratkaisuineen. Ainakin valvomossa olisi päästävä yleiskäyttöisiin näyttölaitteisiin, joista joitakin voidaan tarvittaessa suojata erikoistarkoituksiin kuten esim. hälytyksille.

Imatran Voima Oy:n suunnitelmat

Kuten aiemmin on todettu, IVOn kehitystyö liittyy toisaalta Loviisan nykyiseen laitokseen ja toisaalta suunniteltuihin uusiin laitoksiin. Vaikka uudet laitokset tulisivatkin olemaan erillisen yhtiön omistamia, vastaa IVO niiden suunnittelusta ja rakennuttamisesta.

Loviisan kohdalla ei valvomon peruskonseptia ole tarvetta lähteä muuttamaan. Kuitenkin parhaillaan ollaan aloittamassa jo vanhentuneen prosessitietokonejärjestelmän vaihtoa. Vaikka vaihdon pääsyyt liittyvätkin kunnossapito-ongelmiin, tullaan järjestelmää parantamaan ja laajentamaan myös toiminnallisesti. Oleellimmat parannukset ja lisäykset ovat:

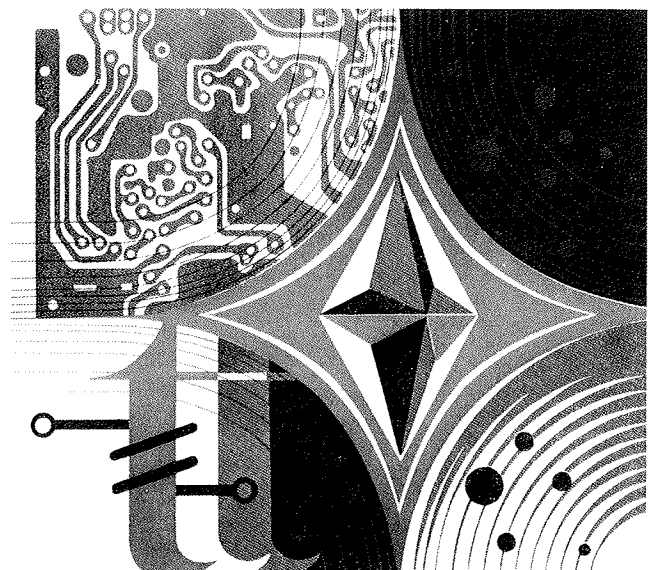
- Tehokkaampi käyttäjäkommunikaatio, nopeammat vasteajat.
- Turhien hälytysten suodatus.
- Kuvaputkien määrän lisääminen valvomossa ja sen ulkopuolella. "High resolution" täysgraafiset väriputket.
- Uudet näyttötyypit
- Ns. kriittiset toiminnot (SPDS).
- Laaja historiatiedon tallennus.
- Yhteys laitoksen ja simulaattorin välillä.

Vaihto toteutetaan molemmilla laitosyksiköillä ja simulaattorilla ja sen tulisi olla tehty tämän vuosikymmenen loppuun mennessä. Muita uusia toimintoja, kuten

diagnostisointi, toimintaohjeet jne. lisätään myöhemmin tarpeen mukaan ja jo hankintavaiheessa varmistaudutaan siitä, että esim. asiantuntijajärjestelmiä voidaan perusjärjestelmään kytkeä, joskin rajoituksia esim. tietokannan suhteen saattaa tulla. Joka tapauksessa tavoitteena on välttää erillisiltä "stand-alone"-järjestelmiltä.

Selvää on, että uusilla laitoksilla tullaan hyödyntämään Loviisan tietokonevaihdossa tehtävää työtä. Peruserona on kuitenkin se, että automaatiojärjestelmät tulevat todennäköisesti olemaan digitaalisia. Tämä heijastuu valvomoon siten, että konventionaalisista ohjaustauluista siirrytään pääasiassa kuvaputkiohjauksiin. Valvontatauluja tulee kuitenkin edelleen olemaan turvallisuusjärjestelmille sekä varoituslaitteille, mahdollisesti yhdistettynä isokokoiseen virtauskaavioon, josta laitoksen yleistilanne on jatkuvasti nähtävissä. Käytetäänkö CRT:n lisäksi tai sijasta jotain muuta näyttötekniikkaa riippuu siitä, mitä hankintavaiheessa on tarjolla. Joka tapauksessa näyttää siltä, etteivät digitaalisysteemeihin tarjolla olevat mikro-tietokonepohjaiset operointipäätteet tule riittämään, vaan ihminen-kone-kommunikaation tarvitaan digitaalisen automaatiojärjestelmän välillä kytkettäviä prosessitietokoneita, jotka myös hoitavat tiedon jalostamisen. Työnjako automaatiojärjestelmien koneiden ja prosessitietokoneiden välillä on vielä epäselvä, mutta sen ei pitäisikään näkyä loppukäyttäjille millään lailla.

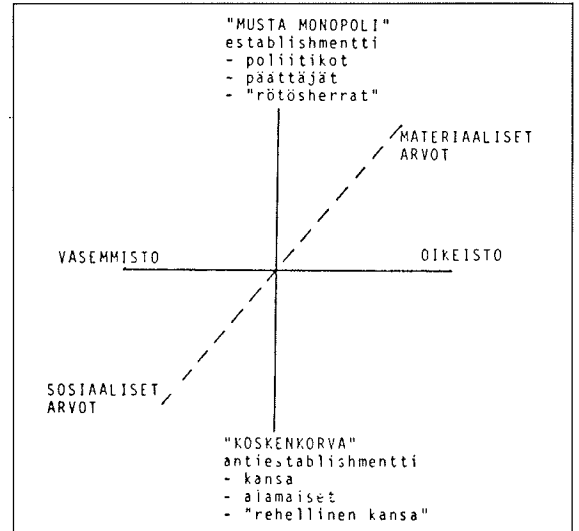
Alussa todettiin, että Loviisaa suunniteltaessa ei IVolla ollut rasitteenaan vanhoja traditioita ja siksi tulos oli ainakin IVOLAISTEN mielestä edistyksellinen ja myöskin varsin onnistunut. Tänäpäin tilanne on täysin päinvastainen: Loviisan suunnitteluun osallistuneet silloiset nuoret miehet vastaavat nyt 15 vuotta vanhempiä uusia laitosten suunnittelusta rasitteenaan Loviisaa. Ulkopuolisten tehtäväksi saa jäädä sen arviointi, millaiseen kehitykseen näillä lähtökohdilla pystytään. IVOn suunnittelijoiden tehtävänä taas on arvioida mitä kehitystä tarvitaan ja mitä siihen on panostettava. □



Suomalaiset ja ydinvoima

Viime aikaista yhteiskunnallista kehitystä on kuvattu erilaisilla tunnuksilla. On puhuttu arvokumouksesta, jälkiteollisesta yhteiskunnasta, informaatio(tieto)yhteiskunnasta yms. Kaikille on yhteisenä piirteenä siirtyminen perinteisestä teollisesta luokkapohjaisesta yhteiskunnasta johonkin uuteen. Suuret yhteiskunnalliset muutokset ja mullistukset ovat aina tuoneet esiin myös maailmanlopun profetiati kuten nytkin.

Kuvio 1. Vanhat ja uudet yhteiskunnan ristiriitavuudet.



Teollinen yhteiskunta, mikä loi omalla teknisellä kehityksellään teknisen rationalismin eräänlaiseksi kaiken kattavaksi ideologiaksi, on myös mahdollistanut irrationalismin, sillä ensi kertaa nyt ihmisten edessä on heidän itsensä mahdollistama koko ihmiskunnan tuho.

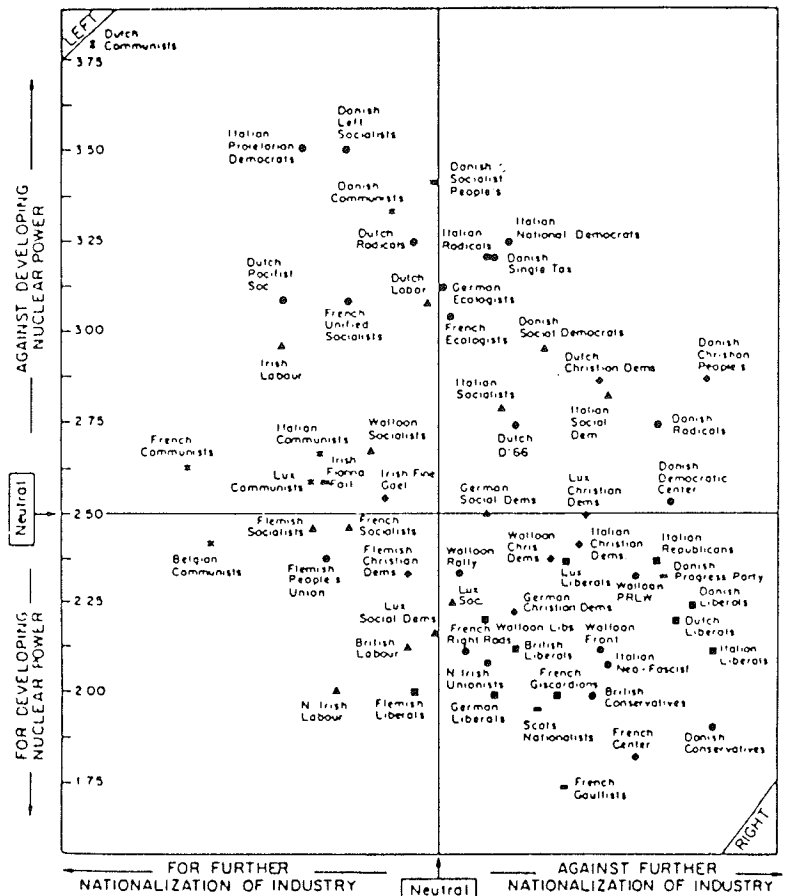
Ydinvoiman ensimmäisiä kiinnikkeitä ihmisten mielissä ovat Hiroshima ja Nagasaki, minkä vuoksi nämä maailmanlopun irratiionaaliset profetiati ja myyttiset piirteet ovat iskostuneet ydinvoimaankin. Vain Japanissa asia on toisin, sillä siellä aivan eri sanat kuvaavat ydinaseita kuin ydinvoimaa.

Uudet yhteiskunnalliset ristiriidat

Uusi yhteiskunnallinen tilanne, jota on kuvattu muutokseksi ja murrokseksi sekä jopa kaaokseksi, on muuttanut perinteiset ristiriidat, mitkä suurelta osin muodostuivat vasemmisto/oikeisto-ulottuvuudelle (työ/pääoma, köyhät/rikkaat, sorrettu/sortajat yms.), uusiksi ulottuvuuksiksi, joista ehkäpä merkittävimmät ovat uudenlainen herraviha antiestablishmenttisuus, arvokumous (kovat/pehmeät arvot) ja suhde ydinvoimaan (kuvio 1).

Ydinvoimakysymyksessä ehkäpä parhaiten kulminoituvat ja kristallisoituvat uudet yhteiskunnalliset ristiriidat, sillä tähän uuteen ulottuvuuteen sekoittuvat suuri osa entisistä mystisistä aineksista sekä yhteys nykyiseen kehitykseen (kuvio 2).

Kuvio 2. Support for Nationalization of Industry and for Developing Nuclear Power among Electorates of Western European Political Parties, 1979.



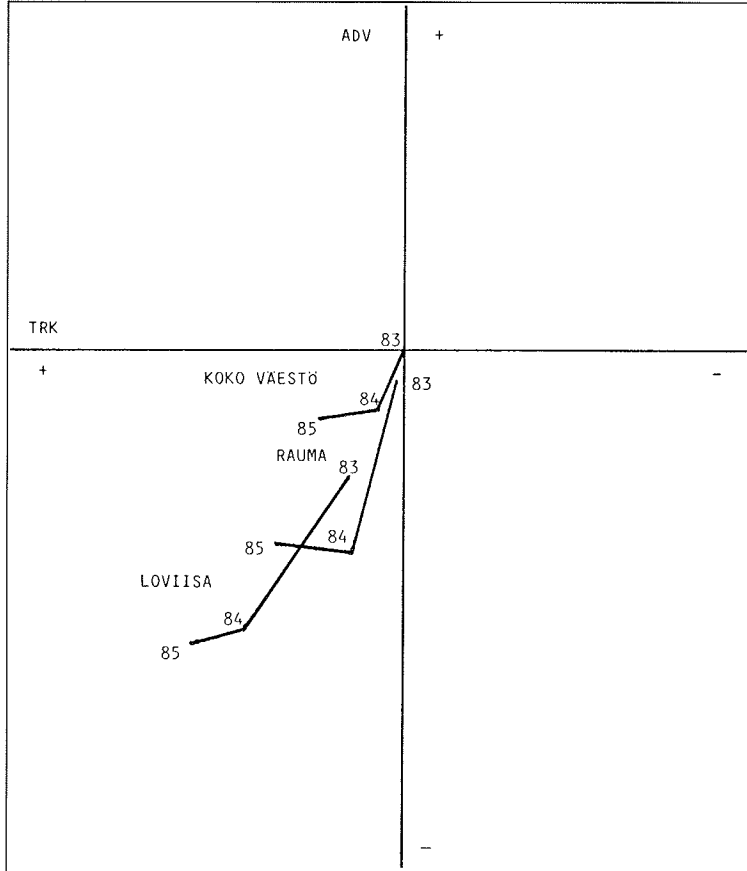
Tshernobyl - nykyajan Hiroshimako?

Käsiteltävät tutkimustulokset ovat ennen Tshernobyliä, mutta toki Harrisburgin jälkeen. Tshernobylin katastrofista ei voida vielä vetää mitään lopullisia johtopäätöksiä, sillä ensin tulee antaa säteilyn ja tunteiden hälventyä ja vasta sitten analysoida asiaa tarkemmin.

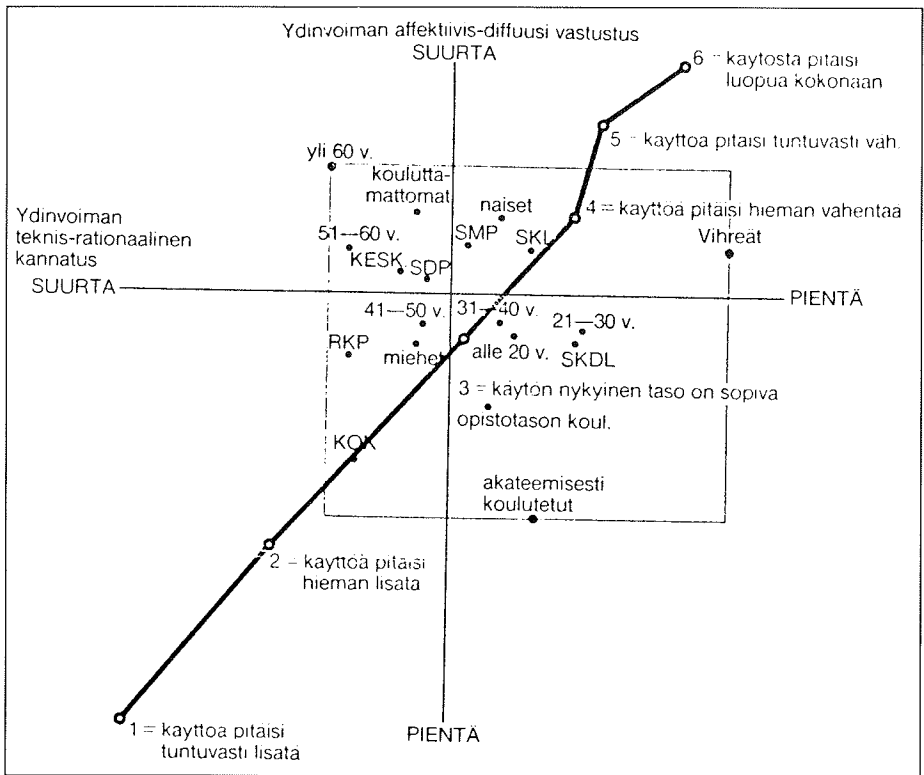
Suomalaisten ydinvoima-asenteita on karotoitettu laajoilla kirjekyselyillä vuodesta 1983, minä tutkimusaikana on tapahtunut tuntuva ydinvoimamyönteisyyden kasvua koko maassa ja erityisesti ydinvoimalapaikkakunnilla (kuvio 3). Näissä asennekartoituksissa ovat perusasenneulottuvuuksina olleet jatkuvasti esillä ydinvoiman affektiivis-diffuusi vastustus sekä ydinvoiman teknis-rationaalinen kannatus. Nämä ns. piilevät perusulottuvuudet kuvastavat ihmisten asenteiden taustalla olevia yleisiä asioita, jotka kasaavat eri asenneosiot yhtenäisiksi joukoiksi (kuvio 4).

Vuonna 1985 tehdyssä haastattelututkimuksessa saatiin asenneulottuvuuksiksi ydinvoima-asenne sekä energiapolitiikan hallitsematon kompleksisuus (kuvio 5). Tämän ja myös edeltävien postikyselyjen mukaan havaitaan ydinvoima-asenteen olevan varsin lujasti sidoksissa ihmisten asenteisiin. Kuten on laita myös koko energiapolitiikankin eli suurin osa ihmisistä on varsin tunteenomaisesti kaivanut omat taisteluhautansa energiakilpailuille ja pyrkii omia asemiaan puolustamaan joihinkin yksittäisiin tosiasioihin vedoten. Koko energiapolitiikan kirjo ei valaise tavallisten ihmisten elinpolkua, josko sitten sitä tavoittaa edes energiapolitiikan ammattilainenkaan.

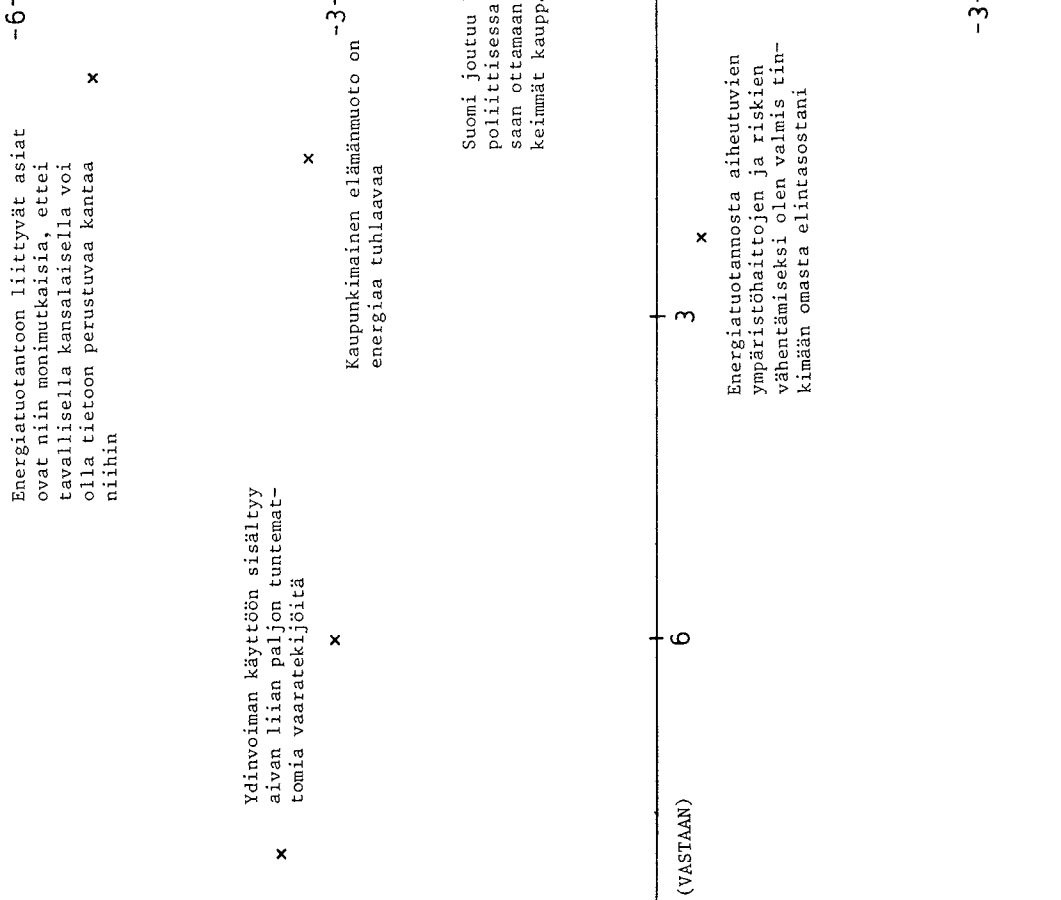
Kuvio 3. Ydinvoiman affektiivis-diffuusi vastustus ja teknis-rationaalinen kannatus koko väestön, Loviisalaisten ja Raumalaisten energia-asenteissa vuosina 1983, 1984 ja 1985. Koordinaatistona on vuoden 1983 aineistosta (N = 1511) laskettu faktoriavaruuks, jossa origo on koko väestön keskimääräinen asennoituminen vuonna 1983, ja johon on sijoitettu eri otosryhmien asennoituminen eri tutkimusajankohtina.



Kuva 4. Kuvassa on eräiden väestöryhmien sijoittuminen asenneulottuvuuksille. Pisteet kuvaavat kyseisten väestöryhmien keskimääräistä suhtautumista. Asenteiden hajonta ryhmien sisällä on usein suurta. Kuvaan on myös piirretty ydinvoiman kannatus - vastustus -kaari. Ydinvoiman voimakkain kannatus on vasemmalla alhaalla ja voimakkain vastustus oikealla ylhäällä. Kuvion origo kuvaa kansalaisten keskimääräistä suhtautumista. Projisoimalla eri ryhmien pisteet ydinvoiman kannatus/vastustus-kaarelle saadaan näiden ryhmien keskimääräinen suhtautuminen ydinvoimaan selvitettyksi.



ENERGIAPOLITIIKAN
HALLITSEMATON
KOMPLEKSISUUS
(SUURTA)



Kuvio 5. Energiapolitiittisten väittämien sijoittuminen energiapolitiikan hallitsemattoman kompleksisuuden ja ydinvoima-asenteen muodostamaan koordinaattistoon.

Ydinvoimamyönteisyys/kielisyys on sidoksissa myös ns. tekniikka-uskoon, mikä on lähellä edellä kuvattua teknistä rationalismia, josta yhdessä arvorationaalisuuden kanssa on tullut yksi uuden yhteiskunnan perusristiriidoista (taulukko 1). Tekniikka-uskon ohella myös energiatietämys on sidoksissa ydinvoimaan suhtautumiseen.

Erilaisista riippumattomista muuttujista tehtyjen luokitusten mukaan (kuviossa on ositettuna vain kunkin ryhmän keskiarvo) havaitaan sukupuolen olevan varsin selkeästi ydinvoimaan suhtautumiseen vai-

kuttava taustatekijä. Tätä yhteyttä onkin yritetty selittää varsin monella tavalla aina psykoanalyysista uusiin arvoihin.

Kuviossa 7 on kaikki erilailla ydinvoiman lisäämiseen tai siitä luopumiseen kantaa ottaneiden sijoittuminen tässä perusasenevaruudessa. Näistä havaitaan, että pääasiassa luopujat ja toisaalta lisääjät ovat asenteellisesti "oikeassa" ryhmässä, jos kohta joitakin "väärässä leirissä" oli joitakin löytyy.

Voimakkaan asenteellisuuden vuoksi energiapolitiikan mahdollisuudet ovat hanka-

lia, sillä todellista argumetaatiota ei eri ryhmien välillä saatane aikaiseksi, jos kohta ei meillä varmaankaan jouduta ihan Saksan liittotasavallan tilanteeseen, missä "aseistautuneita" mielenosoittajia vastassa ovat vankat mellakkapoliisijoukot. Populistisen politiikan hyökyaalloilla surffaavat poliitikotkaan eivät pysty näkemään tosiasioita kansalaisten mielipidemittausten takaa, joten yleinen politiikkaakin saattaa näivettyä päivän politiikan peliksi vailla suuria linjaratkaisuja, joita energiapolitiikkamme nyt vaatisi. □

Taulukko 1. Teknisen ja arvorationaalisuuden (eksistentiaalisuuden) välisen ristiriidan sisältö.

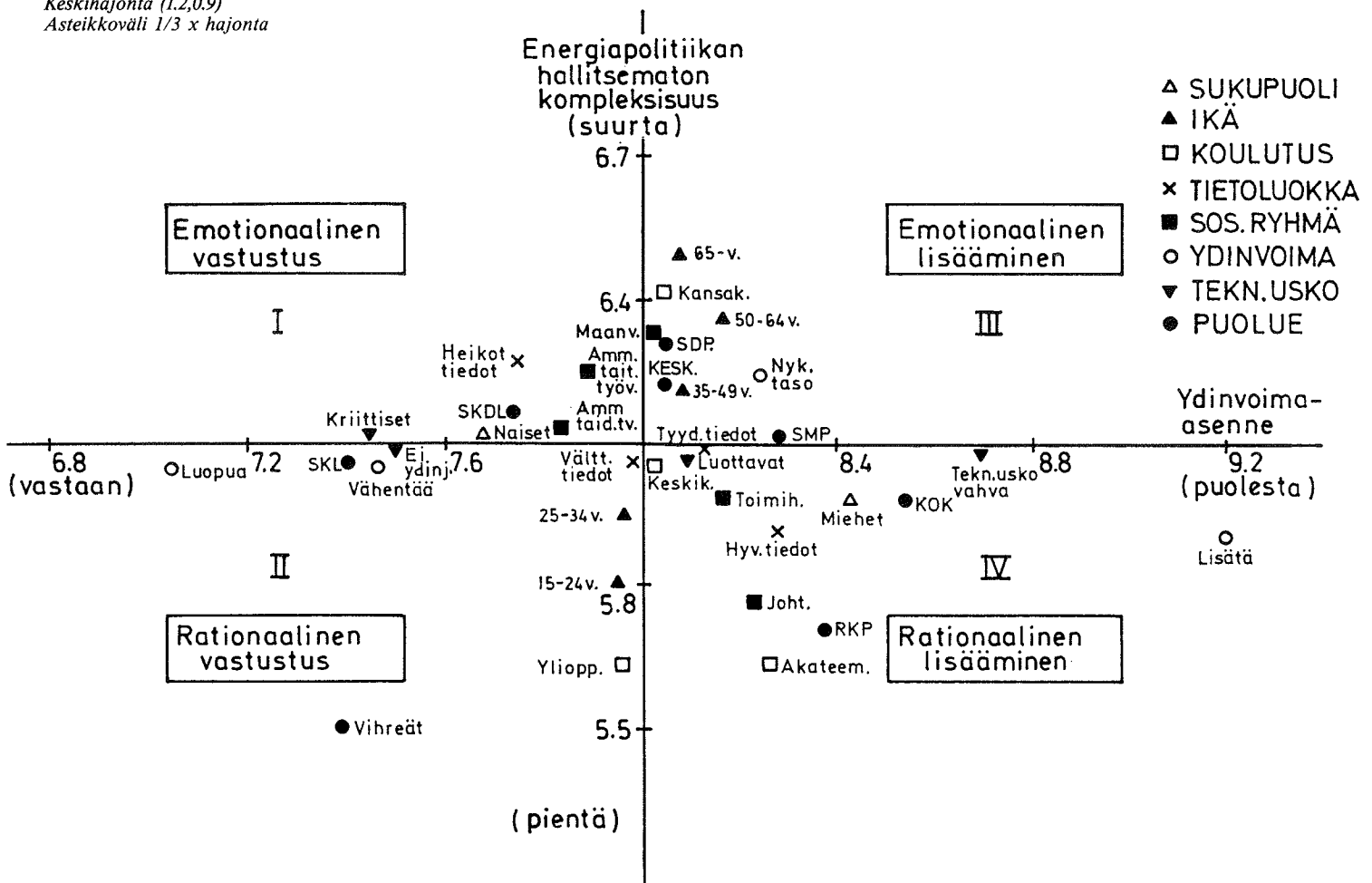
TEKNINEN RATIONALISMI	ARVORATIONALISMI Eksistentiaalisuus
— Tieteellinen maailmankuva	— Arkikäytäntö
— Tekninen optimointi	— Subjektiiivinen hyvinvointi
— Kokonaishallintojärjestelmät	— Elinympäristö
— elämän pirstoaminen	— elämän totaliteetti
— Kognitiivisyys	— Affektiivisyys
— Tekniset eliittikartellit	— Kansanliikkeet

Kuvio 6. Eräitä taustamuuttujia ydinvoimaseen ja energiapolitiikan hallitsemattoman kompleksisuuden muodostamassa koordinaatistossa.

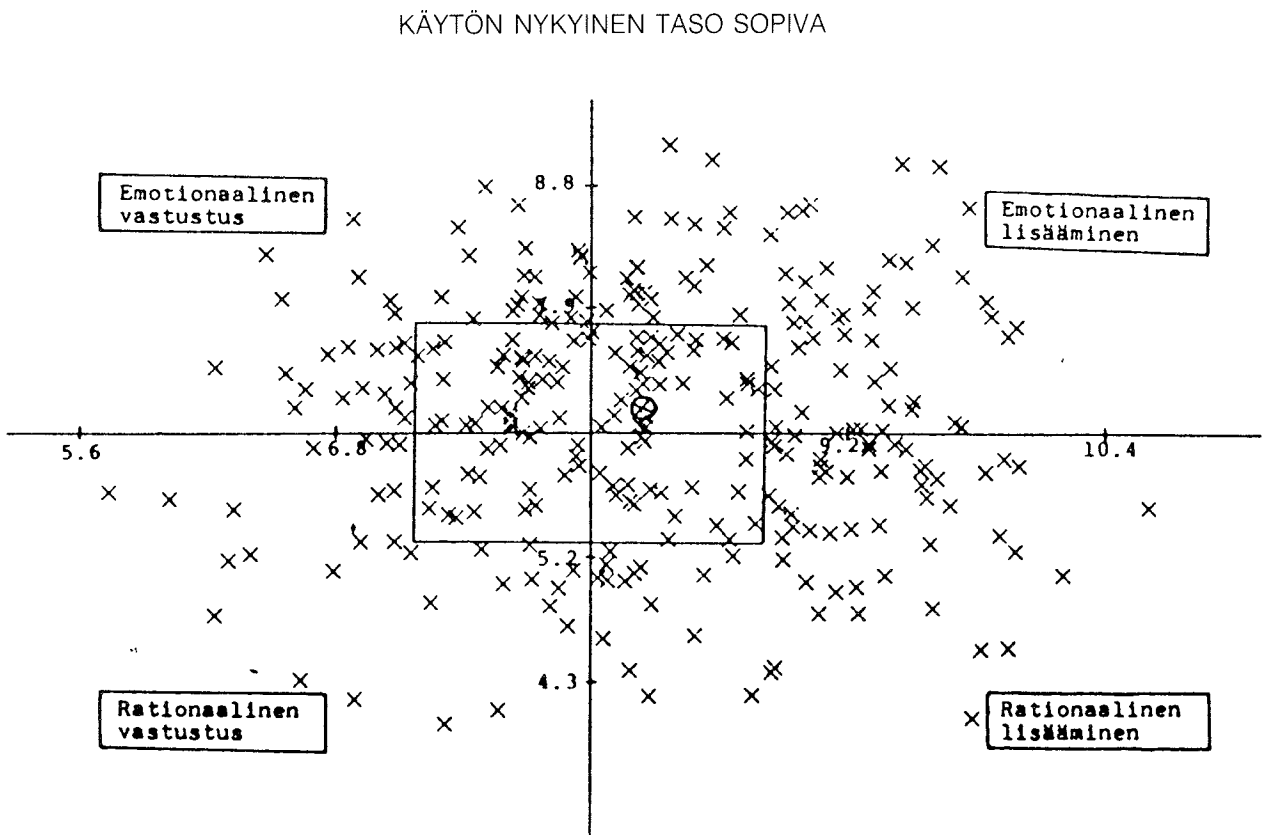
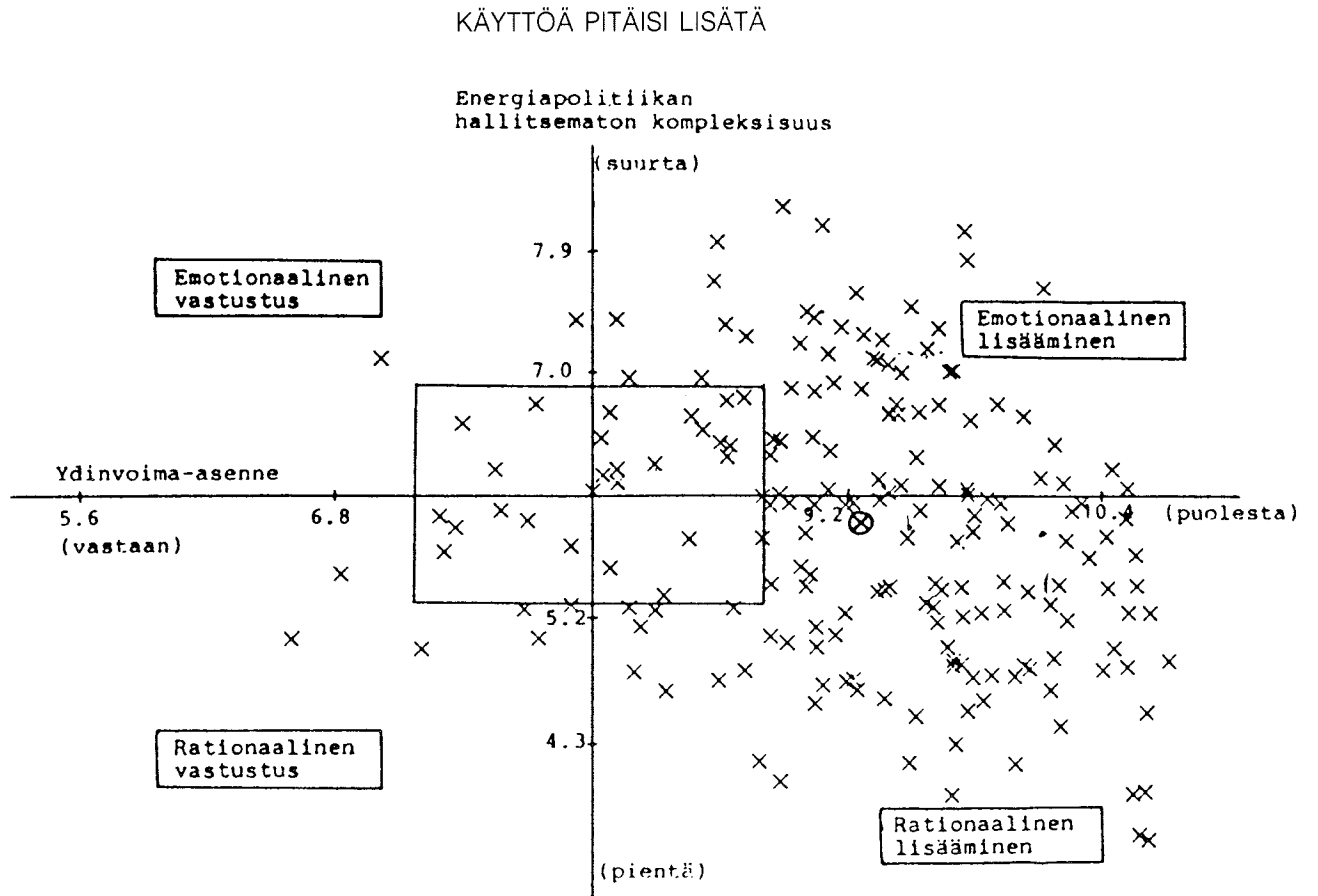
Origo (8,0,6,1)

Keskiahjonta (1,2,0,9)

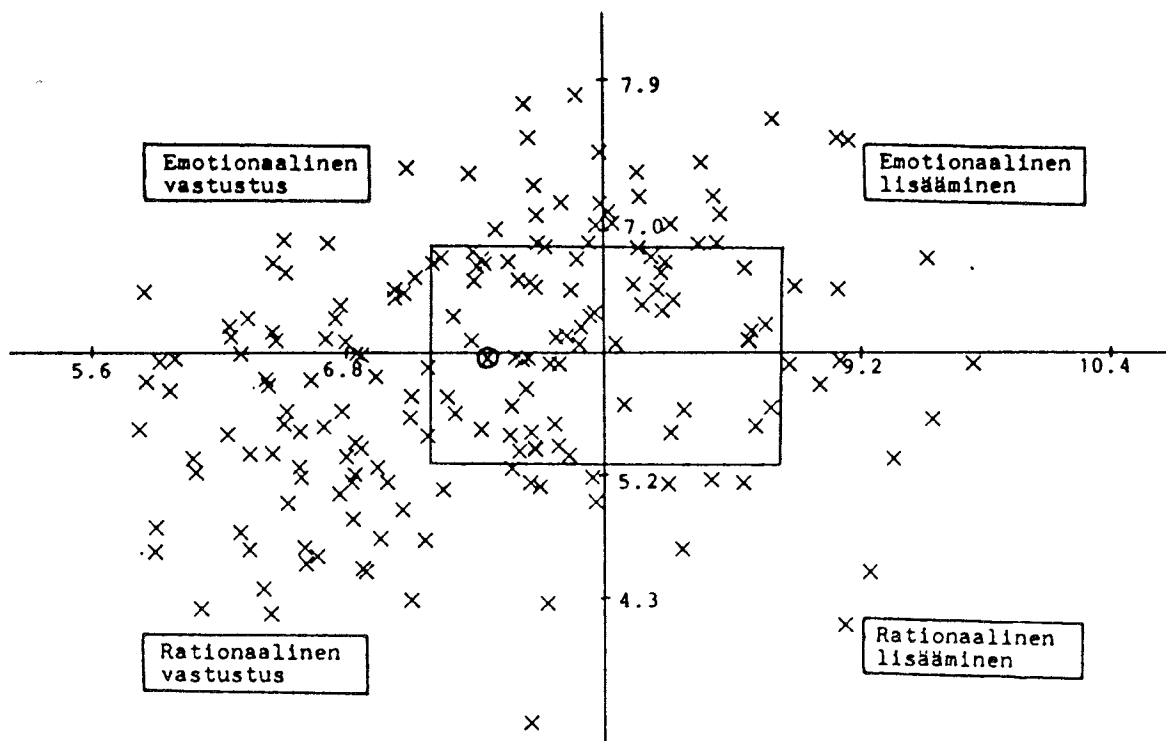
Asteikkoväli 1/3 x hajonta



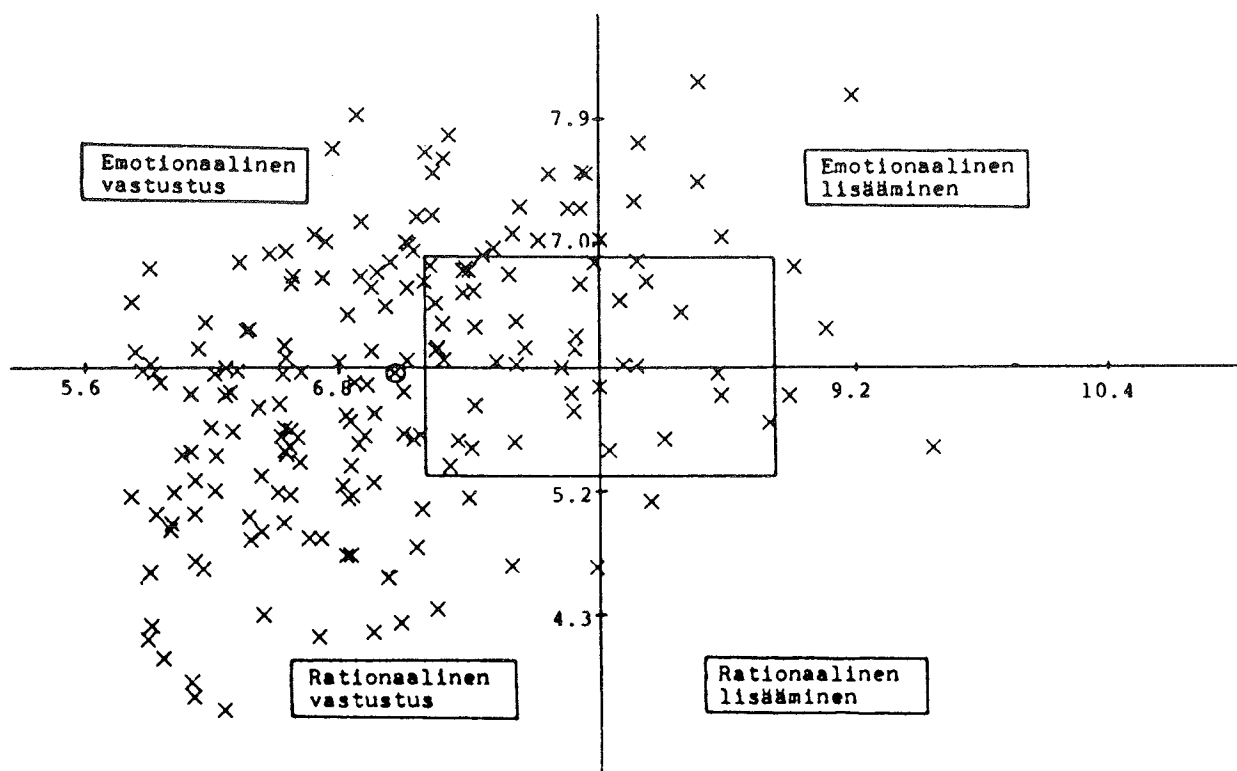
Kuvio 7. Erilainen suhtautuminen ydinvoimaan ja asema asennevaruudessa.



KÄYTTÖÄ PITÄISI VÄHENTÄÄ



KÄYTTÖSTÄ PITÄISI LUUOPIA KOKONAAN



Inhimilliseen luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä — havaintoja Loviisan koulutus- simulaattorilta

Prosessinohjaustyölle ominaista keskeistä toimintavaatimusta kutsutaan diagnostiseksi arvioinniksi. Sen merkitys näkyy selvästi ennakoimattomassa häiriötilanteessa, mutta sen pohja luodan normaalitilassa ja koulutuksessa. Diagnostiikan hallinta määrää myös ensisijaisesti toiminnan luotettavuutta tässä työssä.

Tähän liittyviä kysymyksiä on selvitetty äskettäin kahdessa Loviisan koulutussimulaattorilla suoritettussa tutkimuksessa. Vuonna 1982 suoritettiin OECD:n Halden projektiin toteuttamana Combustion Engineering'lle ns. kriittisten toimintojen valvontajärjestelmän (critical function monitoring system, CFMS) validointitutkimus, johon osallistuivat kaikki Loviisan valvomovuorot suorittaen useamman vaikean häiriötilanteen ajon tarkkaan rekisteröidyissä koelolosuhteissa (ks. esim. Hollnagel et al. 1983, Kautto 1984). Toisen tutkimus on pohjoismaisen yhteistyön, ns. NKA/Lit-projektin puitteissa suoritettu virhetoimintoihin kohdistunut koesarja, jossa samalla testattiin tietyn virheenkeruumenetelmän soveltuvuutta simulaattorikoulutuksen apuvälineeksi (Norros ja Sammatti, 1986). Tässä tutkimuksessa ohjaajat ajoivat kaksi häiriötilannetta ja määrittivät jälkepäin kouluttajan kanssa mahdolliset ohjausvirheet sekä luokittelevat virheet tiettyihin tyyppeihin.

Toiminnassa esiintyviä virheitä on karkeasti luokiteltu lipsahduksiksi ja aidoiksi virheiksi (Norman 1985). Lipsahdukset ovat sellaisia virheitä, joissa toiminnan toteuttaminen syystä tai toisesta häiriintyy. Aidot virheet taasen ovat niitä, joissa työntekijä tieteen tekee virheelliseksi osoittautuvan toimenpiteen. Tämä erottelu on kiinnostava varsinkin siksi, että lipsahduksen ja aidon virheen havaituksi tuleminen on erilaista. Lipsahdus todetaan yleensä helpommin, kun taas aito virhe voi jäädä havaitsematta, sillä suoritatta

on aikunut tehdä juuri kyseisellä tavalla eikä toiminnasta seuraava palaute näin helposti herätä korjaustoimenpiteiden tarvetta. Olemme LIT-tutkimuksessa oletaneet, että harjaantuneet ja ammattipätevät ohjaajatkin tekevät aitoja virheitä. Tämä johtuu siitä, että yllättävissä, uudenlaisissa ja monimutkaisissa häiriötilanteissa prosessia koskeva tieto ja ohjauskokemus eivät toiminnallistu, ts. niistä ei ole muodostunut näissä tilanteissa käyttökelpoisia toimintajärjestelmiä.

Tulokset viittaavat juuri tähän. Prosessia koskevien tietojen puutteellisuus kyseisissä tilanteissa on merkittävä virhetekijä ja sen merkitys kasvaa häiriötilanteen monimutkaistuuessa. Vastaavasti lisääntyvät toimenpiteiden oikeassa ajoituksessa ilmenevät ongelmat.

Toinen tärkeä tulos näissä kokeissa oli, että häiriön vaikeutuessa yhteistoiminnan puute tuo lisääntyvästi virheitä. Tähän liittyen vuorolla on vaikeuksia muodostaa yhteistä strategista toimintasuunnitelmaa häiriötilanteessa, jolloin virheitä syntyy korkean tason koordinaation puutteesta.

Kokeiden kolmas yleinen tulos liittyy työvälineiden käyttötapaan ja tarpeeseen kehittää uusia välineitä. Ohjaajilla on käytettävissään apuvälineitä häiriö- ja hätätilanteissa. Tällaisia ovat ennen kaikkea hätätilanneohjeet. Kokeissa saadut tulokset viittaavat siihen, että ohjeiden (välttämättä) sisältämät puutteellisuudet tuottavat ohjausvirheitä. Nämä ovat tyyppisempiä niillä vuoroilla, joilla virheiden määrän mukaan arvioiden suoritus on muutenkin vähemmän optimaalinen.

Tämän lisäksi monimutkaisemmassa transientissa ilmeni, että kaikilla vuoroilla oli vaikeuksia koordinoita yhteistoimintaa transientin kriittisissä vaiheissa. Yhteistoiminnan ja strategisen suunnittelun ongelmia esiintyi etenkin vuoroilla, jotka tekivät muutenkin enemmän virheitä.

Näiden tulosten valossa näyttää siltä, että yhteinen strateginen suunnitelma on keskeinen työväline, jonka avulla voidaan

ohjata muuta ohjaustyöskentelyä mm. ohjeiden käyttöä. Näiden suunnitelmien merkitys lisääntyy yleisesti vaikeammassa häiriötilanteessa. Ohjaajien toiminnan luotettavuutta voitaisiin parantaa auttamalla vuoroja luomaan yhteistä työtappaa, jonka olennaisena työkaluna ovat käsitteellisesti korkeatasoiset prosessin dynaamisia perusmalleja tehokkaasti hyväksikäyttävät strategiset ohjaussuunnitelmat.

Jo edellä kerrottuja tutkimuksia aiemmin suoritettuja kokeita vihjaavat samaan suuntaan. Kun ns. CFMS-kokeissa tutkittiin vuorojen ohjaussuorituksia kriittisten funktioiden seurantajärjestelmää hyväksikäyttämällä, havaittiin että vuorot vain satunnaisesti turvautuivat laitteistoon vaiheessa, jossa sen tarjoama diagnosti- ja suunnitteluapu olisi ollut hyödyllistä. Tämä ei sinänsä ole yllättävää, sillä vuorot joutuivat käyttämään laitetta melko vähän perehtymisen varassa. Se, että kriittisten funktioiden esittäminen kuitenkin eräissä tapauksissa osoittautui edulliseksi on nähdäksemme varsin myönteinen merkki siitä, että vuoroilla oli jo olemassa kriittisten toimintojen peruskäsite, joka korkean tason työkaluna helpotti vaikean diagnostisen arvioinnin tekemistä.

Kyseisissä CFMS-tutkimuksissa ei tarkasteltu tarkemmin vuorojen toimintaa. Edellä esitettyjen kiinnostavien yhteyksien takia olemme suorittaneet case-tutkimuksen yhden kokeeseen osallistuneen vuoron kanssa. Tämän intensiivisen koulutuskokeilun osana tarkasteltiin tarkemmin vuoron suoritusta näissä koeajoissa. Tutkimuksen tuloksista voidaan alustavasti sanoa, että edellä esitetyt toimintastrategiaa koskevat johtopäätökset saavat vahvistusta. Yritämme edelleen selvittää tarkemmin, mistä toimintasuunnitelman muodostamisen ongelmat johtuvat.

Edellä lyhyesti esittämiemme tulosten varassa tuntuu mahdolliselta alkaa kehittää entistä systemaattisempia tapoja kouluttaa vuoroja arviointivaatimuksen ja näin koko ohjauksen kriittisimmän tekijän hallinnassa. Tässä päälinjana on suunnata ohjaajia työskentelyssään ja koulutuksen-

aikaisessa varsinaisessa oppimistoiminnassa mallittamaan prosessia ja sen tilanmuutoksia ja luomaan näiden pohjalla koeteltavissa olevia julkilausuttuja ohjaussuunnitelmia. Kokeellinen ajattelu- ja työskentelytapa ovat tällöin tähtäimessä. Suunnitelmia voidaan koetella sekä ajatuk-sellisesti että simulaattorilla.

Tämän tapaisen työskentelytavan asetta-minen tavoitteeksi yleisemminkin on var-sin tärkeää, sillä automaation kehitty-minen tekee mahdolliseksi yhä monimukai-sempien kohteiden hallinnan ja lisäksi hallinnan apuvälineiden oma ”älykkyys” kasvaa. On hyvin oletettavaa, että esimer-kiksi tekoälyyn perustuvat operaattorien tukijärjestelmät vaativat ohjaajilta nime-nomaan olennaisia dynaamisia suhteita

käsittävää strategista ajattelua, koneenhan oletetaan huolehtivan informaation ke-ruusta, luokittelusta ja monenlaisesta ja-lostamisesta. Tällaisten ajatteluvalmiuk-sien ja niiden edellyttämän korkealaatui-sen motivaation olemassaolo on meidän näkökulmastamme ihmisen luotettavu-u-den keskeinen lähtökohta ja siten teknisen järjestelmän käytettävyyden edellytys. □

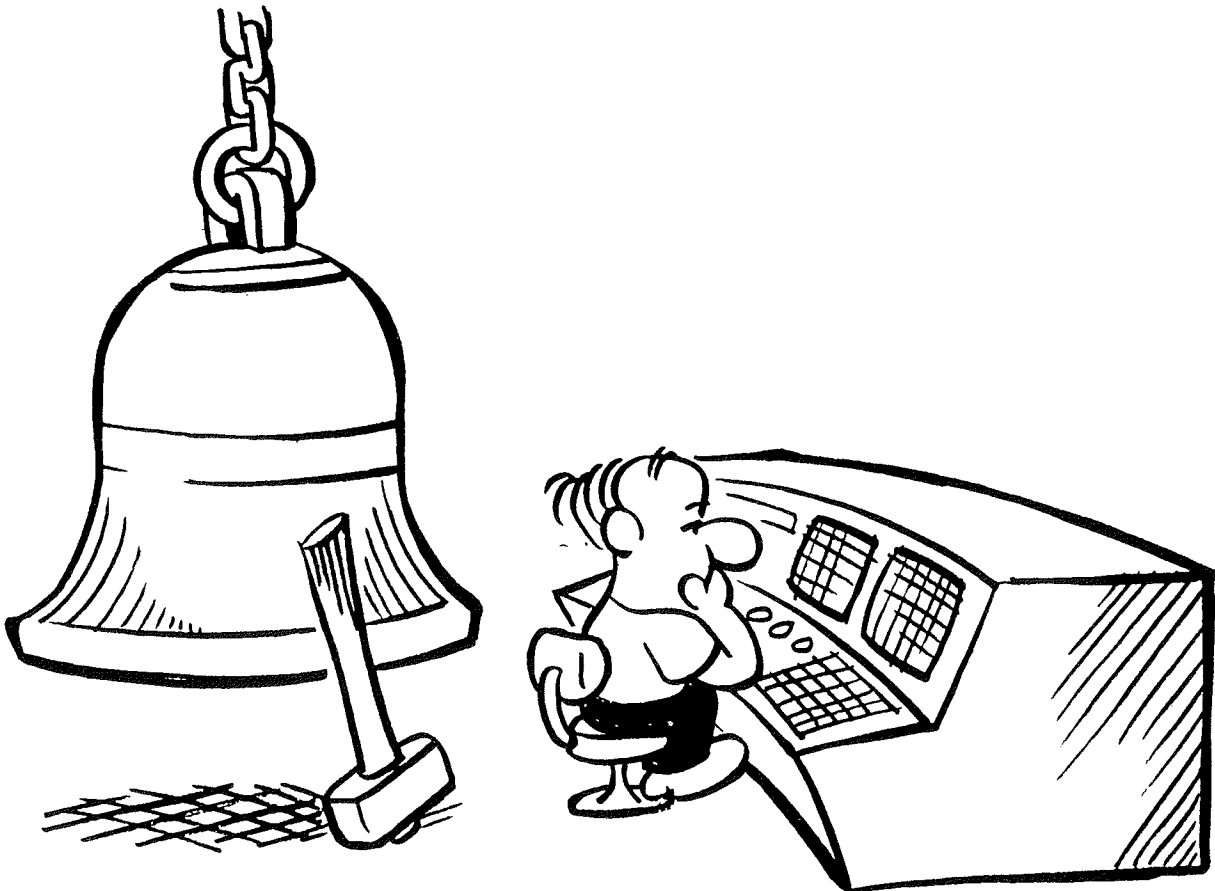
VIITTEET:

Hollnagel E., Hunt G., Marshal E.,
1983. Experimental validation of the
critical function monitoring system.
Preliminary results of analysis. OECD
Halden Reactor Project. HWR- 111.

Kautto A., 1984. Information
presentation in power plant control
rooms. VTT:n tutkimuksia 320,
Otaniemi.

Norman D., 1985. New views on hu-man information processing. Nato advanced study institute, Intelligent decision aids in process environments. San Miniato, Italy, September 1985 (painossa).

Norros L., ja Sammatti P. (painossa)
Operator errors in simulator training.
VTT:n tutkimuksia 1986.



Timo Mikama
SVY-1984