

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA –

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



4/2002 vol. 31

Tässä numerossa

Pääkirjoitus Vaan kuinkas sitten kävikään?	3
Editorial But what happened? Aftermaths of Lille.....	4
Opintomatka Pohjois-Amerikkaan ATS Atlantin takana	5
Ydinvoimakomponenttien valmistaja uudistumassa.....	9
Clarington tarjolla Iterin sijoituspaikaksi	10
Vierailu Camecon uraanikonversiolaitoksella	12
Argonne National laboratory	14
Vierailu Fermi 2 -laitoksella	16
Legendaarinen Massachusetts Institute of Technology	18
Seabrook – voimalaitos .. energiakriisin pyörteissa	20
ATS Young Generation seminaari Ajankohtaista energia-asioista	22
ENC 2002 Lillessä Nakemyksia näyttelyn nurkasta	24
Uusi ydinturvallisuus- tutkimusohjelma käynnistyy	27
Lord-tunnelmaa syysseminaarissa	28

ATS

4/2002, vol. 31

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura –
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

ATS WWW

<http://www.ats-fns.fi>

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
DI Olli Nevander
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10, 00048 Fortum
p. 010 453 2613
olli.nevander@fortum.com

ERIKOISTOIMITTAJA
TkT Eija Karita Puska
VTT Prosessit
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5036
eija-karita.puska@vtt.fi

ERIKOISTOIMITTAJA
DI Lauri Pöllänen
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8579
lauri.pollanen@stuk.fi

TOIMITUSSIHTEERI
Minna Rahkonen
Fancy Media Ky
Uusi Porvoontie 857
01120 Västerskog
p. (0400) 508 088
fancymedia@saunalahti.fi

ERIKOISTOIMITTAJA
TkL Jarmo Ala-Heikkilä
Teknillinen Korkeakoulu
PL 2200, 02015 TKK
p. (09) 451 3204
jarmo.ala-heikkila@hut.fi

ERIKOISTOIMITTAJA
TkL Eero Patrakka
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 3300
eero.patrakka@tvo.fi

JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA
TkT Harri Tuomisto
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10
00048 Fortum
p.010 453 2464
harri.tuomisto@fortum.com

VARAPUHEENJOHTAJA
FT Rolf Rosenberg
VTT Prosessit
PL 1404, 02044 VTT
p. (09) 456 6342
rolf.rosenberg@vtt.fi

SIHTEERI
DI Minna Tuomainen
VTT Prosessit
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5787
minna.tuomainen@vtt.fi

RAHASTONHOITAJA
DI Reetta von Hertzen
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10
00048 Fortum
reetta.vonhertzen@fortum.com

DI Kari Kaukonen
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 2120
kari.kaukonen@tvo.fi

DI Kirsi Alm-Lytz
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8663
kirsi.alm-lytz@stuk.fi

DI Martti Kätkä
Teollisuuden Voima Oy
Töölönkatu 4, 00100 HKI
p. (09) 6180 3130
martti.katka@tvo.fi

MUU TOIMINTA

YLEISSIHTEERI
Liisa Hinkula
VTT Prosessit
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5097
liisa.hinkula@vtt.fi

KANSAINVÄL. ASIOIDEN SIHT.
DI Petra Lundström
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10, 00048 Fortum
p. 010 453 5422
petra.lundstrom@fortum.com

EKSKURSIOSIHTEERI
DI Kai Salminen
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10, 00048 Fortum
p. 010 453 3093
kai.salminen@fortum.com

YOUNG GENERATION
DI Marjo Mustonen
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. 02 8381 3223
marjo.mustonen@tvo.fi

ENERGIAKANAVA
TkT Eija Karita Puska
VTT Prosessit
PL 1604,02044 VTT
p. (09) 456 5036
eija-karita.puska@vtt.fi

VUODEN 2003 TEEMAT

1/2003
Käyttöluvat
ja käyttöikä

2/2003
EU ja ydinvoima

3/2003
YG-numero
ja Generation 4

4/2003
Ekskursio

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 400 €
1/2 sivua 300 €
1/4 sivua 200 €

TOIMITUKSEN OSOITE

ATS Ydintekniikka
c/o Olli Nevander
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10, 00048 Fortum
p. 010 453 2613 (suora)
telefax 010 4533 403

Osoitteenmuutokset
pyydetään ilmoittamaan
Liisa Hinkulalle /
VTT Prosessit
telefax (09) 456 5000
e-mail: liisa.hinkula@vtt.fi

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

ISSN-0356-0473



Painotalo Miktör Ky

Vaan kuinkas sitten kävikään?



Otsikko on lainattu Tove Janssonin tunnetun lastenkirjan nimestä, mutta sopii tähänkin tarkoitukseen erinomaisesti. European Nuclear Conference, ENC, on perinteisesti ollut alallamme se ainut ja siis myös merkittävin messutapahtuma, johon ydinenergia-alan toimijat ovat osallistuneet neljän vuoden välein. Tätä on pidetty itsestään selvyytenä, myös järjestäjien piirissä. ENS:n kurala oleva talous piti saattaa entistä upeamman ja suuremman Lillessä järjestetyn ENC 2002 kokouksen avulla takaisin raitilleen, vaan kuinkas sitten kävikään?

Lillessä osanottajien määrä sekä varsinaiseen kokoukseen, että sen yhteydessä järjestettyihin seminaareihin romahti, kuten myös messujen näytteilleasettajien määrä. Missä vika? Huippukorkea osallistumismaksu karsi ainakin tutkimusorganisaatioiden, mutta myös nykyisin tiukalla budjetilla elävien voimayhtiöiden osallistumisintoa. Pääkokouksen ohjelmaa pidettiin yleisesti varsin kiinnostavana, mutta tieteellisten seminaarien joidenkin istuntojen koko ohjelma näytti olevan saman tutkimusryhmän esitelmiä, jolloin jää kysymään, kiinnostaako tämä ketään muuta? Messujen osalta pienennyksen pääsyinä voidaan pitää sekä alan eurooppalaista hiljaiseloa, että toimijoiden fuusioita.

Messujen tiimoilta luodataan suomalaisten tuntoja toisaalla tässä lehdessä. Messuilla olimme yhtenäisenä Suomen osastona, jota kaikki pitivät erittäin positiivisena. Sijaintimme äärimmäisessä nurkassa siivilöi osastollemme vain meistä todella kiinnostuneet. Näiden kontaktien vuoksi messuille osallistuminen ei tuntunut turhalta.

Suomi ja suomalaiset olivat ENC:ssa uudenlaisessa asemassa. Perinteisesti olemme tottuneet olemaan oppipoikina, vastaanottavana hiljaa kuuntelevana osapuolena. Nyt meillä on selkeästi annettavaa muille, olemme edelläkävijä ja esimerkki. Puheenvuorojamme kuunnellaan, niin paneeleissa kuin esitelmissäkin. Silti emme sormi pystyssä ja torvisoitokunnan säästyksellä opeta muita, vaan realisteina muistamme, että edustamme vain prosentin luokkaa maailman ydinvoimasta ja alle promillea väestöstä.

Uudenlainen roolimme on myös mahdollisuus. Mahdollisuus markkinoida omaa osaamistamme. Tehdä sitä, mikä monen oman organisaationi perustutkijan mielestä on edelleen äärimmäistä turhuutta ja ajanhukkaa, eli osallistua kokouksiin ja tapahtumiin, olla esillä, puhua ihmisten kanssa, tehdä helppolukuisia värillisiä esitteitä ja nettisivuja. Tosi asia on, että nykyisin myös hyvää, jopa maailman huippuluokkaa olevaa työtä tarvitsee markkinoida. Kukaan ei meitä täältä pohjoisen kylmyydestä päätteidemme ja koelaitteidemme äärestä tule esiin kaivamaan.



But what happened? Aftermaths of Lille

The Finnish title of the editorial is borrowed from a well-known book for children by Tove Jansson. However, the title suits well also to this resume. The European Nuclear Conference, ENC, has traditionally been the only, and thus also the most remarkable fair in the nuclear business. This has been considered as self-evident, also by the organisers of ENC. The ENC 2002 Conference and Exhibition in Lille was expected to heal the economic situation of ENS. But what happened?

In Lille the number of participants in the conference and related scientific seminars sank drastically in comparison to the previous ENC Conference. The number of exhibitors decreased, too. Why? The high participation fee is twice or three times that to most other scientific conferences - certainly decreased the number of participants from research organisations. It probably decreased also the number of participants from utilities. The programme of the main conference was interesting. However, some of the sessions in scientific seminar seemed to consist primarily or solely on the contributions of one research group. On this basis one can ask, at least as an outsider, whether the session interests anybody else. Concerning the exhibition, there were two obvious reasons for the decrease: the current depression of European nuclear business and the fusion of nuclear vendors.

There is an article on the Finnish exhibitors at ENC 2002 in this journal. The Finnish companies and organisations Fortum, Platom, TVO, TVO Nuclear Services and VTT were all at the same Finnish stand. We all found this very positive. The location of our stand at the utmost corner of the exhibition hall filtered only the seriously interested one down to our stand. Due to these visitors and the new contacts created, our participation to the ENC exhibition was not in vain.

*Finland and Finns had a new role at the ENC. Traditionally, we have been the silent ones, the listeners, the apprentices. At present, we are considered as the forerunners and as the good example to the rest of the nuclear community. The audiences listen to our contributions in the panels and seminars. Yet, we are not the *ëbesserwissersí* telling others how to behave. We are still the realists remembering the fact that our contribution to nuclear energy generated is around one percent and our contribution to the population of this planet is less than one per mille.*

*Our new role is also a possibility for us. It is a possibility to market our know-how. To do those things that many of the *ëtruel* scientists at least in my home organisation still consider as the utmost waste of time. However, the fact is that nowadays even the world class research has to be marketed. No one will bother to come here to the utmost northern cold to search us hiding behind our computers and experimental devices.*



The Land of Hope and Glory

ATS Atlantintakana

ATS:n opintomatka Pohjois-Amerikkaan 14. - 24.10.2002



Suomalaisen ydintekniikan ammattilaisen ei tarvitse lähteä reissuun, edes Amerikkaan, hattu kourassa ja suu auki suuren maailman ihmeitä hämmästelemään. Ydintekniikan mahtimaissa on toki suuret elkeet ja budjetit, mutta ydinenergian tuotantoon liittyvät perusasiat meillä osataan vähintään yhtä hyvin. ATS:n perustajajäseniin kuuluva Olavi Vapaavuori kiteytti asian hyvin: usein tärkeintä mitä lyhyellä matkalla voi oppia on se, että Suomessa monet asiat hoidetaan paljon muita paremmin. “Lähde pois, jotta voit palata takaisin kotiin”, kuuluu kulunut sanonta. Tämä on kuvaus ATS:n opintomatkasta vastakohtien maahan.



Kanadan ATS:n puheenjohtaja Ian Wilson luovuttaa seurojemme välisiä vahvoja suhteita symboloivan Inukshuk-hahmon ATS:lle.

Pohjois-Amerikka on ihanteellinen kohde ydintekniselle matkailulle. Yhdysvaltojen puolelta löytyy yli sata voimalaa, lukemattomia huipputason tutkimuskeskuksia ja alaa opettavia yliopistoja. Paikoissa nimeltä Argonne, Los Alamos ja MIT on kirjoitettu ja tullaan kirjoittamaan ydinfysiikan historiaa vielä pitkään. Kanadan puolella on mahdollisuus tutustua polttoainekierron alkupäähän ja raskasvesitekologiaan.

Kiitospäivän illallinen

ATS:n kymmenpäiväinen opintomatka käynnistyi Torontosta, joka on neljällä miljoonalla asukkaallaan Kanadan suurin kaupunki. Toronton maamerkinä on 553 metrin korkeuteen kohoava CN Tower, maailman korkein vapaasti seisova rakennus. Torontossa päämajaansa pitää myös Kanadan sisarseuramme Canadian Nuclear Society (CNS), joka osallistui sihteerinsä Benjamin Roubenin johdolla aktiivisesti vierailukohdeiden järjestämiseen.

CNS osoitti matkalaisille vieraanvaraisuutensa juhllisella illallisella Toronton keskustassa heti saapumispäivänämme. Päivällistä isännöi seuran puheenjohtaja Ian Wilson. Isäntien puolesta paikalla oli edustajia useista CNS:n osastoista eri puolilta Kanadaa. On erittäin arvostettavaa, että näin moni henkilö oli asettanut ATS:n vierailun

etusijalle kanadalaisille tärkeän juhlapyhän, kiitospäivän iltana.

Deuteriumia ja tritiumia

Kanadan väestö ja teollisuus on keskittynyt valtaosin kapealle kaistaleelle Yhdysvaltain rajan tuntumaan. Maan 22:a raskasvesihidasteisesta CANDU-reaktorista 20 sijaitsee Ontarion provinssissa alle 150 kilometrin etäisyydellä Torontosta. Ydinvoiman osuus maan sähköntuotannosta on noin 15 % vesivoiman ollessa dominoiva yli 60 %:n osuudella.

Sähkömarkkinat ovat avautumassa vapaalle kilpailulle myös Kanadassa. Mittavat modernisointiprojektit yhteensä 8 reaktorilla Pickeringin ja Brucein laitoksilla antavat ymmärtää, että ydinvoimateollisuus pitää liberalisointia mahdollisuutena eikä uhkana.

Matkan ensimmäisen teknisen vierailun kohteena oli Ontario Power Generationin CANDU-laitos Darlingtonissa, 70 km Torontosta itään. CANDUissa käytettävä Atomic Energy of Canada Ltd:n (AECL) painevesireaktoritekologia on ainutlaatuista, koska siinä hidastimena ja jäähdytteenä käytetään raskasvettä. Raskasveden käyttö mahdollistaa luonnonuraanin käytön polttoaineena suoraan ilman hankalaa väkevöintiprosessia. Kanada onkin runsaine uraanivaroinen yksi harvoista ydinenergian tuotannon suhteen omavaraisista maista.

Darlingtonin voimalaitospaikan kupeessa Claringtonissa saattaa lähivuosina käynnistyä kansainvälisen ITER-fuusioreaktorin rakentaminen. Iter Canada -niminen yhteistyöorganisaatio markkinoi Darlingtonia kilpailussa eri puolilla maailmaa sijaitsevien kandidaattipaikkojen välillä. CANDU-vierailun yhteydessä ATS:n delegaatiolle kerrottiin kansalaisten myönteisen suhtautumisen, Toronton metropolin läheisyyden ja Darlingtonin laitokselta helposti saatavissa olevan tritiumin puoltavan Claringtonin valintaa 12 miljardin dollarin projektin sijoituspaikaksi. Yhdysvaltojen palaamista rahamasseineen ITER-projektiin ei koettu Iter Canadian puolelta ratkaisevaksi kysymykseksi Claringtonin valinnan kannalta.

Opintomatkan Kanadan puoleisen osuuden päätti vierailu Camecon konversiolaitoksella idyllisessä Port Hopenin pikkukaupungissa.

Historian siipien havinaa

Yhdysvaltain puolella ensimmäinen pysähdys tapahtui Chicagossa. Michiganjärven rannalle levittäytyvä kolmen miljoonan ihmisen "The Windy City" on kuin koko Yhdysvallat pienoiskoossa; kaupungin loisteli-aasta keskustasta on vain kivenheitto ränsistyneisiin, rikollisuudessa rehottaviin slummeihin.

Yhdysvalloissa Department of Energy (DOE) energiatekniikan tutkimus on keskitetty lähinnä kansallisille laboratorioille, joita yliopistojen muodostamat konsortiot ylläpitävät. Energiatekniikan kehityksellä on ollut suora yhteys sotateollisuuteen, joten monilla kansallisilla laboratorioilla on kylmän metallinen kaiku nimessään.

Argonne National Laboratory (ANL) Chicagon kupeessa on yksi alan ehdottomista kulttipaikoista. ANL:a operoi University of Chicago, jonka kampuksella sijainneella squash-kentällä käynnistettiin 2. joulukuuta 1942 Enrico Fermi johdolla ensimmäinen ydinreaktori, Chicago Pile 1.

Argonne National Laboratoryn rooli erityisesti kiehumisvesilaitosten tekniikan kehittämässä 1950- ja 60-luvuilla on vertaansa vailla koko maailmassa. ANL:n alueella törrötti useita tyhjänä rapistuvia puolipalloja; suojarakennuksia, joissa aikanaan oli joku lukuisista ANL:n koereaktoreista. Nykyisin tutkimuksen painopiste Argonnessa on ydinturvallisuuskysymyksissä, jätehuollossa ja edistyneiden ydinteknisten järjestelmien kehittämisessä.



Pienoismalli Stagg Fieldin jalkapallostadionin alla sijainneesta CP-1 -grafiittimilusta.

Chicagon lähellä ohjelmaan kuului myös toinen kansallinen tutkimuslaboratorio - National Accelerator Laboratory eli tutummin Fermilab. Fermilab on CERNiin verrattavissa oleva alkeishiukkasfysiikan tutkimuskeskus, jonka viimeisimpänä huippusaavutuksena on massaltaan kulta-atomin kokoisen top-kvarkin löytäminen 1995. Top-kvarkki löydettiin Fermilabin Tevatronilla, tehokkaimmalla käytössä olevalla hiukaskanuunalla. Miellyttävänä yllätyk-

senä Fermilabissa oli nuoren suomalaisen insinööriopiskelijan, Hannu Koutaniemen tapaaminen.

Fermistä toiseen

Chicagosta matka jatkui Detroitiin, General Motorsin ja valtavien terästehtaiden katveeseen syntyneeseen teollisuuskaupunkiin. Matkalla Detroitin keskustasta voimalaitosvierailulle Detroit Edisonin kiehtusvesilai-

tokselle oli mielenkiintoista kuunnella linja-autonkuljettajamme näkemyksiä alueen saavuttiiputeollisuudesta ja ydinvoimasta. Paikallinen asukas esitteli innokkaasti teräs- ja autotehtaita, mutta oli kauhuissaan vaaralliselle ydinvoimala-alueelle menemisestä. Kenen leipää syöt, sen lauluja laulat, sanotaan.

Fermi-2 laitos on General Electricin toimittama BWR/3 -tyypin voimala, jota amerikkalaiseen tyyliin rakennettiin pitkälti toistakymmentä vuotta. Viivästyneen käyttöönoton takia investoinnista maksetut korot ylittivät itse investoinnin arvon reilusti. Vennyneiden lainakuoletusten, huonojen käytökertoimien ja tempoilevan energiapolitiikan takia ydinvoimalat ovat olleet Yhdysvalloissa voimayhtiöille lähinnä taloudellisia murheenkryynejä aivan viime aikoihin saakka.

Fermi-2 -laitos ei ole säästynyt epäonnen takaan. Jouluaattona 1993 laitoksen matalapaineturbiinista irtosi siipi, joka sinkoutui terässuojakuoren läpi turbiinihalliin. Laitos käynnistettiin korjausten jälkeen vuonna 1995.

Kovaa peliä Bostonissa

Pitkän kiertueen päätti neljän päivän jakso Bostonissa. Olemukseltaan Boston muistuttaa paljon eurooppalaisia suurkaupunkeja, ja tuntui siten varsin kodikkaalta. Eurooppalainen leima ei ole ihme, kun muistaa, että juuri Massachusettsissa on paljon englantii-



Alcator-tokamakin päävalvomo matkalaisten syynissä.



Ekskursioshteeri maireana Fermi-2 -laitoksen simulaattorilla.

laisten ja irlantilaisten siirtolaisten jälkeläisiä.

Aivan Bostonin kupeessa Cambridgessa sijaitsee Massachusetts Institute of Technology (MIT) kampusalue. MIT on johtava korkeakoulu maailmassa monilla tekniikan aloilla, ja pystyy jo pelkällä nimellään houkuttelemaan kirjoihinsa lahjakkaita opiskelijoita ympäri maailman. MIT:n tutkimuksen korkean suhteellisen tason selittää osittain myös se, että koulun opiskelijoista kaksi kolmasosaa on väitöskirjojaan väänsäviä jatko-opiskelijoita.

MIT:ssa matkalaisille esiteltiin ydintekniikan laitoksen monista aihealueista tarkemmin korkean lämpötilan reaktorien tutkimus, käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen liittyvä tutkimus ja boori-neutroni kaappausterapia (BNCT). Näistä kahdella jälkimmäisellä Suomessa on vankka osaaminen, jonka myös isännät kohteliaasti tunnustivat. BNCT-laboratoriokäynnin lisäksi ryhmämme pääsi vierailemaan MIT:n plasma- ja fuusiolaboratorion Alcator C-Mod -tokamakilla.

Viimeisenä vierailupäivänä ATS:n delegaatio sai nauttia Westinghousen vieraanvaraisuudesta. Tunnin matkan päässä Bostonista pohjoiseen sijaitsee Seabrookin painevesilaitos. Laitosalueella aloitettiin kahden

yksikön rakentaminen 1970-luvun puolessa välissä, mutta vain toinen laitoksista saatiin valmiiksi. Kesken jääneen kakkosyksikön suojarakennus seisoo ruosteisena valmiin yksikön vieressä, ja palvelee ainoastaan monumenttina hankkeen keskeytyksen takana olleelle poliittiselle pelille.

Sokerina pohjalla oli käynti Westinghousen komponenttitehtaalla Seabrookin laitoksen lähellä. ABB Atomin kanssa brittiläiseen BNFL:iin fuusioituneen reaktorinvalmistajan pajalta New Hampshiresta lähtee Korean niemimaalle, sekä pohjoiseen että etelään, PWR:n paineastian sisuskaluja ja pääkiertopumppuja.

Vähän toivoa, ei yhtään loistoa

Ydinvoiman tilanteesta erityisesti Yhdysvalloissa jäi reissun perusteella varsin aneeminen kuva. Maan sadasta reaktorista revittää modernisointien ja toiminnan tehostamisen jälkeen irti kaikki mitä saadaan, joten ilman uusia laitoshankkeita ydinsähkön tuotannossa saavutetaan maksimi hyvin pian. Energiayhtiöistä ainakin Exelon ja Dominion ovat aikeissa hakea NRC:ltä lisensiointia laitospaikalle, joten uusi projekti voisi pyörähtää käyntiin jenkeissä muutaman vuoden kuluttua. Mitään riemukiljahduksia

ei tämän asian johdosta kuitenkaan ollut kuultavissa.

Isäntien kanssa käydyt keskustelut kääntyivät lähes poikkeuksetta Teollisuuden Voiman FIN-5 -hankkeeseen. Suomessa vallitsevaa konsensusta jaksettiin äimistellä lähes joka taholta. Suomen uiminen eurooppalaisittain vastavirtaan koettiin toivoa herättäväksi, varsinkin kun meillä päätöksenteko asiassa on hyvin demokraattinen ja valvova viranomaisen maailman huipputasoa. Jenkeillä on ydinvoiman profiilin kohottamisessa vielä kivinen tie edessään, sillä niin sekaisin pakka siellä on esimerkiksi jätehuollon suhteen. Ydinvoimasta on amerikkalaisten rakastama glamour kaukana.

Reissun parasta antia olivat vierailut Argonnassa ja MIT:ssä ja kaikki Kanadan puolella tehdyt vierailut. Laboratorioiden nuoret tutkijat osoittavat innostuksellaan, että uskoa alan tulevaisuuteen löytyy.

Suunnitteluinsinööri
Kai Salminen,
Fortum Nuclear Services Oy,
puh. 010 453 3093
kai.salminen@fortum.com



Ydinvoimakomponenttien valmistaja uudistumassa

Tutustumiskäynnin isäntinä tällä vanhalla Combustion Engineeringin tehtaalla toimivat varatoimintusjohtaja Richards E. Gerwels ja QA-päällikkö Richard A. Brillon.

Vierailuhetkellä oli työn alla Etelä-Korean toimituksia. Tilaukset tehtaalle tulevat pääpaikan BFNL /ABB CENO:n (Combustion Engineering Nuclear Operations, Windsor / Connecticut) kautta.

Tehdas on keskittynyt reaktorin sisäosien, säätösauvakoneistojen ja pääkiertopumppujen valmistukseen noin 150 henkilön resursseilla.

Tehtaalla on osaamista ruostumattomista ja runsasseosteisistä teräksistä valmistetuista komponenteista 40 vuoden ajalta. Komponenttivalmistus toteutetaan ASME Code Section III, Division I ja III valmistusmääräysten ja QA -ohjelman mukaisesti.

Tehtaalle on myönnetty valtuutukset N, NPT, NA, NS ja N3 -sertifikaatin mukaiseen komponenttivalmistukseen. ISO 9002 mukaista sertifikaattia on tarkoitus hakea tulevana vuonna. Tehdas pystyy toimittamaan komponentteja sekä metriettä tuumapohjaisilla suunnitelmillä.

Tehtaan tason II ja III tarkastushenkilökunta on pätevyty perinteiseen amerikkalaiseen tapaan SNT-TC-1A vaatimusten mukaan sekä vastaavasti hitsaushenkilöstö ja hitsausohjeet on pätevyty ASME Code Section III ja IX valmistus- ja hitsausmääräysten mukaisesti.

Tehdas uudistumassa

Tehtaalla on meneillään laajat toimitus- ja tehdastilojen laajennukset sekä 8 milj.\$ satsaukset tuotantoprosessin ja -kaluston kehittämiseksi kolmen vuoden aikana.

Uudistukset kohdistuvat pääasiassa raskaiden kappaleiden koneistuksiköiden hankintaan, vanhojen tuotantokoneiden modernisointiin sekä hitsauskaluston täydelliseen uusimiseen.

Henkilökunnan ikääntymiseen on havahduttu ja ammattitaidon ylläpitoon on valmistauduttu etukäteen. Uusia ja nuoria valmistuksen ammattilaisia rekrytoidaan jatkuvasti. Kokeneiden osaajien ja asiantuntijoiden työpanosta käytetään uusien tulokkaiden perehdytykseen ja koulutukseen. Ammattiyhdistyksen ja tehtaan johdon keskusteluvälit ovat kunnossa ammattiyhdistyksen edustajan lausunnon mukaan.

Pääkiertopumppuvalmistus

Pääkiertopumpun valmistus tapahtuu yhteistyössä KSB:n kanssa. Vierailun aikana nähtiin ferriittinen moottorijalkarakenne ja pinnoitehitaussuunnitelmassa ollut pumpun taottu ferriittinen runko, joka tulee japanilaiselta toimittajalta. Tehtaalla rungon sisäpintaan hitsataan jauhekaarinauhahitaussuunnitelmalla yksikerroksinen ruostumaton pinnoite, jonka pinta koneistetaan ja viimeistellään.

Pääkiertopumppukokoonpano kootaan hallissa ja Korean toimitukseen kuuluvat 15 h käyttökoe (virtauskokeet) ja 50 h koeikäyttö (laakerit, tiivisteet) tehdään koealuissa täysin instrumentoituna todellisilla käyttöparametreillä, jonka jälkeen pumppu puretaan toimitusta varten.

Reaktorin sisäosien valmistus

Vierailun aikana nähtiin polttoaineen tukikorin pohjalevyä koneistettavan ja sisärakenteita hitsattavan jigissä. Sisäosien lieriörakenteita ja heidän kokoonpanotilajaan emme nähneet.

Yllättävän paljon vielä käytetään sisäosien rakenteissa käsinhitausta. Vetelyjen hallintaan hitaustuksessa on selkeästi panostettu käyttämällä jigejä ja hakemalla oikeat hitausjärjestykset ja -askellukset. Avausten puhtautta näytettiin valvovan visuaalisin ja tunkeumanestetarkastuksin ja esimerkkikohteesta avattavia vikoja näytti löytyneen suhteellisen runsaasti.

Säätösauvakoneistojen valmistus

Säätösauvakoneistojen ja -moottorien valmistus vaatii tarkkuuskoneistusta ja hyvää mittauskalustoa sekä osaavaa henkilöstöä. Tehtaalla on asianmukaiset kontrolloidut mittauslaitteet, mittauspöydät, 3D mittauslaitteet ja muu asianmukainen mittauskalusto.

Nähtyjen osavalmisteiden ja mittalaitteiden ja mittaustilojen perusteella tarkkuuskomponenttien valmistukseen on paneuduttu huolella. Kokoonpano edellyttää myös henkilöstön osaamista, huolellisuutta ja kunnan puhdasasennustiloja, joita ei näytetty vierailun aikana.

Vaikutelma tehtaan toimintakyvystä

Tehtaalla on selvästi ymmärretty tarpeet tuotantoprosessin ja -kaluston kehittämiseksi ja kehitystoimenpiteet on käynnistetty. Lyhyen vierailun aikana ei nähty kokoonpanoon varattuja tehdastiloja.

Tehdas on kehittymässä asianmukaiseen suuntaan. Sertifikaatit ja valtuutukset eivät yksin riitä. Tiukka auditointi ja tehtaan todellisiin toimintatapoihin paneutuminen on välttämätöntä. Nykyiset valmistuksenaikaiset, ASME Code Section III mukaiset, ainetta rikkomattomat tarkastusmenetelmät ja -tekniikat tuskin sellaiseen tyydyttävät tilaajaa.

Vaikutelmani mukaan tilaajan tiukkojen valvontatoimien alla tehdas voisi onnistua komponenttitoimituksissa.

Tehtaan internet sivu löytyy osoitteesta:
<http://www.westinghouse.com/B3d.asp>

Darlingtonin Candu-laitos

Clarington tarjolla Iterin sijoituspaikaksi



Tiistai 15.10. oli Pohjois-Amerikan ekskursiomme ensimmäinen vierailupäivä, ja sen vietimme Kanadassa, Claringtonin kaupungin läheisyydessä, Ontario-järven rannalla noin 70 km Torontosta itään. Päivän ohjelmaan kuului vierailu Ontario Power Generationin CANDU-laitoksella, esitelmä käytetyn polttoaineen kuivavarastoinnista ja esitelmä ITER-fuusioreaktorista.

Vierailumme alkoi vierailukeskuksesta, jossa meidät toivotettiin lämpimästi tervetulleiksi. Vierailukeskukseen tutustumisen jälkeen teimme vielä laitosvierailun.

Vierailun alussa Gregory Smith (Senior Vice President) kertoi laitoksestaan. Suurin ero CANDU -laitoksessa verrattuna Suomessa käytössä oleviin ydinvoimalaitoksiin (reaktorin rakenteen lisäksi) on päivittäin tapahtuva polttoaineen vaihto. Käynnissä olevaan laitokseen vaihdetaan päivittäin 16 kappaletta uusia polttoainenuppuja. Koska

laitoksia on neljä, käytettyjä polttoainenuppuja syntyy 64 kappaletta päivässä (polttoainenuppu tosin oli pituudeltaan vain 495 mm).

Smith kertoi olevansa hyvin otettu siitä, miten korkeita ovat Suomen ydinvoimalaitosten käyttöasteet. Hän kertoi myös ihailevansa ja kummastelevansa sitä, miten lyhyessä ajassa suomalaiset onnistuvat tekemään vuosihuollon.

Lisätietoja löytyy osoitteesta www.opg.com

Käytetyn polttoaineen kuivavarastointi

Aiheesta piti meille esitelmän Kurt Johansen (Manager, Environmental Assessment Nuclear Waste Management Division). Käytetty polttoaine on tällä hetkellä laitoksella varastoituna reaktorihallin altaissa. Johansen arvioi, että altaat tulevat täyttymään aikaisintaan vuonna 2009, mutta viimeistään vuonna 2011. Tämän pohjalta on laskettu, että tila ja menetelmät kuivavarastointiin on oltava valmiina ja itse varastointi on aloitettava ennen vuotta 2009.

Tarkoituksena on rakentaa kuivavarasto laitoksen välittömään läheisyyteen. Kuivavarastoon tultaneen varastoimaan kaikki 40 vuoden aikana Darlingtonissa syntyvä käytetty polttoaine. Kuivavarastoinnin periaate kaikessa yksinkertaisuudessaan on seuraava:

- käytetty polttoaine siirretään ensin vedellä konttiin ja päälle asennetaan kansi
- suljettu kontti nostetaan pois altaasta ja siihen jäänyt vesi poistetaan
- kontti kuivatetaan, tuuletetaan ja juokutusreiät tukitaan
- kontti siirretään erikoisajoneuvolla konttien käsittelytilaan, jossa kannen lukitus varmistetaan vielä hitsaamalla se kiinni
- kontti kuivatetaan vielä uudelleen, täytetään heliumilla ja sille tehdään vuototesti
- kontti siirretään erikoisajoneuvolla lopulliseen kuivavarastoon
- kuivavarastossa monitoroidaan jatkuvasti konttien tilaa ja ympäristön olosuhteita.

Darlington Nuclear Power Plant		
Location	Municipality of Clarington	
Owner, operator	Ontario Power Generation	
Designers	Ontario Hydro	
Numbers of units	Four	
Rated output per unit	Generator output	935 MW(e)
	Self-consumption	54 MW(e)
	Net electrical	881 MW(e)
Overall net efficiency	31,7 %	
Fuel	Natural Uranium Dioxide pellets (UO ₂)	
Moderator	Deuterium Oxide (D ₂ O-heavy water)	
Coolant	Pressurized heavy water	
Type	Horizontal pressure tube	
Construction	Start of construction late 1977	
In service dates	Unit 1	October 1992
	Unit 2	October 1990
	Unit 3	February 1993
	Unit 4	June 1993



Darlingtonissa Suhdetoimintajohtaja Katherine Moshonas kuvattiin mahdollinen ITER-fuusioreaktorin sijoituspaikkakartta taustana.

Kuivavarastoinnissa käytettävät kontit on suunniteltu ja testattu kestävämmän vähintään 50 vuotta, mutta isäntämme oli vakuuttunut siitä, että varastointiaika voi olla tätäkin pitempi.

Edellä kuvattu kuivavarastointi ei siis missään tapauksessa ole käytetyn polttoaineen loppusijoitusta, vaan kyseessä on ennemminkin järjestely, jolla lopullisen ratkaisun tekemiseen ja löytämiseen saadaan lisä-

aikaa. Asian voi kääntää myös toisinpäin ja miettiä, miten paljon tekniikka on kehittynyt viimeisen 50 vuoden kuluessa, ja vain arvailla, miten tekniikka tulee kehittymään seuraavien 50 vuoden aikana.

Lisätietoja löytyy osoitteesta
www.opg.com/DarIEA

ITER-fuusioreaktorista

Tästä aiheesta meille piti esitelmän Katherine Moshonas (Director, Regulatory Affairs). Fuusioreaktorin rakennuspaikkaa ei ole vielä valittu. Rakennuspaikkavaihtoehtoja on olemassa neljä: Clarington Kanadasa, Cadarache Ranskassa, Vandellos Espanjassa ja Rokkashomura Japanissa.

Moshonas piti meille pitkän ja perusteellisen esityksen siitä, miksi fuusioreaktori pitäisi rakentaa nimenomaan Kanadaan. Ensimmäinen paikka on hänen mielestään keskeinen sijainti maailmassa. Toiseksi tulevilla työntekijöillä on mahdollisuus valita asuinpaikka joko maaseudulta tai kaupungista (Torontoon vain 70 km), hyvät kulkuyhteydet (auto, juna ja bussi) sekä lapsille

hyvät koulutusmahdollisuudet. Kolmanneksi korkeasti koulutettuja työntekijöitä on helposti saatavilla, koska Kanada on koko maailman tuotekehityksen keskus.

Ensimmäisen ekskursion päivän päätteeksi kävimme tutustumassa vielä ehdotettuun rakennuspaikkaan, joka sijaitsee voimalaitoksen välittömässä läheisyydessä.

Lisätietoja löytyy osoitteesta
www.info@itercanada.com/



Käytetyn polttoaineen kuivavarasto.

Projekti-insinööri
Seppo Hyvärinen,
Teollisuuden Voima Oy,
puh. 02 8381 4315,
seppo.hyvarinen@tvo.fi



Vierailu Camecon uraanikonversiolaitoksella

Keskiviikkona 16.10. ATS:n Pohjois-Amerikan ekskursiolla oli ohjelmassa vierailu Camecon uraanikonversiolaitoksella Port Hopessa, Kanadassa. Port Hope sijaitsee noin 100 km Torontosta koilliseen Ontario-järven rannalla. Camecon Port Hopen tehdasalueella on uraanidioksidin sekä uraaniheksafluoridin tuotantolaitokset, joihin molempiin käytiin myös tutustumassa.



Camecon Robert Marshall saa ATS:n viirin.

Saavuttuamme keskiviikkoamuna Camecon tehdasalueelle ja päästyämme sisään hallintorakennukseen turvatarkastusten läpi, meitä oli vastassa Camecon markkinointipäällikkö Robert Marshall, konversiolaitoksen varatoimitusjohtaja Robert Steane ja tuotantopäällikkö Tim Kennedy. Lämpimien tervetuloitovtusten jälkeen Robert Steane piti meille esityksen Camecon liiketoiminnasta sekä kertoi Port Hopen laitospaikan historiasta sekä nykyisen konversiolaitoksen toiminnasta.

Camecon ydinliiketoimintaa ovat uraanimalmin etsintä, kaivostoiminta, uraanimalmin rikastus ja konversio uraanidioksidiksi (UO_2) ja uraaniheksafluoridiksi (UF_6). Eli

käytännössä yhtiöllä on toimintaa polttoainekierron alusta eli kaivostoiminnasta aina konversioon asti. Uraanikaivoksia yhtiöllä on kolme kappaletta Kanadassa, Saskatchewanin provinssissa, sekä kaksi kaivosta Yhdysvalloissa, Nebraskassa ja Wyomingissa. Kaksi Kanadan kaivoksista on yhteisomistuksessa Camecon ja ranskalaisen Cogeman kanssa. Vuonna 2001 Camecon osuus kaivosten vuotuisesta tuotannosta oli noin 8500 tonnia rikastettua uraanimalmia (U_3O_8). Määrä vastaa noin neljäkymmenen 1000MWe kevytvesireaktorin vuotuisia polttoaineen tarvetta ja 20% osuutta maailman rikastetun uraanimalmin tuotannosta, tehden Camecosta maailman suurimman

uraanin tuottajan. Rikastetun uraanimalmin konversio tapahtuu Kanadassa, Ontarion provinssissa, Port Hopen ja Blind Riverin tuotantolaitoksilla. Yhtiön tuotteina ovat siis rikastettu uraanimalmi U_3O_8 eli ns. "yellow cake", väkeväimätön UO_2 -pulveri ja UF_6 . Väkeväimätön UO_2 menee Kanadalaisten CANDU-reaktoreiden polttoaineeksi sekä heijastinpolttoaineeksi kevytvesireaktoreihin. CANDU on siis Kanadalaisten suunnittelema raskasvesireaktori, jossa pystytään käyttämään polttoaineena väkeväimätöntä uraania. UF_6 on taas välituote kevytvesireaktoreiden polttoainekierrrossa ja se menee edelleen väkevöintiin, jossa uraanin fissiiliä isotooppia rikastetaan. Väkevöinnin jälkeen

uraani kuljetetaan polttoainetehtaalle, jossa siitä syntyy lopulta kevytvesireaktorin polttoainenuppu. Camecolla tuotetun uraanin ostavat ydinvoimayhtiöt, jotka voivat ostaa Camecolta joko pelkästään rikastetun malmin tai malmin ja konversiopalvelut. Mielienkiintoisena yksityiskohtana mainittakoon, että myös TVO on Camecon asiakas. Siis osa Port Hopen konversiolaitoksella tuotetusta UF₆:sta päättyy lopulta myös TVO:lle Olkiluotoon. Uraanin kaivostoinnin ja konversion lisäksi yhtiö omistaa myös osuuksia kultakaivoksesta ja ydinvoimayhtiöstä. Cameco omistaa kolmanneksen Kirgisiassa toimivasta Kumtorin kultakaivoksesta, joka tuottaa 23 tonnia kultaa vuodessa. Cameco omistaa myös 15% Bruce Power voimayhtiöstä, joka operoi neljää CANDU-laitosyksikköä Ontarion provinssissa Kanadassa. Laitosyksiköt ovat yhteis-teholtaan 3140MWe. Erityisen ylpeitä Camecolla oltiin Port Hopen laitoksen erittäin pienistä työtapaturomatiloista sekä ISO 14001 ympäristösertifikaatista. Cameco on panostanut myös paljon suhdetoimintaan paikallisen väestön kanssa. Esimerkiksi yhtiön Kanadan kaivostoinnilla on 69% kannatus paikallisen väestön keskuudessa.

Yhtiön toiminta Port Hopessa alkoi jo vuonna 1932 radiumin tuotannolla. Radiumia käytettiin tuolloin yleisesti lääkkeenä esimerkiksi syövän hoidossa. Tällöin uraani oli vain tuotantoprosessin sivutuote. Varsinainen uraanin jalostus suuremmassa mittakaavassa alkoi paikalla vuonna 1942 Manhattan projektia varten. Port Hopella on täten erittäin pitkä historia uraanin tuotannossa. UO₂-pulverin valmistus CANDU-laitosten polttoaineeksi aloitettiin vuonna 1962 ja UF₆:n tuotanto on aloitettu vuonna 1970. Nykyisin toiminnassa olevat UO₂- ja UF₆-tuotantolaitokset ovat valmistuneet vuosina 1980 ja 1984. Työntekijöitä Port Hopessa on kaiken kaikkiaan 270, joista 22 tekee tutkimusta ja prosessinkehitystä. Molempien toiminnassa olevien tuotantolaitosten raaka-aineena on uraanitrioksidi (UO₃), joka tuotetaan yhtiön Blind Riverin tuotantolaitoksella rikastetusta uraanimalmista.

Robert Steanen esityksen jälkeen pukeuduttiin suojavaatteisiin ja lähdettiin laitospöytäkirjoille tutustumaan UO₂- ja UF₆-tuotantoprosesseihin. Laitospöytäkirjojen veti tuotantopäällikkönä toimiva Tim Kennedy. Ensimmäisenä kohteena oli UO₂-tuotantolaitos, jossa tuotetaan väkevöimätöntä UO₂-pulveria. Laitos on lisensoitu 2800 tonnille UO₂:ta ja se tuottaa kaiken Kana-

dan CANDU-reaktoreissa käytettävän UO₂-polttoaineen. Laitos toimii ympäri vuorokauden kuutena päivänä viikossa, 11 kuukautta vuodessa. Prosessin raaka-aine UO₃ liuotetaan ensin typpihappoon, jolloin tuloksena syntyy uranylinitraattia. Uranylinitraatti erkautetaan ammoniakkiuoksella ja tuloksena saadaan liete, joka koostuu ammoniumdiuranaattista (ADU) ja ammoniumnitraattista. ADU erotetaan lietteestä sentrifugilla. Lietteestä jäänyt ammoniumnitraatti on sivutuote, joka myydään edelleen lannoitteena. Isäntien mukaan näin syntyvä lannoite sisältää vähemmän raskasmetalleja ja radionuklideja, kuin tavanomaisessa teollisessa prosessissa tuotettava ammoniumnitraattilannoite. Erotuksen jälkeen ADU kuvataan jatkuvatoimisessa hyllykuivurissa ja pelkistetään vedyllä kiertouuneissa, jolloin tuloksena saadaan hienojakoista UO₂-pulveria, joka sopii keraamisten polttoainepellettien valmistukseen. UO₂-pulveri pakataan 205 litran tynnyreihin ja kuljetetaan Port Hopesta polttoainetehtaalle, jossa se puretaan ja sintrataan CANDU-polttoainepelleteiksi tai heijastuspolttoaineeksi kevytvesireaktoreihin.

Suuraavana kierroksella tutustuttiin UF₆-tuotantolaitokseen, joka oli huomattavasti suurempi ja monimutkaisempi laitos kuin edellinen UO₂-tuotantolaitos. Laitospöytäkirjoilla käytiin ensin ihmettelemässä koulutustarkoitukseen käytettävää laitoksen pienoismallia, joka kuvasi laitosta putken tarkkuudella. Pienoismalli antoi käsitystä laitoksen ja prosessin monimutkaisuudesta ja hämmästyttävästä määrästä putkea. Kierroksella päästiin vierailemaan myös tuotantolaitoksen valvomossa. Laitos on lisensoitu 12500 tonnille UF₆ tuotannolle ja sen tuotanto vastaa 20% osuutta länsimaissa tuotetusta UF₆:sta. Laitoksen tuotantoprosessi on käynnissä vuorokauden ympäri 11 kuukauden ajan vuodessa. Kesällä laitos on kuukauden ajan huoltoseisokissa.

UF₆-tuotantolaitos käyttää raaka-ainettaan UO₃:a, kuten UO₂-laitoskin. Prosessin ensimmäisessä vaiheessa UO₃ pulverisoidaan ja pelkistetään vedyllä UO₂:ksi. Tässä prosessissa syntynyt UO₂-pulveri on ominaisuuksiltaan erilaista, kuin UO₂-laitoksella valmistettu ja se ei sovellu keraamisten pellettien valmistamiseen. UO₂-pulveri syötetään reaktoriin, jossa se sekoittuu fluorivetyhappoon eli fluorivedyn vesiliuokseen (HF*H₂O) ja puhtaaseen fluorivetyyn (HF). UO₂ reagoi fluorivetyhapon ja fluorivedyn kanssa ja muodostaa uraanitetrafluoridi-lie-

tettä. UF₄-liete kuivataan rumpukuivaimissa, joissa lietteestä saadaan erotettua suurin osa vedestä. Loput vedestä saadaan poistettua kalsinointiuuneissa 450°C lämpötilassa. Kuivauksen jälkeen UF₄ johdetaan liekki-reaktoreihin, joissa sen annetaan reagoida fluorikaasun kanssa. Liekkireaktoreissa syntynyt UF₆-kaasu erotetaan reagoimattomista ainesosista antamalla sen jähmettyä vedellä ja glykolilla jäädytettynsä säiliöön. Säiliöitä on kaiken kaikkiaan kolme ja aina yhden säiliön tullessa täyteen aletaan täyttää toista. Täysi säiliö taas lämmitetään ja erotettu UF₆ ohjataan taas prosessiin. Erotettu UF₆ sisältää vielä reagoimatonta fluoria ja johdetaan siksi uudestaan ns. puhdistus liekkireaktoreihin, jossa sen annetaan reagoida UF₄:sen kanssa, jolloin loputkin fluorista saadaan reagoimaan. UF₆ erotetaan taas antamalla sen jähmettyä jäädytetyssä säiliössä. Säiliön tullessa täyteen puhdas UF₆ sulatetaan ja johdetaan 10 tai 14 tonnin kuljetusastioihin, joissa sen annetaan taas jäähtyä kiinteään olomuotoon. Jäähtymisen jälkeen kuljetusastiat lähtevät Port Hopesta Yhdysvaltoihin, Eurooppaan tai Japaniin väkevöintilaitokselle. Kaikki edellisissä prosesseissa reagoimaton aine johdetaan haponkeräyslaitteistoon, jossa siitä erotetaan kaikki fluori, antamalla sen reagoida veden kanssa, jolloin syntyy fluorivetyhappoa, joka johdetaan takaisin prosessiin. Myös prosessissa tarvittava fluori valmistetaan paikanpäällä fluorivedystä käyttämällä elektrolyysikenoja, jotka toimivat 12000A virralla.

Vierailu päättyi Camecon tarjoamaan maukkaaseen lounaaseen pienessä ravintolassa Port Hopessa. Lounaan jälkeen tapahtui tietysti perinteinen ATS:n viirin luovutus vierailun isännille. Vierailusta jäi kaiken kaikkiaan erittäin positiivinen kuva. Tuotantolaitokset olivat yllättävänkin siistejä ja hyvin hoidettuja, tosin niinhän sopii odottaakin laitokselta, joka käsittelee vaarallisia aineita, kuten fluorivetyä ja uraaniheksafluoridia.

■

DI Arttu Knuutila,
VTT Prosessit,
ydinenergia,
puh. 09 456 5049,
arttu.knuutila@vtt.fi



Argonne National laboratory

Argonnen kansallinen laboratorio on monialainen tutkimuslaitos, jonka omistaja ja rahoittaja on Yhdysvaltain energiaministeriö. Laboratorion toimintaa hoitaa Chicagon yliopisto. ATS:n ekskursionalaisille esiteltiin Argonnen toimintaa ydinenergian alalla. Lisäksi tutustuttiin MACE ja MCCI kokeiden suorituspaikkaan entisessä suojarakennuksessa sekä Advanced Photon Source koelaitteistoon.



Argonnen pienoismalli maailman ensimmäisestä ydinreaktorista.

Ketjureaktio uraanissa saatiin aikaan ensimmäisen kerran nollatehoreaktorissa CP-1 Chicagossa 1942. Pian tämän jälkeen CP-1 purettiin ja siirrettiin lähelle Argonnen laboratorion nykyistä sijaintipaikkaa Illinoisin osavaltiossa noin 40 km Chicagon keskustasta lounaaseen. Argonne perustettiin virallisesti 1946 Yhdysvaltain ensimmäiseksi kansalliseksi laboratorioksi. Vuonna 1948 Argonne nimettiin reaktoritutkimuksen johtavaksi laboratorioksi. Vuotta myöhemmin perustettiin Idahoan National Reactor Test Site, josta osa kuuluu nykyisin Argonnen laboratorioon nimellä Argonne-West, erotukseksi pääpaikasta, joka on Argonne-East. Argonnessa on rakennettu suuri joukko erilaisia koe- ja tutkimusreaktoreita.

Suuremmat ydinenergiaan liittyvät koelaitokset on sijoitettu Idahoan.

Argonne nykyisin

Argonne omistaa ja rahoittaa Yhdysvaltain energiaministeriö DOE. Laboratorion toimintaa hoitaa Chicagon yliopisto DOE:n toimeksiannosta. Vuosibudjetti on noin 500 M\$.

Henkilökuntaa on noin 4000 "ekvivalenttia kokopäivätoimista". Ydinenergian alueella henkilökuntaa sanottiin olevan noin 400 Illinoisissa ja 700 Idahossa. Lisäksi Argonnen laitteita käyttää vuosittain useita tuhansia vierailuvia tiedemiehiä.

Argonne on monialalaboratorio, jossa harjoitetaan sekä perus- että sovellettua tut-

kimusta. Edellisen pääalueet ovat fysiikka, materiaalitutkimus, biologia ja kemia ja jälkimmäisen ydinenergia, muu energiateknologia, bioteknologia ja ympäristötutkimus.

Vierailukohteellamme Argonne-East:lla on käytössään noin 700 hehtaarin alue, jolla on useita kymmeniä rakennuksia. Alueella on runsaasti metsää ja niittyjä ja siten myös villieläimiä, mm. peuroja ja hanhia, joista viimeksi mainittuja nähtiinkin.

Vierailun tapahtumat ja kohteet

Aluksi oli pakollinen passintarkastus. Muuten liikkuminen kohteilla oli kuitenkin yksinkertaisempaa kuin ydinvoimalaitoksilla, eli lähempänä yliopistokäytäntöä.

Argonnen yleisesittelyn ja Engineering Research alueen esittelyn suoritti pääsantamme tri. Walter Deitrich, Research Program Director, Engineering Research. Ydinenergian alueella tärkeimpiä ohjelmia ovat:

- edistyneen ja ydinaseiden leviämistä vastaan turvallisen polttoainetekniikan kehittäminen
- tulevaisuuden reaktorityyppien kehittäminen
- olemassa olevien reaktorien materiaali- ja turvallisuuskysymykset
- kansainvälinen ydinturvallisuus, esim. venäläisten reaktorityyppien turvallisuusanalyysit
- ydinaseiden leviämisen estämiseen ja valvontaan liittyvät asiat, esim. tutkimusreaktorien polttoaineen rikastusasteen alentaminen.

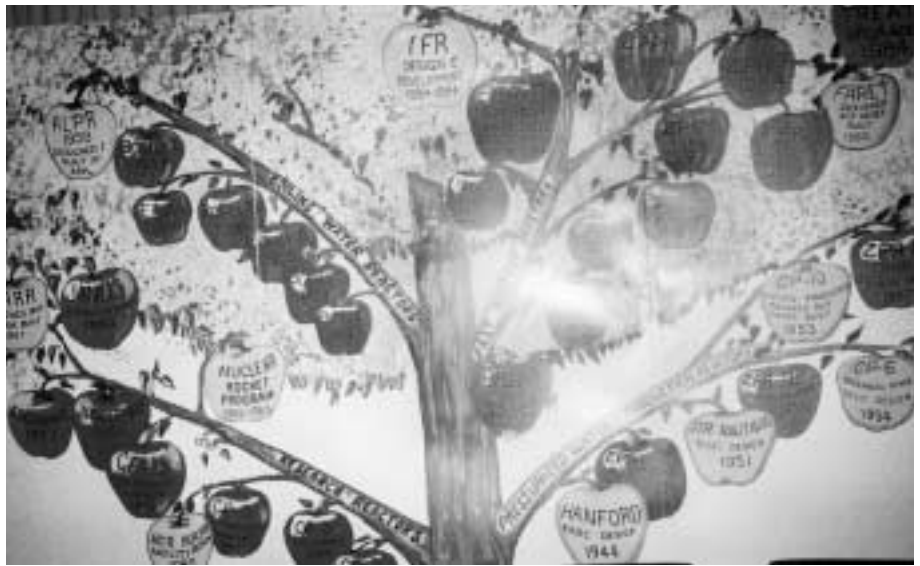
Tekoölyn sovellutuksia esitteli Thomas Wei, Manager, Diagnostics and Control. Ydinvoimalaitosten käyttäjien avuksi kehit-



Argonnen Walter Deitrich saa viirin.

teillä olevista ohjelmistoista esiteltiin lähemmin MSET (Multivariate State Estimation Technique), joka on tarkoitettu on-line tarkkailuun ja IGENPRO, ohjelma laitostransienttien on-line diagnostiikkaan ja hoitoon. MSET:n kerrottiin havaitsevan mm. venturi-virtausmittarien likaantumisen ja paineanturien öljytäyttöön liittyvät viat. Yhteistyötä Haldenin vastaavan alueen kanssa ei ole.

International Nuclear Safety Centers (INSC) järjestelmää esitteli tri. Jeffrey Binder, Director, INSC. Keskuksia on USA:n lisäksi Venäjällä, Kasakstanissa, Liettuassa, Armeniassa, Ukrainassa ja Italiassa. Keskuksia pitävät yllä turvallisuustietokantaa, jonka tiedoista osa on julkisia (USA:n keskuksen osoite on www.insc.anl.gov, sieltä



Argonnessa esillä ollut CP-1miilusta alkava ydinvoiman "sukupuu".

pääsee muihin. Argonnen kotisivut ovat osoitteessa www.anl.gov.

Virtuaaliodellisuuden sovellusta esitteli Christopher Grandy, Manager, Fuel Cycle and Waste Management Technologies. Sovelluksessa esiteltiin PC:llä kuvia AFR-300 reaktorin konseptista. Kuvia voitiin katsella nestekidelaesilla kolmiulotteisina PC:n näyttöltä ja suurelta projektorinäyttöltä. Laseissa oli infrapunasykronointi, jolla hoidettiin se, että vasen ja oikea silmä näkevät syvyysvaikutelman luomiseen tarvittavat hieman erilaiset kuvat.

Historiallista näyttelyä esitteli Deitrich. Näyttelyssä oli mm. kuvia ja piirturiliuskoja CP-1:n ensimmäisestä käynnistyksestä.

Vierailun luento-osan päätteeksi kerrottiin isäntien etukäteen esittämän toivomuksen mukaisesti Suomen viidennen ydinvoimalaitosyksikön ja käytetyn polttoaineen loppusijoituksen hankkeista.

RAE Large Scale Test Facility (RAE= Reactor Analysis & Engineering) on entinen reaktorin suojarakennus, joten kenkäräjarutiinejakin saatiin kokeilla. Rakennuksen seinät ja ovet ovat hyvin järeät ja sen on arvioitu kestävän 45 kg TNT räjähdysen. Esittelyä hoiti Mitchell Farmer. Rakennuksessa on tehty aikaisemmin MACE (Melt Attack and Coolability Experiments) kokeita. MACE-koelaitteet oli jo purettu. Toiminta jatkuu 4-vuotisella OECD:n MCCI (Melt Coolability and Concrete Interaction) ohjelmalla. Isännät mainitsivat oma-aloitteisesti näissä ohjelmissa Suomea edustavan Ilona Lindholmin. MCCI-ohjelma on aloitettu veden tunkeutumista sydänsulaan ja sulan

päälle muodostuvan kuoren lujuutta selvittävillä kokeilla. Muutamia kokeiden lopputuloksena syntyneitä jähmettyneestä sulasta muodostuneita "ruukkuja" oli nähtävillä.

Advanced Photon Source (APS) on Argonnen uusi suuri (500 M\$) koelaitte, joka valmistui 1995. Siinä tuotetaan hiukkaskiihdyttimellä 7 GeV positroneja, jotka ohjataan kiertoradalle oheisessa kuvassa näkyvässä ympyrärakennuksessa sijaitsevaan varastorenkaaseen. Kiertoradallaan renkaassa positronit lähettävät synkronisäteilyä, joka muodostuu Röntgen-alueen fotoneista. Varastorenaan kehällä on 35 asemaa, joista kussakin voidaan saada käyttöön kaksi hyvin voimakasta fotonisuihkua. Toinen suihku on energian suhteen laajakaistainen, noin 0,1 - 100 keV, toisen suihkun energiaa voidaan säätää välillä 2,5 - 100 keV. Suihkuilla voidaan tehdä monipuolista materiaalitekniikan, kemian, biologian ym. tutkimusta. Kutakin asemaa käyttää ja rahoittaa tiimi, joka voi tulla teollisuudesta, yliopistoista ja/tai tutkimuslaitoksista.

APS:n esittelyn suoritti vauhdikas ja asiastaan innostunut Phyllis Nelson.



Kiehutusvesilaitokselle Detroitin lähellä

Vierailu Fermi 2 -laitokselle



Lauantaina, matkamme viidentenä päivänä 19.10. oli kohteenamme Detroit Edisonin omistama Fermi 2 -laitos Detroitin lähistöllä.

Vierailumme alkoi turvatarkastuksella, jonka jälkeen siirryimme Laitoksen läheisyydessä olevaan vierailukeskukseen.

Herrat Mike Trapp, Paul R. Kiel ja Hari Arora toivottivat meidät suomalaiset vieraisensa lämpimästi tervetulleiksi ja kertoivat tietoja laitoksesta.

Fermi 2 on BWR -reaktoriin perustuva laitos joka sijaitsee Erie -järven länsirannalla Detroitin ja Monroen välillä. Laitoksen rakentaminen aloitettiin vuonna 1971 ja kaupallinen käyttö alkoi tammikuussa 1988.

Laitos tuottaa sähköä käytetään pääosin kaakkois- Michiganin alueelle. Laitoksen

omistus on yksityinen, ja sen osakekanta on hyvin laajalti jakautunut. Alueella on paljon raskasta teollisuutta, jonka sähköntarve on suurta. Laitoksen tuottama sähkö on noin 11 % kaikkien Detroit Edisonin asiakkaiden käyttämästä sähköstä. Laitoksella työskentelee noin tuhat henkilöä.

Yksi uusimmista ja parhaimmista USA:n laitoksista

Fermi 2 oli 93. lisensoitu ydinvoimala Yhdysvalloissa.

Laitoksen lämpöteho on 3430 MW ja sähköteho 1175 MW.

Viimeisimmän tiedon mukaan laitoksen tuottaman sähkön hinta on 12,87 USD/MWh ja sen polttoainekustannukset ovat noin puolet kivihillilaitosten vastaavasta.

Laitos toimii korkealla käyttökertoimella ja sen käyttöjako on 18 kk.

Yhtiön edustajien mukaan Fermi 2 on Yhdysvaltain paras BWR -laitos. Yleisesti ottaen Yhdysvaltalaiset ovat hyvin ylpeitä laitoksistaan ja sen he myös kaikissa vierailukohteissa ilmoittivat.

Laitoksen jäähdytysjärjestelmä on "suljettu", eli laitoksen tuottama ylimääräinen lämpö lauhdutetaan haihdutustorneilla (2kpl) Erie -järven lämpökuorman vähentä-

miseksi. Laitoksen toimiessa täydellä teholla on jäähdystornien haihduttama vesimäärä 8 000 gallonia minuutissa per jäähdystorni. 122 metriä korkeat jäähdystornit pystyvät jäähdyttämään 900 000 gallonaa vettä minuutissa.

Reaktorissa on 764 polttoainesauvaa.

Polttoaineena on tällä hetkellä GE11 (9x9), seuraavissa latauksissa on tulossa uusi polttoainetyyppi GE14 (10x10). Polttoainesauvan kokonaispituus on 4 metriä. Reaktoria säädetään 185:llä säätösauvalla.

Turbiinilaitos muodostuu korkeapaineturbiinista ja kolmesta matalapaineturbiinista sekä English Electricin generaattorista.

käytetty polttoaine. Allas oli 2/3 täynnä ja se täyttyy vuoteen 2010 mennessä.

Käytettyä polttoainetta on tarkoitus kuivarastoida ennen altaiden täyttymistä.

Työvuorot on venytetty pitkiksi

Pääsimme myös tutustumaan laitoksen valvomoon ja sen henkilökuntaan. Vuoropäällikkö Suzanne Reith kertoi valvomo-henkilökunnan työskentelevä 12 tunnin vuoroissa. Vuoroissa on aina 13-15 henkilöä (käyttö). Lisäksi kunnossapito tekee omaa 12 tunnin vuoroaan sunnuntai-illasta perjantai-

Laitoskierroksen jälkeen tutustuimme lähemmin jäähdystorneihin.

Itse asiassa kävimme toisen tornin sisällä katsomassa valtavaa höyryn määrää.

Laitosalueella on myös 1/1 valvomosi-mulaattori, jonne päätimme vierailukäyntimme. Pääsimme lähemmin tutustumaan valvomoon, joka varsinkin meissä laitoksella työskentelevissä herätti vilkasta vertailua "oman" laitoksen vastaaviin järjestelmiin.

Vierailumme päätteeksi perinteinen ATS:n viirin luovutustilaisuus ja kiitokset vierailusta.

Kyseessä oli tosiaan lauantai ja ystävälliset isäntämme olivat vapaaehtoisesti tulleet



Fermi 2:n Mike Trapp

Turvajärjestelyt vierailijoiden ongelma

Laitoskierrokselle pääsimme erittäin tarkkojen turvatarkastusten ja toimintaohjeiden jälkeen. Kierroksen aikana saimme lisää tietoa laitoksesta. Isännät tosin pahoittelivat vierailun suppeutta ja valokuvaa-miskielltoa. Turvajärjestelyt ovat tiukentuneet merkittävästi viime vuoden syyskuun terrori-isikujen jälkeen ja tämä näkyi kaikkialla vierailujemme aikana.

Laitoksella on kaksi toisistaan riippumatonta turvajärjestelmää, jotka kuitenkin sijaitsevat osittain samassa huonetilassa.

Reaktorihallissa polttoainealtaassa oli kaikki laitoksen käytön aikana syntynyt

iltaan. Kunnossapidossa työskentelee noin 200 henkilöä.

Laitoksen valvomo ja automaatio olivat pääosin alkuperäistä tekniikkaa. Automaation osalta ainoastaan syöttövesisäätö on muutettu uudemmalla tekniikalla toteutetuksi. Lähivuosina alkavassa modernisoinnissa on tarkoitus uusia laitosta 100 miljoonalla dollarilla.

Seisokit pitempiä kuin meillä

Seuraava seisokki on 2003 maaliskuussa ja sen pituudeksi on suunniteltu 29 vuorokautta. Seisokkien pituus on tähän asti vaihdellut 34 - 50 vrk, joten käyttäjät tavoittelevat lyhintä seisokkia laitoshistoriassa.

kertomaan kaukaisille vieraille laitoksestaan.

Lisätietoja Detroit Edisonista löytyy osoitteesta <http://utilities.dteenergy.com>

Esa Huttunen, Teollisuuden Voima Oy,
puh. 02 2838 15220, esa.huttunen@tvo.fi

Teemu Tenlén, Teollisuuden Voima Oy,
puh. 02 2838 15220, teemu.tenlen@tvo.fi

Legendaarinen Massachusetts Institute of Technology



MIT:n professori Myjid Kazimi
sai myös viirin.

Massachusetts Institute of Technology eli MIT on monella alalla kiistämättä yksi maailman parhaista teknillistieteellisistä korkeakouluista. MIT:ssa noin 10 000 opiskelijaa, joista valtaosa on jatko-opiskelijoita. Koulun kotisivuja selaillessa ei voi olla huomaamatta, että merkittävä osa koulun opiskelijoista on aasialaista alkuperää. Liekö amerikkalainen nuoriso jo niin MTV:n musiikkivideoiden degeneroimaa, että heiltä puuttuu opiskelun tarvitsema pitkäjänniteisyys?



Ydintekniikan osastolla on noin 25 perus- ja 100 jatko-opiskelijaa, joten mistään huippusuositusta osastosta ei ole kyse. Osasto on kuitenkin tieteelliseltä tasoltaan erittäin korkea. Tiedekunnan palveluksessa olevat professorit ovat tuttuja muiden muassa monien alan perusteosten kirjoittajina. ATS:n delegaatio pääsi tutustumaan Nuclear Engineering Departmentin (NEDin) tutkimusalueista kaasujäähdytteisiin reaktoreihin, boori-neutronikaappaushoitoon ja fuusiotutkimukseen.

Hyvin menneistä järjestelyistä vastasi MIT:ssa professori Neil Todreas, joka oli kuitenkin matkoilla vierailupäivänä. Hänen sijaisenaan toimi Center for Advanced Nuclear Systemsin johtaja, professori Mujid Kazimi.

Kaasua, professori Kadak

MIT:ssa on viimeisten vuosien aikana kehitetty lähinnä opiskelijatöinä modulaarista kuulakekoreaktoria. Heliumjähdytteiset kuulakekoreaktorit eivät sinänsä ole ideaaltakaan uusia, sillä esimerkiksi Saksassa asiaa tutkittiin menestyksellä 1980-luvulla AVR-projektissa Jülichissä. Ydintekniikan jouduttua kokonaisuudessaan paitsioon juuri samoihin aikoihin jouduttiin kuulakeot leviättämään ja lupaavan konseptin kehitys hidastui.

Korkean lämpötilan kaasujähdytteisten reaktorien (HTGR) kehityksestä MIT:ssa vastaa professori Andrew Kadak. Prof. Kadak esitteli ekskursiolaisille lyhyesti modulaarisen kuulakekoreaktorin (MPBR) etuja:

- Häätäjähditys säteilylämmönsiirrolla, joten ei sydämen sulamisen riskiä,
- fissiotuotteet erinomaisesti pidättävä TRISO-polttoaine,
- jatkuva lataus,
- polttoaineen korkea palama (jopa 90 MWd/kg U),
- jäähdytteen korkean lämpötilan antama korkea hyötysuhde, noin 45 % (Braytonin sykli kaasuturbiineilla) ja
- modulaarisuuden tuoma sarjatuotannon etu kustannuksissa.

MPBR-konsepti muistuttaa hyvin paljon ESKOMin Etelä-Afrikkaan puuhaamaa Pebble Bed Modular Reactoria. Reaktorin terminen teho on 250 MWt, joten se on hieman eteläafrikkalaista veljeään pienempi. Toisin kuin PBMR, MIT:n reaktori on suunniteltu epäsuoralle Braytonin syklille, joka pudottaa hieman hyötysuhdetta.

MPBR:lle pätevät samat ongelmat kuin kaikille HTGR:lle. Grafiitin ja metallisten materiaalien käyttäytyminen korkeissa lämpötiloissa, heliumturbiinit, -kompressorit ja -lämmönvaihtimet sekä polttoaineen valintaan ja valmistukseen liittyvät tekniset haasteet pitävät MIT:n ja koko maailman HTGR-piirin työteläinä vielä pitkään.

MIT:n työryhmän vaatimattomana tavoitteena on MPB-koereaktorin rakentaminen lähitulevaisuudessa. Koereaktorin tarkoituksena on osoittaa tarvittavan teknolo-

gian olemassaolo ja avata pää kaasujähdytteisten reaktorien esiinmarssille Yhdysvalloissa. MPBR:llä tuotetun sähkön hinnaksi MIT:ssa arvioidaan 33 \$/MWh.

Booria ja neutroneita

VTT Otaniemessä ja MIT Cambridgessa ovat siitä harvinaisia paikkoja maailmassa, että kummassakin tutkitaan aivokasvainten tuhoamista boorineutronikaappauksella (BNC). Koko touhun idea on poistaa leikkauksen ulottumattomissa olevia aivokasvaimia suuntaamalla sairaaseen kudokseen hitaiden neutronien vuo. Ennen säteilytystä kasvainsoluun saatetaan kantaja-aineella booria (10B), jolla on tunnetusti suuri absorptiovaikutusala hitaille neutroneille. Säteililyksessä booriytimet absorboivat neutroneja ja hajoavat alfahajoamisella. Alfahiukkasten aiheuttama suuri paikallinen säteilyannos tuhoaa kasvainsolun.

BNC-hoidon idea on simppelempi, mutta toteutus kaikkea muuta kuin helppoa. MIT:n BNCT-laboratorion professorit Otto Harling ja Jeffrey Coderre kertoivat ATS:n ryhmälle hoitoon liittyvistä haasteista. Periaatteessa hoitoon liittyvän tutkimuksen tuloksena pyritään maksimoimaan kasvaimen kohdistuva annos ja minimoimaan terveeseen solukoon kohdistuva säteilyrasitus.

Jeffrey Coderren mukaan BNC-hoitoon liittyviä avainkysymyksiä ovat

- booria kantavien lääkkeiden selektiivisyys eli kyky saattaa booria ainoastaan metaboliaaltaan vilkkaampiin kasvainsoluihin,
- puhtaan epitermisen neutronivuon aikaansaaminen ja
- neutronisäteilyn kohdistaminen tarkasti kasvaimen.

Professori Coderren mukaan MIT:n tutkimusohjelmassa BCN-hoidosta on saatu rohkaisevia tuloksia. Hoidossa ensimmäisessä tutkimusvaiheessa olleiden muutaman kymmenen potilaan keskimääräistä elinikää on saatu nostettua, vaikka vaikeat aivokasvaimet silti johtavat useimmissa tapauksissa kuolemaan kahden vuoden sisällä diagnoosista.

MIT:n BNC-aktiviteettien esittelyn jälkeen ATS:n ekskursiodelegaatio pääsi tutustumaan MITR-II -reaktorilla oleviin tiloihin, joissa itse hoito annetaan.

5,7 teslan donitsi

Vierailun päätti tutustumiskäynti plasma- ja fuusiofysiikan laboratoriossa. Davis Lee,

plasmafysiikan nuori ja innokas jatko-opiskelija, kertasi matkalaisille fuusiofysiikan alkeet. Fuusioreaktion ylläpitoon liittyvistä perusparametreistä vaikeimmaksi hallita on osoittautunut plasman koossapitoaika. Riittämätön koossapitoaika johtaa fuusiopalon sammumiseen nopeasti, jolloin jatkuva energiantuotanto on mahdotonta.

Plasman koossapitoon on olemassa monia keinoja. Aurinko hoitaa asian viisaasti gravitaatiolla, mutta koska tämä vaatii valtavan tilavuuden, täytyy maan päällä käyttää gravitaatiota huomattavasti suurempia voimia. Käytännössä koossapidossa on nykyisin käytössä kaksi metodia, magneettinen koossapito ja inertiaalikoossapito. Näistä ensimmäinen on siviilipuolella huomattavasti laajemman tutkimuksen kohteena. Suureteholasersovellutusten ansiosta inertiaalikoossapitoon liittyvä tutkimus on enemmän salaista.

Magneettisen koossapidon standardiratkaisuna on munkkirinkilän muotoinen tokamak tyhjiökammio, jossa kulkevaa plasmaa ohjataan suprajohdavin magneetein. MIT:n fuusio- ja plasmalaboratoriossa on käytössä Alcator C-Mod -nimellä kulkeva tokamak. Koelaitteistolla tutkitaan mm. plasman koossapitoon ja hallintaan liittyviä ongelmia, plasman lämmittämistä radiotaajuusaloilla, sekä kehitetään tokamakin "jätehuoltoon" tarkoitettua divertoria.

Vierailu Alcator C-Mod -koelaitteistolla osoitti selvästi kuinka monimutkaista koelaitteiston fysiikka on nykyään. Itse tokamak ei kaikkien mittaussäätöiden alta juurikaan pilkottanut. Laitteiston operaattorihuone oli kuin ydinvoimalan vastaava, mutta akateemisen sekainen. Valvomossa seisoskellessa pystyi helposti kuvittelemaan tutkijaryhmän innostuksen parin päivän välein ajettavien kokeiden aikana.

*Suunnitteluinsinööri
Kai Salminen,
Fortum Nuclear Services Oy,
puh. 010 453 3093
kai.salminen@fortum.com*



Seabrook - voimalaitos energiakriisin pyörteissä



Kuvassa ATS-ryhmä tutustumassa keskenjääneen yksikön rakenteisiin. Taustalla turbiinisali, joka toimii toimivan laitoksen varasto- ja aputilana. Etualalla valvomon seinärakenteita.

1970- luvulla Yhdysvaltoja ravisuttanut energiakriisi öljyn vaikean maailmanmarkkinatilanteen seurauksena vaikutti myös oleellisesti Seabrookin ydinvoimalaitosprojektin etenemiseen. Vaikka projektin kuluessa ilmeni myös lukuisia muita viivästyttäviä seikkoja, oli sähkön niukka kysyntä pääsyyllinen jopa 18 vuotta kestäneeseen rakennusprojektiin. Useiden omistajamuutosten jälkeen laitos toimii tänä päivänä moitteettomasti ja saavutti vuonna 2001 85,5 % käytettävyyden.

Vuonna 1972 päätti New Hampshiren voimayhtiö PSNH rakentaa yhdessä yhdeksän muun New Englandsin voimayhtiön kanssa 2300 MW painevesireaktorilaitoksen Seabrookiin, n. 3 km päähän New Hampshiren rannikosta, lähelle Portsmouthin kaupunkia.

1970-luvulla puhjennut energiakriisi pienensi kuitenkin ratkaisevasti sähkönkulutusta ja rakentamisen aloitus siirtyi useita vuosia eteenpäin. Tänä aikana useat viranomaispäätökset turvallisuustason korottamiseksi, työvoiman lakot, inflaatio ja yleinen

ydinvoimavastainen mielipide vaikuttivat ratkaisevasti laitoksen suunniteltuun rakennuskustannuksiin.

Rakennuslupa myönnettiin kahden yksikön laitokselle vuonna 1976, jolloin aloitettiin myös louhintatyöt. Työt etenivät nykyaikataulun mukaan verkkaisesti. Vuonna 1984 joutui pääurakoitsija, PSNH, taloudellisiin vaikeuksiin ja työt pysäytettiin useiksi kuukausiksi kunnes uusi ryhmittymä NHY (koostui aikaisemmista rakentajista) päätti suorittaa projektin loppuun luopuen samalla 2.yksikön loppuunsaattamisesta. Kuvassa

näkyvä tilanne 2. yksiköllä vuonna 1984, jolloin työt lopetettiin.

Rakennustyöt saatettiin loppuun vihdoinkin vuonna 1986 1.yksikön osalta. Kokonaiskustannukset olivat nousseet 6,6 miljardiin USD, joka ylitti reilusti alkuperäisen budjetin.

Lisensiointi, turvajärjestelmien demonstroiinti ja järjestelmien käyttöönotto työt veivät aikaa lähes kolme vuotta. Tänä aikana alkuperäinen rakennuttaja yhtiö PSNH meni konkurssiin ja vuonna 1988 voimayhtiö NU (Northeast Utilities) lunasti PSNH:n

ja jatkoi rakentamista. 1. lataus suoritettiin vuonna 1989 ja kesäkuussa 1990 laitos saavutti 100 % tehon ensimmäistä kertaa. Elokuussa 1990 aloitettiin laitoksen kaupallinen käyttö. Näin oli kulunut 18 vuotta projektin aloituksesta kaupalliseen käyttöön!

Laitos lyhyesti

Laitos sijaitsee lähellä Portsmouthin kaupunkia New Hampshirissa Atlantin rannikolla n. tunnin ajomatkan päässä Bostonista. Laitosalue on n. 360 ha suuruinen, alunperin suunniteltu kahdelle yksikölle. Laitoksella työskentelee n. 800 teknistä henkilöä ja yhteensä henkilökuntaa on n. 1400.

Isäntinä laitosvisiitillä toimivat John Giarrusso, Jr ja David Samara.

Suurin toivein aloitettu laitosvisiitti kuvui kokoon isäntämme ilmoitettua heti info-rakennukseen saavuttuamme, että NRC:n ohjeiden mukaan ketään vierailijaa ei saa päästää laitosalueen sisäpuolelle. Tämä tuntui ryhmästä todella omituiselta, olihan kyseessä ammatti-ihmisistä ja lisäksi ryhmä oli juuri tutustunut NRC:n alaiseen laitokseen (Fermi-2) hyvinkin yksityiskohtaisesti.

Info-rakennuksessa esitettiin hyvin yleisellä tasolla oleva filmi, jonka jälkeen tutustuttiin info-rakennuksen näyttelytilaan. Kysytyämme laitoksen teknisiä esitteitä, saimme vastauksen, että turvallisuussyistä niitä ei voida luovuttaa!

Näyttelystä kävi selville jäähdytysveden erikoinen järjestely. Laitos on merivesijäähdytteinen. Jäähdytysvesi tuodaan laitokselle 17 m halkaisijaltaan olevalla tunnelilla noin 5 km päästä mereltä. Poisto tapahtuu samaa reittiä pitkin n. 50 m syvyydessä riittävän sivussa imusta. Jäähdytysvesitunneliin liittyvät putkistot meren pohjassa toimivat jäähdytysveden otto- ja purkurakenteina. Viimeisen kuuden vuoden aikana on hylkeiden määrä lisääntynyt voimakkaasti rannikolla. Tämä on aiheuttanut ongelmia hylkeiden jouduttua jäähdytysvesikanavistoon. Tämän estämiseksi laitos rakentanut välppärakenteen ottorakenteiden eteen hylkeiden pääsyn estämiseksi imuun.

Laitosalueella on jäähdytyksen varmistamiseksi myös koneelliset jäähdytystornit ja erillinen jäähdytysvesiallas.

Laitoksen reaktorirakennusta suojaava järeärakenteinen täyspainainen kaksoisuojarakennus. Suojarakennuksen sisempi teräsvuorattu teräsbetonirakenteinen seinä on 1,4 m paksu. Ulomman teräsbetoniseinän paksuus on 0,4 m, seinämien välinen alipaineis-



tettu ilmatila on 1,5 m leveä. Suojarakennuksen korkeus on 66 m ja halkaisija 43 m. Rakenne kestää hurrikaanit, 360 miles/h tornadot, suunnitteluperusteisen maanjäristyksen (SSE) ja FB-111 luokan sotilashävittäjän törmäyksen.

Lyhyellä laitospaikkakiertueella kävimme tutustumassa käyvän yksikön ulkopuolella 2.-yksikön keskenjääneisiin laitosrakenteisiin. Työt on rakennusten osalta jätetty vuoden 1984 tasolle, eikä rakentamisen jatkaminen ole mahdollista ilman nykyisten purkamista. 2.- yksikkö toimii laitteiden osalta 1. -yksikön varaosapankkina.

Tulevaisuus

Jälleen kerran laitos on uusien omistusjärjestelyjen kohteena. Huhtikuussa 2002 ilmoitti FPL Energy of Florida halunsa ostaa 88 % laitoksen osakkeista. Kauppa näyttää toteutuvan tämän vuoden loppuun mennessä. Kauppa edellyttää vielä molempien osavaltioiden hyväksynnän sekä NRC:n hyväksymisen uudelle käyttöluvalle. Nykyinen käyttöluva päättyy vuonna 2026.

Kuvassa vuonna 1984 keskenjäänyt Seabrook -2 reaktorirakennus, taustalla toimiva 1. -yksikkö. Etualalla keskenjääne apurakennus. Hitsattu suojarakennuksen teräsvuoraus on suojarakennuksen sisin seinämä.

Laitostyyppi: PWR

Kiertopiirin lkm: 4
Reaktorilaitostoimittaja: Westinghouse
Turbiinilaitostoimittaja: General Electric
Turbiinin kierrosnopeus: 1800 rpm
Turbiinin pesien lkm: kp + 3x mp
Nettoteho: 1160 MW
Polttoaine-elementtien lkm: 193 (Westinghouse)
Uraanin määrä sydämessä: 100 t
Latausjako: 18 kk
Laitoksen jäähdytys: suora merivesijäähdytys (varalla koneelliset jäähdytystornit)
laitosvisiitti

Viitteitä:
<http://www.seabrook.com>
<http://www.psnh.com>

DI Seppo Merisaari
pääsuunnittelija
Fortum Nuclear Services Oy
puh. 010 4532433
seppo.merisaari@fortum.com



ATS Young Generationin seminaari:

Ajankohtaista energia-asioista

ATS Young Generation järjesti viidettä kertaa oman seminaarin 3.10.2002. Fortumin tiloihin Keilaniemeen oli saapunut yli 40 ydinenergiasta kiinnostunutta opiskelijaa, alalla työskentelevää nuorta ja varttuneempaa ATS:n jäsentä kuuntelemaan varsin ajankohtaisia asioita käsitellyttä seminaaria.

YG



Seminaarin avasi ja puhetta johti YG:n puheenjohtaja, TVO:ssa työskentelevä Marjo Mustonen. Avauspuheessaan hän kertasi vuonna 1998 perustetun Suomen Young Generationin vaiheita sekä alan kehitystä ja näkymiä nuorten alalla työskentelevien näkökulmasta.

Ensimmäinen esiintyjä oli Finergyn asiantuntija Jouni Tolonen, joka puhui kotimaan ja Euroopan ajankohtaisista energia-asioista keskittyen erityisesti Euroopan sähkömarkkinoiden kehitysnäkymiin. Tolosen esitys pohjautui suurelta osin Finergyn alkusyksystä julkaisemaan raporttiin, joka on saatavilla myös internetistä osoitteesta http://www.energia.fi/finergy/Euroopan_sahkomarkkinat.pdf.

Tolosen mukaan sähkön kulutus tulee kasvamaan kaikissa selvityksen maissa seuraavan kymmenen vuoden aikana. Hitainta

kasvu on Saksassa, nopeinta Venäjällä ja Baltian maissa, joissa sähkön kulutus laski 1990-luvulla sekä Italiassa. Koko selvityksessä käsitellyllä alueella sähkön kulutuksen arvioidaan kasvavan vuodesta 2000 vuoteen 2010 600 TWh. Se, millä tämä kasvu kateetaan ei ole täysin selvillä – suuri osa maista aikoo jatkossa lisätä tuontisähkön osuutta. Kulutuksen kasvun ja tuotantolaitosten vanhenemisen takia uutta kapasiteettia tarvitaan peräti 60–70 000 MW. Suhtautuminen eri perusenergiantuotantomuotoihin vaihtelee selvityksen maissa: hiilen käyttöä ollaan toisissa maissa lisäämässä toisissa vähentämässä ja sama pätee myös ydinvoimaan. Uusiutuvien energiamuotojen käyttö kasvaa, mutta niiden asema säilyy silti muuta tuotantoa täydentävänä.

Tolonen esitteli myös sähkömarkkinoiden avautumista, jossa Pohjoismaat ovat ol-

leet edelläkävijä muiden Euroopan maiden seurattessa perässä. Sähkömarkkinoiden avautumiseen mutta myös sähkön riittävyteen liittyy olennaisesti siirtokapasiteetti. Siirtokapasiteettia on Suomenkin rajoilla kasvattamassa, mutta suunnitteilla on huomattavaa kapasiteetin kasvattamista esimerkiksi Norjan ja Iso-Britannian välillä.

Toinen puhuja oli VTT:n ydinenergia-alueen tutkimuspäällikkö Seppo Vuori, jonka aiheena oli eri energiantuotantomuotojen ympäristövaikutukset.

Vuoren esitys perustui keväällä julkaisuun selvitykseen, joka löytyy internetistä osoitteesta <http://www.inf.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2002/T2127.pdf>.

Katsauksessa ympäristövaikutuksia tarkasteltiin erillisinä – päästöt, säteilyannokset sekä terveys- ja ympäristöhaitat – ei siis taloudellisiksi haitoiksi muunnettuna, kuten usein viime aikoina on tehty tavoitteena saada haitoille yhteinen mittari. Esillä oli kuitenkin EU:ssa koko tuotantoketjun kattavana toteutettu tutkimus ExternE. ExternE-projektissa on arvioitu myös suomalaisia laitoksia ja ainakin allekirjoittaneen yllätti, kuinka suuria terveysvaikutuksia esimerkiksi modernilla Meri-Porin kivihiilivoimalalla on väestölle. Minkähänlaisia haittoja onkaan vanhanaikaisemmilla hiilivoimaloilla?

Vuoren esityksessä näkyi selvästi, että ydinvoima on päästöjenkin kannalta varsin hyvä vaihtoehto. Koko tuotantoketjussa syntyvien kasvihuonekaasujen osalta se pärjää hyvin myös aurinkosähkön, vesivoiman ja tuulivoiman rinnalla. Kivihiili sen sijaan oli huonoin useammalla saralla: sen käytöstä aiheutuvat suurimmat kasvihuonepäästöt, terveyshaitat ja jopa tapaturmariski.

Uraanikaivosten ympäristövaikutus ei sekään katsauksen mukaan ole niin dramaattinen, kuin mitä periaatepäätöshakemuksen aikana julkisuudessa esitetyistä kommentista saattaisi kuvitella. Arviot kaivos- ja rikastustoiminnan jätteiden loppusijoituksesta aiheutuvista pitkäaikaisista säteilyannoksista ovat huomattavasti alentuneet, johtuen paitsi parantuneista menetelmistä niin myös arviointien tarkentumisesta.

Yhteenvetona Vuori esitti, että ydinvoima on kustannustehokkaimpia kasvihuonepäästöjen rajoituskeinoja. Kasvihuonekaasujen päästörajoituksissa näkökulma on kuitenkin ulotettava kauemmas kuin Kioton sopimuksen tavoituvuuteen 2010.

Fortumin tarjoamien kahvien jälkeen siirryttiin varsinaisiin ydinvoima-aiheisiin.

STUK:n Juhani Hyvärinen kertoi Suomessa ydinvoimalaitoksille asetetuista vaatimuksista sekä nykyisiin vaatimuksiin johtaneista, Suomen ensimmäisten laitosten rakentamisen aikaisista taustatekijöistä, jotka eivät ehkä olleet tuttuja nuoremmille kuuntelijoille, joita oli suurin osa yleisöstä. Hyvärinen kertoi myös Suomessa ja muissa maissa käytettyjen vaatimusten eroista.

Monia tuntui askarruttavan vuosi sitten aikaisempaa ajankohtaisemmaksi muuttunut lentokoneen törmäys, jonka osalta uudelle laitokselle asetettuja vaatimuksia on Hyvärisen mukaan kiristetty. Yleisöä kiinnosti



STUKin Juhani Hyvärinen viitoitti viranomaisvaateet persoonalliseen tyyliinsä.

myös se, ollaanko eurooppalaisille ydinvoimalaitoksille asetettuja vaatimuksia yhtenäistämässä, mutta Hyvärisen mukaan eurooppalaisesta yhteistyöstä huolimatta täysin yhtenäisiä vaatimuksia ei ole tulossa. Eroina suomalaisten ja muualla euroopassa käytettyjen vaatimusten välillä Hyvärinen mainitsi mm. suhtautumisen vakaviin onnettomuuksiin, jotka Suomessa ovat suunnitteluperusteena ja toisaalta erilaisista luonnonoloista johtuvan erilaisen suhtautumisen maanjärjestyksiin.

Viimeinen esitys koski uutta ydinvoimalaitoshanketta. TVO:n Ami Rastas esitteli FIN5-hankkeen etenemistä sekä periaatepäätöshakemuksen yhteydessä selvitettyjä laitosvaihtoehtoja. Esityksensä alussa hän teki yleiskatsauksen ydinvoimalaitosten ke-

hityslinjoihin ja kertoi uusien laitostyyppien ominaisuuksista ja keinoista, joilla niin turvallisuutta kuin taloudellisuuttakin on parannettu. Rastas esitteli TVO:n soveltuvuusselvitysten kohteena olleet kuusi laitosvaihtoehtoa sekä jokaisesta niistä jonkin erikoispiirteen, jonka osalta laitokset eroavat olennaisesti nykyisistä laitoksista.

Lopuksi Rastas kertoi FIN5-hankkeen perusteista, aikataulusta sekä työllisyysvaikutuksista. Rastaa esitys herätti runsaasti keskustelua ja yleisöä kiinnosti varsinkin hankkeen työllisyysvaikutukset – olihan paikalla paljon juuri sitä nuorta sukupolvea,

joille tulevaisuuden työnäkymät ovat tärkeitä. Myös laitoshankkeen aikataulutavoitteita koskevat riskitekijät kiinnostivat yleisöä. ■

Young Generation -yhdyshenkilöt kiittävät esiintyjä sekä paikalle saapuneita kuuntelijoita mielenkiintoisen seminaarin mahdollistamisesta. Ensi vuonna uudelleen...

Tutkija Elina Syrjälähti, VTT Prosessit, puh. 09 456 5019, elina.syrjalahti@vtt.fi

ENC 2002 Lillessä –

Näkemyksiä näyttelyn nurkasta



ENC 2002 kokous ja näyttely, eli nk. messut, järjestettiin 6.-9. lokakuuta Lillessä Ranskassa. Kokoukseen osallistui vain 500-600 henkeä, eli noin puolet ENC 1998 kokouksen osallistujamäärästä. Osa näyttelyvieraista ja tilaisuuden yhteydessä pidetyn EUR -seminaarin osallistujista ei osallistunut lainkaan varsinaiseen ENC kokoukseen. Huippukallis 1400 euron osanottomaksu varsinaiseen kokoukseen ja 550 euroa tieteellisiin seminaareihin karsi väkeä kokous-

puolelta ja ydinenergiayhtiöiden fuusioituminen ja ydinenergian lama näkyivät näytteilleasettajien määrässä.

Lillen valtteina ovat nopeat yhteydet Pariisiin, Brysseliin ja Lontooseen. Lille on valittu yhdeksi Euroopan vuoden 2004 kulttuuripääkaupungeista. Vanhan taantuvan teollisuuskaupungin maineessa olevana miljoonakaupunkina Lilleellä ei kuitenkaan etenkään lokakuussa ollut samanlaista turistillista vetovoimaa kuin esim. Etelä-Ranskan kaupungeilla, mikä saattoi myös osaltaan vähentää osanottajamäärää.

Kokemukseni messuista perustuvat pääosin kolmeen päivään VTT Nuclearin ”ständillä” Suomen yhteisosastolla. Itse kokouksen puolelta kuulin ns. kuulopuheina toisaalta raportteja onnistuneista asioista, kuten ensimmäisen päivän ”European Energy Event” tai jotkut ns. pääkokouksen istunnoista. Toisaalta kuulin myös usealta taholta raportteja erityisesti ns. erityisseminaarien pienistä osanottajamääristä, puuttuvista luennoitsijoista ja peruutetuista taikka yhdistetyistä istunnoista.

Suomella oli messuilla yhteisosasto, jonka näytteilleasettajina olivat Fortum, Platom, Posiva, TVO, TVO Nuclear Services ja VTT Nuclear. Osaston suunnittelua ja ulkoasua pidettiin yleisesti onnistuneina. Yhteisosaston vuoksi meidät huomattiin paremmin kuin pelkkinä pieninä erillisinä osastoina. Kokouksen suosion lasku ja ydinenergiayhtiöiden fuusio näkyivät kuitenkin myös messupuolella, jonka esittelyhallista arviolta kolmannes oli jäänyt tyhjäksi. Suomen yhteisosaston sijainti äärimmäisessä pussinperässä, eli näyttelytilan laidalla vähensi osastolle saapuvien määrää tuntuvasti. Perille siivilöityi vain ns. todella kiinnostunutta yleisöä, paljolti TVO:n uuden ydinvoimahankkeen saaman julkisuuden ansiosta. Osastomme näkyvyyttä lisäsivät hyvän ja ilmavan arkkitehtuurin ohella myös yhteinäiset 42 tuuman plasmanäytöt, jotka toimivat sopivina katseenvangitsijoina.

ENC2002 on ollut VTT:n ydinenergiapuolelle, kuten myös monille muille Suo-

men osastolla mukana olleille toisaalta ainut kansainvälinen messutapahtuma ja toisaalta tällaisena alan ”must”-tapahtuma, jossa kuuluu olla esillä, jos aikoo alan tutkimus- ja liiketoimintaa vakavissaan harjoittaa.

Kokouksen ja seminaarien korkean osanottomaksun vuoksi useat osastollamme vierailleista erityisesti ”läheltä” Ranskasta tai Saksasta tulleet sanoivat olevansa pistäytymässä ainoastaan messuilla ”päiväselältä”, koska messuilla vierailu oli ilmaista.

Jakelimme jokainen ansiokkaasti omia esitteitämme ja käyntikorttejamme ja niiden lisäksi myös KTM:n uutta suurta mielenkiintoa herättänyttä ”Nuclear Energy in Finland” -esitettä.

Esitteiden tai käyntikorttien määrää tärkeämpää on kuitenkin kontaktien laatu, eli kuten monet muutkin Suomen osastolla mukana olleet totesivat: ”yksikin toimeksiantoon myöhemmin johtava kontakti korvaa messuille osallistumisen kustannukset.”

Koottu näkemyksemme – vastaukset kahdeksaan kysymykseen

Jotta näkemykseni näyttelyn nurkasta eivät jäisi vain subjektiiviseksi käsitykseksi, lähetin messujen jälkeen kaikille Suomen yhteisosastolle mukana olleille näytteilleasettajille kahdeksan kysymystä, joihin kaikki vastasivat. Vastaajina olivat:

Jorma Kotro Fortum Nuclear Services Ltd (Fortum), Jukka Sorjonen Platom Oy (Platom), Veli-Matti Ämmälä Posiva Oy (Posiva), Ahti Toivola Teollisuuden Voima Oy (TVO), Juha Pernu TVO Nuclear Services Ltd (TVONS) ja VTT Nuclearin (VTT) osalta vastasin itse asettamiini kysymyksiin. Vastaukset edustavat kuuden profiililtaan ja toimialtaan niin erilaisen tahon näkemyksiä, että kaikkien vastaukset kaikkiin kysymyksiin on alla esitetty erikseen, vaikka vastaukset ovat monilta osin varsin samansuuntaisia.

1) Miksi oma organisaationne osallistui ENC2002 messuille ?

Fortum: Sekä näyttelyosaston että konferenssiesitelmän ensisijaisena tavoitteena oli Fortum Nuclear Services:n palveluiden ja Fortumin nimen tunnetuksi tekeminen Euroopan ydinvoimapiireissä, joihin muun Fortumin viestintä ei ulotu.

Platom: Vedenalaisen leikkauksen markkinat ovat vielä muualla kuin Suomessa. Messut olivat hyvä paikka näyttäytyä ja tuoda tuotettamme esille kansainvälisesti.

Posiva: Suomi ja Posiva on maailman mittakaavassa ensimmäinen loppusijoituspaikan päättäjät. Täältä pohjalta osallistuminen oli itsestäänselvyys näin laajaan kansainväliseen tapahtumaan. Meillä oli siis kerrottavana hyviä uutisia ja toisaalta haluamme luoda uskoa muiden maiden organisaatioille, jotta he jaksavat ponnistella asian hyväksi omassa maassaan.

TVO: Olemme Euroopassa tällä hetkellä ainoa voimayhtiö, jolla on vireillä oleva ydinvoimahanke. Katsoimme tarpeelliseksi olla paikalla vastaamaan asiasta kiinnostuneiden kysymyksiin.

TVONS: TVO osallistuu tunnetuista syistä ja on päätetty, että TVO:n tytäryhtiö TVO Nuclear Services Oy osallistuu kaikille teknisille messuille yhdessä TVO:n kanssa. Tietenkin varsinaisen tarkoitus on pitää nimeä esillä ja esitellä toimintaa.

VTT: ENC on perinteisesti ollut ainut suuri säännöllinen kansainvälinen messuta-

pahtuma, jossa VTT:n ydinenergiatutkimus on ollut laajasti esillä. Esilläololla olemme tietysti pyrkineet saamaan uusia asiakkaita ja tekemään itseämme tunnetuksi, ja viestimään meidät jo tunteville, että olemme edelleen aktiivisesti mukana alalla.

2) Vastasivatko messut yleisesti odotuksianne ?

Fortum: Ydinvoimarakentamisen lama Euroopassa ja viime vuosien ydinvoimasta luopumispäätökset muutamissa maissa eivät antaneet aihetta suuriin odotuksiin, ja panostus mitoitettiin sen mukaan. Yleisesti messut vastasivat odotuksia.

Platom: Messut olivat järjestelyiltään hyvät, mutta vierailijamäärä oli pettymys. Kuitenkin muutamia hyviä kontakteja saatiin pienestä vierailijamäärästä huolimatta. Täytynee todeta, että messuilla kävivät vain todella asiasta kiinnostuneet ihmiset.

Posiva: Tapahtuma kutistui kokousosalistujien osalta n. kolmannekseen, mikä vaikutti tietysti osastolla kävijöiden määrään. Siltä osin kontaktien määrä pieneni odotetusta.

TVO: Odotimme, että hankkeesta halutaan saada tietoa ja kiinnostuneita oli jonkun verran. Koko tapahtuman vähäinen osanottajamäärä piti myös meistä kiinnostuneiden määrän pienenä.

TVONS: Yleisesti aivan OK. Odotettiin enemmän väkeä.

VTT: Kokouksen osallistujamäärä oli pettymys. Messujen osalta vastasi suunnitellun odotuksiani, VTT:stä kiinnostuneita oli jopa enemmän kuin etukäteen odotin.

3) Oliko oma osallistumisenne erityisen hyödyllistä/hyödytöntä ?

Fortum: Osallistumisen hyödyt konkretisoituvat hankkeina ja liittoutumisina pitemmän ajan kuluessa vaikka yhden markkinointitoimenpiteen vaikutusta niihin ei aina myöhemminkään ole eriteltävissä. Välittöminä hyötyinä voisi mainita näyttelyn yhteydessä pidetyt kokoukset asiakkaiden ja yhteistyökumppaneiden kanssa, sekä muuttamat lupaavat uudet kontaktit.

Platom: Kontakteja saatiin mukavasti, mutta lopullisen hyödyn näyttää vasta tulevaisuus.

Posiva: Varsinaista hyötyä osallistumisesta ei haettu, vaan toivoimme hyödyttävämmä muita, mutta toisaalta uusien kon-



taktien luominen voi pitkällä tähtäimellä tuoda hyötyjä.

TVO: Tapahtuma oli kannaltamme neutraali. Pyrimme lähinnä siihen, että olemme paikalla, jos joku sattuu kysymään jotakin.

TVONS: Hyödyn näkee jatkossa, jos saadut kontaktit poikivat jotain jatkossa. Yksikin oikea tutustuja voi olla kullan arvoinen!

VTT: Osallistumisen hyöty tulee näkyviin myöhemmin, ja osin epäsuorasti. Yksikin asiakkuuteen johtava kontakti korvaa messuille osallistumisen kulut.

4) Mikä oli positiivisinta ?

Fortum: Suomen PAP:t uudesta YVL-yksiköstä ja loppusijoitusratkaisusta lisäsivät kiinnostusta Suomen osastoon ja suomalaisiin osanottajiin.

Platom: Järjestelyt ja henki Suomen standilla.

Posiva: Suomen esiintyminen yhtenäisenä.

TVO: Tämä oli yksi harvoja kansainvälisiä tapahtumia, jossa olemme olleet mukana. Tällainen foorumi sinänsä on positiivinen asia.

TVONS: Kaikki suomalaiset samassa paikassa.

VTT: Kokouksen ja messujen osanottajamäärään nähden hyvä kiinnostus Suomen osastoon ja myös VTT:n segmenttiin.

ENC 2002 Lillessä

5) Mikä oli negatiivisinta ?

Fortum: Sekä näyttelyn että konferenssin puolella kävijämäärä alitti ENC'98:n kävijämäärät.

Platom: Vierailijavähyys.

Posiva: Osallistujien pieni määrä (kokous).

TVO: Ydinalan lama heijastuu kiinnostuksen laimeutena tämäntapaisiin tapahtumiin. Hiljaiselon tunteen voi kokea negatiivisena.

TVONS: Suomen osasto taustalla viimeisiä. Tutustujien virta ei oikein tahtonut ylettyä osastolle. Ständillä oli hiljaista. Tosin omaa esittelymateriaalia pitää myös parantaa.

VTT: Kokouksen korkea osanottomakasu, siitä seurannut pieni osallistujamäärä, ja toisaalta odotettua paljon pienempi näyttelyleasettamäärä, jolloin Suomen osasto jäi "äärimmäiseen nurkkaan".

6) Oliko Suomen yhteisosasto hyvä idea ?

Fortum: Yhteiseisiintymisellä suomalaisyhtiöt saivat käyttönsä näyttävämmän osaston kuin samalla kustannuksella erikseen olisivat saaneet. Tietysti yhteisosaston toteutustapa vähensi hiukan yksittäisten yhtiöiden näkyvyyttä. Yhteisosasto sopi hyvin yhtiöillemme jotka ennemminkin täydensivät toisiaan kuin kilpailivat keskenään.

Platom: Kyllä. Suuremmalla ständillä saatiin näkyvyyttä ja näyttävyyttä.

Posiva: kts. 4. eli yhteisosasto oli hyvä ja Finpro järjestäjänä toimi hyvin. Jonkinlainen Suomi-sessio osastolla olisi ensimmäisenä iltana tuonut meidät tutummaksi muille. Vastaavat kokkareet muilla osastoilla vetivät hyvin tutustujia.

TVO: Yhteisosasto auttaa välttämään pienten suomalaisten esiintyjien häipymistä suureen massaan, sikäli ratkaisu on hyvä.

TVONS: Oli ja kannattaa jatkossakin harraata.

VTT: Kyllä, isompi osasto on aina näkyvämpi kuin pienet erilliset. Meille muillekin oli hyötyä TVO:n ja Posivan hankkeiden aiheuttamasta kiinnostuksesta Suomea kohtaan.



7) Millaiselta näyttää ENC:n tulevaisuus, eli aiotteko osallistua seuraavan kerran ENC2006.een, jos sellainen järjestetään ?

Fortum: Sekä näyttely- että konferenssi-osallistumisesta päätetään aikanaan.

Platom: Epätodennäköistä, mutta aika näyttää.

Posiva: Vaikka tapahtuman eteen oli tehty paljon työtä ja sitä odotettiin, niin siitä huolimatta se jäi torsoksi. Syitä on vaikea sanoa, hinta on ehkä osa syy. Siltä osin asiaa on syytä tarkastella jatkossa tarkkaan. Tarjonnan ja hinnan oltava kohdallaan. Näyttelyn osalta poisjäämisistä varmaan tapahtuu. Posivan osalta asiaa tarkastellaan, kun asia tulee ajankohtaiseksi (+3,5v.).

TVO: Tulevaisuus näyttää epävarmalta ja ENC2006 voi jäädä pitämättä. Vuoden 2006 tilanteessa meidän hankkeemme painopiste on laitostoimittajan kenttäpuoliskolla, eikä välttämättä motivoi TVO:ta osallistumaan.

TVONS: Ehkä se tästä vilkastuu. Osallistumme varmasti seuraaville.

VTT: ENC:n tulevaisuus ei osallistujamäärien valossa näytä hyvältä. Osallistuminen seuraavaan harkitaan erikseen, sitten kun on ajankohtaista ja senhetkisten näkymien mukaan.

8) Mikä on messuprofülinne, eli osallistutko useille eri messuille (ja mille) vuosittain vai onko ENC poikkeus ?

Fortum: Fortum Nuclear Services:n markkinointi perustuu ensisijaisesti suoriin kontakteihin. ENC:tä lukuunottamatta emme yleensä osallistu messuille.

Platom: ENC on poikkeus eli olemme osallistuneet viimeksi messuille ENC 1998:ssa.

Posiva: Posiva on pyrkinyt osallistumaan n. kerran vuodessa yhteen kansainväliseen kongressien yhteydessä olevaan näyttelytapahtumaan. Tänä vuonna se oli ENC.

TVO: Ulkomaisiin messutapahtumiin emme yleensä osallistu, siksi ENC2002 oli poikkeus. Kotimaassa osallistumme energia-alan messuihin ja muutamiin valikoituihin yleismessuihin.

TVONS: Osallistumme energia- ja kunnossapitomesuille.

VTT: Osallistumme vuosittain Energia-messuille osana VTT:n yhteisosastoa. Kansainvälisesti ENC on toistaiseksi ollut ainoa, johon olemme säännöllisesti osallistuneet. ■

TkT Eija Karita Puska,
VTT Prosessit,
puh. 09 456 5036,
eija-karita.puska@vtt.fi



Ydinvoimaloiden turvallisuus ja ikääntyminen haasteina

Uusi ydinturvallisuus- tutkimusohjelma käynnistyy

Kauppa- ja teollisuusministeriö VTTon käynnistämässä ensi vuoden alusta uutta kansallista ydinvoimalaitosten SAFIR-turvallisuustutkimusohjelmaa. Siinä kehitetään entisestään sekä nykyisten että uuden laitoksen turvallisuushaasteiden vaatimaa tietämystä ja koulutetaan ydinvoima-asiantuntijoiden uutta sukupolvea. Tehokas ja oikein suunnattu tutkimustoiminta on ydinvoiman turvallisen ja taloudellisen käytön ehdoton edellytys.

Viime vuosina on tätä tutkimusta tehty VTT:ssä ja Lappeenrannan TKK:ssa teknillisessä korkeakoulussa viranomaisten päätöksentekoa tukevassa FINNUS-turvallisuustutkimusohjelmassa, jonka loppuseminaari pidetään VTT:ssä 14-15.11.2002.

Vuosina 2003-2006 toteutettava SAFIR-tutkimusohjelma kouluttaa äätarjoamalla uusia asiantuntijoita tarjoamalla heille haasteellisia tehtäviä ja tarjoaa heille haasteellisia tehtäviä, jotta ydinvoima-alan sukupolvenvaihdos etenisi toivotusti. Tutkimuksen haasteita ovat nykyisten ydinvoimaloiden ikääntyminen sekä uudistukset tekniikan eri alueilla – useimmat koskien sekä uutta että nykyisiä laitoksia. Ohjelma varmistaa osaamisen myös niillä alueilla, joilla ei suuria muutoksia ole välttämättä tulossa, mutta joiden valpas tutkimustoiminta on ydinvoiman turvallisen ja taloudellisen käytön ehdoton edellytys.

Tutkimuksen haasteita ovat nykyisten ydinvoimaloiden ikääntyminen sekä tekniset uudistukset eri tekniikan alueilla. Viidennen laitosyksikön turvallisuuden osoittaminen ja viranomaiskäsittely tulevat vaatimaan monen kokeneen ydinvoimatutkijan panoksen ohjelman ulkopuolella, jolloin SAFIR-tutkimusohjelmaa voidaan tulevaisuudessa suunnata aiempaa enemmän koulutukseen. Ohjelmalla on keskeinen rooli myös kansallisena tiedonvälityskanavana ja keskustelufoorumina.

FINNUS-tutkimusohjelma keskittyy kolmeen ydinvoimalaitosten turvallisuuden kannalta keskeiseen teemaan: ikääntymiseen, onnettomuuksiin ja riskeihin.

Nykyisten voimalaitosten ikääntymisen tutkimuksessa arvioitiin voimalaitoskomponenttien jäljellä olevaa käyttöikää ja korjaavien toimenpiteiden tehokkuutta. Ikääntymisteemassa tutkittiin metallirakenteiden ikääntymistä ja vaurioitumismekanismeja, rakenteellista eheyttä sekä valvonta- ja tarkastusmenetelmiä. Uutuutena mukana olivat betonirakenteiden eheyteen liittyvät kysymykset. Onnettomuusteemassa keskityttiin ydinvoimalaitosten käyttöturvallisuuteen. Tutkimuskohteina olivat mm. polttoaineen ja reakti-

torin käyttäytyminen sekä vakavat reaktionnettomuudet.

Riskiteemassa pääpaino oli riskianalyysimenetelmissä ja niiden soveltamisessa, tulipaloriskien arvioinnissa, ohjelmoitavan automaation turvallisuuden kehittämisessä sekä inhimillisten tekijöiden vaikutuksessa.

Kokeellinen ja laskennallinen tutkimus auttaa viranomaisia ja voimayhtiöitä valvomaan ja arvioimaan entistä paremmin ja tehokkaammin laitosten turvallisuutta, kohdistamaan turvallisuusparannukset ja tarkastukset riskialttiisiin kohteisiin, kouluttamaan laitosten henkilökuntaa ja varautumaan mahdollisten onnettomuustilanteiden hoitoon.

Kansallinen ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimusohjelma FINNUS (The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 1999-2002) järjesti loppuseminaarin 14.-15.11.2002 VTT:n päärakennuksessa Otaniemessä. Seminaarissa käsiteltiin myös uutta SAFIR-ohjelmaa.

FINNUS-ohjelman päärahoittajina ovat olleet VTT:n lisäksi kauppa- ja teollisuusministeriö, VTT ja Säteilyturvakeskus.

Eija Karita Puska

Lisätietoja:

FINNUS-ohjelman johtaja
Riitta Kyrki-Rajamäki, VTT Prosessit
Puh. (09) 456 5015, riitta.kyrki@vtt.fi

SAFIR-ohjelman johtaja Eija Karita Puska
Puh. (09) 456 5036, eija-karita.puska@vtt.fi

Yli tarkastaja Jorma Aurela,
kauppa- ja teollisuusministeriö
Puh. (09) 16 064 832, jorma.aurela@ktm.fi

Tutkimuspäällikkö Timo Okkonen,
Säteilyturvakeskus
Puh. (09) 75 988 299?,
timo.okkonen@stuk.fi

<http://www.vtt.fi/pro/tutkimus/finnus>

Lord-tunnelmaa syysseminaareissa

Lord-hotellin juhlasali tarjosi tavalliseen tapaan juhlanan arvokkaat puitteet ydinenergia- ja ydinturvallisuusneuvottelukuntien 14. ydinenergiaseminaarille ja ATS:n vuotuiselle syysseminaarille marraskuun 8. päivänä. Osanottajillakin oli juhلاميeli eduskunnan keväisen periaatepäätöksen jälkeen. Jarl Forstén kuvasi tilannetta ydinenergiaseminaarin avaussanoissaan toteamalla, kuinka Suomi on saanut yleisen positiivisen suhtautumisen ohella lisää



kansainvälistä vaikutusvaltaa ydinenergia-alalla. Omassa maassamme valmisteltavana oleva hanke on jo antanut myönteisen signaalin alan asiantuntemuksen kehittämiseksi. Seminaarien puhujat käsittelivät sekä kansainvälistä että kotimaista tilannetta ydinturvallisuudesta säteily-suojeluun ja fyysiseen suojaukseen samoin kuin ilmastostrategiasta bioenergiaan. Seuraavassa on poimintoja omaan alaamme liittyvistä esityksistä.

Juhani Hyvärinen esitti katsauksen EU:n hakijamaiden ydinturvallisuustilanteeseen. Lähtökohtana on G7:n poliittinen päätös Münchenissä vuonna 1992: neuvostoreaktorit ovat per se epäturvallisia eikä ensimmäisen sukupolven VVER:itä ja RBMK:ita voida modernisoida turvallisiksi. Tämän jälkeen on tehty paljon työtä hakijamaiden ydinturvallisuuden parannusten suunnittelemiseksi ja toteuttamiseksi. Turvallisuuden parannusohjelmat käynnistettiin kaikissa maissa jo 1990-luvun alkupuolella, ja niihin on saatu paljon taloudellista ja teknistä apua lännestä. Tärkeimmät parannustoimet toteutettiin useimmissa maissa vuoteen 2000 mennessä. Tilanne vaihtelee maittäin siten, että viimeisinä tulevat Bulgaria, Liettua ja Romania. WENRAn lokakuussa 2000 laatiman arvion mukaan Tsekki, Unkari ja Slovakia ovat verrattavissa länsieurooppalaiseen tasoon; sama pätee Slovenialle teknisesti, mutta viranomaisresurssit vaativat vahvistusta. Ignalinan laitos "ei realistisesti voi saavuttaa" läntistä tasoa. Juuri viimeksi mainittu tapaus on ongelmallinen,

koska Liettua on liittymässä EU:hun ensimmäisessä aallossa. Vastaavat tulokset ovat luettavissa myös tänä vuonna julkaisusta EU:n ministerineuvoston atomikysymystyöryhmän asettaman ad-hoc-työryhmän Working Party on Nuclear Safety raportista.

Tehdyistä parannuksista huolimatta eräät hakijamaat ovat antaneet periksi ulkoiselle painostukselle ja lupautuneet sulkemaan vanhoja laitoksia etuajassa. Näihin kuuluvat Bulgarian Kozloduy 1/2 ja 3/4, Liettuan Ignalina 1/2 sekä Slovakian Bohunice 1/2. Bulgariassa on edelleen poliittista kädenvääntöä Kozloduy 3/4:stä. Jokainen maa edellyttää luonnollisesti tukea EU:lta korvatakseen taloudelliset ja tuotannolliset menetykset.

Jukka Laaksonen jatkoi siitä, mihin Hyvärinen lopetti, selostamalla EU:n piirissä tapahtuvaa ydinturvallisuusvaatimusten harmonisointia. Hakijamaille asetettujen turvallisuusvaatimusten johdosta on syntynyt poliittinen paine kehittää koko EU:lle yhteiset vaatimukset, joihin kuuluisivat sekä tekniset standardit että valvontamenettelyt.



ATS:n syysseminaarin läpiviennistä huolehti puheenjohtaja Harri Tuomisto tehokkaan leppoisalla tavalla.

Euroopan komissio antoi 6. marraskuuta esityksen ydinturvallisuutta koskevaksi direktiiviksi. Komissio perustelee esityksensä vuodelta 1957 peräisin olevalla Euratom-sopimuksella. Koska tämä sopimus ei anna komissiolle mandaattia asettaa ydinturvallisuuteen liittyviä sääntöjä, komissio viittaa

sopimukseen sisältyvään valtuutukseen säädellä säteilysuojelua: ydinonnettomuuden estäminen on osa säteilysuojelua. Komission marraskuussa käynnistämä proseduuri nojaa Euratom-sopimuksen artiklaan 31, joka mahdollistaa määränemistöpäätöksen. Ennen päätöksentekoa ministerineuvostossa on kuultava jäsenmaita, mikä vaatii ainakin kuukausia. Euroopan parlamentilla ei ole muodollista asemaa tässä prosessissa, mutta sitä kuullaan joka tapauksessa.

Direktiiviehdotuksen päperiaate on, että turvallisuusvaatimuksissa viitataan kansainväliseen ydinturvallisuussopimukseen, Nuclear Safety Convention, vuodelta 1996. Direktiivin tultua voimaan alkaa EU:ta koskevien lisävaatimusten kehittäminen. Nämä pohjautuisivat IAEA:n säädöskokoelmiin. Vaatimusten lisäksi direktiiviluonnos sisältää tarkastusvaltuuksia EU:n tasolla. WENRA on jo kommentoinut direktiiviluonnoksen aikaisempaa versiota eikä ole suinkaan yhtynyt kaikkiin esityksiin. Laaksonen totesikin, että ehdotukseen sisältyy vääriä näkökohtia ja ristiriitaisuuksia.

OECD/NEA:n **Ted Lazo** kertoi ICRP:n piirissä tapahtuvasta säteilysuojelun kehityksestä. ICRP on jo vuosia valmistellut uusia suosituksia, joiden luonnos on tarkoitettu julkaistavaksi ensi vuonna. Tarkastelukulma on laaja: niihin sisältyvät niin yleisön kuin teollisuuden huolenaiheet, niin asiantuntijoiden kuin hallitusten huolenaiheet. Valmistelutyö on ollut huolellista, ja erilaiset riskit on käsitelty perusteellisesti. Uudet suositukset laaditaan siten, että ne esittävät perustelut, suojatavat ja optimoinnin. Perusteluissa otetaan huomioon vastuunjako eri tahojen välillä ja tunnustetaan se tosiseikka, että radiologiset näkökohdat ovat vain osa kokonaisuutta. Suojatavojen määrittelyssä lähdetään siitä, että luonnon taustasäteily ei sinänsä oikeuta lisäannoksiin, mutta antaa vertailutason rajojen asettamiselle. Optimoinnin nojalla lisäsuojasta voidaan vaatia, jos se saavutetaan tehokkaasti ja järkevin toimenpitein. Uutena asiana tarkasteluun on sisällytetty eliölajien säteilysuojelu. Uudet suositukset pyritään saattamaan voimaan vuonna 2005.

Suomen ydinvastuulainsäädäntöä selosti **Kristian Stenius** Suomen Atomivakuutuspoolista. OECD-maita koskee Pariisin konventio vuodelta 1960, joka asettaa vastuut ydinlaitosten käyttäjille, ja Brysselin täydentävä konventio, joka säätelee allekirjoittajamaiden vastuuta. Muita IAEA:n jä-

senmaita koskee Wienin konventio. Ydinvastuun yläraja on Suomen lainsäädännössä nykyisellään 175 milj. SDR (233 milj. €) tapahtumaa kohti ja yhteensä 210 milj. SDR (280 milj. €). Koska Suomen valtiolla ei ole omaa vastuusuutta, laitoksen käyttäjän vastuu on 175 milj. SDR onnettomuutta kohti. Tämän päälle tulee allekirjoittajamai-



Teollisuusneuvos Sirkka Vilkkamo kuvailee ilmastohankkeita.

den yhteinen lisävastuu, joka on 125 milj. SDR. Näitä rajoja ollaan nyt nostamassa kansainvälisesti siten, että operaattorin vastuuksi tulisi 700 milj. €, valtion osuudeksi 500 milj. € ja maiden yhteisvastuuksi 300 milj. €. Yhteensä tämä tekee 1500 milj. €, mikä on lähes nelinkertainen nykyiseen maksimimäärään 400 milj. € verrattuna. Konvention ratifiointi tapahtuu 2-3 vuoden sisällä. Suomen lainsäädännön uusimista valmistelelee ydinvastuutoimikunta, jolle on asetettu määräajaksi tämän vuoden loppu.

Lasse Mattila valotti energiatutkimusta EU:n 6. puiteohjelmassa. Taustaksi hän esitti katsauksen suomalaisten osallistumiseen EU:n tutkimuksen 5. puiteohjelmaan vuosina 1998-2002. Suomalaiset olivat mukana yhteensä noin 1300 hankkeessa, joista fission liittyi 68 hanketta. Haun onnistumisaste oli fissionhankkeissa peräti 49 %, kun se keskimäärin oli 29 %. Hankkeista oli suomalaisten koordinoimia 226, joista fissionhankkeita 6. Fissionhankkeissa saimme EU-rahoituksesta 2,9 %, mikä ylittää selvästi maamme maksuosuuden 2 %. Ydinenergia-

tuotuksen kokonaisrahoitus on Suomessa ollut viime vuosina suuruusluokkaa 27 milj. €, josta EU:lta on saatu noin 9 %. Nämä luvut sisältävät myös fuusion.

EU:n tutkimuksen 6. puiteohjelman tavoitteena on eurooppalainen tutkimusalue ERA. Uusina keinoina ovat integroidut hankkeet (IP) ja huippuosaamisen verkostot (NoE). Toki vanhatkin keinot säilyvät, kuten kohdennetut projektit ja koordinoitua toimintaa. 6. puiteohjelman kokonaisvoimavaroiksi on 17.500 milj. €. Euratom osuus on 1.230 milj. €. Tästä valtaosaan vie fuusio (750 milj. €). Euratomin tutkimuskeskus JRC saa 290 milj. €, joten fission tutkimuskeskelle jää jaettavaksi 190 milj. €: ydinjätetutkimukselle 90 milj. €, säteilysuojelualalle 50 milj. € ja muille ydinalan toimille 50 milj. €. Ensimmäinen pöytäkirja (60 milj. €) on vuoden 2003 alkupuolella, toinen pöytäkirja (60 milj. €) vuoden 2004 alkupuolella ja kolmas pöytäkirja (40 milj. €) vuoden 2005 puolivälissä. Nähtäväksi jää, millä tavoin pyrkimys suurin hankkeisiin vaikuttaa rahoitusta saavien tutkimusprojektien valitsemiseen.

Edellä referoitujen esitysten lisäksi seminaareissa esiintyivät **Timo Okkonen**, joka selosti käynnistymässä olevaa kansallista ydinturvallisuustutkimusohjelmaa SAFIR, IAEA:n **Bernard Weiss**, jonka aiheena oli järjestön Nuclear Security -ohjelma, **Sirkka Vilkkamo**, joka kävi läpi kansallisen ilmastostrategian toteuttamistilanteen, **Satu Heilyn**, joka puhui bioenergiasta Suomessa, ja **Tapio Saarenpää**, joka päivitti uuden ydinvoimalaitoshankkeen tilanteen. Vilkkamon keskustelu syntyi oman alamme ulkopuolisista esityksistä – ilmastostrategiasta ja bioenergiasta – osoituksena halustamme osallistua yhteiskunnalliseen keskusteluun laajemminkin. Uusi ydinvoimala olikin sitten cocktail-keskustelun vakioaihe. ■



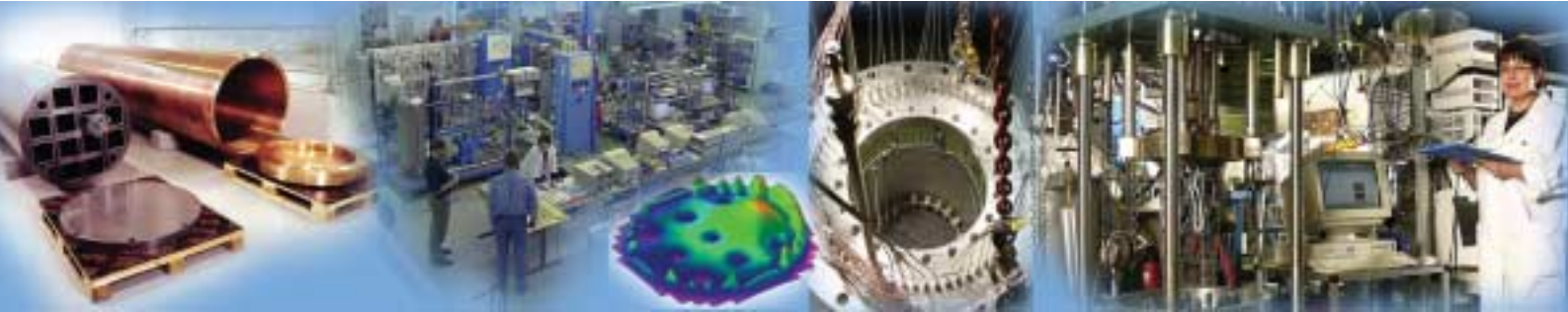
TkL Eero Patrakka, Teollisuuden Voima Oy. ATS Ydintekniikka -lehden erikoistoimittaja. eero.patrakka@tvo.fi

*Rauhallista joulunaikaa sekä
vauhdikasta uutta vuotta 2003!*

*Suomen Atomiteknillinen Seura ja
ATS Ydintekniikka -lehden toimitus*

VTT NUCLEAR

MONIPUOLISTA YDINENERGIAOSAAMISTA



VTT Nuclear tuottaa monipuolisia ydinvoimatekniikan T&K-palveluja uusien voimalaitoskonseptien tutkimuksesta käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen. Meillä on pätevän tutkimushenkilöstön lisäksi hyvät laskennalliset ja kokeelliset valmiudet ja laitteistot. VTT Nuclear on yksi VTT:n uusista osaamisportaaleista, jotka auttavat asiakkaitamme ja yhteistyökumppaneitamme hyödyntämään VTT:n laajaa teknologista osaamista.

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Kannatusjäsenet:

ABB Oy Energiayhtiö
Fintact Oy
Fortum Oyj
Kemira Oy, Energia
Mercantile-KSB Oy Ab
Patria Finavitec Oy
Platom Oy
Pohjolan Voima Oy
Posiva Oy
PRG-Tech Oy
PrizzTech Oy
Rados Technology Oy
Saanio & Riekkola Oy
Siemens Osakeyhtiö
Soffco Oy Ab
Suomen Atomivakuutuspooli
Teollisuuden Voima Oy
VTT Prosessit
VTT Tuotteet ja tuotanto
YIT Installaatiot

ATS internetissä:

<http://www.ats-fns.fi>