

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA-

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry.

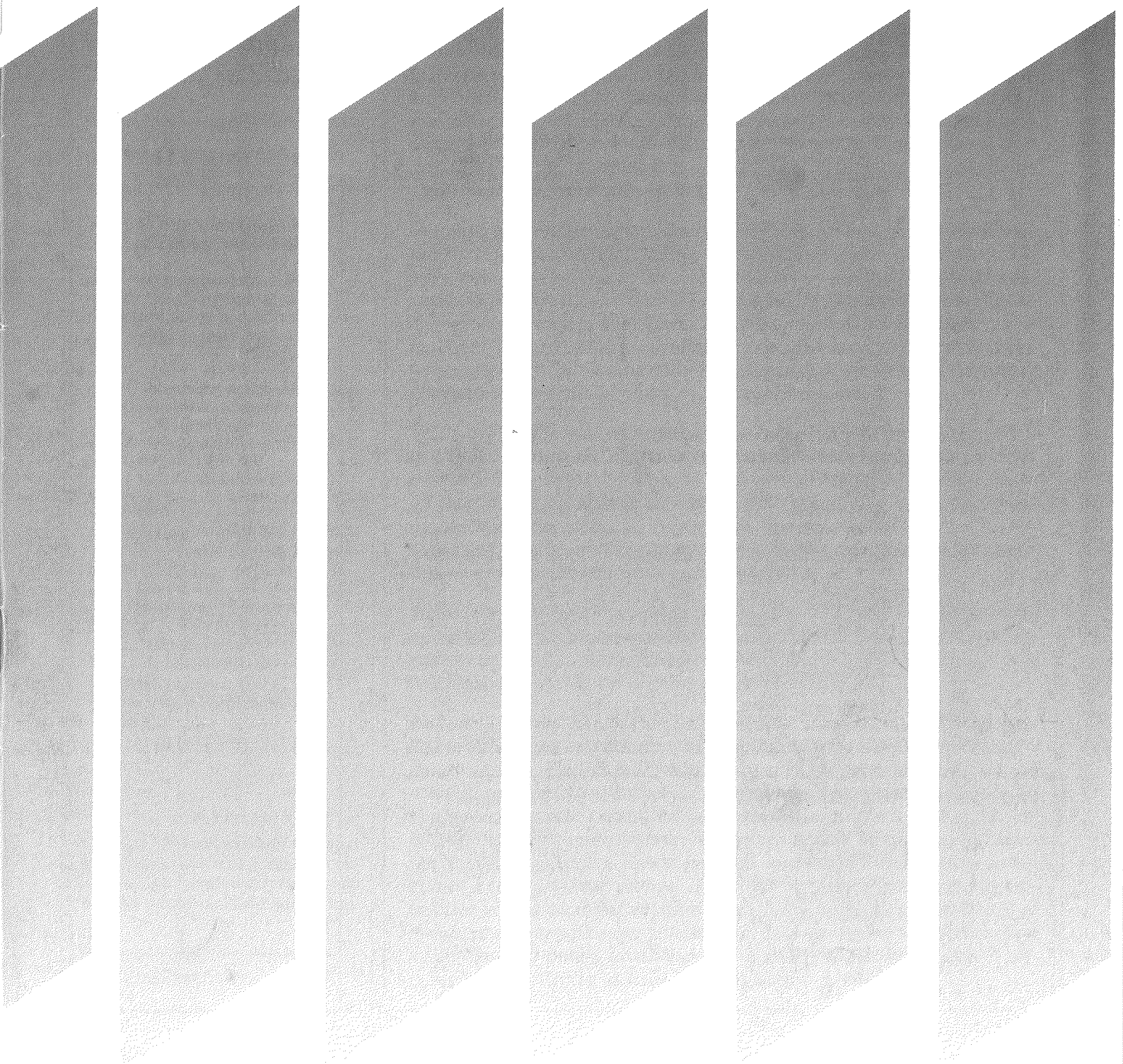


ATS

YDINTEKNIikka

2/94

vol. 23



ATS

YDINTEKNIikka

2/94, vol. 23

JULKAISIJA

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

TOIMITUS

Päätoimittaja
TkT Seppo Vuori
VTT Energia
PL 1604
02044 VTT
P. 90-4565067

Erikoistoimittaja
FK Osmo Kaipainen
Teollisuuden Voima Oy
Annankatu 42 C
00100 Helsinki
P. 90-61802522

Erikoistoimittaja
FL Risto Paltemaa
Säteilyturvakeskus
PL 14
00881 Helsinki
P. 90-7598 8313

Toimitussihteeri
DI Olli Nevander
IVO International Oy
01019 IVO Rajatorpantie 8
P. 90-8561 2613

JOHTOKUNTA

Pj. TkL Eero Patrakka
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
P. 938-3811

Vpj. DI Olli Vilkamo
Säteilyturvakeskus
PL 14
00881 Helsinki
P. 90-7598 8372

Rahastonhoitaja TkL Eija Karita Puska
VTT Energia
PL 1604
02044 VTT
P. 90-456 5036

Sihteeri DI Petra Lundström
IVO International Oy
01019 IVO
90-8561 5422

Jäs. DI Eero Mattila
IVO International Oy
01019 IVO
P. 90-8561 2418

Jäs. TkT Rauno Rintamaa
VTT/Valmistustekniikka
Pl 1704
02044 VTT
P. 90-4566879

Jäs. DI Pertti Salminen
Teollisuuden Energiailiitto
Eteläranta 12
00130 Helsinki
P. 90-668 93011

TOIMIHENKILÖT

Yleissihteeri DI Aarno Keskinen
IVO International Oy
01019 IVO
90-8561 2535

Kans.väl.asioiden.siht.
DI Jussi Palmu
Imatran Voima Oy
01019 IVO
P. 90-8561 4562

Ekskursios sihteeri
DI Tapio Saarenpää
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
P. 938-3814312

SISÄLTÖ

Pääkirjoitus	1
Johtokunta	2
Ydinenergian tutkimuksen tulevaisuuden näkymiä IVO-yhtiöissä	3
Ydinenergiatutkimus 2000 -mietintö	6
VTT:n ydinenergiatutki- muksen yleisnäkymät ja reaktoriturvallisuustutki- muksen ajankohtaisia aiheita	8
Ydinvoiman ympäristö- vaikutusten arviointiin ja valmistustoimintaan liittyvä tutkimus	13
Ydinjätetutkimus Suomessa	15
Ydinenergiatutkimuksen kansainvälinen yhteistyö	16
Euroopan fuusiotutkimus ja ITER -hanke	18
Lyhyesti maailmalta	21
English abstracts	26

Ylitarkastaja Sakari Immonen toimii KTM:n energiaosaston sähkö- ja ydinenergiaryhmässä huolehtien ydinturvallisuusasioista mukaanlukien ydinenergiatutkimuksen rahoitushallinnon koordinointi, p. 90-1605222.

Sakari Immonen



Tutkimus on sijoitus tulevaisuuteen

Vuosia kestäneessä ottelussa ydinvoiman lisärakentamisesta poliittisille päättäjille annettu tietopaketti on toivottavasti auttanut ymmärtämään, että talous- ja ympäristöpoliittiset tavoitteet ja yhä avoimemmaksi muuttuvat energiemarkkinat rajaavat oleellisesti liikkumavaraamme energiaratkaisuisissa. Niinpä useiden ydinvoiman vaihtoehtoiksi tarjottujen voimantuotantohankkeiden toteutuminen on edelleen varsin epävarmaa. Suurella käyttövarmuudella toimineiden Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten taloudellinen merkitys Suomen sähköhuollossa ja niiden ympäristötasetta parantava vaikutus joudutaan tunnustamaan aiempaa laajemmin. Ydinvoimalaitosten taloudellista arvoa korostaa niiden pitkä odotettavissa elinikä. Kunnossapito- ja tarkastustekniikan kehittyminen antaa mahdollisuuden jatkaa länsimaisten kevytvesilaitosten taloudellista käyttöikää jopa 45—60 vuoteen. Suomessa ydinvoimalaitosten pitäminen priimakunnossa tutkimuksen ja laitosparannusten avulla on ehkä tuottavin energiainvestointi.

Vastaava ajattelu on ollut taustalla maaliskuussa kauppa- ja teollisuusministeriölle luovutetussa 'Ydinenergiatutkimus 2000' mietinnössä. Yksituumainen työryhmä katsoo, että 1990-luvun loppupuolen tutkimuksessa on päätavoitteena oltava omien laitosten turvallisuuden varmistaminen ja lisääminen. Uusia painotuksia tutkimukseen tuovat lähinnä vain tarve analysoida itärajan tuntumassa olevien Venäjän ydinvoimalaitosten ominaisuuksia ja toteutumassa oleva jäsenyys Euroopan Unionin tutkimusohjelmissa.

Valtion rahoittamalle ydinenergia-alan tutkimukselle on kehittynyt selkeä rooli. Tavoitteena on varmistaa voimayhtiöistä riippumaton tietopohja, johon päätöksenteossa ja valvonnassa voidaan tukeutua. Valtion tutkimuspanos kohdistuu mm. uuden teknologian käyttöönottoon, ajankohtaisiin turvallisuuskysymyksiin ja perustietämyksen kehittämiseen. Tutkimus on myös keskeinen väylä uusien asiantuntijoiden rekrytoinnissa ja kouluttamisessa erikoistehtäviin.

Vakavimmaksi tietämyspohjaa uhkaavaksi tekijäksi meillä koetaan asiantuntemuksen ohius monilla erityisalueilla ja kokeellisen tutkimuksen vähäisyys. Näiden puutteiden kompensoijana laajalla kansainvälisellä tutkimusyhteistyöllä on erittäin tärkeä merkitys.

Julkinen rahoitus ydintutkimukselle on ollut viime vuosina 40 milj. markan tasolla, mikä on vastannut noin kolmatta osaa alan koko tutkimuspanostuksesta. Budjettinäköymien valossa ei ole toiveita saada valtion rahoitukseen reaalista kasvua. Jos viranomaisia palvelevan tutkimuksen tarve osoittautuu arvioitua suuremmaksi, ainoaksi keinoksi jää voimayhtiöiden kustannusvastuun lisääminen tavalla tai toisella. Kotimaisen määrärahaistelun lisäksi jatkossa joudutaan kilpailemaan ennen muuta EU:n tutkimusvaroista. Suomalainen ydintutkimus on korkeatasoista ja sillä on hyvät valmiudet suoriutua kotimaisista tehtävistä ja menestyä eurooppalaisessa yhteistyössä. Tulokunnan säilyttämisessä on avainasemassa omien tavoitteiden kirkastaminen, mikä edellyttää erityisesti valikoivuutta uusissa kansainvälisissä hankkeissa.

ATS YDINTEKNIikka (23) 2/94

Ydinenergian tutkimuksen tulevaisuuden näkymät

Vuoden 1994 numeroiden teemat ovat:

- 1/94 Suomen energiapolitiikan vaihtoehdot
- 2/94 Ydinenergian tutkimuksen tulevaisuuden näkymät
- 3/94 Ikääntymisen tutkimus: laitos ja henkilöstö
- 4/94 ENC 94, LYON

Vuosikerran tilaushinta muilta kuin ATS:n jäseniltä: 200 mk

Ilmoitushinnat: 1/1 sivua 2000 mk
1/2 sivua 1400 mk
1/3 sivua 1000 mk

Toimituksen osoite:

ATS Ydintekniikka
c/o Olli Nevander
IVO International Oy
01019 IVO Rajatorpantie 8
p. 90-8561 2613 (suora)
telefax 90-8561 3403

Lehdessä julkaistut artikkelit edustavat kirjoittajien omia mielipiteitä, eikä niiden kaikissa suhteissa tarvitse vastata Suomen Atomiteknillisen Seuran kantaa.

ISSN-0356-0473

ATS:N UUSI JOHTOKUNTA



Kuvassa: Ylärivi vasemmalta: Olli Nevander; Ydintekniikka-lehden toimitussihteeri, Pertti Salminen, Eero Mattila, Olli Vilkamo, Jussi Palmu; ATS:n kansainvälisten asioiden sihteeri. Alarivi vasemmalta: Petra Lundström, Eero Patrakka, Eija Karita Puska.

JOHTOKUNTA 1994

Vuoden 1994 vuosikokouksessa valittiin ATS:n seitsenjäseniseen johtokuntaan peräti kolme uutta jäsentä. Tämän lisäksi seuran puheenjohtaja vaihtui. Johtokunta on uudelleen organisoitu siten, että kukin johtokunnan jäsen vastaa tietyistä seuran toiminnan osa-alueista. Jotta jäsenet tietäisivät keneen heidän kannattaa ottaa yhteyttä eri asioissa, esitellään lyhyesti nimien takana olevat henkilöt ja heidän erikoistehtävänsä johtokunnassa.

EERO PATRAKKA, puheenjohtaja
Eero toimii kehityspäällikkönä Teollisuuden Voimassa. Käytännössä hän vastaa TVO:n eri alueiden kehitysprojekteista ja osallistuu Olkiluodon laitosten modernisointiin. Hän on mukana yleisissä ydintekniikkaan liittyvissä T&K-projekteissa. Eeron erityisinä vastuualueina johtokunnassa ovat ekskursiont ja kannatusjäsenasiat, mutta puheenjohtajana hän luonnollisesti seuraa kaikkia toiminnan osa-alueita.

OLLI VILKAMO, varapuheenjohtaja
Olli vetää säteilyturvallisuusyksikköä Säteilyturvakokeskuksen ydinturvallisuusosastolla. Suomen ydinvoimalaitosten ja niiden ympäristön säteilyturvallisuus, valmius- ja pelastusjärjestelyt mukaan luettuna, muodostavat ko. yksikön päätehtävät. Lisäksi Ollin tehtäviin kuuluu aktiivinen osallistuminen koti- ja ulkomaiseen yhteistyöhön. ATS:n johtokunnassa Olli vastaa kuukausikokousten ja seminaarien suunnittelusta sekä koulutukseen liittyvistä asioista.

EIJA KARITA PUSKA, rahastonhoitaja
Eija Karita toimii erikoistutkijana VTT Energia / Ydinenergiassa. Hänen päätehtävänsä on APROS-voimalaitossimulaat-

torin suunnittelu ja ohjelmien kehitys. Hän tekee myös analyyseja samalla työkalulla. Rahastonhoitajan tehtäviin kuuluu budjetin laatiminen ja seuranta, sekä erityisesti jäsenmaksutilanteen seuranta.

PETRA LUNDSTRÖM, sihteeri
Petra on suunnitteluinsinööri IVO Internationalin Ydinvoimatekniikan liiketoiminnassa. Hän osallistuu vakavien reaktorionnettomuuksien hallintastrategian kehitystyöhön, erityisesti vetykysymysten osalta. Johtokunnassa hänen tehtäviinsä kuuluu kuukausikokousten ja seminaarien suunnittelu ja järjestäminen, nuoren jäsenistön aktivointi sekä seuran sisäinen tiedotus.

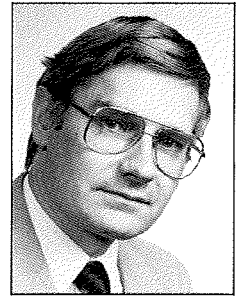
EERO MATTILA
Eero toimii projektipäällikkönä IVO Internationalissa. Tällä hetkellä hän vetää keski- ja matala-aktiivisen jätteen loppusijoitustilan rakentamisprojektia. ATS:n johtokunnassa Eero vastaa kannatusjäsenasioista. Toiminnan tavoitteena on kannatusjäsenpalvelujen kehittäminen ja kannatusjäsenten lukumäärän kasvattaminen.

RAUNO RINTAMAA
Rauno on johtava tutkija VTT Valmis-

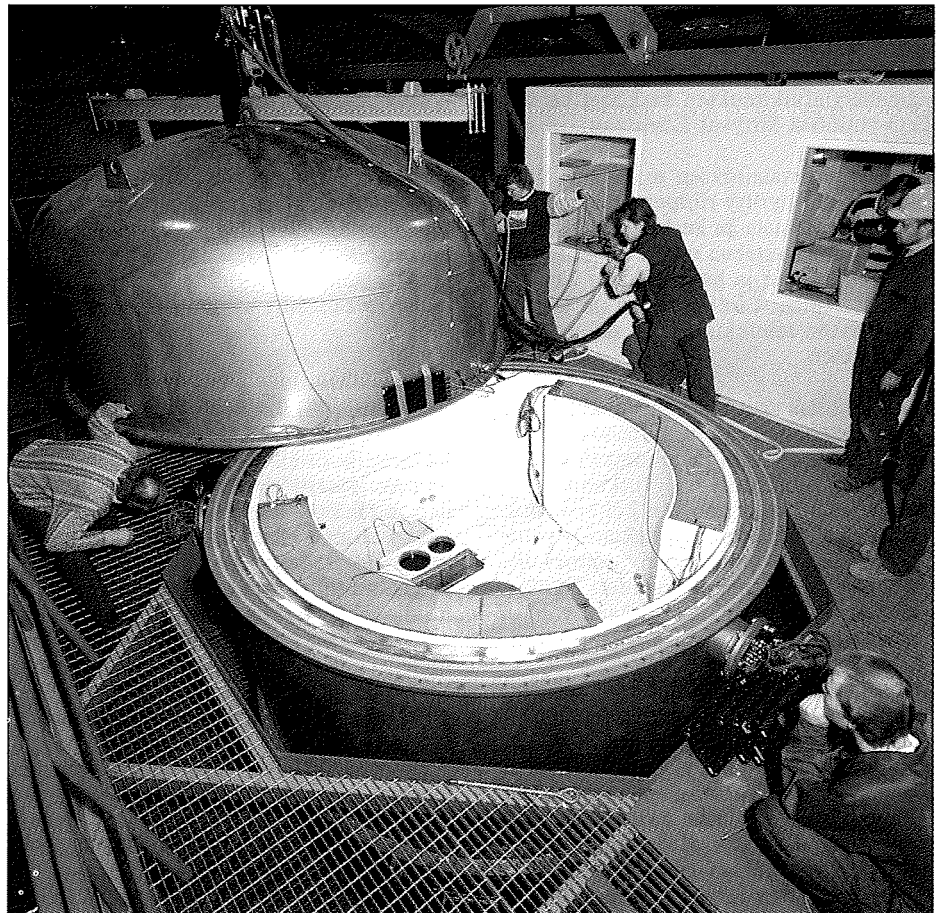
tustekniikassa. Siellä hän johtaa ja koordinoi ydinvoimalaitosten rakenteiden turvallisuuteen liittyvää tutkimus- ja kehitystyötä. Hän hoitaa myös alueen kansainvälistä yhteistyötä ja markkinointia. Johtokunnassa Rauno edustaa alan tutkijamusta ja vastaa siten koulutusta, tutkijamusta ja opetusta koskevista asioista.

PERTTI SALMINEN
Pertti toimii asiamiehenä Teollisuuden Energiailiitto TELI ry:ssä. Hänen työnsä on ajankohtaisiin energiapolitiisiin asioihin liittyvää teollisuuden energiapolitiittista edunvalvontaa. Päävastuualueet ovat perusvoimaratkaisut, energiaverot ja EU-asiat. Johtokunnassa Pertti vastaa kannatusjäsenasioista, ulkoisesta tiedotuksesta, sekä ATS-Info työryhmän kehittämistyöstä. Selkeä tavoite työlle on ydinvoiman hyväksyttävyyden lisääminen kaikissa kansalaisryhmissä.

YDINENERGIAN TUTKIMUKSEN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄ IVO-YHTIÖISSÄ



Loviisan voimalaitoksen käyttäminen ohjaa IVO-yhtiöiden ydintekniikan tutkimusta vielä vuosikautia eteenpäin. Ydinpolttoaineen hankinta ja käytetty ydinpolttoaineen huolto asettavat uusia haasteita 1990-luvulla. Uusien ydinvoimalaitosten osalta ei lähivuosina ole lisähaasteita tulossa. Jo tehdyllä työllä ja nykyisten ongelmakenttien selvittämisellä päästään varsin pitkälle. 2000-luvun jälkeen käyttöön mahdollisesti tulevien uusien reaktorityyppien kehittämisen saavat toiset tehdä, mutta kehitystä pyritään seuraamaan.



IVO yhtiöiden virtauslaboratoriossa Loviisan vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimukseen käytettävä VICTORIA suojarakennusmalli.

Tutkimus on osa liiketoimintaa

Liiketoiminnan kehitysnäkymät ja tavoitteet antavat reunaehdot myös tutkimus- ja kehittämistoiminnalle. Kilpailun lisääntyminen, Euroopan yhdentyminen, kansainvälistyminen, julkisen vallan ennalta-arvaamattomuus ja yhä suuremmat epävarmuudet tulevaisuuden ennustamisessa yleensäkin kuvaavat 1990-luvun toimintaympäristöä. IVO-yhtiöissä pyritään vastaamaan tilanteen vaatimuksiin korostamalla asiakasläheisyyttä, jolloin asiakas on ymmärrettävä laajasti erilaisten sidosryhmien edustajana eikä vain kaupallisten sopimusten toisena osapuolena, kehittämällä toiminnan taloudellisuutta, tehokkuutta ja turvallisuutta sekä parantamalla laatu- ja ympäristötietoisuutta koko henkilöstön piirissä.

IVO-yhtiöissä tutkimus- ja kehittämistoiminta on sidottu tiukasti muuhun liiketoimintaan, joten sille asetetaan samat

kehittämisaatimukset kuin muullekin toiminnalle. Käytännössä se merkitsee jatkuvaa muutosta organisoimisissa ja toimintatavoissa sekä tutkimusongelmien, -tavoitteiden ja tulosten yhä tarkempaa arviointia. Koko liiketoiminnan tuloksen parantaminen on keskeinen kriteeri.

Omaa panosta tarvitaan, mutta kaikkea ei tarvitse tehdä itse

Jo perinteisesti IVOssa on lähdetty siitä, että riittävä oma osaaminen on avain menestykseen. Vuosikymmenten kokemukset tukevat tätä käsitystä, eikä tulevaisuudessa ole syytä luopua tästä periaatteesta.

Toimintaympäristön laajentuessa on yhä selvemmin käynyt ilmi, että IVO-yhtiötkin ovat resurssiltaan varsin rajallisia. Talouselämän ja energia-alan jyrkät muutokset ovat johtaneet siihen, että suurelle asiantuntijajoukolle on vaikea löytää mielekästä työkuormaa tasaisesti

ja pitkäjänteisesti. Niinpä kehitys on vienyt siihen, että yhä tarkemmin joudutaan harkitsemaan, mitä kannattaa todella tehdä itse. Yhteistyö eri tutkimuslaitosten ja muiden energiayhtiöiden kanssa on tavonomaista toimintaa IVO:n tutkimus- ja kehitystyössä. Tulevaisuudessa yhteistyön merkitys kasvaa edelleen ja valmiuksia erilaisiin joustaviin ja tapauskohtaisiin yhteistyöjärjestelyihin kehitetään.

Ydinenergiatutkimuksen haasteet

Loviisan voimalaitoksen rakentaminen ja käyttäminen ovat muodostaneet rungon IVO:n ydinenergiatutkimukselle. Sitä ovat täydentäneet jo 1970-luvulta lähtien uuden ydinvoimalaitoksen, Suomen viidennen, hankintavalmiuden kehittämisen vaatimat tutkimukset. Painopistejako on vaihdellut mutta pääkuvio on ollut sama vuosikautia. Eduskunnan periaatepäätöksen ottaman kielteisen kannan jälkeen uuden ydinvoimalaitoksen kehittämiseen

suunnattu tutkimusvolyyymi on pieni, mutta asiaa ei ole kokonaan unohdettu. Ilmeistä on kuitenkin, että lähivuosien ydinenergiatutkimuksen keskeiset haasteet IVO-yhtiöissä liittyvät Loviisaan.

Loviisan voimalaitoksen osalta on IVO:sa alunperin pyritty riippumattomuuteen laitostoimittajasta ja keskeisistä laiteoimittajista. Haasteena on Loviisan voimalaitoksen pitkän ja häiriöttömän käytön varmistaminen. Lisähaasteena on jatkuvasti käytön tehokkuuden ja talouden edistäminen.

IVO-yhtiöissä seurataan jatkuvasti turvallisuusustekniikan ja turvallisuusvaatimusten kehittymistä ja johdetaan siitä seuraavaa tutkimustyötä. Tutkimusaiheet on ryhmitetty suuremmiksi kokonaisuuksiksi, joita ovat materiaalitekniikka ydinturvallisuus, lämpötekniikka ydinturvallisuus ja vakavat onnettomuudet. Nämä aihealueet säilyvät vielä pitkään ydinturvallisuustutkimusten ohjelmassa.

Loviisan ydinvoimalaitoksen keskeisten laitososien lisäksi Neuvostoliiton toimitusosuuteen kuuluivat polttoaineen toimitusvalmiina elementteinä ja käytetyn polttoaineen palautus yhtenä sopimuskokonaisuutena. Neuvostoliiton hajoamisen jälkeen Venäjällä toimivat organisaatiot ovat ottaneet hoitaakseen nämä velvoitteet. Sopimusten ja niiden pohjalta luotujen järjestelmien pysyvyys ei 1990-luvun muuttuvissa oloissa ole yhtä taattu kuin aikaisemmin. Tutkimus- ja kehitystoiminnan tulevaisuuden haasteisiin kuuluu edellytysten luominen Loviisan polttoaineen hankintaa varten muilta polttoaineoimittajilta. Lisäksi tarvitaan valmiuksia hoitaa käytetty polttoaine palauttamatta sitä alkuperäisen sopimuksen mukaisesti Venäjälle.

Voimalaitosjätteiden kohdalla on käytetty hyväksi Loviisan suuren säiliökapasiteetin tuomaa aikaa ja kehitetty menetelmiä käsittelymenetelmien parantamiseksi ja jätteiden määrän ja tilavuuden pienentämiseksi. Tutkimustoiminnalle haasteita antavat vielä tulevaisuudessa kiinteäytysmenetelmä ja kiinteäytyslaitos samoin kuin loppusijoitustilan yksityiskohtien suunnittelu. Käytöstäpoiston kehittäminen on myös ydinjätetutkimusten kestoaihe.

Loviisan mukana IVO-yhtiöihin on kehitetty merkittävä VVER-osaaminen. 1990-luvulla VVER-osaamisen kysyntä on kasvanut. Kysyntä jatkuu edelleen vuosikautia, sillä sähköpula ja ympäristövaatimukset johtanevat siihen, että nykyisiä

VVER-laitoksia käytetään vielä pitkään muissakin maissa. Näin ollen niiden muutos- ja perusparannustarpeet lisääntyvät edelleen. Loviisan tarpeiden tyydyttämisen lisäksi IVO-yhtiöiden ydinenergiatutkimuksen tavoitteena onkin IVO Internationalin myyntitoiminnan tukeminen.

Seuraavassa selvitetään aihepiireittäin, kuinka edellä kuvattuihin haasteisiin pyritään vastaamaan.

Materiaalitekniikka ydinturvallisuustutkimus

Keskeisenä tutkimuskohteena on reaktoripaineastiamateriaalin säteilyaurastuminen ja materiaalin toipuminen elvytysherktyksessä. Tutkimus sisältää sekä kokeellista työtä, näytepalojen ottamista ja analysointia, että teoreettista työtä, lujuuslaskentamallien kehittämistä. Tutkimukseen kuuluu myös materiaalin uudelleen aurastumisen selvittäminen sekä hehkutuksen jälkeisen valvontaohjelman suunnittelu. Oleellisen etapin tutkimukselle muodostaa Loviisa 1:n reaktoripaineastian hehkuttaminen vuonna 1996.

Muihin materiaalitekniikkaan tutkimusaiheisiin kuuluu mahdollisen reaktoripaineastian termisen sokin tutkiminen säröjen ja pinnoitteen kannalta. Tutkimuksiin kuuluu sekä kokeita että laskentamallien kehittämistä.

Lämpötekniikka ydinturvallisuustutkimus

Eräitä VVER-laitoskohtaisia reaktoripiirin ja jäälahduttimella varustetun suojarakennuksen termohydrauliikkaan liittyviä turvallisuuskysymyksiä selvitetään kokeellisin tutkimuksin omilla tutkimuslaitteistoilla, koska muulla tavalla niistä ei ole saatavissa tarvittavaa tietoa. Työtä täydennetään laskentamalleja kehittämällä ja verifioimalla. Lämpötekniikka ydinturvallisuustutkimus jakautuu neljään pääaihepiiriin. Ne ovat vedyn hallinta suojarakennuksen kaikissa toimintatiloissa, paineastian ulkopuolinen jäähdytys, vaakahöyryntint termohydrauliikka ja boorin laimenemistilanteet. Esimerkkinä tutkimuslaitteistoista voidaan mainita Loviisan suojarakennusta mallintava VICTORIA-laitteisto, jonka keskeisenä tarkoituksena on vedyn jakauman arviointi ja vedyn hallintastrategian kehittäminen. Laitteistolla on tehty onnistuneita kokeita kuluneena keväänä.

Ydinpolttoainetutkimus

Ydinpolttoainetutkimus sisältää hyvin pitkäjänteisen tutkimusyhteistyön, jossa tutkitaan VVER-440-polttoaineen käyttäytymistä Kurtshatov-instituutin tutkimusreaktoreissa, ns. SOFIT-ohjelman. Tavoitteena on lisätä tietämystä polttoaineen turvallisuusmarginaaleista ja kehitetään polttoaineen käytön joustavuutta ja taloudellisuutta turvallisuustasosta tinkimättä. Tutkimuksessa säteilytetään instrumentoituja VVER-440-tutkimussauvoja tutkimusreaktorien koeosastoissa. Säteiltyt sauvat tutkitaan perusteellisesti kuumakammioissa. Siltä varalta, että säteilyttäminen Kurtshatov-instituutissa tuottaisi jatkossa ongelmia, on suunniteltu myös yhteistyötä Haldenin tutkimusreaktoria käyttävän organisaation kanssa.

Ydinjätehuollon ja käytetyn ydinpolttoaineen selvitykset

Osana IVO:n ja TVO:n yhteisen Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunnan (YJT) ohjelmaa tutkitaan Loviisan matala- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden ominaisuuksia, varastointia, käsittelyä ja loppusijoitusta. Loviisan käyttöönnotosta lähtien tehtyjen selvitysten perusteella on muun muassa parannettu jätteiden käsittelymenetelmiä laitoksella ja saatu aikaan myyntituote (Cs-erotus nestemäisistä jätteistä) sekä hankittu tarpeelliset lähtötiedot voimalaitosjätteiden loppusijoitustilan rakentamiselle ja lupakäsittelylle. Tutkimukset jatkuvat jätehuolto-ohjelmaa seuraten.

Valtioneuvoston antaman aikataulun ja YJT:n ohjelmien mukaisesti on selvitetty ja laadittu suunnitelmat Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistolle. Tutkimustoiminta tukee suunnitelmien ajan tasalle saattamista viiden vuoden välein.

Uutena aihepiirinä IVO-yhtiöiden ydintekniikkaan tutkimusohjelmaan ovat tulossa käytetyn polttoaineen varastointia, kapselointia ja loppusijoitusta koskevat tutkimukset siinä tapauksessa, että Loviisan polttoaineen palautus Venäjälle päättyy. Tutkimusohjelmaa ei ole vielä laadittu, mutta malleja löytyy muun muassa Teollisuuden Voiman ja ruotsalaisen SKB:n ohjelmista. Tarkoituksena on kehittää sopiva täydentävä ohjelma eikä keksiä kaikkea ruutia uudelleen.

Vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimukset

Lämpötekniisiin ydinturvallisuustutkimuksiin ja viidennen ydinvoimalaitoksen kehittämiseen liittyviin tutkimuksiin kuuluu myös vakavien reaktorionnettomuuksien aihepiiriin kuuluvia tutkimuksia, jotka koskevat juuri kyseessä olevaa laitostyyppiä. IVO-yhtiössä on katsottu kuitenkin tarkoituksenmukaiseksi organisoida valmiuksien ja laskentatyökalujen kehittäminen vakaviin onnettomuuksiin varautumista varten omaksi tutkimuskokonaisuudekseen. Tämä tutkimusohjelma on hyvin pitkäjänteinen ja käsittää lähinnä yhteistyön kansainvälisten merkittävien tutkimusohjelmien ja laskentaohjelmien kehittämisprojektien kanssa.

Automaatio, simulaattorit ja prosessimallit

Ohjelmoitavan logiikan sekä hajautettuun prosessitietojen käsittelyyn ja kuituoptiikkaan liittyvien uusien automatiikkaratkaisujen soveltuvuutta ydinvoimalaitosten automatiikkaan selvitetään pitkäjänteisenä tutkimusprojektina. Työ tehdään voimayhtiöiden, VTT:n ja automatiikkatoimittajien välisenä yhteistyönä. Keskeisinä aihepiireinä selvityksissä ovat hyväksyttävyyden ja viranomaisvaatimusten täyttämisen.

Monivuotisen, VTT:n kanssa yhteistyönä tehdyn tutkimustyön perusteella on kehitetty APROS-proessimalli. Jatkossa selvitetään, vaatiiko aihepiiri vielä lisätutkimuksia. Tarpeet tulevat esille APROSta sovellettaessa.

Uutta ydinvoimalaitosta koskevat selvitykset

Viidennen ydinvoimalaitoksen hankinnan yhteydessä 1990-luvun alkuvuosina tehty työ muodostaa hyvän pohjan uuden ydinvoimalaitoksen hankinnalle vielä muutaman vuoden ajan, koska markkinoille ei ole aivan heti tulossa uusia reaktorimalleja. Tutkimustyö tähtääkin siihen, että pysytään selvillä 2000-luvun alkuvuosina tarjolle mahdollisesti tulevien uusien laitostyyppien ominaisuuksista tai kehittyvien laitosvaatimusten vaikutuksista. Konkreettisin selvitystyö lähitulevaisuudessa on eurooppalaisten laitosvaatimusten (EUR) kommentointi ja uuteen kehitystyöhön osallistuminen. Työtä tehdään TVO:n kanssa yhteisesti.

Tutkimustyön volyyymi

IVO-yhtiöiden ydintekniikan alan tutkimus- ja kehitystyön volyyymi on tänä vuonna suuruusluokaltaan 20 miljoonaa markkaa. Liiketoiminnan yleisten periaatteiden mukaisesti volyyymilla sinänsä ei ole jatkuvuutta. Tarveharkinta ja tulostavoitteet johtavat siihen, että volyyymi riippuu entistä voimakkaammin vallitsevista tarpeista ja kehitysnäkymistä. Näin ollen suuretkin vuosittaiset vaihtelut ovat mahdollisia.

Näkymät kauemmaksi tulevaisuuteen

IVO-yhtiöiden ydintekniikan tutkimus- ja kehitystyössä jatketaan 1990-luku aikaisemmin viitoitetuilla linjoilla, Loviisan tarpeet hallitsevat ja uuden ydinvoimalaitoksen kehittäminen ei vaadi merkittävää uutta panostusta jo aikaisemmin tehdyn työn lisäksi. Oleellisimman lisätarpeen tutkimustyöhön tuovat tuoreen ja käytetyn polttoaineen huolto.

Vaivoin kysymys on, milloin nämä eväät loppuvat ja on kehitettävä uudet. 2000-luvun jälkeiset tarpeet ja asiakkaat ovat osittain vielä tuntemattomia. Loviisan käyttöä jatketaan vielä pitkään, mutta uusi ydinvoima vaatii uusia selvityksiä. Ydinvoimalaitosten tulevien omistajien toivelistalla ovatkin standardisoidut modularityypiset pienet ja turvalliset laitosyksiköt, jotka ovat nopeita rakentaa, investointikustannuksiltaan halpoja ja yksinkertaisia käyttää. Lisäksi niiden on oltava "proven design" ja tyyppihyväksyttyjä. Niiden tuottaman sähkön hinnan on oltava kilpailukykyistä lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. IVO-yhtiöiden tutkimus- ja kehitystyössä tällaisia laitoksia ei kyllä kehitetä. Vetovastuu jätetään suurille maille ja niiden voimayhtiöille ja laitostoimittajille. Sen sijaan mukana pyritään olemaan pienellä panoksella erityisesti silloin kuin toiminnallisia ja turvallisuusvaatimuksia määritellään.

Artikkelin kirjoittaja, apulaisjohtaja Heikki Raumolin toimii Imatran Voima Oy:ssä ydintekniikkaan liittyvissä tehtävissä. P. 85616017.

YDINENERGIATUTKIMUS 2000-MIETINTÖ

Kauppa- ja teollisuusministeriön asettaman työryhmän tehtävänä oli arvioida ydinenergiatutkimuksen tarve ja suuntaaminen vuoteen 2000, lukuunottamatta ydinjätehuollon ja fuusioenergian tutkimusta, sekä ehdottaa runkosuunnitelmat ja organisointitapa tuleville julkisrahoitteisille tutkimusohjelmille. Työryhmä esitti nykyisen kaltaisia, mutta painotuksiltaan hieman muuttuvia tutkimusohjelmia reaktoriturvallisuuden ja rakenteellisen turvallisuuden alueille, sekä ydinenergian ympäristövaikutuksia ja ohjelmoitavia automaatiojärjestelmiä koskevia erillishankkeita.

Kauppa- ja teollisuusministeriö asetti viime vuoden lopulla työryhmän arvioimaan ydinenergiatutkimuksen tarvetta vuoteen 2000 sekä tämän arvion perusteella laatimaan ehdotuksen ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevien tutkimusohjelmien jatkamisesta nykyisten, vuoden 1994 lopussa päättyvien ohjelmien jälkeen. Ydinenergia-alan tutkimuksen organisointi kansalliseksi tutkimusohjelmiksi aloitettiin vuonna 1989, jolloin käynnistyi "Julkisrahoitteisen ydinjätetutkimuksen ohjelma" (JYT). Vuonna 1990 käynnistettiin kaksi uutta ydinenergia-alan tutkimusohjelmaa "Ydinvoimalaitosten käyttöturvallisuuden tutkimusohjelma" (YKÄ) ja "Ydinvoimalaitosten rakenteellisen turvallisuuden tutkimusohjelma" (RATU). Tutkimusohjelmien piiriin on kuulunut noin kolmasosa kaikesta ydinenergiatutkimuksesta Suomessa.

Toimeksiannon mukaisesti työryhmän työn tarkastelukohteena oli ydinenergiatutkimuksen tarve ja suuntaaminen vuoteen 2000 lukuunottamatta ydinjätehuollon ja fuusioenergian tutkimusta. YKÄ- ja RATU-tutkimusohjelmien ulkopuolelta arvioitiin ydinenergian ympäristövaikutuksiin ja Suomen lähialueiden laitosten turvallisuuteen liittyvää tutkimustarvetta. Ydinpolttoainekierto on ja ydinmateriaalivalvontaan liittyvä tutkimus rajattiin arvion ulkopuolelle.

Tutkimustarvearvion yksi lähtökohta oli eduskunnan tekemä kielteinen päätös uudesta ydinvoimalaitoksesta. Tämän johdosta tulevien tutkimusohjelmien pääpaino kohdistuu käynnissä olevien ydinvoimalaitosten turvallisuuden varmistamiseen niiden ikääntyminen ja käyttökokemukset huomioon ottaen sekä turvallisuuden edelleen kehittämiseen tieteen ja tekniikan kehittymisen myötä.

On ilmeistä, että merkittävä osa suomalaisille aiheutuvasta ydinenergian käytön liittyvästä riskistä on peräisin Suomen lähialueiden laitoksista, erityisesti Sosnovyj Borin RBMK-tyyppisestä laitoksesta. Tämä otettiin huomioon tutkimustarvearviossa.

Rajallisten resurssien vuoksi Suomen ydinenergiatutkimuksessa on osallistuttu laajasti kansainväliseen yhteistyöhön, erityisesti suuren mittakaavan koeohjelmiin. Yhteistyön tehokas hyödyntäminen edellyttää korkeatasoista kansallista asiantuntemusta. Myös tulevaisuutta tutkimusohjelmissa osallistuminen kansainvälisiin tutkimusohjelmiin on tärkeää ja

niiden tuloksia pyritään hyödyntämään mahdollisimman laajasti.

Julkisrahoitteisten koordinoitujen tutkimusohjelmien rooli on ensi sijassa kansallisten perusvalmiuksien kehittäminen turvallisuuden kannalta keskeisillä tutkimusalueilla sekä uuden teknologian käytön edistäminen. Tutkimusohjelmien lisäksi voimayhtiöt harjoittavat omaa laajaa tutkimustoimintaa, erityisesti vakaviin reaktorionnettomuksiin ja ydinjätteiden varastointiin liittyen. Säteilyturvakeskuksella on myös oma tutkimusohjelmansa, jossa tehdään ajankohtaisiin turvallisuuskysymyksiin liittyviä riippumattomia analyysejä.

YDINTURVALLISUUSTUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Ydinenergian tutkimuksen keskeisinä tavoitteina on varmistaa ydinvoiman turvallinen käyttö sekä luoda edellytykset ydinjätehuollon turvalliseksi toteutukseksi. Ydinvoiman käytön keskeinen turvallisuuskysymys on reaktorionnettomuuden riski ja tutkimuksen päätavoite on tämän onnettomuusriskin selvittämisen ja pienentämisen mahdollisuuksien mukaan.

Ydinenergian tuotannossa hyvän tuloksen saavuttaminen perustuu laaja-alaisen teknologian syvälliseen hallintaan, mihin kotimaisella tutkimus- ja kehitystyöllä on tärkeä osuus. Turvallisuutta koskevan päätöksenteon tulee perustua parhaaseen saatavilla olevaan asiantuntemukseen. Siten varmistetaan, että turvallisuutta edistävät toimenpiteet pienentävät riskejä mahdollisimman tehokkaasti.

1990-luvun loppupuolen ydinenergia-tutkimuksen päätavoitteena on Suomen käynnissä olevien ydinvoimalaitosten turvallisuuden varmistaminen ja kehittämisen laitosten ikääntyminen huomioon ottaen. Myös laitosten käyttövarmuutta pyritään kehittämään, koska käyttöhäiriöiden vähentäminen edistää samalla laitoksen turvallisuutta. Ydintekniikan kehittymistä on välttämätöntä seurata jatkuvasti, jotta käynnissä olevilla laitoksilla voidaan toteuttaa sellaiset toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.

Julkisen tahon tulee omalla panoksellaan ylläpitää syvällistä, uutta asiantuntemusta tuottavaa tutkimusta ja siten varmistaa ydinenergian käytön ja sen turvallisuus-

valvonnan perustuminen omakohtaiseen asiantuntemukseen. Valvovalla viranomaisella tulee olla aina mahdollisuus riippumattomasti varmentaa sille esitettyä informaatiota. Tämä edellyttää korkeaa asiantuntemusta viranomais- ja tutkimusorganisaatiossa. Tämä voidaan saavuttaa vain kehittyneen koulutusjärjestelmän ja omakohtaisen tutkimustoiminnan avulla. Nämä ovat myös korkeatasoisen kansallisen turvallisuuskulttuurin peruselementtejä.

UUDET TUTKIMUSOHJELMAT

Kauppa- ja teollisuusministeriön asettama työryhmä päätti esittää nykyisen kaltaisen tutkimusohjelmakäytännön jatkamista nelivuotiskaudella 1995-1998 niin, että ohjelmien painotuksia hieman muutetaan verrattuna käynnissä oleviin ohjelmiin. Uusia tutkimusohjelmia esitettiin reaktoriturvallisuuden ja rakenteellisen turvallisuuden alueille. Lisäksi esitettiin käynnistettäväksi erilliset laajajakko tutkimushankkeet ydinenergian ympäristövaikutuksista ja ohjelmoitavista automaatiojärjestelmistä. Tutkimustyö näillä kahdella alueella palvelee erityisesti STUK:n tarpeita, minkä vuoksi STUK:lla tulee olemaan erillishankkeiden suunnittelussa ja ohjauksessa keskeinen rooli. Lähialueiden laitosten turvallisuutta ja kehittyneitä laitostyyppisiä koskeva tutkimus ehdotetaan sisällytettäväksi tutkimusohjelmien ao. tutkimusalueiden projekteihin.

Työryhmä teki myös esityksen tutkimusohjelmiin sisällytettävistä tutkimusprojekteista sekä arvion tarvittavasta vuosittaisesta rahoituksesta tutkimusohjelman alku- ja loppupuoliskoilla. Tutkimusohjelmat esitettiin koottavaksi niin, että tutkimusprojektit ovat kokonaan tai huomattavalla osin julkisen tahon rahoittamia. Tutkimusohjelmien ja erillishankkeiden kokonaisrahoitukselle esitetään lievää kasvua nykytasosta 26 milj. mk/v tasolle 30 milj. mk/v jakson lopulla.

Tutkimuksen painopistealueita ja rahoitustarvetta arvioidessaan työryhmä käytti kolmea kriteeriä: (1) tutkimusalueen merkitys keskeisten turvallisuuskysymysten ratkaisemisessa, erityisesti viranomaisen kannalta, (2) tutkimusalueen aikaiseman toiminnan tehokkuus ja saavutetut tulokset, sekä (3) välttämättömän kansallisen perusvalmiuden kehittäminen ko. tutkimusalueella.

Tarkastelukaudella laajinta tutkimuspanosta edellyttävät vakavien reaktorionnettomuuksien ja rakennemateriaalien vanhenemisen tutkimusalueet. Tarkastelukauden loppujaksolla arvioidaan tutkimustarpeen kuitenkin jo hieman vähentyvän vakavien reaktorionnettomuuksien osalta, kun huomattavat parannukset onnettomuuksia vastaan on toteutettu Suomen kaikilla ydinvoimalaitoksilla.

Useilla tutkimusalueilla arvioidaan tutkimustarpeen kasvavan huomattavastikin nykyisestä tasosta. Tämä johtuu eräiden alueiden lisääntyneen merkityksen tiedostamisesta ja eräiden alueiden tähän asti hyvin vähäisestä tutkimuspanoksesta. Tällaisia alueita ovat paloturvallisuus, ainetta rikkomattomat tarkastustekniikat, organisatoriset ja inhimilliset tekijät, kunnossapitostrategiat sekä reaktorifysiikka ja termohydrauliikka.

Julkisrahoitteisen tutkimustarpeen arvioidaan vähenevän tarkastelujakson loppupuolella polttoaineen käyttäytymisen tutkimuksessa. Tutkimusvastuun arvioidaan siirtyvän enemmän voimayhtiöiden hoidettavaksi ja julkisrahoitteisessa tutkimusohjelmassa voidaan rajoittaa polttoaineen käyttäytymiseen transiitti- ja onnettomuustilanteissa. Myös ohjelmoitavien automaatiojärjestelmien julkisrahoitteisen tutkimuksen arvioidaan vähenevän tarkastelujakson lopulla, koska tälläkin alueella painopisteen arvioidaan siirtyvän voimayhtiöiden tai viranomaisen suoraan rahoittamiin käytännön sovelluksiin.

Työryhmän esitys on pääosin juuri valmistuneen OECD:n asiantuntijaryhmän (SESAR) tutkimustarvearvion mukainen. Vakavien onnettomuuksien alueella OECD:n asiantuntijaryhmä kuitenkin odottaa edelleen kasvua. Reaktorifysiikan ja termohydrauliikan tutkimusalueille KTM:n työryhmä esitti, toisin kuin OECD:n ryhmä, kasvua eräiden uusien tutkimusalueiden korostuneen merkityksen (mm. reaktiivisuusonnettomuuksien hallinnan parantaminen), lähialueiden laitoksiin liittyvien töiden sekä välttämättömien perusvalmiuksien varmistamisen takia.

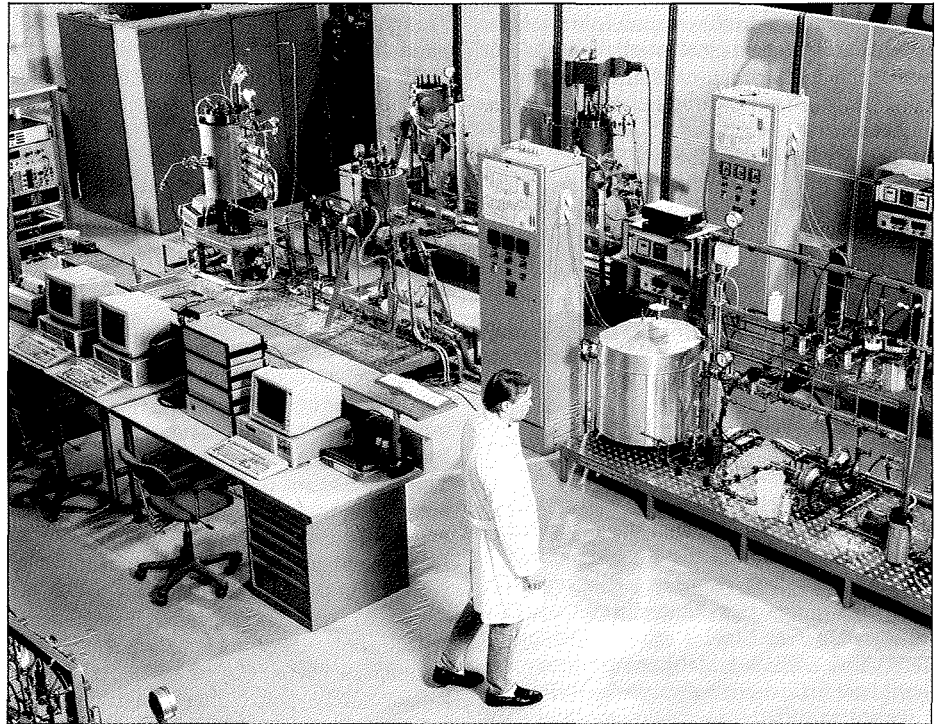
Tutkimusohjelmien organisoiminnin osalta työryhmä kiinnitti huomiota vuosittaisten tutkimussuunnitelmien valmisteluun siten, että tutkimustulosten hyödyntäjätahot liitetään kiinteämmin tähän valmistelu-

työhön. Työryhmä suositteli, että myös tulevaisuuden tutkimusohjelmissa järjestetään vastaavan tyyppinen kansainvälinen väliarviointi kuin tehtiin YKÄ- ja RATU-ohjelmissa.

DI Lasse Reiman on Säteilyturvakeskuksen turvallisuusanalyysitoimiston päällikkö, p. 90-7598 8370.

VTT:N YDINENERGIATUTKIMUKSEN YLEISNÄKY REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUKSEN AJAN

VTT:n uudistettu organisaatio ja kehittyvät toimintatavat sekä syksyn 1993 perusvoimapäätös johtavat entistäkin laajempaan synergiaan VTT:n ydinenergia- ja muun teknologiatutkimuksen välillä. Turvallisuuspainotteisen tutkimuksen pääaiheita ovat vakavien sydänvaurio- ja reaktiivisuusonnettomuuksien sekä ikään-tymisilmiöiden todellisen merkityksen selvittäminen ja hallinta. Ydinvoimaloiden tuottavuutta edistetään luomalla edellytyksiä uusien polttoainetyyppien käyttöönottoon ja polttoaineen poistopalaman nostamiseen sekä kehittämällä joustavia kunnossapidon menetelmiä vanhenevien laitosten tarpeisiin. Tutkimukseen sisältyy myös osia, jotka kehittävät valmiuksia uusiin laitoshankkeisiin.



Ydinvoimalaitosten rakennemateriaalien tutkimusta varten on käytössä kokeellisia tutkimuslaitteistoja, joilla voidaan tarkasti jäljitellä ydinvoimalaitosten olosuhteita, kuten painetta, lämpötilaa ja vesikemialia. Laitteita käytetään rakennemateriaalien korroosio- ja jännityskorroosio-, säteilyhaurastumis- ja häpätymistutkimuksiin. Laitteistoilla voidaan tutkia myös aktiivisia materiaalinäytteitä.

Synergia VTT:n muun teknologiatutkimuksen kanssa auttaa asiantuntemusresurssien kehittämistä

VTT:n useissa eri yksiköissä tehtävää ydinenergiatutkimusta ei erityisesti pyritty keskittämään, kun VTT:n organisaatio uudistettiin vuoden 1994 alussa. Uudelleenryhmittymisiä kyllä harkittiin ja joitakin toteutettiin. Enimmäkseen melko pienet ydintekniikan tutkimusta tekevät ryhmät voivat hyötyä huomattavasti olemalla osia VTT:n laajemmista teknologia-apohjaisista tutkimusryhmistä. Erityisesti kansallisissa tutkimusohjelmissa asiantuntemus voidaan koota tavoitteellisiksi sovellustarpeita palveleviksi projekteiksi.

Tätä ratkaisumallia puoltaa myös organisaatiosuunnittelun aikana syntynyt eduskunnan kielteinen päätös uudesta ydinvoimalahankkeesta. Ydintekniikan asiantuntemusta ja tutkimuslaitteistoja pystytään parhaiten kehittämään, kun toiminta on mahdollisimman synergistä VTT:n muun teknologiatutkimuksen kanssa.

Uuden ydinvoimalahankkeen lykkääntymisen tai peruuntumisen ei arvioida vaikuttavan kovin rajusti tutkimuksen kysyntään. Ydinenergialla on joka tapauksessa ja vielä pitkään suuri merkitys Suomen energiahuollossa. VTT:llä on tärkeä asema ydinenergian turvallisen ja taloudellisesti kilpailukykyisen käytön edellyttämän asiantuntemuksen lähteenä ja palvelujen tuottajana niin voimayhtiöille kuin myös viranomaisille. Nykyisten laitosten ikäänntyminen lisää kysyntää joillakin alueilla, ydinjätehuollon tutkimus ei ole lainkaan riippuvainen uudesta hankkeesta ja on syytä odottaa, että turvallisuusvaatimukset kehittyvät edelleenkin.

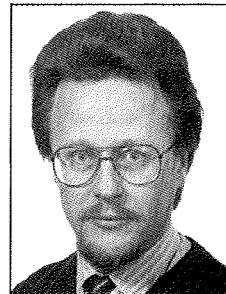
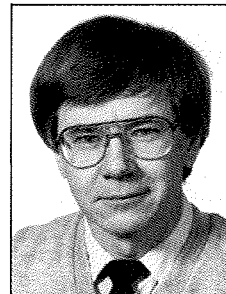
Vakavimmatkin onnettomuudet hallintaan

Vakavien reaktorionnettomuuksien estäminen ja seurausten lieventäminen on lähivuosina edelleen keskeinen tutkimuskohde. Käytännön laitosparannustenkin toteuttamisessa Suomessa on edetty jo

varsin pitkälle. Vakavista onnettomuuksista on hankittu laaja tietämispohja ja olemme varsin kattavasti mukana perustietoa täydentävissä kansainvälisissä tutkimusprojekteissa. Jatkossa voimme lisääntyvästi keskittyä niihin aiheisiin, jotka ovat kaikkein keskeisimpiä omien laistemme vakavien reaktorionnettomuuksien hallinta-ohjelmien käytännön toteuttamisessa ja riippumattomassa turvallisuusarvioinnissa.

VTT:n tutkimusprojekteissa mm. kehitetään malleja, joilla voidaan kuvata reaktoripaineastian pohjan pettämistapa, kun alatilaan on kertynyt sulanutta sydänmateriaalia. Tämän jälkeen voidaan arvioida, millaisia kuormituksia (paineiskuja, betonin eroosiota, ...) sydänsulan purkautumisesta aiheutuu suojarakennukselle ja miten on viisainta toimittaa vettä reaktorisydämen alapuoliseen suojarakennustilaan. Loviisan tapauksessa pyritään osoittamaan, että tankin pettäminen voidaan estää kokonaan saattamalla reaktoristiaan alaosaa veden peittoon. Sydän-

UUSIEN LAITTEIDEN KÄYTTÖ JA TURVALLISUUSKOHTEAISIA AIHEITA



sulan pidättämistä reaktoritankin sisällä aiotaan soveltaa myös useissa uusissa suunnitteilla olevissa reaktorityypeissä. Suomessa tekemämme työ voi osoittautua hyvin arvokkaaksi, jos tulevaisuudessa ryhdymme aktiivisesti osallistumaan uusien reaktorityyppien tutkimukseen.

Katsomme Suomessa järkeväksi hankkia ensin laitoskohtaisesti hyvän kuvan vakavien reaktorionnettomuuksien keskeisistä ilmiöistä ja myös toteuttaa mahdollisimman ripeästi ilmeisen tehokkaita laitosten rakenteellisia ja toimintatapojen parannuksia. Vasta tämän jälkeen kannattaa edetä systemaattisen todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin (PSA) tasolle 2, jonka tuloksena saadaan kvantitatiivinen arvio suojarakennuksen peittämissä todennäköisyydestä ja radioaktiivisten aineiden päästöistä ympäristöön. Tason 2 PSA:ssa ja yleensäkin kattavassa turvallisuusarvioinnissa tarvittavia menetelmiä kehitetään ja niiden laatua arvioidaan

mm. pohjoismaisessa NKS-turvallisuustutkimusohjelmassa, josta on juuri käynnistymässä vuodet 1994-1997 kattava uusi vaihe.

“Uusien” onnettomuustyyppien vakavuus selvitetään

Tason 1 PSA-selvitysten ja vakavien reaktorionnettomuuksien hallintaohjelmien tuloksena useiden häiriötilanteiden syntymistodennäköisyys ja odotettavissa oleva radioaktiivisten aineiden päästö on saatu painettua huomattavasti entistä alhaisemmaksi. Painevesireaktoreilla on tämän seurauksena korostunut riskiosuus, joka aiheutuu vuodoista primääripiiristä sekundaaripiiriin (PRISE). Toinen viime aikoina vahvasti esillä tullut aihepiiri on reaktiivisuusonnettomuudet (RIA).

PRISE-tilanteet edellyttävät erityistä huomiota, koska varsinainen suojarakennus ei ole rajoittamassa päästöä ympäristöön

ja koska tällaisen vuodon takia menetetään reaktorin jäähdyttämiseen tarvittavaa vettä suojarakennuksen ulkopuolella. VTT:n ja IVOn yhdessä kehittämällä APROS-laitosanalysointilaitteilla voidaan kuvata entistä kätevämmin näiden tilanteiden hallintaan vaikuttavan laitosautomaation ja apujärjestelmien toiminta. Merkittävää uutta tietoa laskentamallien kehittämiseen ja validointiin saadaan pian VTT:n ja LTKK:n PACTEL-laitteistolla käynnistyvistä kokeista. PACTEL-laitteistoa ollaan parhaillaan täydentämässä uusilla, entistä realistisemmin Loviisa-tyyppisiä laitoksia vastaavilla höyrygeneraattoreilla. VVER-laitoksilla käytettävien horisontaalisten höyrygeneraattoreiden käyttäytymisestä poikkeustilanteissa on yleensäkin varsin niukasti kokeellista tietoa. PACTEL-kokeet tulevat olennaisesti laajentamaan tietokantaa ja luovat siten laajemminkin edellytyksiä VVER-laitosten laskentamallien parantamiselle.

YDINENERGIATUTKIMUS VTT:SSÄ

VTT Automaatio

- * Teollisuusautomaatio
- Automaatio
- Inhimilliset tekijät
- PSA ja luotettavuus
- Simulaattoritekniikka

VTT Energia

- * Ydinenergia
- Turvallisuusanalyysit
- Polttoainehuolto
- Ydinjätehuolto
- Lämpö- ja virtaustekniset kokeet
- Voimalaitosten ja teollisuusprosessien numeerinen simulointi
- * Energia- ja sähköjärjestelmät
- Energiatalous
- Fuusioteknologia

VTT Valmistustekniikka

- * Materiaalien ja rakenteiden käyttökoneet
- Materiaalien ominaisuudet
- Vesikemia
- Rakenneprosessit
- Ainetta rikkomattomat tarkastukset

VTT Yhdyskuntatekniikka

- * Tie- ja geotekniikka
- Ydinjätteiden loppusijoitustilojen, kallion ja täyteaineiden ominaisuudet

VTT Rakennustekniikka

- * Palotekniikka

VTT Kemiantekniikka

- * Molekyylirakenne ja analytiikka
- Ydinmateriaalianalytiikka
- * Ympäristötekniikka
- Ydinjätteiden loppusijoituksen kemia
- * Prosessitekniikka
- Tutkimusreaktori
- Säteilymittaustekniikka
- Aerosolidynamiikka

5/1994

Keskeiset ydinenergiatutkimusta VTT:ssä harjoittavat ryhmät. Ydinenergiatutkimuksen laajuus VTT:ssä on yhteensä noin 110 htv/v, mikä on n. 60 % kokonaisuudesta Suomessa



Ydinvoimaloiden järjestelmien ja komponenttien kunnossapitostrategioita ja vanhenemista koskevassa tutkimuksessa tarkasteltavia aiheita. Lähivuosina keskeistä on kunnonvalvonnan, ehkäisevän kunnossapidon, kokeiden, tarkastusten ja muutosten strateginen suunnittelu ja kehittäminen vastaamaan vanhenevien laitosten tarpeita. Luotettavuuskeskeisellä kunnossapidolla pyritään valitsemaan joustavasti kulloinkin tehokkaimmat kunnossapidon toimenpiteet.

”jos turvallisuusparannuksiin investointi hirvittää, niin katsotaanpa mitä vaikutuksia voi olla yhdelläkin onnettomuudella”. Ei useinkaan ole kovin hyödyllistä yrittää vetää rajaa turvallisuutta ja tuottavuutta edistävän tutkimuksen välille.

Tuottavuutta parantaviksi voidaan määrittellä mm. tutkimukset, joilla tehostetaan polttoaineen käyttöä, tuetaan korkean käyttövarmuuden säilymistä myös laitojen ikääntyessä ja luodaan edellytyksiä laitojen käyttöajan pidentämiselle. Hyvän käyttökokemuksen, tarkentuvien ja kattavasti kelpoistettujen suunnittelu- ja turvallisuusanalyysimenetelmien sekä uusien teknisten ratkaisujen avulla havaitaan ehkä jopa laitojen tehonnostot joskus mahdollisiksi.

Enemmän irti polttoaineesta

VTT:n jatkuvasti ajanmukaisena pitämä polttoaineen käytön reaktorifysikaalinen suunnittelujärjestelmä on auttanut TVO:ta ottamaan ripeästi käyttöön eri valmistajien markkinoille tuomia polttoainetaloutta parantavia uusia polttoainetyyppejä. Polttoainetalouden parantamisessa on poistopalaman nostaminen ehkäpä merkittävin mahdollisuus. Palaman nostaminen ei kuitenkaan saa lisätä polttoaineen vikautumisriskiä. Polttoaineen kestävyyskannalta turvallisten maksimipalamarajojen määrittämiseksi on hiljan hankittu uusinta tietämystä vastaava polttoaineen lämpömekaaninen käyttäytymismalli normaaleille käyttötilanteille ja saatu jo pitkälle sen polttoainetyypikohtainen kelpoistaminenkin. Tällä hetkellä selvitetään, miten lähivuosien aikana saadaan ajan tasalle myös häiriötilanteiden analyysi.

Rakenteelliset vauriot kuriin

Keskeinen asia tuottavuuden edistämisessä on tärkeiden pääkomponenttien vaurioitumisen ehkäiseminen kaikissa käyttötilanteissa. Laitosten vanhetessa materiaaliominaisuuksien heikkeneminen ja säröjen muodostuminen useiden eri tekijöiden vaikutuksesta lisääntyy. Säteilyn, vesikemian, kuormitusten ja lämpötilan vaikutukset tärkeimpien komponenttien materiaaleihin ovat keskeisin tutkimuskohde. VTT:llä on korkealuokkaiset kuumakammio- ja autoklaavitestauslaitteistot, jossa voidaan tehdä materiaalitestausta todellisissa ydinvoimalaitosolosuhteissa.

Materiaalivikojen ja säröjen havaitsemiseen ja koon määrittämiseen kehitetään luotettavia tarkastustekniikoita ja niiden kriittisyyden arviointiin nopeita laskentamenetelmiä. Juuri päättyneen PISC (Programme for Inspection of Steel Components) -projektin tulokset ovat osoittaneet, että nykyisin käytössä olevien NDT-menetelmien luotettavuudessa on hyvinkin suuria poikkeavuuksia. Säröjen havaitsemisen lisäksi komponentteihin kohdistuvat rasitukset on kyettävä arvioimaan sekä normaaleissa että erilaisissa poikkeuksellisissa tilanteissa mahdollisimman tarkasti. Tätä varten kehitetään todellisten rasitusten ja olosuhteiden mittaamista käytön aikana samoin kuin menetelmiä laitojen käyttökokemusten tehokkaaseen hyödyntämiseen. Kehitettyjen kokeellisten ja laskennallisten menetelmien kehittäminen vaatii niiden kelpoistamista komponenttikokein, jotka kalleudesta johtuen toteutetaan kansainvälisenä yhteistyönä.

Valmius uusiin laitoshankkeisiin säilyä

E erityisesti tai vain uusiin laitystyyppiin kohdistuvaa tutkimusta ei VTT:ssä ole juuri harjoitettu eikä sellaisen käynnistämistä ehdoteta myöskään seuraaviin kansallisiin tutkimusohjelmiin. Useihin tutkimusprojekteihin sisältyy kuitenkin aiheita, joissa saatu tieto on uusien laitojen toteutettavuus- ja turvallisuusarvioinnin kannalta merkittävää.

Jos tällä vuosikymmenellä Suomessa vielä tilataan uusia ydinvoimaloita, merkittävä tekninen muutos on joka tapauksessa siirtyminen ohjelmoitavien automaatiojärjestelmien käyttöön. Ohjelmoitavan automaation tutkimus on tarpeen jo senkin vuoksi, että tällaisilla järjestelmillä korvataan osin myös nykyisten laitojen vanhoja kiinteästi langoitettuja järjestelmiä niiden teknisen eliniän täytyessä. Kun uudella tekniikalla voidaan myös parantaa edelleen laitojen turvallisuutta ja taloudellisuutta, mm. toteuttamalla automaatioteknisin välinein käytön ja kunnossapidon uusia tukivälineitä, automaation uusiminen saattaa tulla järkeväksi jo ennen teknisen eliniän täyttymistä. Parhaillaan tutkimusaiheena on mm. tietokoneohjelmistojen luotettavuus ja kaupallisia automaatiojärjestelmiä testataan rakennetulla dynaamisella testiympäristöllä.

Uusien laitojen suunnitteluvaatimuksiin vaikuttavat paloturvallisuuden sekä vuoto-ennen-murtumaa -tutkimusten tulokset. PACTEL-laitteistolla on pienimuotoisesti suoritettu uusilla laityksilla entistä laajemmin hyödynnettäväksi kaavailtujen passiivisten turvajärjestelmien kokeita — tässä tapauksessa aiheena painovoimai-

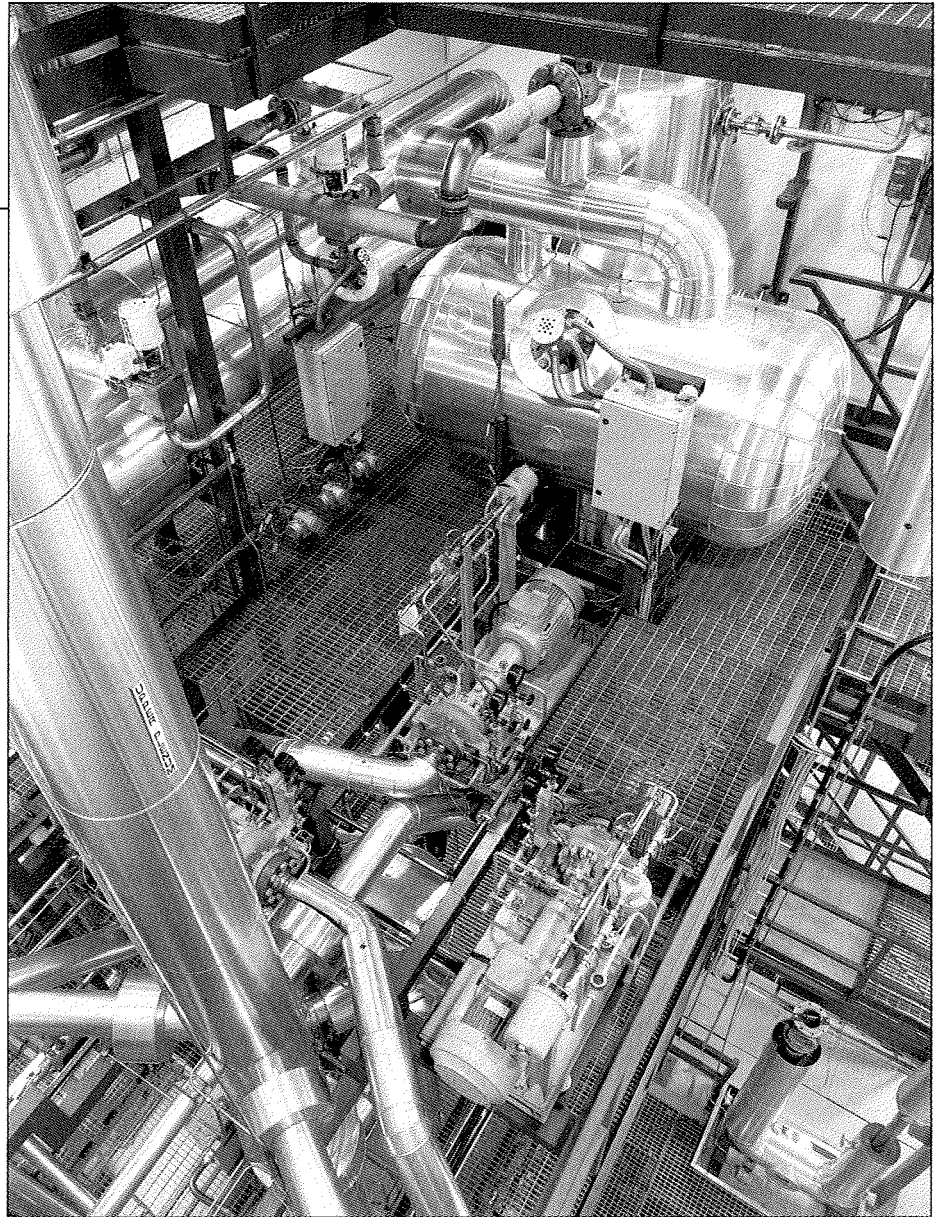
nen hätäjähdytys. Samalla on selvitetty nykyisten laskentamenetelmien rajoituksia tällaisten järjestelmien analyysissä. Edellä jo mainittiinkin, että Loviisan laitoksen vakavien reaktorionnettomuuksien hallintaan kehitetään ratkaisuja, joita kaavailaan myös uusille laitoksille.

Uusia läntisiä ja itäisiä mahdollisuuksia

Kun reaaliarvoltaan supistuvalla tutkimuksen kokonaisrahoituksella on yritetty edelleen kattaa valtaosa tarvittavasta asiantuntemusalueesta, tutkimuksen syvyys on väkisinkin kärsinyt. Tätä myötä myös mahdollisuudet kouluttaa uusia asiantuntijoita ovat kaventuneet. Suomen liittyminen EU:hun ja mahdollisuus saada eurooppalaisten tutkimusohjelmien rahoitusta voisi joillain alueilla lisätä mahdollisuuksia syvälle perusteisiin asti menevään tutkimukseen. Parhaan tuloksen saavuttaminen EU-hankkeiden hyödyntämisessä näyttää — kaiketi myönteisenä sivutuotteena — edellyttävän entistäkin sujuvampaa kotimaista tutkimusyhteistoimintaa!

EU-yhteyksiä on tietenkin pyritty ja myös pystytty luomaan nykytilanteessakin. VTT on mm. vahvasti mukana vuonna 1993 käynnistyneissä EU:n tutkimuslaitoksen (JRC/Petten) koordinoimisessa yhteistyöverkoissa. AMES, European Action Group on RPV Materials Irradiation Effects and Studies, keskittyy säteilyhaurastumistutkimuksiin, ENIQ, European Network for Inspection Qualification, selvittää ainetta rikkomattomien tarkastusmenetelmien luotettavuutta ja NESC, Network for Evaluation of Steel Components, kohdistuu rakenteellisen turvallisuuden analyysimenetelmiin.

Suomen EU-jäsenyys avasi suomalaisille mahdollisuudet osallistua EU-rahoitteisiin hankkeisiin (TACIS, PHARE), joilla parannetaan itäeurooppalaisten ydinvoimaloiden turvallisuutta. Myöhemmin ryhdytään ehkä edistämään myös ydinjätehuollon kehittämistä. Näissä hankkeissa ei tutkimuksellisuus liene päätavoitteita, mutta tehtävät voivat työllistämisen ohella olla hyvinkin haasteellisia ja asiantuntemusta kehittäviä. Loviisa-hankkeen sekä uusien VVER-laitosten suunnitteluun osallistumisen tuottama omakohtainen VVER-tietämys ja VVER-laitoksille kehitetyt laskentamallit ovat edelleen suomalaisten vahva valtti, vaikka jo käynnistyneisiin hankkeisiin päässeet eurotahoivatkin saaneet etumatkaa. Näissä hank-



VTT:n ja LTKK:n yhteinen PACTEL-koepiiri kuvaa Loviisan laitosta tilavuusmittakaavassa 1:305 säilyttäen oikeat korkeussuhteet. Tähän asti suoritetuissa kokeissa on erityisesti selvitetty luonnonkierron toimivuutta. Yksi kokeista palveli myös OECD/NEA:n kansainvälisenä turvallisuusanalyysi-ohjelmien vertailutehtävänä. Seuraavien kokeiden painopisteenä on höyrykehittimien käyttäytymisen ja vuodot primäripiiristä sekundaaripiiriin.

keissa VTT:n voimien yhdistäminen IVO Internationalin kanssa on yleensä toiminut ratkaisun.

Tutkimuspalveluiden vienti myös läntisiin maihin on joillakin alueilla järkevä tavoite. Vesikemian ja säteilyn vaikutusten arviointi materiaalien käyttäytymiseen sekä vesikemian monitorointi ovat avanneet vientinäkömät Ruotsiin, Eurooppaan (Saksa, Ranska) ja USA:han. APROS-simulointiympäristö tai sen osia on toimitettu lukuisille käyttäjille ja jälleenmyyjille Euroopassa.

Tutkimusprofessori Lasse Mattila on ydinenergiatutkimuksen päällikkö VTT Energiassa ja toimii ydinvoimalaitosten käyttöturvallisuuden tutkimusohjelman (YKA) johtajana. Puh. 90-456 5001, Fax 90-456 5000.

TkT Rauno Rintamaa työskentelee VTT Valmistustekniikka -tutkimusyksikössä johtavana tutkijana ja toimii ydinvoimalaitosten rakenteellisen turvallisuuden tutkimusohjelman (RATU) johtajana. Puh. 90-456 6879, Fax 90-456 7002

YDINVOIMAN YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIIN JA VALMIUSTOIMINTAAN LIITTYVÄ TUTKIMUS

*Maaliskuussa 1994 kauppaja teollisuusministeriölle luovutetussa mietinnössä ydinenergia-tutkimuksen tarpeesta vuoteen 2000 mennessä on voimaloiden teknisten turvallisuusnäkökoh-
tien ohella tarkasteltu suppeasti myös ympäristövaikutusten tutkimusta. Mietinnössä ei suositella varsinaisen ympäristövaikutuksia käsittelevän tutkimusohjelman käynnistämistä, vaan ehdotetaan perustettavaksi yhteinen seurantaryhmä koordinoimaan erillisiä tutkimushankkeita. Ympäristövaikutuksia ja valmiustoimintaa koskevaa tutkimusta suoritetaan ensinnäkin Säteilyturvakeskuksessa valvonta- ja pelastusvalmiustoimintaan liittyen. Lisäksi aihepiirin tutkimusta suorittavat VTT, Ilmatieteen laitos, Helsingin yliopisto, muut yliopistot ja korkeakoulut sekä ydinvoimayhtiöt.*

Ydinenergian ympäristövaikutusten tutkimus käsittää useita erityyppisiä tutkimus- ja kehitysalueita. Näiden painopiste muuttuu ajan kuluessa saavutetun tiedon- tason, uusien menetelmien tuomien mahdollisuuksien ja ajankohtaisiin aiheisiin kohdistuvan mielenkiinnon vuoksi. Perinteisesti luonnontieteiden ja tekniikan osuus on vallitseva, mutta myös muita aihepiirejä, esimerkiksi psykologisia, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia, on käsitelty ja tulossa mukaan. Ydinenergian ympäristövaikutusten tutkimus- ja kehitystoiminta keskittyy onnettomuustilanteiden hallintaan ja onnettomuuksien seurausten selvittämiseen.

Ydinenergiatutkimus 2000 -mietinnössä on kuvailtu viimeaikaisia ja ajankohtaisia ydinenergian ympäristövaikutusten tutkimus- ja kehityskohteita. Säteilytilanteen valvontaa ja mittausta varten ollaan kehittämässä erityisesti reaaliaikaisia järjestelmiä ja nopeita menetelmiä. Ilmakehässä lähi- ja kaukoalueella tapahtuvan radioaktiivisten aineiden leviämisen ja säteilyannosten reaaliaikaista ennustamista varten ollaan kehittämässä laskentamalleja, meteorologisia mittausten menetelmiä sekä tulosten esitysjärjestelmiä. Maanpinnalle laskeuman mukana joutuneiden radioaktiivisten aineiden kulkeutumista biosfäärissä ja säteilyannosten kertymistä eri altistusreittien tutkitaan sekä kokeellisesti että kehitettävien ennustemallien avulla laskennallisesti. Mittaustietojen ja malliennusteiden vertailun kautta voidaan laskentamallien luotettavuutta arvioida ja tehdä tarvittaessa itse malleihin tai niiden lähtötietoaineistoihin parannuksia. Myös väestön onnettomuustilanteissa saamien säteilyannosten suoria ja epäsuoria mittausten menetelmiä ollaan kehittämässä. Niinkään onnettomuudesta aiheutuvien annosten vähentämiseen tähtäävien vastatoimenpiteiden tehokkuutta ja vaihtoehtoisten menetelmien keskinäistä optimointia tutkitaan. Varsinaisten suorien radiologisten haittojen ohella tutkitaan myös psykologisia, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia. Säteilyn aiheuttamia terveysvaikutuksia tutkitaan selvittämällä mahdollisia lisäyksiä ydinvoimaloiden ympäristön lasten leukemiaesiintyvyydessä sekä ydinvoimalaitostyöntekijöiden syöpäsairastuvuudessa. Lisäksi selvitetään tyypillisten ydinvoimalaitosten päästöissä esiintyvien radionuklidien käyttäytymistä ja aiheutu-
vaa annosta solun DNA:ssa

Tutkimuksen tavoitteet

Tärkeä ydinenergian ympäristövaikutusten tutkimus- ja kehityshankkeiden tavoite on parantaa ja luoda valmiuksia onnettomuustilanteiden hallintaan sekä tehostaa vastatoimenpiteitä, joilla mahdollisissa onnettomuustilanteissa pyritään lieventämään väestön säteilyrasituksia. Lisäksi merkittävä tavoite on arvioida ydinenergian käytöstä aiheutuvaa riskiä: selvittää sen luonnetta ja suuruutta. Turvallisuusanalyysin viimeisenä vaiheena on välttämätöntä arvioida myös ympäristövaikutuksia, koska viranomaisten asettamat ydinturvallisuustavoitteet ilmaistaan viime kädessä ympäristövaikutuskäsittein: vakavasta onnettomuudesta ei saa aiheutua välittömiä terveysvaikutuksia eikä laajojen alueiden pitkäaikaista saastumista.

Leviämis- ja annoslaskentamallien kehittämiseksi ja luotettavuuden parantamiseksi sekä paikallisten olosuhteiden huomioon ottamiseksi on tarpeen hyödyntää nykyisin käytettävissä olevaa kokeellista ympäristönäytteiden mittaustilanteista. Jo nykyisin on käytettävissä varsin kattavia kotimaisia laskentamalleja, joilla voidaan suorittaa sekä todennäköisyypohjaisia onnettomuuksien ympäristövaikutusten riskianalyysyjä että tehdä reaaliaikaisesti leviämisen ja säteilyannosten mittaustilanteissa. Mallit soveltuvat sekä lähi- että kaukoalueen kattaviin laskennallisiin arviointeihin. Malleja pyritään jatkuvasti täydentämään saatavien mittaustilanteiden pohjalta sekä kansainvälisen yhteistyön kautta saatavien virikkeiden myötä. Myös ulkomaisia malleja hankitaan sellaisiin tutkimuksiin, joita varten ei ole tarkoituksenmukaista kehittää omia kotimaisia malleja.

Yksityiskohtaisempaa tietoa säteilyonnettomuuksien psykologisista, sosiaalisista ja taloudellisista vaikutuksista tarvitaan kokonaisvaltaiseen ympäristövaikutusten analysointiin ja onnettomuuden jälkeiseen tilanteen hallintaan.

Ydinenergian ympäristövaikutusten tutkimuksen tarvetta arvioidessa on syytä ottaa huomioon vakavien onnettomuuksien tutkimuksen ja ympäristötutkimuksen välisen yhteyden vahvistaminen kokonaisnäemyksen lisäämiseksi sekä ydinenergian ympäristövaikutusten ja muiden ympäristövaikutusten tutkimuksen välisen vuorovaikutuksen edistäminen.

→

Tutkimusmenetelmät

Ydinenergian ympäristövaikutuksia koskevaa tutkimus- ja kehitystyötä tehdään pääasiallisesti Säteilyturvakeskuksessa (STUK), Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa (VTT) ja Ilmatieteen laitoksessa (IL). Muutamissa korkeakouluissa ja yliopistoissa on joidenkin erityisalojen osaamista ja tutkimusta. Myös ydinvoimayhtiöiden toimesta tehdään tämän alan tutkimusta, kuitenkin usein ulkopuolisin tutkimusvoimin. Jotkin sisäasiainministeriön onnettomuustilanteita koskevat hankkeet kuten esimerkiksi reaaliaikaisen säteilymittausverkon kehittäminen ja katastrofipsykologiaa koskeva tutkimus ovat lähellä ydinenergian ympäristövaikutusten tutkimusalueita.

VTT ja IL ovat yhteistyössä kehittäneet ilmakehässä tapahtuvan radioaktiivisten aineiden kulkeutumisen ja säteilyannosten laskentamalleja. Mallien hyödyntämistä varten niiden käyttökelpoisuutta säteilytilanteiden hallinnassa on tarpeen lisätä tulosten esittämismenetelmiä kehittämällä. Kaukokulkeutumismalli TRADOS on mukana kansainvälisessä ETEX-leviämismallikokeessa. IL:ssä on tarkoitus kehittää keskipitkän etäisyyden leviämismalli, joka täydentäisi olemassa olevia ydinvoimalaitosten lähietäisyyden leviämismallia YDINO ja kaukokulkeutumismallia. Uuteen leviämismalliin sovitettujen säteilyannosten arviointimallin laadintaan tulisivat osallistumaan VTT ja STUK. Myöhemmin lähimallia on tarpeen kehittää edelleen esimerkiksi käyttämällä hyödyksi sääennusteiden laadinnassa käytettäviä meteorologisia hienohilamalleja.

VTT:n ympäristövaikutuksia koskeva tutkimus keskittyy annos- ja riskiarviointimallien ja -laskentamenetelmien kehittämiseen ja niiden soveltamiseen. Ydinvoimaloiden lähialueen säteilyannostarkasteluihin valmiustilanteissa VTT on aiemmin kehittämiensä ARANO-mallin pohjalta kehittänyt reaaliaikaisen annosennustejärjestelmän ROSA, johon sisältyy myös valmiita tai helposti räätälöitävissä olevia mallionnettomuuksien lähdetermejä eli radioaktiivisten aineiden päästömääriä.

Ydinenergian ympäristövaikutusten tutkimuksessa kansainvälisiin hankkeisiin osallistuminen on tärkeää, koska niiden avulla voidaan pysyä kehityksessä mukana monella alueella verrattain pienellä

omalla panoksella. Esimerkiksi osallistuminen OECD/NEA:n ja Euroopan yhteisön yhdessä järjestämään ydinvoimaloiden ympäristövaikutusten todennäköisyyspohjaisten arviointimallien (PSA:n tason 3 laskuissa tarvittavien) vertailuhankkeeseen on huomattavasti vahvistanut käsityksiä mallien luotettavuudesta ja eri mallien antamien tulosten yhdenmukaisuudesta. Pohjoismaisessa ydinenergian tutkimuksen yhteistyöprojektissa ympäristövaikutukset ja onnettomuuksiin varautuminen ovat olleet varsin painokkaasti mukana—erityisesti sen vuoksi, että Norja ja Tanska ovat nimenomaan tästä aihepiiristä kiinnostuneita. Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) hankkeista Suomi osallistuu mm. annoslaskumenetelmien kelpoistamisohjelmaan (VAMP).

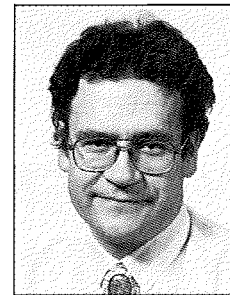
Euroopan unionilla on merkittäviä ydinenergian ympäristövaikutusten tutkimushankkeita, joihin osallistuminen ainakin pienellä osuudella on hyödyllistä. Esimerkkinä mainittakoon reaaliaikaisen annosennustejärjestelmän RODOS kehittäminen. Siinä reaaliaikaisten annosennusteiden tekemisessä pyritään yhdistämään laskettuja ennusteita päivitettyä ottaamaan takaisinkytkentänä huomioon jo tehtyjen ympäristömittauksien tulokset. Suomessa on lisäksi käytettävissä EY:ssä laajana yhteistyöhankkeena kehitetty COSYMA-ohjelmisto.

Johtava tutkija Seppo Vuori toimii VTT Energian ydinenergiatutkimusalueella ja on tutkimusohjelman johtaja Julkishallinnoidun ydinjätetutkimuksen ohjelmassa 1994-96. Hän on myös tämän lehden päätoimittaja, p. 90-456 5067

Kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittama ydinenergiatutkimus toteutetaan pääosin kolmeen tutkimusohjelmaan kuuluvissa hankkeissa. Näistä ydinenergia-alan tutkimusohjelmista ensimmäisenä käynnistetty jätetutkimusohjelma on jo päässyt ensimmäisen kautensa loppuun ja vuoden 1994 alusta käynnistyi jatkovaihe Julkishallinnoidun ydinjätetutkimuksen ohjelma (JYT2). Tutkimusohjelma toteutetaan ajanjaksoilla 1994-1996. JYT-ohjelman koordinoitua hoitaa jatkossakin VTT Energia. Tutkimusohjelmaan osallistuvat VTT Energian ohella VTT Kemiantekniikka ja VTT Yhdyskuntatekniikka sekä Geologian tutkimuskeskus, Helsingin yliopiston radiokemian laitos, Teknillisen korkeakoulun insinööri-geologian ja geofysiikan laboratorio sekä Vibrometric Oy.

Myös voimayhtiöiden ydinjätetutkimusohjelmassa on lähtenyt liikkeelle merkittävä uusi vaihe. Teollisuuden Voiman vuoden 1992 lopussa viranomaisten arvioitavaksi jättämistä laajoista turvallisuus- ja sijoituspaikkaselvityksistä ja tutkimusohjelman jatkosuunnitelmista on hankittu sekä koti-että ulkomaisia lausuntoja. Niiden pohjalta viranomaiset ovat suosittamassa tutkimusten jatkamista pääosin TVO:n esittämien suunnitelmien mukaisina.

Ydinjätetutkimus Suomessa



Julkishallinnoitu ydinjätetutkimus

Ydinenergia-alan julkishallinnoiduista tutkimusohjelmista ensimmäisenä vuonna 1989 käynnistetty viisivuotinen ydinjätetutkimusohjelma päättyi vuoden 1993 lopussa. Uudelle JYT-tutkimusohjelmalle 1994-96 nimetty johtoryhmä luovutti helmikuun 1994 alussa kauppa- ja teollisuusministeriölle laatimansa ohjelman yleissuunnitelman vuosille 1994-96 sekä tarkemman ehdotuksen tutkimusohjelman tavoitteista vuodelle 1994.

Ydinenergialaki ja -asetus antavat selkeät puitteet ydinjätetuholon toteutukselle ja tutkimukselle Suomessa. Lain mukaan ydinjätteiden tuottajat ovat vastuussa kaikista jätteiden huoltoon tarvittavista toimenpiteistä ja niiden kustannuksista. Valtiovalta valvoo ydinjätetuholtoa ja antaa sitä koskevia määräyksiä. Valtiovalan valvoaan rooliin kuuluu tehtävien hoitaminen edellyttää voimayhtiöiden tavoitteista riippumatonta julkishallinnoitua ydinjätetutkimusta.

Tutkimusohjelman perustavoitteena on tuottaa ydinjätetuholon turvallisuuteen liittyvää tietoa ja tuloksia, joita viranomaiset tarvitsevat ja käyttävät omassa toiminnassaan. Tietojen ja tulosten tulee olla käytettävissä oikea-aikaisesti ja ne tulee tuottaa rahoituksen kannalta tarkoituksenmukaisesti ja mahdollisimman tehokkaasti. JYT-ohjelman pääpaino tulee edelleen olemaan käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen liittyvissä kysymyksissä.

Nyt suunnitellun tutkimusohjelmakauden aikana on sijoituspaikkojen valintaprosessin rinnalla kehitettävä sekä konkreettisesti sijoituspaikkojen valintakriteereitä ja kokonaisjärjestelmän turvallisuudelle asetettavia vaatimuksia. Julkishallinnoidulla tutkimusohjelmalla tulee olemaan keskeinen rooli näiden vaatimusten ja kriteerien kehittämisessä tarpeellisen konkreettisen asiantuntemuspohjan luomisessa. Viranomaisten riippumattoman arvioinnin edellytysten kehittämiseksi, ohjelman suuntauksen ja tulosten hyödyntämisen varmistamiseksi sekä riittävän kattavan erityisasiantuntemuksen olemassaolon takaamiseksi lisätään viranomaisten osallistumista yksittäisten hankkeiden aktiiviseen seurantaan ja välittömään ohjaukseen jo niiden suunnittelu- ja toteutusvaiheesta lähtien. Alkavalla tutkimusjaksolla perinteisten luonnontieteellisten ja teknisten kysymysten ohella tarkastel-

laan myös yleisiä yhteiskunnallisia ja ympäristötekijöitä.

Ydinjätetuholon ja erityisesti käytetyn polttoaineen loppusijoitusta koskevat eri tutkimusalat ovat läheisesti kytkeytyneet toisiinsa, joten tiivis yhteistyö eri tieteenaloja edustavien kohteiden välillä on välttämätöntä. Tutkimusohjelman kattama laaja tutkimuskenttä jaetaan seuraaviin pääalueisiin:

- kallioperän rakenne ja stabiilisuus, kallioperän tutkimusmenetelmät sekä kalliopohjaveden ominaisuudet ja virtaus
- radionuklidien vapautuminen loppusijoitustiloista ja kulkeutuminen kallioperässä
- loppusijoitusratkaisujen toiminnan ja turvallisuuden arviointi sekä ydinjätetuholon muiden vaiheiden turvallisuus
- luonnonanalogiattutkimukset
- ydinjätetuholon tekniikka ja kustannukset
- sosiopoliittiset ja muut yhteiskunnalliset kysymykset sekä ympäristövaikutusten arviointi.

Voimayhtiöiden ydinjätetutkimusohjelma

Teollisuuden Voima Oy:n lähivuosien tutkimusohjelma tähtää edelleen siihen, että aikanaan valtioneuvoston periaatepäätöksessä marraskuussa 1983 ja myöhemmin KTM:n päätöksellä maaliskuussa 1991 vahvistettuja ydinjätetuholon periaatteita ja tavoiteaikataulua voidaan noudattaa. TVO:n vuoden 1992 lopussa viranomaisten arvioitavaksi jättämistä laajoista turvallisuus- ja sijoituspaikkaselvityksistä ja tutkimusohjelman jatkosuunnitelmista on hankittu sekä koti- että ulkomaisia lausuntoja. Niiden pohjalta viranomaiset ovat suosittamassa tutkimusten jatkamista pääosin TVO:n esittämien suunnitelmien mukaisina

Imatran Voima Oy:n osalta käytetyn polttoaineen huollon ratkaisuihin näyttäisi tällä hetkellä olevan tulossa melkoisia muutoksia seurauksena valtioneuvoston energiapoliittisessa selonteossa esitetystä vaatimuksesta huolehtia vastaisuudessa itse kaikista Suomessa syntyvistä ydinjätteistä. Tarvittavia toimenpiteitä valmistelemaan asetettu työryhmä on jättänyt mietintönsä (KTM Energiaosasto, Mietintöjä C:42), mutta lopullisia poliittisia päätöksiä ei ole vielä tehty. Näin ollen tässä suppeassa katsauksessa ei tarkemmin spekuloida uusien ratkaisujen vaikutuksista ydinjätetuholon tutkimusohjelmaan.

Käytetyn polttoaineen huollossa lähivuosien päätavoitteena on jatkaa Olkiluodon ydinvoimalan käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen liittyviä yksityiskohtaisia sijoituspaikkatutkimuksia vuoden 2000 loppuun mennessä tehtävää loppusijoituspaikan valintaa varten. Yksityiskohtaisiin tutkimuksiin soveltuviksi alueiksi valittiin vuoden 1992 lopussa valmistuneiden alustavien sijoituspaikkatutkimusten ja muiden selvitysten pohjalta Äänekosken Kivetty, Eurajoen Olkiluoto ja Kuhmon Romuvaara. Käytetyn polttoaineen kapseloinnin ja loppusijoituksen teknisiä ratkaisuja kehitetään edelleen, samoin turvallisuusanalyysin menetelmiä, malleja ja lähtötietoja.

Voimalaitosjätteiden huoltoratkaisujen täydentäminen jatkuu parhaillaan Loviisan voimalan voimalaitosjätteiden loppusijoitustilojen rakentamisella. Imatran Voiman tavoitteena on loppusijoituslaitoksen turvallisuusselosteen valmistuminen vuoden 1996 alkupuolella, jolloin laitos olisi otettavissa käyttöön vuonna 1997.

Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten käytöstäpoistosuunnitelmien päivitykset toimitettiin viranomaisten arvioitaviksi vuoden 1993 lopussa. Olkiluodon laitoksen osalta päivitettyyn suunnitelmaan sisältyi myös loppusijoituksen turvallisuusanalyysi. Seuraavan kerran voimayhtiöiden edellytetään saattavan käytöstäpoistosuunnitelmat ajan tasalle vuoden 1998 loppuun mennessä.

Johtava tutkija Seppo Vuori toimii VTT Energian ydinenergiatutkimusalueella ja on tutkimusohjelman johtaja Julkishallinnoidun ydinjätetutkimuksen ohjelmassa 1994-96. Hän on myös tämän lehden päätoimittaja, p. 90-456 5067

YDINENERGIATUTKIMUKSEN KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ

Suomen ydinenergiatutkimus hyötyy merkittävästi kansainvälisestä yhteistyöstä. Sen kautta olemme saaneet käyttöömmme keskeisiä tutkimustyövälineitä ja koetuloksia. Viime vuosina Suomi on tuonut kansainväliseen yhteistyöhön merkittävän panoksen omalla korkeatasoisella VVER-tuntemuksellaan. Ydinjätetutkimuksessa suomalainen osaaminen on merkittävästi edistynyt käytetyn polttoaineen loppusijoitus-kapselin kehitystyötä yhteistyössä ruotsalaisten kanssa.

Ydinenergiatutkimuksessa kansainvälinen yhteistyö on perinteisesti ollut merkittävässä asemassa, koska Suomen kaltaisen pienen maan voimavarat eivät mitenkään riitä laajan tutkimuskentän kattamiseen. Kansainvälisten hankkeiden kautta on mahdollista päästä osalliseksi laajojen koeohjelmien tuloksiin ja saada käyttöön uusimmat suuret tietokonemallit. Osallistuminen kansainvälisten yhteistyöjärjestöjen toimintaan mahdollistaa monipuolisen tiedonvaihdon eri tutkimusalueilla.

Uusina keskeisinä hankkeina kansainvälisessä yhteistyössä ovat käynnistymässä Euroopan unionin (EU) neljäs tutkimuksen puiteohjelma (1994—1998) ja viides yhteispohjoismainen ydinturvallisuuden tutkimusohjelma (1994—1997).

YHTEISTYÖMUODOT

OECD:n ydinenergiajärjestö NEA on keskeisessä asemassa kansainvälisen yhteistyön organisoimisessa. Suomi on osallistunut järjestön ydinlaitosten turvallisuuskomitean CSNI, jätekomitean RWMC, säteilysuojelukomitean CRPPH, ydinenergiateknologian kehittämiskomitean NDC sekä tiedekomitean NSC toimintaan. NEA:n komiteoiden päätyötapoja ovat korkealuokkaisten state-of-the-art-raporttien laadinta sekä tietokoneohjelmien sekä tarkastus- ja mittausten menetelmien kansainväliset vertailutehtävät. Jätekomitean työssä korostuvat korkea-aktiivisen jätteiden loppusijoituksen turvallisuuden arviointi sekä loppusijoituspaikkojen soveltuvuuden arviointi. Säteilysuojelukomitean toimintaan ovat kuuluneet

muun muassa työntekijöiden saamien säteilyannosten seuranta ja vähentämismenetelmät, kansainväliset pelastuspalveluharjoitukset sekä reaktorionnettomuuksien ympäristöseurausten arviointimallien kansainvälinen vertailuhanke.

Suomi osallistuu OECD:n Halden-reaktoriprojektin polttoainetutkimukseen, reaktorimateriaalien ja vesikemian tutkimukseen sekä ydinvoimalaitosten tietokoneohjelmien kehittämiseen. Suomalaisia tutkijoita työskentelee Halden-projektin palveluksessa ja suomalaiset tutkimusryhmät tekevät alihankintoja projektille, minkä lisäksi projektin käyttöön toimitetaan mittauslaitteita ja tietokoneohjelmistoja.

Projektiyhteistyö

ETA-sopimus ei vielä mahdollista Suomen täysimääräistä osallistumista EU:n ydinenergian tutkimusohjelmiin. EY:n ja Suomen bilateraaliosopimus vuodelta 1987 on kuitenkin mahdollistanut projektikohtaisen yhteistyön. Suomen laajin panos EU:n ydinenergian tutkimusohjelmiin on toistaiseksi ollut osallistuminen teräskomponenttien tarkastuksia selvittävään PISC-projektiin. Luotettavuusalueella on harjoitettu tutkijanvaihtoa EU:n yhteisen tutkimuslaitoksen Joint Research Centerin JRC kanssa. Käynnissä olevan EU:n tutkimuksen kolmannen puiteohjelman aikana yhteistyötä on lisätty liittymällä kahteen ydinfission turvallisuus-ohjelman vakavien reaktorionnettomuuksien projektiin. Rakenteellisen turvallisuuden alueella on käynnistynyt vuoden 1993 aikana kolme JRC:n koordinoimaa yhteistyöverkostoa, joissa Suomi on vahvasti mukana. Verkostoista AMES (European Action Group on RPV Materials Irradiation Effects and Studies) keskittyy säteilyaurastumistutkimuksiin. ENIQ (European Network for Inspection Qualification) selvittää ainetta rikkomattomien tarkastusmenetelmien luotettavuutta ja NES (Network for Evaluation of Steel Components) kohdistuu rakenteellisen turvallisuuden analyysimenetelmiin.

VVER-yhteistyö

Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA asiantuntijakokouksiin osallistutaan tarpeen mukaan ja kokouksia järjestetään myös Suomessa. Säännöllistä yhteistyötä tehdään laskemalla IAEA:n VVER-reaktoreille määrittämiä testitehtäviä ja osallistamalla IAEA:n työryhmiin ja sen koordinoimiin tutkimusohjelmiin.

Suomi on aktiivisesti mukana VVER-laitosten reaktorifysiikan ja reaktoriturvallisuuden yhteistyössä, johon osallistuvat pääasiassa kyseisiä reaktoreita omistavat Itä-Euroopan maat. Toimintamuotona ovat laskennalliset testitehtävät, työryhmät ja vuosittainen tiedonvaihtosymposiumi.

USA ja Pohjoismaat

Yhdysvaltain ydinturvallisuusviranomaisen USNRC on merkittävä yhteistyökumppani. Suomi osallistuu sen koordinoimiin tutkimusohjelmiin (mm. Co-operative Severe Accident Research Program, CSARP) ja saa sitä kautta käyttöönsä keskeisiä turvallisuustutkimuksen tietokoneohjelmia.

Suomi on osallistunut pohjoismaiseen reaktoriturvallisuustutkimukseen (NKS) sen alusta asti. Viides NKS-ohjelma (1994-1997) on juuri käynnistynyt. Tämän lisäksi suoria pohjoismaisia yhteyksiä on luotu runsaasti viranomaisten, voimayhtiöiden ja tutkimuslaitosten kesken sekä kahdenkeskeisesti että osallistumalla yhteisiin kokouksiin (mm. reaktorifysiikkokokoukset).

Euroopan unionin ydinenergiatutkimus

EU:n yhteinen tutkimus toteutetaan pääasiassa ns. puiteohjelmina, joista neljäntä ohjelmapolvea 1994-1998 ollaan juuri käynnistämässä, samalla kun kahden edellisen puiteohjelman osia on vielä käynnissä. Neljännen puiteohjelman kokonaisbudjetti on noin 12 mrd. ECU. Ydinenergiatutkimus sisältyy puiteohjelman Ydinfuusiiohjelmaan (840 milj. ECU) sekä Ydinturvallisuus- ja Safeguards-ohjelmaan (414 milj. ECU). Jälkimmäisen ohjelman määrärahaa yli puolet menee suoraan EU:n yhteisen tutkimuslaitoksen JRC:n käyttöön ja varsinaiselle hajautetulle tutkimusohjelmalle jää 160 milj. ECU. Muuta energiaturkimusta rahoitetaan 984 milj. ECulla.

Neljänteen puiteohjelmaan valitaan hankkeita ensimmäisen kerran joulukuussa 1994 avautuvalla tarjouskierroksella. Ydinturvallisuus- ja Safeguards-ohjelman aihealueita ovat:

1. Uusien mahdollisuuksien tutkimus, kuten pitkäikäisen radioaktiivisuuden vähentäminen käytetyssä polttoaineessa, fissiilin materiaalin levittämisen pienentäminen ja ydinase materiaalin konversio kaupalliseksi polttoaineeksi.

2. Reaktoriturvallisuus, painoalueena vakavat onnettomuudet.
3. Ydinpolttoainekierto, aiheina geologisen loppusijoituksen kysymykset, maanalaiset laboratoriot ja laitosten purku.
4. Säteilyannosten vaikutusten ymmärtäminen, mittaus ja pienentäminen.
5. "Historialliset velvoitteet", kuten itäreaktorien turvallisuus, Tshernobylin ja muiden reaktorionnettomuuksien seuraukset, yhteistyöverkostot.

EU:n tutkimusohjelmiin otetaan vain sellaisia hankkeita, joista kansainvälisenä yhteistyönä saadaan erityistä lisäarvoa tai joita ei kansallisesti pystytä toteuttamaan. Rahoitusperiaatteena varsinaisissa tutkimusohjelmissä on, että EU myöntää hyväksytyhän hankkeen rahoituksesta korkeintaan puolet. Toisen puolen tulee tulla hankkeeseen osallistujilta, joita pitää olla vähintään kaksi.

EU:n tutkimuslaitos JRC toimii kahdeksassa instituutissa neljällä eri paikkakunnalla: Ispra Italiassa, Karlsruhe Saksassa, Petten Hollannissa ja Geel Belgiassa. JRC:n rooli EU:n ydineergiatutkimuksessa on merkittävä, koska sen tehtävänä on mm. yhteistyön kehittäminen kansallisten tutkimuslaitosten välillä. Jatkossa JRC:n rooli korostuu Itä-Euroopan hankkeissa. JRC:n vahvoja tutkimusaloja ovat vakavat onnettomuudet (mm. suuret koelaitteistot), reaktorimateriaalien vanheneminen ja kunnonseuranta sekä PSA-menetelmien kehitys.

Edellä kuvattuja tutkimusohjelmia hallinnoi EY:n komission pääosasto DGXII (tiede, tutkimus ja kehitys). Tämän ohella pääosaston DGXI (ympäristö, kuluttajansuoja, ydinvoiman valvonta) ydinturvallisuusosaston reaktoriturvallisuusalueella toimii kolme pysyvää työryhmää:

- Reactor Safety Working Group (RSWG)
- Nuclear Regulators Working Group (NRWG)
- Working Group on Codes and Standards (WGCS).

Suomalaiset ovat tähän asti voineet osallistua tarkkailijoina RSWG- ja NRWG-työryhmiin.

Osallistuminen nyt meneillään oleviin EU-hankkeisiin

Tällä hetkellä meneillään olevaan EY:n ydineergian turvallisuutta koskevaan tutkimusohjelmaan suomalaiset osallistuvat kahteen vakaviin reaktorionnettomuuksiin liittyvään projektiin kotimaisen rahoituksen turvin. Source Term -projektiin osallistutetaan aerosolien käyttäytymisen arviointiin ja suomalaisen panokse-

na annetaan projektin käyttöön VTT:n AHMED-laitteistolla (Aerosol and Heat transfer MEasurement Device) ja IVO IN:n VICTORIA-laitteistolla tehtyjen tai tehtävien aerosolikokeiden tuloksia. Suomalaisen panoksen laajuus vuonna 1994 tähän projektiin on noin miljoona mk. Lisäksi VTT ja IVO osallistuvat Reactor Vessel -projektiin toisaalta kehittämällä paineastian pohjalla olevan sydänsulan jäähdettävyyttä paineastian ulkopuolelta ja puhkisulamista kuvaavaa laskentamallia ja suorittamalla sillä vertailulaskelmia sekä toisaalta antamalla projektiin muiden osapuolten käyttöön IVO:n COPO-laitteistolla (Corium Pool) tehtyjen mittausten tuloksia. Oman panoksen vastapainoksi suomalaiset osapuolet saavat käyttöönsä muiden projektiin osallistuvien tuloksia.

Pohjoismainen ydinturvallisuuden tutkimusohjelma

Yhteispohjoismainen ydinturvallisuustutkimus on organisoitu nelivuotisohjelmiksi, joista neljäs (1990-1993) on juuri päättynyt. Viides NKS-ohjelma (1994-97) käynnistyi vuoden 1994 alussa esiselvityksillä konkreettisten tutkimuskohteiden määrittelemiseksi. Ohjelma koostuu kolmesta osa-alueesta:

- Reaktoriturvallisuus (RAK)
- Ydinjäte (AFA)
- Radioekologia ja valmiustoiminta (EKO).

Ohjelman keskitetyksi kokonaisrahoitukseksi on suunniteltu 8,5 milj. DKK (Tanskan kruunua) vuodessa. Suomessa päärahoittaja on KTM. NKS-rahoitus edellyttää, että tutkimusorganisaatio rahoittaa tutkimusta muista lähteistä vähintään yhtä suurella summalla.

Ohjelmassa on tarkoitus aloittaa seitsemän projektia, joista kaksi reaktoriturvallisuuden, yksi ydinjätetutkimuksen ja neljä radioekologian ja valmiustoiminnan alueilla. Projektit ja ehdotettuja aihealueita ovat seuraavat:

Reaktoriturvallisuuden strategia (RAK-1)

- elävä todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi (Living PSA) ja turvallisuusindikaattorit, käytännön sovellukset, oleellisesti edellisen ohjelmapolven NKS/SIK-1 projektin jatko
- turvallisuuskuultuuri, organisaatio-kysymykset
- uusi teknologia, aiheena mahdollisesti ohjelmitava automaatio tai passiiviset turvallisuusominaisuudet.

Päästöjen ehkäisy (RAK-2)

- vakavien onnettomuuksien ilmiöiden systemaattinen analyysi

- tietokoneistetut onnettomuuden hallinnan tukimenetelmät
- lähialueiden reaktorit (Iso-Britannian reaktorit, sukellusvenereaktorit).

Jätteiden loppusijoituksen turvallisuus (AFA)

- pitkäikäisiä radionuklideja sisältävien keski- ja matala-aktiivisten jätteiden karakterisointi- ja mittausmenetelmät
- keski- ja matala-aktiivisten pitkäikäisten jätteiden loppusijoitustilojen lähialueen toimintakyvyn analysointi
- ydinjätehuoltolaitosten ympäristövaikutusten arviointi (YVA)

Meriympäristön radioekologia (EKO-1)

- pohjoisiin meriin dumpattujen radioaktiivisten aineiden käyttäytyminen meriympäristössä
- radioaktiivisten aineiden käyttäytymiseen liittyvät prosessit Itämeren pohjasedimentissä ja pohjanläheisessä vedessä

Ekologiset puoliintumisajat (EKO-2)

- radioaktiivisten aineiden pitoisuuksien muuttuminen pitkällä aikavälillä eri tyyppisissä ympäristöissä ja tuotteissa
- radioaktiivisten aineiden puoliintumisajat eri väestöryhmissä.

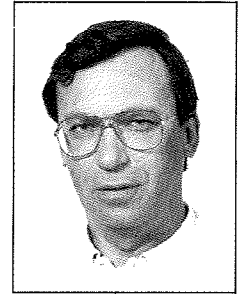
Mittausstrategiat ja -menetelmät (EKO-3)

- liikkuvien reaaliaikaisten mittausmenetelmien kehittäminen ja yhdenmukaistaminen valmiustilanteissa
- näytteiden oton ja niiden mittausten yhdenmukaistaminen valmiustilanteissa
- perusteiden kehittäminen operatiivisten toimenpidetasojen yhdenmukaistamiseksi valmiustilanteissa

Valmiusharjoitukset ja informaatio (EKO-4)

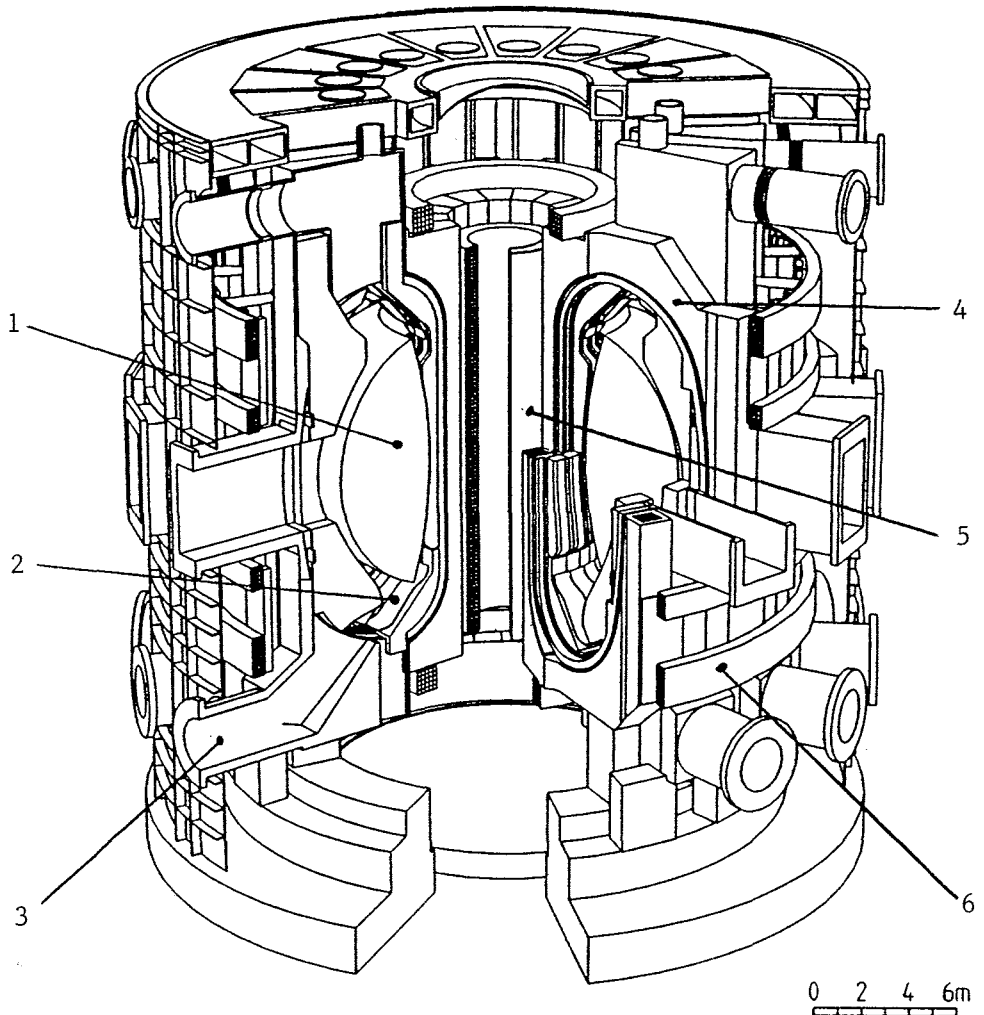
- rajoitetut yhteispohjoismaiset toimintaharjoitukset
- yksi suuri yhteisharjoitus pohjoismaiden kesken
- näihin liittyvän tiedonvälityksen kehittäminen

Erikoistutkija Timo Vanttola, prof. Lasse Mattila ja johtava tutkija Seppo Vuori toimivat VTT Energian ydineergiatutkimusalueella, p. 90-4561. FT Raimo Mustonen on Säteilyturvakeskuksen tutkimus- ja palveluosaston apulaisosastopäällikkö, p. 90-7598 8492.



EUROOPAN FUUSIOTUTKIMUS JA ITER-HANKE

Eurooppa on noussut kansainvälisen fuusiotutkimuksen kärkeen JET tokamakin ansiosta. Se on tällä hetkellä selvästi suorituskykyisin fuusiolaite maailmassa. Yhteinen JET-projekti on tärkein hanke Euroopan Unionin fuusiotutkimusohjelmassa, jossa ovat EU-maiden lisäksi mukana myös Ruotsi ja Sveitsi. JET:llä on osoitettu, että fuusion vaatimat äärimmäiset olosuhteet voidaan todella saavuttaa. Seuraavan polven fuusiokooreaktori ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) on suunnitteilla. ITER on yhteisprojekti, johon osallistuvat EU, Japani, USA ja Venäjä. Suomen EU-jäsenyys vie Suomen mukaan myös Euroopan fuusiotutkimusohjelmaan ja maailmanlaajuiseen ITER koereaktorihankkeeseen.



ITER tokamakin pääkomponentit: 1) plasma, 2) divertorilevyt, 3) pumppauslinjat, 4) toroidaalimagneetti (16 kpl), 5) keskussolenoidi ja 6) poloidaalikelat (4 kpl). EDA-vaiheessa ITER on kasvanut ja muuttanut muotoaan jonkin verran.

Kevyiden atomiytimien fuusioreaktiossa syntyy raskaampia alkuaineita ja vapautuu runsaasti energiaa. Esimerkiksi vedyn raskaiden isotooppien deuteriumin (D) ja tritiumin (T) fuusiossa syntyy alfahiukkanen (heliumydin) ja neutroni. Reaktiossa vapautuva 17.6 MeV:n energia on neutronin ja alfahiukkasen liike-energiانا. Siten DT-polttoaineen energiasisältö on lähes 100 MWh/g.

Fuusioenergian tärkeimmät edut ovat energian saasteettomuus ja ehtymättömät polttoainevarat. Polttojäte ei ole radioaktiivista ja fuusioreaktori on passiivisesti turvallinen, koska fuusiopalo sammuu häiriötilanteissa. Aktivoitumisesta johtu-

va jälkilämpö on myös helposti hallittavissa. Haittana voidaan pitää hyvin monimutkaista teknologiaa, mikä tulee näkymään tuotetun energian hinnassa. Reaktorin sisäosien aktivoituminen ja tritiumin käsittely tuovat lisäongelmia. Tärkeä periaatteellinen ero fissioenergiasta on se, että aktivoitumisen tasoon voidaan vaikuttaa materiaalivalinnoilla. Parhaimmillaan materiaalit ovat uudelleenkäytettävissä muutamien kymmenien vuosien jälkeen. Fuusion kehitysnäkymät hyvin pitkällä aikavälillä ovat erinomaiset, sillä kehittyneillä polttoaineilla (DD tai deuterium-helium³) mahdollista vähentää ratkaisevasti tritiumin ja neutronien tuottamia ongelmia. Fuusioreaktioista

löytyy myös absoluuttisesti puhtaita reaktioita, joiden lopputuotteena on vain heliumia.

Sata miljoonaa astetta

Fuusioreaktiot voidaan käynnistää kuumentamalla polttoaine yli sadan miljoonan asteen lämpötilaan, jolloin ytimien välinen energia riittää ytimien välisen potentiaalivallin ylitykseen. Systemistä saadaan nettoenergiaa, jos kuuma polttoaineplasma lisäksi kyetään eristämään riittävän pitkäksi aikaa jäähtymisen estämiseksi (energian koossapito). Tähdissä koossapidosta huolehtii gravitaatio ja fuusioreaktorissa magneettikentät. Mag-

neettisen fuusion johtava laitetyyppi on renkaan muotoinen tokamak. Polttoaine on myös mahdollista puristaa hyvin suureen tiheyteen, jolloin polttoaineesta ehtii fuusioitua merkittävä osuus vetykohtion vapaan hajoamisen aikana. Puristukseen käytetään pulssimaisia suurteholasereita tai intensiivisiä ionisuihkuja. Tätä menetelmää kutsutaan inertiakoossapitofuusioksi. Uusimpien tokamak-kokeiden valossa voidaan perustellusti sanoa, että fuusioenergian tuottaminen on tieteellisellä tasolla osoitettu mahdolliseksi. Koelaitteissa on pystytty luomaan fuusion vaatimat äärimmäiset olosuhteet. Fuusio-reaktioiden vaatima yli sadan miljoonan asteen lämpötila saavutetaan parhaissa fuusiolaitteissa rutiinimaisesti ja alustavissa fuusiopalokokeissa fuusioteho on saatu 2-6 MW:n tasolle.

Fuusioenergian kaupallisen käyttöönoton tiellä on edelleen joukko haasteellisia tieteellisiä ja teknologisia ongelmia. Fuusioteknologia kattaa lähes kaikki huipputekniikan alueet suprajohteista robotiikkaan. Tärkeimmän ongelma-ryhmän muodostavat reaktorin materiaalikysymykset. Niiden ratkaiseminen vaatii pitkäjänteistä, maailmanlaajuiseen yhteistyöhön perustuvaa tutkimus- ja koetoimintaa, joka tulee viemään vielä vuosikymmeniä. Laaja kansainvälinen yhteistyö, johon tarvitaan myös pienten maiden tutkimuspanos, tulee olemaan yhä keskeisemmässä asemassa tulevaisuuden fuusiotutkimuksessa.

Euroopan Unioni panostaa fuusiotutkimukseen

Euroopan Unionissa (EU) fuusiotutkimus on Euratomin alaisuudessa. Fuusio-ohjelmalla on keskeinen asema, sillä sen osuus on yli 50% koko yhteisön energiatutkimuksesta. Kolmannessa puiteohjelmassa vuosille 1990-1994 energiatutkimukseen varattu kaikkiaan 1063 milj. ecu (1 ecu vastaa noin 6.5 mk), joka on jaettu seuraavasti: ei-ydinenergialle 267 milj. ecu, ydinenergian turvallisuustutkimukselle 228 milj. ecu ja fuusioenergialle 568 milj. ecu. Neljännessä puiteohjelmassa (1994-1998) fuusiotutkimukselle on esitetty 840 milj. ecu, mikä on edelleen lähes 40% koko energiatutkimuksen rahoituksesta. Kansalliset ohjelmat mukaanlukien Euroopan Unionin kokonaispanostus fuusiotutkimukseen on tasoa 450 milj. ecu vuodessa.

Euratomin fuusiotutkimusohjelma koostuu EU-maiden, Ruotsin ja Sveitsin kan-

sallisista ohjelmista, yhteisprojektista JET (Joint European Torus), NET-sopimuksesta ja EU:n Isprassa Italiassa sijaitsevassa Joint Research Centre'ssa tehtävästä työstä. Ruotsi ja Sveitsi liittyivät Euratomin fuusio-ohjelmaan jo 1970-luvulla ja maksavat osuutensa täysimääräisesti. Englannissa Culhamissa sijaitseva JET-tokamak on maailman suorituskykyisin fuusiolaite, joka on tuonut Euroopalle johtavan aseman maailman fuusiotutkimuksessa. JET:n eurooppalaisen seuraajan työnimenä on NET (Next European Torus) ja sen suunnitteluryhmä toimii Garchingissa Saksassa. Osa fuusioteknologiastyöstä, jolla tuetaan NET:n suunnittelua, tehdään Ispran tutkimuslaitoksessa. Tutkimuskohteina ovat materiaalitekniikka, kauko-ohjatut huoltojärjestelmät, turvallisuuskysymykset ja tritiumin käsittelytekniikka. Merkittävä osa NET:n suunnittelutyöstä on sovellettu lähes sellaisenaan ITER:n käyttöön. NET on Euratomin varaojelma, joka toteutetaan vain, mikäli ITER:sta luovutaan.

Euroopan fuusio-ohjelman selkeänä tavoitteena on rakentaa asteittain turvallinen, ympäristöystävällinen ja taloudellisesti kilpailukykyinen fuusioreaktori. Pienten koelaitteiden jälkeen ensimmäisenä askeleena oli JET, jota seuraa heti vuosituhaten alussa NET tai ITER ja viimeisenä vaiheena on täysimittainen sähköverkkoon kytkettävä demonstraatiovoimala joskus 2020-luvulla.

Euroopan JET tokamak on maailman ykkönen

Maailmassa on neljä suurta fuusio-ohjelmaa ja kaikilla on käytössä omat suurtokamakit. Ensimmäisenä näistä valmistui Yhdysvaltojen TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor) Princetonissa 80-luvun alussa ja viimeisenä entisen Neuvostoliiton suprajohtava T-15 tokamak, joka on resurssien puutteen takia edelleen testausvaiheessa. Japanin JT-60U on alkuperäiskoneen parannettu versio, jonka suorituskyky on lähes Euratomin JET:n tasoa. Sitä ei ole kuitenkaan varustettu JET:n ja TFTR:n tavoin tritiumin käyttöä ajatellen. Euroopan fuusio-ohjelman ylpeys JET valmistui vuonna 1983 pari vuotta aikataustaan jäljessä. Viive johtui sitkeästä kiistasta Saksan, Ranskan ja Englannin välillä laitoksen sijoituspaikasta. Kilvan voitti Englanti ja JET rakennettiin Culhamin fuusiotutkimuskeskukseen Oxfordin lähitöle.

JET:n tavoitteeksi asetettiin lähellä reaktoritasoa olevien plasmaolosuhteiden saavuttaminen ja tutkiminen. Tärkeimpinä tutkimuskohteina ovat: plasmaparametrien käyttäytyminen ja skaalautuminen reaktoritason tuntumassa, plasman kuumennus, plasma-seinämvuorovaikutukset ja DT-fuusioista vapautuvien alfahiukkasten käyttäytyminen ja niiden aiheuttama plasman kuumennus. Energian koossapidon skaalaukset on selvitetty perusteellisesti ja JET:n neutraalisuihku- ja radio- taajuuskuumennuksella on yletty noin 300 miljoonan asteen lämpötilaan. Tämän hetken JET-tutkimuksessa keskitytään, plasma-seinämvuorovaikutuksiin ja alfahiukkasten käyttäytymiseen. Tärkeä tutkimuskohde on myös radiotaajuusvirranajo, jolla tokamak saataisiin jatkuvatoimiseksi. Alustavat fuusiopalokokeet tehtiin 10 %:n tritium-pitoisuudella. Tritium syötettiin deuterium-plasmaan neutraalisuihkuinjektorilla ja kaksi sekuntia kestävä palopulssin aikana huipputeho oli 1.7 MW. Täysimittaiset DT-kokeet alkavat ensi vuonna. Tällöin fuusiotehotaso on luokkaa 10-20 MW, mikä vastaa plasman kuumennustehoa. Palopulssin pituus pyritään kasvattamaan useisiin sekunteihin. JET:n alkuperäinen koeohjelma saadaan päätökseen vuoden 1996 loppuun mennessä.

Kansainvälinen ITER koereaktorihanke

Kansainvälinen koereaktorihanke ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) käynnistyi 1988 projektin määrittelyllä ja alustavalla laitesuunnittelulla. ITER on IAEA:n tukema yhteisprojekti, jossa mukana on neljä osapuolta: Euroopan Unioni (Euratom), Japani, Venäjä ja Yhdysvallat. Tavoitteena on osoittaa fuusioenergian teknis-tieteellinen toteutettavuus. Dimensioiltaan ITER on yli kaksinkertainen Euratomin JET-tokamakiin verrattuna ja arvioitu fuusioteho on 1.5-3.0 gigawattia. Kesällä 1992 neljä osapuolta allekirjoittivat sopimuksen ITER:n yksityiskohtaisen suunnittelun aloittamisesta. Tämän nk. EDA-vaiheen (Engineering Design Activities) kesto on kuusi vuotta ja kustannukset noin 1.5 miljardia dollaria. Laitoksen rakennuskustannuksiksi on arvioitu vähintään 5 miljardia dollaria, mikä perustui ITER-suunnitelman ensimmäiseen versioon. EDA-vaiheessa laitoksen koko on kasvanut, mikä tulee lisäämään rakennuskustannuksia. Lopullinen rakentamispäätös ja ITER:n sijoituspaikan valinta tehdään myöhemmin. Euroopan ehdokkaat ITER:n sijoituspaikaksi ovat Studsvik

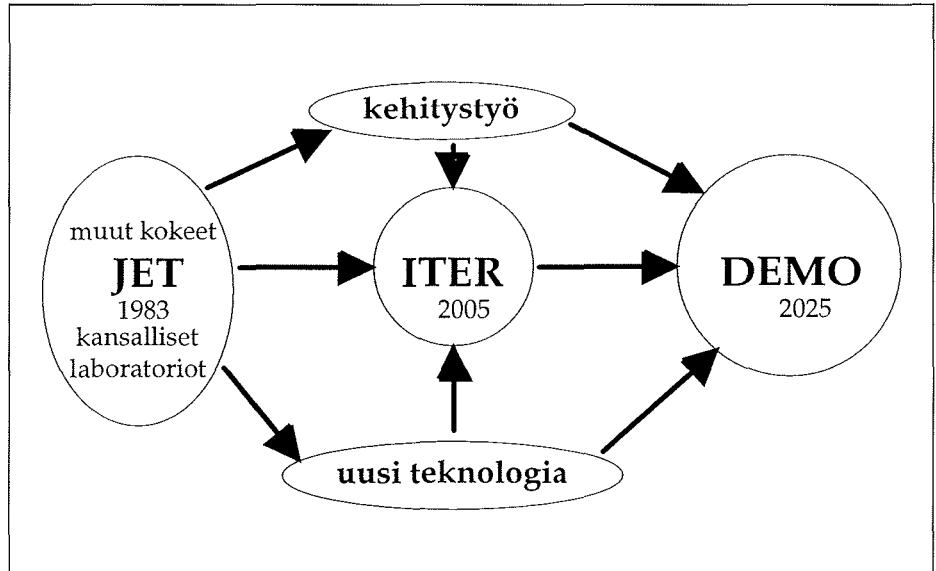
Ruotsissa, Greifswald Saksassa ja Cadarache Ranskassa. Laitoksen rakentaminen alkaa vuonna 1998 ja sen arvioidaan valmistuvan vuonna 2005. ITER:llä tehtävä laaja koeohjelma tulee viemään 15-20 vuotta.

EDA-vaihe on jaettu siten, että projektin johto ja koordinointi tapahtuu San Diegossa, plasmakammion suunnittelu Garchingissa ja oheislaitteistot sekä magneetit suunnitellaan Nakassa Japanissa. EDA:n johtajaksi on valittu JET:n johtajana toiminut ranskalainen Paul-Henri Rebut. Ylin päättävä elin on ITER-neuvosto, jonka kotipaikkana on Moskova ja neuvoston puheenjohtaja toimii akateemikko E. Velikov. Kolmeen yllämainittuun paikkaan jaettu suunnitteluryhmä vastaa vain osasta suunnittelutyötä, sillä merkittävä panos suoritetaan osallistujamaiden kansallisissa laboratorioissa. Euroopan laboratorioissa suoritettavaa ITER-suunnittelua johtaa ja koordinoi Garchingissa sijaitseva NET-ryhmä. EDA:n tulee saada aikaan ITER reaktorin täydellinen ja yksityiskohtainen suunnittelu luvituksineen siten, että rakentaminen voidaan aloittaa viivytyksittä.

ITER:n koeohjelma jakaantuu kahteen osaan fysiikka- ja teknologiavaiheeseen. Fysiikkavaiheen tavoitteena on demonstroida plasman syytyminen ja hallittu itseään ylläpitävä fuusiopalo. Alussa ITER toimii induktiivisesti ts. plasmavirta indusoidaan ja purkauksella on äärellinen kesto noin 1000 sekuntia. Ei-induktiivisin menetelmin purkauksen kesto on mahdollista pidentää ja teknologiavaiheessa tavoitteena on jatkuvatoiminen reaktori. Teknologiavaiheessa ITER:n käytettävyys pyritään nostamaan vähintään 10%:n tasolle. Tällä taataan riittävä neutronituotto tritiumin valmistukseen ja materiaalien testaukseen.

Kotimainen fuusiotutkimus

Suomessa fuusiotutkimusta on tehty Kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittamana VTT:n ydinvoimatekniikan laboratoriossa 70-luvun puolivälistä lähtien. Yhteistyö TKK:n teknillisen fysiikan laitoksen kanssa alkoi 80-luvulla. Vuonna 1993 kotimainen fuusiotutkimus organisoitiin tutkimusohjelmaksi, jonka koordinoinnista vastaa VTT Energia. Nykyinen fuusiotutkimuksen laajuus VTT:ssa, TKK:ssa ja Helsingin yliopistossa on noin 10 htv. Ohjelman päärahoittajana toimii KTM:n. Lisärahoituksesta vastaavat ohjelmaan



Fuusioaikataulu JET:sta ITER:n kautta demonstraatiovoimalaan. Vuosiluvut kertovat toiminnan alkamisen.

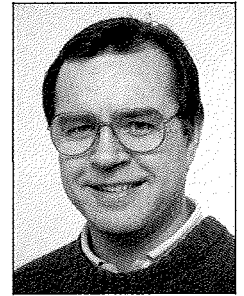
osallistuvat laitokset VTT, TKK ja Helsingin yliopisto sekä Suomen Akatemia.

Fuusio- ja fuusioplasmatutkimuksessa keskeisiä kohteita ovat intensiivisen sähkömagneettisen säteilyn ja fuusioplasman väliset vuorovaikutukset sekä laserfuusiossa että tokamakien radiotajuuskuumennuksessa ja -virranajoissa. Uutena alueena on alfa-hiukkasten vaikutukset fuusioplasman käyttäytymiseen, josta on toistaiseksi kerätynyt vain hyvin vähän kokeellista tietoa. Teoriatyön ohella kansainvälinen yhteistyö kokeellisten ryhmien kanssa on ollut tiivistä. Tärkeimmät yhteistyölaitokset ovat JET tokamak, Rutherford Appleton laboratorion ja Imperial College Englannissa, Ecole Polytechnique ja Univesité de Nancy Ranskassa, Ioffe-instituutti Venäjällä sekä Kungliga Tekniska Högskolan Ruotsissa. Fuusiomateriaaleja koskeva tutkimus on käynnistymisvaiheessa. Ionisäteilytyksen vaikutuksia fuusioreaktorin seinämämateriaaleihin tutkitaan Helsingin yliopiston kiihdytinlaboratorion ionisuihkulaitteistolla.

Euroopan Unionin jäsenyys merkitsee Suomen liittymistä myös Euratomin fuusiotutkimusohjelmaan ja sen myötä maailmanlaajuiseen ITER-hankkeeseen. Suomen vuotuinen jäsenmaksu EU:n fuusio-ohjelmassa on luokkaa 20 milj. mk.

Rahan palautuminen Suomeen riippuu kansallisen tutkimuksen volyymistä ja teollisuutemme aktiivisuudesta kilpailla ITER-laitoksen toimituksista. Vuonna 1992 käynnistyi KTM:n ja teollisuuden rahoituksella Porin teknologiakylän Pripolin vetämä Finnfusion projekti, jossa kartoitetaan Suomen teollisuuden kiinnostusta ja mahdollisuuksia ITER-hankkeessa.

TkT Seppo Karttunen on VTT Energian erikoistutkija ja toimii fuusioenergian tutkimusohjelman (FUSE) johtajana, p. 90-456 5069.



Lyhyesti maailmalta

Maailmassa on rakenteilla 72 uutta ydinvoimalaitosyksikköä ja 54 lisää on odottaa työmaan aloitusta. Rakenteilla olevien yksikköjen koko on keskimäärin 884 MW. Käytössä on jo 425 ydinvoimalaitosyksikköä.

NucNet 10.3.1994

Venäläistä suunnittelua olevien ydinvoimalaitosten käyttäjät listasivat 100 laitosparannuskohdetta maaliskuussa Moskovassa pidetyssä kokouksessa. Käyttäjät olivat huolissaan laitostensa huonosta jämästä ja ilmoittivat läsnäoleville kymmenille länsimaisille liikemiehille haluavansa konkreettista apua eikä vain selvityksiä selvitysten perään. Parannuskohteita ovat mm. primääripiirin eheyden varmistaminen, transienttien vähentäminen, suojarakenustoimintojen varmistaminen, palo-suojelun täydennykset, onnettomuustilanteen hallinta ja reaktiivisuuden hallinta. Loviisan laitos ei osallistunut kokoukseen.

Nucleonics week 17.3.1994

Ruotsalaisen Sydkraft AB voimayhtiön ydinvoimalaitosten turvallisuusasioiden päävastuu on siirretty pääkonttorista voimalaitoksille Barsebäckiin ja Oskarshamniin. Muutokset perustuvat riipumattoman tutkimuskomitean ehdotuksiin, joissa vaaditaan laitosten turvallisuuden parantamista ja laitosten tekemistä päävastuullisiksi omasta turvallisuudestaan. Raportti julkistettiin maaliskuussa. Barsebäckin organisaatiorakennetta on muutettu viimeaikoina voimakkaasti. Laitoksen kummallekin yksiköille on nimetty oma tuotantojohtajansa, jotta yksi henkilö ei olisi vastuussa kahdesta yksiköstä.

Nucleonics week 24.3.1994

Israel haluaa käyttää ydinvoimaohjelmansa toteutuksessa maahan muuttaneita venäläisiä VVER-kokemusta omaavia emigrantteja. Venäjältä on tullut viime vuosina 400 000 emigranttia, joista useita kymmeniä on haastateltu ydinvoimakokemuksen selvittämiseksi. Israel Electric Corporation (IEC) palkkasi heistä 12 konsulttiryhmään, jonka tarkoituksena oli auttaa Itä-Euroopan laitosten turvallisuusparannuksissa muiden tehtävien ohessa. Israel ehdotti ranskalaisille (EdF) yhteisyrityksen muodostamista em. tehtävään, mutta ranskalaisten mielestä on hankalaa työskennellä vain hepreaa ja venäjää puhuvien experttien kanssa. Heidän

ammattitaitokin lienee vanhentunutta, koska venäjän ydinturvallisuus on kehittynyt viime vuosina nopeasti. IEC voinee jatkossa pitää heistä enää 4-5 palkkalistoillaan.

Nucleonics week 24.3.1994

Venäjän Kuola 2 VVER 440-yksiköllä maaliskuun alussa tapahtuneen putkikatkoksen selvittely kestää odotettua kauemmin, koska voimayhtiö ei pidä tapausta vakavana ydinturvaviranomaisen (GAN) väittäessä päinvastaista. GAN:n apulaisjohtaja Alexander Gutsalov sanoo tapahtuman vakavuusluokan määrittelyn olevan vielä tekemättä, mutta on mahdollista, että luokaksi tulee INES 3; vakava tapahtuma, lähellä onnettomuutta. Tapahtumassa katkesi primääripiirin putki, joka oli halkaisjaltaan suurempi kuin 32 mm, jollaisen katkeaminen on huomioitu laitoksen suunnitelmissa. Yksikkö oli onneksi seisokissa katkeamisen tapahtuessa, jolloin vettä vuoti primääripiiristä vähemmän kuin jos piirissä olisi ollut täysi paine ja lämpötila.

Nucleonics week 21.4.1994

Ruotsin Oskarshamnin peruskorjattavana oleva ykköyksikkö otetaan käyttöön niin pian kuin mahdollista, ilmoittaa laitoksen johto. Reaktoripaineastian kuntotutkimukset ovat lähes valmiit ja tulokset hyviä. Reaktorin syöttövesiputkia joudutaan vielä uusimaan säröjen vuoksi. Käynnistysajankohta on todennäköisesti tammikuussa 1995. Ruotsin muut 11 ydinvoimalaitosyksikköä ovat käytössä.

NucNet 9.5.1994

Ruotsissa on kadonnut käytettyä ydinpolttoainetta. Ruotsin ydinturvaviranomainen (SKI) ilmoittaa Ringhalsin laitokselta CLABin varastoon lähetetystä polttoainepuusta puuttuvan 11 sauvaa. Ärtynyt SKIn ydinmateriaalijaoston päällikkö Paul Ek sanoo Ringhalsissa hoidettavan käsittämättömän huonosti ydinmateriaalivalvontaa ja uskoo kadonneiden sauvojen vielä löytyvän laitokselta. Ulkopuolelle joutumiseen ei uskota. 39 polttoainesauvaa lähetettiin vuonna 1991 tutkittaviksi Studsvikiin. Palautuksen yhteydessä sauvoja ei laitettu takaisin nippuihin, joista ne oli otettu, jolloin kirjanpito meni sekaisin.

Nucleonics week 19.5.1994

Japani ilahdutti postimerkkeilijöitä julkaisemalla ydinvoima-aiheisen 80 jenin merkin Monju 280 MW FBR prototyyppi-ydinyhtöreaktorin 5.4.1994 tapahtuneen ensikriittisyyden kunniaksi. Useissa maissa on ydinvoima-aiheisten merkkien keräilijöitä ja Japanissa jopa aiheeseen omistautuneiden klubi, jonka uskotaan olevan ainoa maailmassa.

NucNet 27.5.1994

Venäjän BN-600 hyötöreaktorilla Uralin Belojarskissa sattui natriumjähdytyspalo 6.5.1994. Huollettavana olleen maailman suurimman nyt käytössä olevan hyötöreaktorin sekundääripiirin putkiston natriumvuotopalo sammutettiin nopeasti, eikä siitä aiheutunut merkittävää säteilyvaaraa työntekijöille ja ympäristölle. Natriumpalo oli kuitenkin jo toinen laitoksella puolen vuoden sisällä. Edellinen tapahtui 7.10.1993 ja syynä oli venttiilin hitsin rakennevirhe, joka on nyt korjattu. Päästöt olivat sillä kertaa 10,4 Ci Na-24-isotooppia, päästöjen suunnitteluraja on 1 600 Ci.

Nucleonics week 19.5.1994

USA:n ydinturvaviranomainen Nuclear Regulatory Commission (NRC) on huolestunut maan vanhemmissa BWR-ydinvoimalaitosyksiköissä esiintyvistä säröistä reaktorisydäntä ympäröivässä moderaattoritankissa. Säröjen arvellaan johtuvan primäärijähdytevirtauksen aiheuttamasta kulumisesta reaktorin sisäisten suihkupumppujen aiheuttamana. Säröjen korjaamisen uskotaan maksavan useita miljoonia dollareita yksikköä kohti.

Nucleonics week 26.5.1994

Venäjän Atomienergiaministeriö (Minatom) on julkistanut listan maan seuraavista 12 uudesta ydinvoimalaitosyksiköstä valmistumisvuosin:

Kursk 5	1995
Kalinin 3	1996
Voronezh AST 1	1997
Voronezh AST 2	1998
Belojarsk 4	2000
Balakovo 5	2000
Balakovo 6	2002
Etelä-ural 1	2000
Etelä-ural 2	2005
Etel Ural 3	2005
Kuola 5	2005
Kuola 6	2007

Uusia yksiköitä otetaan käyttöön keskimäärin yksi vuodessa.

NucNet 3.6.1994

Ukrainan atomiteknillinen seura järjestää kesäkuun alussa nuorille ydinvoima-alalla työskenteleville innoitusseminaarin Odesan lomakaupungissa Mustan meren rannalla. Seminaarissa pidetään mm. suunnittelukilpailuja, aivoriihiä ja pohditaan ydinvoimalahenkilöstön koulutuskysymyksiä.

NucNet 3.6.1994

Ins. Pekka Lehtinen on Säteilyturvakeskukseen ydinturvallisuusosaston tarkastaja, p. 90-70821.

STIPENDIER FÖR KÄRNKRAFTSFORSKNING LEDIGANSLÅS

Svenska tekniska vetenskapsakademien i Finland lediganslår stipendier att sökas ur dipl.ing. **Edmund Wilhelm Guerillots fond.**

Stipendierna ges i enlighet med testamentet åt forskare eller forskargrupper, *för forskning av teknologi i kärnkraftverk.* Förutom direkt kärntechnisk forskning kan även forskning i angränsande områden som säkerhets-, miljö- och produktionsteknik samt uppbyggande av behövlig infrastruktur beaktas. Med stipendierna vill man befrämja

- utförande av kvalificerat forskningsarbete,
- fortbildning för doktors-, licentiat eller annan examen
- studier eller forskning vid utländska organisationer
- ibruktagande av nya planerings-, beräknings-, provnings- och övervakningsmetoder och
- andra ändamål under förutsättning att de främjar användningen av kärnkraft för el-produktion.

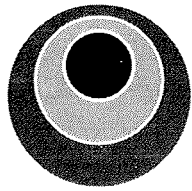
Totalt utdelas 400.000 mk i stipendier år 1994. Motsvarande belopp kommer att lediganslås för samma ändamål även under de tre följande åren. Sålunda kan fyraåriga projekt stödas även om stipendiebesluten görs årligen.

Ansökan bör innehålla beskrivning av på vilket sätt stipendiet skall användas och stipendiemottagarnas meritförteckning eller curriculum vitae. Om ansökan görs i en forskargrupps namn bör även forskargruppens målsättning beskrivas. Stipendiemottagare bör efter stipendietidens utgång avge skriftlig redogörelse över stipendiets användning och uppnådda resultat.

Ansökan bör vara akademins sekreterare, prof. Kenneth Holmberg tillhanda senast **tisdagen den 31 augusti 1994** under adress

VTT Tillverkningsmekanik, P.B. 1702, 02044 VTT (Esbo).

På eventuella förfrågningar svarar akademins sekreterare vid tel. 90-4565370.



ENC '94

ENC '94 ENS – ANS – FORATOM

International Nuclear Congress + World Exhibition Atoms for Energy

A dialogue with the industry's young generation
on nuclear's future

Lyon, France, October 2–6, 1994

**ENC '94 – the unique combination of the world's major nuclear science & industry Expo
with the largest international nuclear congress.**

European Nuclear Society – ENS; American Nuclear Society – ANS; European Nuclear Forum – FORATOM

Co-sponsored by: Canadian Nuclear Society; Chinese Nuclear Society
Japan Atomic Industrial Forum; Korea Atomic Industrial Forum

Conference: streamlined, modern approach with the world's nuclear leaders and young executives and researchers addressing the key nuclear issues. Embedded Meetings for radiation protection experts and women communicators. Over a dozen Suppliers Seminars. Panels moderated by star journalists.

World Nuclear Exhibition with more than 300 companies from 23 countries, including for the first time Argentina, China and Taiwan (China), on 15 000 m² (gross), with musical animation and special nuclear art show.

More Culture with Camerata Nucleare concert and social tours to the region's most fascinating sights. Cooking lessons under patronage of Paul Bocuse.

Technical Tours through France's most important nuclear facilities.

ENC is a multiple package event with great choices for everybody.

Please mail me _____ **copies of the Preliminary Program**
_____ **copies of the Invitation to Exhibit**



Family name: _____ First name: _____

Company / organization: _____ Job position: _____

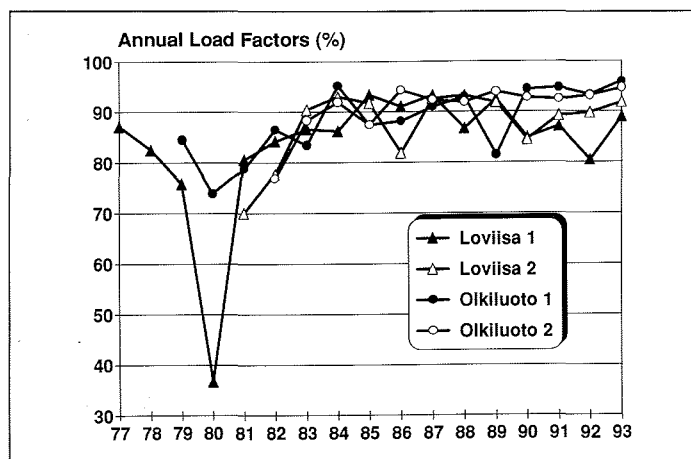
Address: _____

Telephone: _____ Telex: _____ Telefax: _____

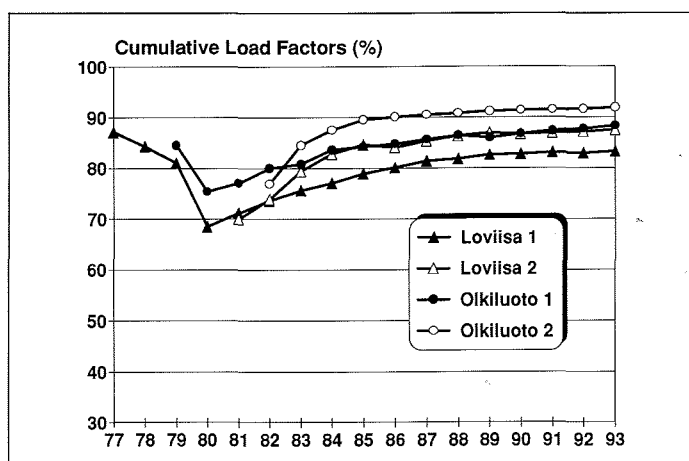
Please return to: ENC '94, c/o European Nuclear Society, Belpstrasse 23, P.O. Box 5032
CH-3001 Berne / Switzerland, Telefax ++41 .31 382 44 66

Eräitä Suomen tilastoja viime vuosilta

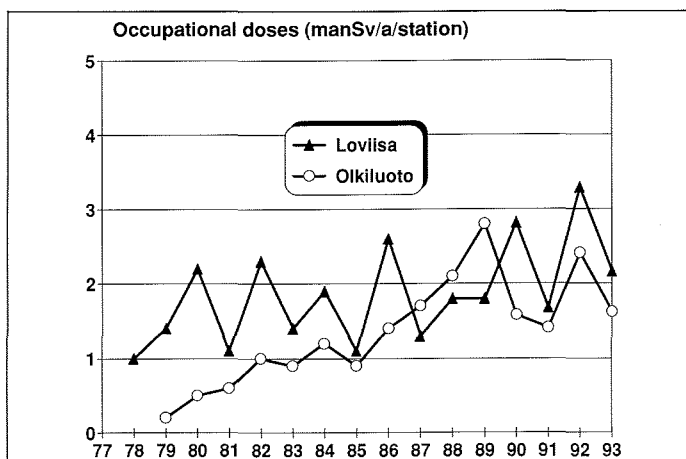
Lähde: VTT Energia



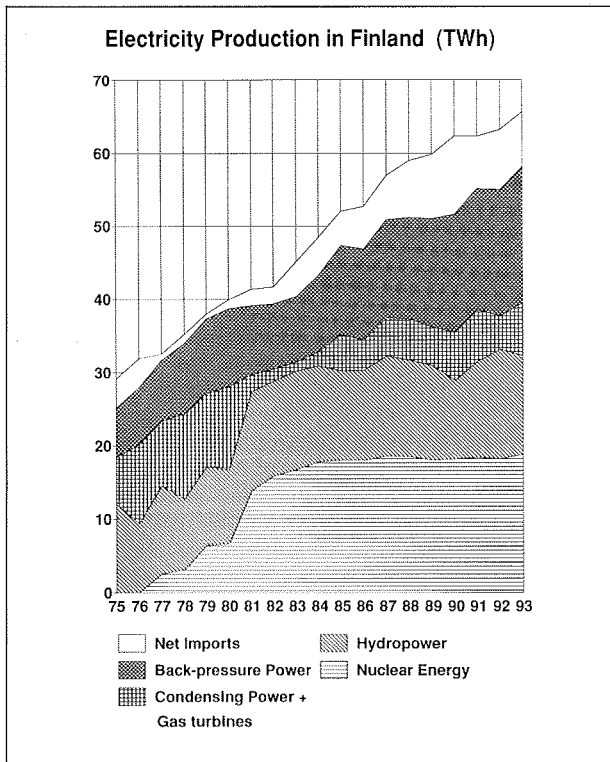
Suomen laitosten käyttökertoimet ovat Loviisan alkuvuosien vaikeuksien jälkeen pysyneet kansainvälisesti verraten korkealla tasolla. Loviisa 1 vuoden 1980 pitkä korjausseisokki mm. putkiston tuentojen ja höyryrystimien kollektorien hitsisaumojen korjaamiseksi, reaktoripaineastian haurastumisen vähentämiseksi sekä Olkiluoto 1:n seisokki primääripiirin puhdistamiseksi metallijauheesta 1989 ovat merkittävimmät poikkeamat. Loviisan käyrässä näkyy neljän vuoden välein tehtävä pitempi vuosihuolto, jossa tarkastetaan mm. reaktoripaineastia. Pitempi seisokki oli esim. Loviisa 1:llä 1984, 1988 ja 1992.



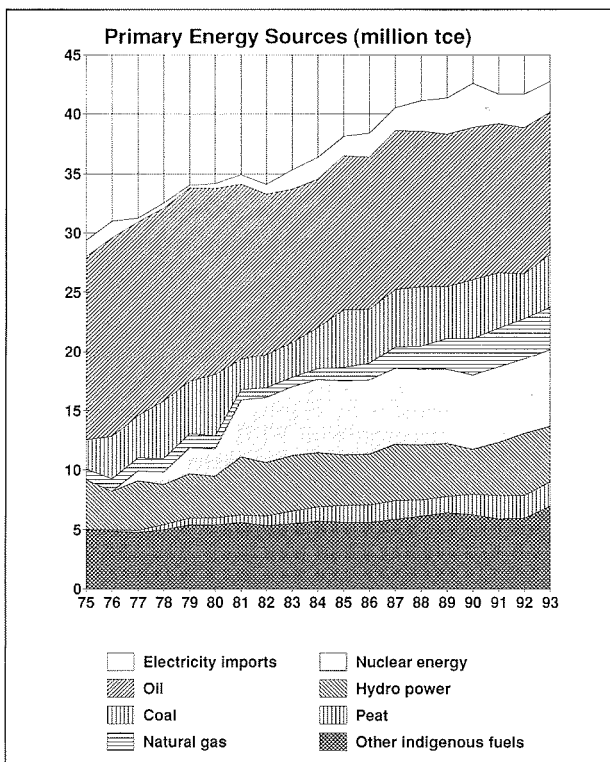
Kuvasta nähdään selkeästi kaikkien Suomen laitosten pitkäaikaisten käyttökertoimien tasoittuminen vähintään 85 %:n tasoon alkuvaikeuksien jälkeen. Kaikki käyrät ovat myös lievässä nousussa, joten laitosten kehityksen jatkuessa samana kaikki muut paitsi Loviisa 1 saavuttavat yli 90 % käyttökertoimen koko eliniälle vuoteen 2000 mennessä.



Laitosten työntekijöille aiheuttamat vuosittaiset kokonaissäteilyannokset ovat nousseet laitosten aktivoitumisen mukana, mutta n. 10 vuoden käytön jälkeen odotettava tasoittuminen on jo nähtävissä.



Suomen sähkön kulutuksen kasvu on suurimpien rakennushankkeiden ydinvoiman ja vesivoiman valmistuttua 1981 on katettu teollisuuden omalla tuotannolla ja sähkön tuonnilla. Sähkön tuontimahdollisuuksien lisääminen on perustunut naapurimaiden ydinohjelmien tuottamaan perusvoimaan: Ruotsin Oskarshamn ja Forsmark 3 yksiköt yhteensä n. 2300 MW sähkötehoa valmistuivat 1985, Sosnovy Borin 3 ja 4 yksiköt 1979 ja 1981.



Eri polttoaineiden osuuksista Suomen kokonaisenergian käytössä voidaan havaita ensimmäisten ydinvoimaloiden katkaissien käyttöön tullessaan öljyn käytön jatkuvan kasvun. Myöhemmin öljy on korvattu maakaasulla, turpeella ja sähkötuonnilla.

English abstracts

EDITORIAL

Sakari Immonen (page 1)

The editorial stresses the importance of sustained national research programmes on nuclear safety in order to ensure the reliable operation of the existing nuclear power plants. The rejection of the construction of a new nuclear power plant in Finland together with ambitious commitments to reduce emissions of energy production limit the room for energy policy options. Therefore, maintaining the high performance of the Loviisa and Olkiluoto NPPs through research and plant improvements maybe one the most productive energy investment in the country. This is emphasized also in the report 'Nuclear Energy Research until 2000', in which a working group set by the Ministry of Trade and Industry proposes framework schemes and organization guidelines for forthcoming publicly financed research programmes. Other factors influencing the orientation of research is the need become better familiar with the nearby Russian nuclear reactors and the potential membership of the European Union.

THE VISIONS OF NUCLEAR ENGINEERING RESEARCH IN IVO GROUP

Heikki Raumolin (page 3)

The operation of the Loviisa Nuclear Power Plant will still put the most requirements for the nuclear research and developing work in the IVO Group for many years. To maintain the possibilities and create alternatives for the supply of the nuclear fuel as well as managing the spent nuclear fuel are new challenges in 1990's. With regard to the new nuclear power plants the work already done and plant alternatives available to day are satisfactory for the next coming years. The development of new reactor designs entering the market after the turn of the century will carried out mostly by the reactor vendors but IVO will follow up the work and especially the design criterias.

FUTURE NEEDS IN NUCLEAR SAFETY RESEARCH, THE FINNISH PERSPECTIVE

Lasse Reiman (page 5)

The major part of safety research in Finland is organized in nationally co-ordinated research programmes. Two programmes for the years 1990-1994 address reactor safety: Systems Behaviour and Operational Aspects of Safety (YKÄ) and Nuclear Power Plant Structural Integrity (RATU). Public funding to these programmes is provided by the Ministry of Trade and Industry (KTM), the Technical Research Centre of Finland (VTT) and the Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety (STUK).

The Ministry of Trade and Industry appointed a group to review the future nuclear safety research needs and to plan co-ordinated research programmes after the present programmes. The group identified a number of research areas to which they would like to see priority given and proposed that two new co-ordinated programmes are started in the areas of reactor safety and structural safety in the beginning of 1995. In addition, two separate projects, that especially fulfil the needs of the regulatory body, were proposed. These deal with the environmental effects of nuclear energy and with programmable automation systems.

Research of advanced reactor types and of the safety of neighbouring plants are included in the research of respective areas, and therefore are not shown as separate projects in the proposal of the group. The largest growth in funding is foreseen in projects dealing with fire risks, non-destructive examinations and organizational and human factors.

STATUS AND PROSPECTS OF NUCLEAR ENERGY RESEARCH AT VTT

Lasse Mattila, Rauno Rintamaa (page 8)

Nuclear energy research at VTT greatly benefits by sharing personnel and facility resources with VTTs other technology research. In reactor safety research, management of severe accidents and reactivity initiated events are of major interest. Studies on advanced fuel types and high burnup fuel performance, aging phenomena, and flexible maintenance strategies aim to promote the productivity of nuclear power plants.

RESEARCH ON ENVIRONMENTAL IMPACTS OF NUCLEAR POWER AND ON EMERGENCY PREPAREDNESS

Seppo Vuori (page 13)

The future needs of nuclear energy research in Finland have been recently reviewed by an expert group. Concerning the research on environmental impacts and emergency preparedness, the group recommended the establishment of a common coordination group for the different projects in this field. The main objectives in this field include efficient accident management and mitigation of off-site consequences with appropriate countermeasures and more reliable real time prediction tools for atmospheric dispersion and radiation dose evaluations as well as efficient and fast real time surveillance and measurement systems.

NUCLEAR WASTE MANAGEMENT RESEARCH IN FINLAND

Seppo Vuori (page 15)

The waste management research in Finland is funded both by the state (mainly the Ministry of Trade and Industry and Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety) and the utilities (represented in cooperation by the Nuclear Waste Commission of the Finnish power companies). A new phase of the coordinated research programme (JYT2) comprising the publicly administered studies was started in the beginning of this year after the completion of the previous programme carried out during years 1989 to 1993. The utilities con-

tinue to carry out a parallel research programme according to their main financial and operational responsibility for nuclear waste management. The utility Teollisuuden Voima Oy operating the Olkiluoto plant aims at the choice of one particular site for the disposal of spent fuel among the three sites being investigated presently. The other nuclear power utility IVO is now constructing a repository for the operating waste from the Loviisa reactors. The repository is excavated within the rock underneath the Hästholmen island, i.e. co-located with the power plant.

INTERNATIONAL CO-OPERATION IN NUCLEAR ENERGY RESEARCH

Timo Vanttola, Lasse Mattila, Raimo Mustonen, Seppo Vuori (page 16)

The international organizations, such as IAEA and particularly the Nuclear Energy Agency of the OECD, have an important role in the Finnish nuclear research. The strongest Finnish contributions are related to the safety evaluation and improvements of the VVER reactors. The cooperation in the nuclear energy related research between the Nordic countries has a long tradition and now the 5th Nordic Programme on Nuclear Safety (1994—1997) is being started. In the future, the research programmes of the European Community are expected to have a vital role. In case Finland will join the EU from the beginning of 1995, active participation already in the 4th Framework Programme of the EC (1994—1998) will be possible.

EUROPEAN FUSION ENERGY RESEARCH AND INTERNATIONAL ITER PROJECT

Seppo Karttunen (page 18)

The scientific feasibility of fusion energy has been demonstrated in recent tokamak experiments in Europe, Japan and the United States. The basic features of the confinement of high temperature hydrogen plasmas by strong magnetic fields are reasonably well understood, which creates a high level of confidence in the performance of the next step fusion devices. The most powerful fusion device in the world is the Joint European Torus (JET), which has ensured the European Fusion Programme its leading position in international fusion research. The next step fusion reactor, ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), is an international project involving the cooperation of the European Union, Japan, the Russian Federation and USA. The overall objective of ITER is to demonstrate the scientific and technological feasibility of fusion power for peaceful purposes. Membership in the European Union would automatically make Finland a participant in the Community Fusion Programme and the international ITER project.

