

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



3/2008

vol. 37

Tässä numerossa

Pääkirjoitus:

Suomen ydinenergialainsäädännön
kovin luvitustesti edessä 3

Editorial:

The toughest licensing test
for the Finnish nuclear energy
legislation is yet to come 4

Uutisia 5

Ydinasioista kultuna:

Juhani Santaholma 6

FinNuclear-projekti rakentaa
suomalaisten ydinenergia-
osaajien yhteistyötä 10

PAPpia viedään YVAN
kanssa loppusijoitukseen 14

Loviisa 3 -hanke 17

Olkiluodossa valmius
OL4:n toteuttamiseen 20

Fennovoimalla kolme
tasavahvaa sijoituspaikkaa 23

Yhdysvaltojen
laitoshankkeiden tilannekatsaus 25

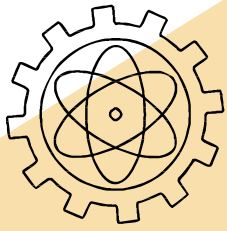
Drag ur FiR 1 reaktorn historia 28

In Memoriam:

Jaakko Miettinen 32

Väitöskirja ja diplomityöt 36

Tapahtumakalenteri
ja seuran uudet jäsenet 39



ATTS

3/2008, vol. 37

VUODEN 2008 TEEMAT

1/2008

Käyttötoiminta
ja turvallisuus

2/2008

Kansainvälinen
yhteistyö

3/2008

Uudet laitoshankkeet
ja YVAt

4/2008

Syysseminaari, ekskursio

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 700 €

1/2 sivua 500 €

1/4 sivua 300 €

TOIMITUKSEN OSOITE

ATTS Ydintekniikka
c/o Riku Mattila
Säteilyturvakeskus
PL 14
00881 Helsinki
Puhelin 09 759 88680
Telefax 09 759 88382
toimitus@ats-ydintekniikka.fi

ISSN-0356-0473

Painotalo Miktor Oy



441 194
Painotuote

JULKAISIJA / PUBLISHER

Suomen Atomiteknillinen Seura –
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

ATTS WWW

www.ats-fns.fi

Toimitus / Editorial Staff

Päätoimittaja / Chief Editor

DI Riku Mattila
Säteilyturvakeskus
paatoimittaja@ats-ydintekniikka.fi

Toimitussihteeri / Subeditor

Minna Rahkonen
p. 0400 508 088
fancymedia@saunalahti.fi

Erikoistoimittajat /

Members of the Editorial Staff

TKT Jarmo Ala-Heikkilä
Teknillinen korkeakoulu
jarmo.ala-heikkila@tkk.fi

FM Sini Gahmberg

Teollisuuden Voima Oyj
sini.gahmberg@tvo.fi

FM Johanna Hansen

Posiva
johanna.hansen@posiva.fi

DI Tommi Henttonen

Fortum Nuclear Services
tommi.henttonen@fortum.com

DI Kai Salminen

Fennovoima Oy
kai.salminen@fennovoima.fi

DI Eveliina Takasuo

VTT
eveliina.takasuo@vtt.fi

Haastattelutoimittaja /

Journalist reporter

DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@welho.com

Johtokunta / Board

Puheenjohtaja / Chairperson

DI Harriet Kallio
Fortum Power and Heat
PL 100, 00048 Fortum
p. 010 453 2463
puheenjohtaja@ats-fns.fi

Varapuheenjohtaja /

Vice-chairperson

DI Harry Lamroth
Fortum Nuclear Services
harry.lamroth@fortum.com

Sihteeri /

Secretary of the Board

DI Malla Seppälä
VTT
sihteeri@ats-fns.fi

Rahastonhoitaja / Treasurer

FM, tekn. yo Anna-Maria Länsimies
Energiateollisuus ry
anna-maria.lansimies@energia.fi

Jäsenet /

Other Members of the Board

FM Johanna Hansen
Posiva
johanna.hansen@posiva.fi

DI Yrjö Hytönen

Säteilyturvakeskus
yrjo.hytonen@stuk.fi

DI Olli Nevander

Teollisuuden Voima Oyj
olli.nevander@tvo.fi

Toimihenkilöt / Officials

Jäsenrekisteri /

Membership Register

DI Malla Seppälä
VTT
sihteeri@ats-fns.fi

Kv. asioiden sihteeri /

Secretary of International Affairs

DI Tommi Henttonen
Fortum Nuclear Services
tommi.henttonen@fortum.com

Energiakanava /

Energy Channel

TKT Karin Rantamäki
VTT
karin.rantamaki@vtt.fi

Young Generation

DI Juha Poikolainen
Teollisuuden Voima
juha.poikolainen@tvo.fi

Ekskursiosihteeri /

Excursion Secretary

DI Kristiina Turtiainen
Teollisuuden Voima
kristiina.turtiainen@tvo.fi

Suomen Atomiteknillisen Seuran (perustettu 1966) tarkoituksena on edistää ydintekniikan alan tuntemusta Suomessa, toimia yhdyskuntana jäsentensä kesken kokemusten vaihtamiseksi ja ammattitaidon syventämiseksi sekä vaihtaa tietoja ja kokemuksia kansainvälisellä tasolla.

ATTS Ydintekniikka on neljä kertaa vuodessa ilmestyvä lehti, jossa esitellään ydintekniikan tapahtumia, hankkeita ja ilmoitetaan numeroitain vaihtuvan teeman ympäriltä. Lehti postitetaan seuran jäsenille.

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



Suomen ydinenergialainsäädännön kovin luvitustesti edessä

VIOSIEN 2008–2009 aikana on mahdollisesti käynnissä neljä ympäristövaikutusten arviointiprosessia (YVA) ja neljä, ehkä viisikin periaatepäätösprosessia. Kaksi rinnakkaislakia, ydinenergialaki ja YVA-laki, ohjaavat näitä prosesseja. Elinkeino-ministeri *Mauri Pekkarinen* edellyttää, että kaikki uudet ydinvoimalaitosten periaatepäätöshakemukset käsitellään yhdessä niiden ratkaisevilta osin. Vuosien 2009–2010 aikana nähdään, miten tämä tapahtuu. Kysymyksessä on aito kilpailutilanne.

YVA EI Suomessa ole periaatteessa osa luvitusta, mutta koska YVA-selostus on liitettävä periaatepäätöshakemukseen, on se käytännössä ainakin luvituksen esivaihe. *”Kokemusten myötä voidaan väittää, että nämä rinnakkaislait (YEL ja YVA-laki) ovat eläneet yhdessä onnistuneesti. On väistämätöntä, että jonkun mielestä tällöin syntyy myös päällekkäisyyksiä, erityisesti kansalaisosallistumisessa, mutta toisaalta voidaan todeta, että YVAn ja PAPin näkökulmat poikkeavat toisistaan ja siksi peräkkäiset kuulemiset ovat tarpeen ja hyödyllisiä.”*

NÄIN KIRJOITIN tasan vuosi sitten ATS Ydintekniikkaan 3/2007. Nyt on mieli hieman muuttunut, sillä kun hankkeita on monta, syntyy aika lailla päällekkäisyyden tuntua. Lisäksi aika harva asiantuntijakaan on pysynyt Posivan PAPpien ja YVAn perässä. Olisiko sittenkin parasta ratkaista käytetyn ydinpolttoai-

neen huoltokysymys voimalaitospapin yhteydessä? Fennovoiman tapaus osoittaa tämänkin lähes mahdolliseksi, sillä vuodenvaihteessa jätettävässä PAP-hakemuksessa tuskin on syvälle menevää käytetyn polttoaineen huollon osuutta. Tämä on sinänsä lain mukaan mahdollista, tuleehan liian pitkälle meneviä sitoumuksia välttää, mutta maan tapa on ollut tehdä samanaikaisesti PAP voimalaitokselle ja käytetylle polttoaineelle.

NIINPÄ ON selvää, että jonkin ajan päästä seuraavalla ydinenergialain periaatteiden pohdintakierroksella on syytä kiinnittää huomiota näihin kysymyksiin. Ympäristöministeriö on ilmeisesti aloittamassa syksyllä 2008 YVA-lain toiminta-arviota, ja luultavasti siinäkin päästään miettimään näiden kahden lain yhteiselämää.

YHTÄ SELVÄÄ on, että nyt valtioneuvoston käsittelyssä olevat tai siihen tulevat PAPit käsitellään nykyisen lainsäädännön avulla. Päätöksiä valmistelevalle käsittely on jo alkanut ja siihen sisältyvät syksyn lausuntokierrokset. Hakemusten käsittelyn ratkaisevat osat ja päätösten kirjoittaminen tapahtuu sitten vuoden 2009 aikana, jos TEMin aikataulukaavailut pitävät. Eduskunta voisi tällöin saada mahdollisen periaatepäätöksen tai – päätökset käsittelyyn vuoden 2010 alussa.

The toughest licensing test for the Finnish nuclear energy legislation is yet to come

IN 2008–2009, four environmental impact assessment (EIA) licensing decisions and four, perhaps five, decisions-in-principle remained for consideration. These processes will be conducted under two parallel laws, the Nuclear Energy Act (NEA) and the EIA Act. Minister of Economic Affairs *Mauri Pekkarinen* expects the key sections of the decision-in-principle (DIP) applications for new nuclear power stations to be handled jointly. In 2009–2010 we will see how this works in a genuinely competitive environment.

IN PRINCIPLE, EIA is not part of the licensing process in Finland, but because the EIA Report must be attached to the DIP, in practice EIA constitutes the first stage of the license application. *“Looking back, these parallel laws (NEA and EIA) seem like a successful solution. Inevitably, some will point at duplication, particularly when it comes to civic participation, but one could also claim that the underlying perspectives of the EIA and DIP are different, which makes consecutive hearings necessary and useful.”*

I WROTE this exactly a year ago in *ATS Ydintekniikka* 3/2007. I must admit that I now see things slightly differently. With so many ongoing projects, one has the feeling of processes being duplicated to a fair degree. Furthermore, few experts have managed to remain up to speed on Posiva’s DIPs and EIA. Would it be better after all to solve the question of nuclear fuel management alongside the nuclear plant’s

DIP? The Fennovoima case seems to indicate that this is practically impossible; I doubt that the DIP application, to be submitted at the end of the year, will include a comprehensive analysis of spent fuel management. The law permits this, since overly extensive commitments should be avoided but, nevertheless, the practice applied in Finland has been to perform a DIP for the nuclear plant and spent fuel simultaneously.

INEVITABLY, THESE questions should be considered during the next consultation round on the provisions of the Nuclear Energy Act. It looks as though the Ministry of the Environment will launch a performance review for the EIA Act in the coming autumn, which is also likely to include questions on the parallel application of the two Acts.

IT IS quite clear, however, that the discussions currently held, or about to be held, by the Government on DIPs will be carried out under the provisions of the current Acts. Preparations for the decisions and the autumn consultations have already begun. The critical parts of the application handling and the drafting of the decisions will take place in 2009, provided that the MEE’s planned schedule holds. This means that a possible decision, or decisions, in-principle, could be submitted for parliamentary discussion at the beginning of 2010.

■

UUTISIA

LHC:n ensimmäinen hiukkassuihku

CERN:IN UUSI 27 km:n ympärysmittainen Large Hadron Collider protoni-protoni-kiihdytin käynnistettiin 10.9.2008. Kyseessä oli ensimmäinen kerta, kun hiukkassuihkuja kierrätettiin koko kiihdytinten renkaan ympäri. Käynnistys aloitettiin klo 9:30 injektorina toimivasta SPS-kiihdyttimestä tulevalla myötävään suuntaisella 450 GeV:in suihkulla, joka pysäytettiin absorbaattoriin jokaisen kollimointipisteen kohdalla ratamonitorin avulla tehtävää radan tarkistusta varten. Ratakorjauksen jälkeen jatkettiin seuraavaan kollimointipisteeseen. CMS- ja Atlas-kokeiden kohdalle pysäytettiin useampia suihkupulsseja, jotta kokeet saattoivat tarkistaa laitteidensa toimivuuden todellisilla törmäyksillä. Suihkun kohdistus näkyi yleisölle suihkuputken kollimaattorien kohdalle asennetuilla varjostimilla, joita seurattiin CCTV-kameroiden välityksellä. Ensimmäinen suihku myötävään saatiin läpi klo 10:25, mikä havaittiin kahtena erillisenä varjostimella välähtävänä pisteinä (ensimmäinen injektioista, toinen hieman poikkeutuneena ympäri kiertäneestä suihkusta). Sama toistettiin iltapäivällä vastapäivään, jolloin suihku meni läpi klo 14:59 ja samppanjanpullojen poksauttelu saattoi alkaa.

On huomattavaa, että tässä vaiheessa ei suihkuja vielä kiihdytetty lainkaan LHC:ssa, eikä myöskään protoni-protoni-törmäyksiä tehty. Käynnistuksen jälkeiset tekniset ongelmat ovat hidastaneet laitteiston käyttöönottoa, mutta tulevaisuuden



Fyysikot seuraavat ensimmäisen suihkun läpimenoa CERN:in kontrollikeskuksessa.

ohjelmassa on suihkuparametrien optimointi ja suihkun energian nosto nominaaliseen 7+7 TeV:iin ensi vuoden aikana.

LHC:n käynnistystä oli seuraamassa suuri joukko kansainvälistä lehdistöä, ja sitä saattoi seurata suorana webcastina CERN:in WWW-sivujen kautta. Eurovisio tuotti aiheesta jatkuvaa TV-kuvaa yli 500 TV-kanavalle ympäri maailman ja BBC:n Radio 4 seurasi niinkään tapahtumia pitkin päivää. Paikalla olivat kaikki elossa-olevat CERN:in entiset pääjohtajat, jotka seurasivat päivän tapahtumia nykyisen pääjohtajan kanssa CERN:in kontrollikeskuksessa. LHC:n viralliset avajaiset korkearvoisen kutsuvierasjoukon läsnäollessa pidetään 21.10.2008.

Timo Hakulinen, CERN/TS

ATS YG:n nuorten kesätapahtuma Lauttasaareissa

ATS YG:N kesätapahtuma järjestettiin 5.8.2008 Helsingin Lauttasaareissa Poliisien kesäkodin juhlatiloissa meren äärellä. Tilaisuuteen osallistui yli 70 nuorta ydinalan tulevaa ammattilaista. Alan eri organisaatiot olivat hyvin edustettuina: VTT, STUK, Platom, TVO, Posiva, Fortum Loviisan voimalaitos, Fortum Nuclear Services, Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Teknillinen korkeakoulu.

ATS YG:n puheenjohtaja *Juha Poikolainen* toivotti kaikki tervetulleeksi ja avasi tilaisuuden. Virallisessa osiossa kuultiin kesäterveiset tapahtuman sponsoreilta Fennovoimalta, Fortumilta ja VTT:ltä. Fennovoiman toimitusjohtaja *Tapio Saarenpää* ja Fortum Nuclear Services Oy:n toimitusjohtaja *Herikko Plit* esittelivät yritystensä ja uusien laitoshankkeiden tilannet-

ta, samalla tuoden esille tulevien vuosien rekrytointitarpeet. VTT:n teknologiapäällikkö *Timo Vanttola* esitti tutkimuspuolen terveiset nuorille.

Työ- ja elinkeinoministeriön *Jaana Avolahti* esitelmöi tilaisuudessa ministeriön kiireisestä vuodesta, joka on ollut ympäristövaikutusten arviontien täyttämä. Avolahti tutustutti kuulijat ministeriön toimintaan ja esitteli hankkeiden viranomaiskäsittelyn yksityiskohtia.

Perinteisen YG Games -kisailun voitti joukkue Partikkelit, joka koostui VTT:n ydinjätehuoltotiimistä ja Posivan ja TTY:n vahvistuksista. Joukkue päihitti muut vakuuttavilla suorituksillaan mölkyssä, tikanheitossa, petanquessa ja krocketissa.



Projektipäällikkö **Kalevi Numminen** (vas.) ja vuorineuvos **Pentti Alajoki** allekirjoittamassa Loviisan ydinvoimalaitokseen liittyvää sopimusta 1970-luvulla. Taustalla Torgprompalatan johtaja **Leonid Imenin**, keskellä "oikeuskansleri" **Juhani Santaholma** ja IVO:n tulkkki **Irene Philipp**.

Juhani Santaholma: Eriseuraisista sähköalan järjestöistä Energiateollisuus ry

"Saadaankohan me tätä tänäänkään valmiiksi?" Istumme enimmänsä osan 40 vuoden työurastaan Imatran Voimassa (IVO) työskennelleen lakimiehen alias "atomijuristi" alias "juristi-insinööri" alias "varainsinööri" Juhani Santaholman kanssa Suomalaisen klubin Arvo Ylppö-kabinetissa ja käymme läpi hänen uransa vaiheita jo neljännessä sessiossa. "Syvähaastattelu" valmistuu toki lopulta, ovathan haastattelija ja haastateltava, paitsi syntyjään Naistenklinikalta Töölöstä, kumpikin omilla tahoillaan "selitys-, selvitys- ja selviytymistieteiden" erityiskysymyksissä seuloutuneita erityisasiantuntijoita, nyt virkeitä eläkeläisiä, maratoonareita kumpainenkin, edellinen kävellen, jälkimmäinen juosten.

Oulusta juristiksi

Aloitetaan perinteisellä kysymyksellä, mistä olet kotoisin?

"Juuret ovat Pohjois-Pohjanmaalla Kallajoki-Oulu -akselilla. Isäisäninä oli juurevia Pohjanmaan talonpoikia ja liiketoimen harjoittaja, oli kiviveistäjä, sahatoimintaa, laivanvarustusta, tervaa. Isälläni oli pankkitausta, äitini oli sairaanhoitaja. Helsingistä muutimme v. -49 isäni ja äitini juurille Ouluun, kun isäni nimitettiin sinne Kansallispankin johtajaksi. Olen maineikkaas-

ta Oulun lyseosta joka monille meistä tosin oli usein lähinnä kokoontumispaikka iltarientojen suunnitteluun.”

”Oikeustieteellinen oli eräänlainen 2,5 vuoden läpjuoksu, opiskelun loppuajana suunnilleen prosessioikeuden vaiheessa olin jo töissäkin, piti naimisiin mentyäni ruveta vähän ansaitsemaan. Pääsin Vakuutusyhtiö Pohjolaan vastuuvahinkojen käsittelijäksi. Sieltä siirryin vielä opiskelijan kirjoissa ollen asianajotoimisto **Reino Räsäselle**. Ne kaksi vuotta Räsäsellä eivät olleet mitään liikejuridiikkaa vaan elävää elämää: liikennejuttuja, avioeroja, rikosjuttuja. Mutta ei minun uraani, lähdin auskultoimaan Espoon tuomiokuntaan laamanni **Arvo Helmisen** opastuksella, Suomen käräjäoikeuksien eräs ”grand old manejä”. Istuin käräjät Espoossa, 30 päivää eri pätkissä.”

”Atomijuristina” IVOssa

”Olin jo päässyt IVOon töihin vappuna -67. Aluksi oli voimajohtalueiden pakkolunastuksia, vesialueiden hoitoa, kala-asioita Oulujoella ja Kuusamossa ja kaiken näköistä yhtiön yleisjuridiikkaa. Muistan vielä yhtiön päälakimiehen **Jorma Rahkon** evästyksen elämän ohjenuoraksi. Hän sanoi, että ”IVO Oy:ssä voi tehdä lakimiehen töitä ja yleensäkin töitä omantuntonsa kanssa rauhassa, ilman kompromisseja.” Tämän olen muistanut, tätä soveltanut läpi työurani ja alailleenikin kertonut.”

”Tuli vapun tienoo -68 viisihenkinen lakimiesjoukon nuorimpana, kun sihteeriltä kävi kutsu mennä IVO:n strategioiden ja taktiikoiden ”henkisen isän” ja ajattelijan, varatoimitusjohtaja **Martti Laurilan** huoneeseen: ”Sinähän puhut, Santaholma, vähän enklanttia? Ottaisitko sinä nämä atomijuridiikan asiat täällä yhtiössä hoitoosi, ovat ulkoministeriössä (UM) ja kauppa-ministeriössä (KTM) tulleet siihen tulokseen, että pitää tehdä bilateraaliosopimuksia sellaisten valtioiden kanssa, joista voitaisiin ajatella tilata laitoksia. Nyt pitäisi lähteä Lontooseen neuvottelemaan Suomen valtuuskunnassa, niin että asettaisitko sinä siihen avuksi? No hyvä, ei sitten muuta, hei, hei!” Ajattelin, että ”hui, hai, hei!” Se oli ni-

mittäin aikaa, jolloin ainakaan juristit eivät matkustaneet.”

”Siitä alkoi työskentelyni valtuuskunnan puheenjohtajan, UM:n silloisen oikeudellisen osaston päällikön ja suuren oppi-isäni **Paul Gustafssonin** kanssa. Hän oli myöhemmin diplomaattuurallaan suurlähettiläs merkittävässä paikoissa ja valtiosihteerin UM:ssä. Kahdenväliset bilateraaliosopimukset atomienegian rauhanomaisesta käytöstä käytiin ensin Englannin, sitten Ruotsin ja Yhdysvaltain ja viimeisenä Neuvostoliiton (NL) kanssa. NL:n oli vaikea ymmärtää, mitä ihmeen bilateraaliosopimuksia tässä tarvitaan? ”Tehän ostate NL:sta ja siitä sovitaan valtioiden tasolla. Se on siinä se sopimus.” Gustafsson veti Suomen puolelta myös safeguards-sopimusneuvottelut IAEA:n ja Loviisa 1:n valtiotason neuvottelut Neuvostoliiton kanssa. Oli hyvä ja kova koulu Gustafssonin alaisuudessa, olin lopulta valtuuskunnan sihteerin ne vuodet, kun bilateraaliosopimuksia neuvoteltiin, sillä UM:n nuoremmat virkamiehet vaihtuivat koko ajan. Siinä oppi ”learning by doing” kansainvälisyyden. Meillä synkkasi hyvin yhteen ja ystävytemme kesti hänen kuolemaansa saakka vuonna 2003.”

”Kytkeydyin myös mukaan projektipäällikkö Kalevi Nummisen Oravakomppaniin, ts. Loviisan laitosten sopimusneuvotteluihin ja muihin selvittelyihin NL:n eri tahojen kanssa sekä muihin projektitöihin 13 vuoden ajaksi. Oli Loviisa 1:een, 2:een, ydinpolttoainehankintaan ja laadunvarmistukseen liittyvää, ym. Siinä vaiheessa kun Loviisa 1:n tilaus oli periaatteellisella tasolla varmistumassa, akateemikko **Erkki Aukusti Laurila** ja muu suomalainen rintama oli tähdentänyt atomienegian käytön valtionkomitean presidentille **Anastas Petrosjantsille**, että neuvostoliittolainen peruskonsepti ei Suomelle käy, se täytyy muuttaa läntiset turvallisuusvaatimukset täyttäväksi. Petrosjants oli ärtynyt, se oli hänelle ankara arvovaltatappio, mutta myöhemmin hän hyväksyi asian ymmärtäessään että NL:n ydinenergia-alan vionille Suomi on hyvä kansainvälistymisen laboratorio, koska Suomessa on helpompi

toimia kuin monissa suurissa vientimaissa, joissa politiikka on aivan toisenlaista kuin Suomessa.”

”Loviisan laitosten rakentamisen vaiheista on kirjoitettu paljon, se historia on pitkälti tunnettu alan asiantuntijoille. Voi kai todeta, että yksiköistä tuli eräät maailman parhaista vaikkakin ylivoimaisesti kansainvälisimmistä ydinvoimalaitosyksiköistä.”

Kyllä, hyvin itä-läntiset, olivathan molemmat poliittiset blokit mukana.

Ydinenergialaki ”ajastaan edelle”

No, sitten ydinenergialaki! Siinä hyvin mielenkiintoista on kokonaisuus. Ensin ei mitään, sitten 50-luvun lopulla Geneven sopimuksen kaltaista kehittäjä ja ensimmäinen atomilaki. Siihen tuli 70-luvulla muutoksia, mutta vasta 80-luvun lopulla tuli uusi ydinenergialaki.

”Ydinenergialaissa on erikoista se, että eduskunta lakia säätävänä valtioelimenä tekee hallintopäätöksen, joka Suomen valtiosääntöjärjestelmässä kuuluu valtioneuvoston (VN) tehtäviin. No hyvä, menen tämän ydinenergialakiprosessin läpi. Vuonna 1956 tuli säteilysuojelulaki ja v. 1957 hyvin yleisluontoinen vähäpöytälainen atomienegialaki, jossa säädettiin luvituksesta ja turvallisuudesta. Loviisa 1 sai rakennusluvan KTM:n päätöksellä. Siinä vaiheessa tultiin korkealla poliittisella taholla siihen tulokseen, että VN:n tulee myöntää luvat, sanoopa laki mitä hyvänsä. Tästä seurasi, että Loviisa 2 ja Olkiluoto 1 ja 2 on rakentamisluvitettu VN:ssä.”

”Sitten tuli vuosi 1975. Akateemikko Laurila kutsui kaksi nuorta juristia, KTM:n **Risto Paaerman** ja haastateltavan silloiseen STUKiin Kalevankadulle. ”Pojat, kirjoittakaa tarkasti ylös! Suomeen pitää luoda kokonaan uusi ydinenergialainsäädäntö ja minä kerron nyt, minkälaiset lain peruspiirteiden pitää olla.” Hän alkoi sanella ja me kirjoitimme kynät höyryten. Laurila kertoi nähtyään kaiken siihen mennessä tapahtuneen mihin hän ajattelussaan oli tullut. Ydinvoimalaitoksen lupapäätös tulee tehdä VN:n poliittisena päätöksenä, jonka eduskunta sitten hyväksyy tai hylkää. Vai jättikö Lauri-



la kansanäänestyksen vielä auki, en muista? Myöhemmin keskusteltiin tiukasti, sovelletaanko edustuksellista demokratiaa vai edellytetäänkö peräti myönteistä kansanäänestystä?

Kansanäänestys olisi ollut todella ainutlaatuista.

”VN asetti sitten ydinenergialakitoimikunta 1:n (YEL 1) ja muutamaa vuotta myöhemmin ydinjättesäännösten valmisteluun YEL 2:n. Työtä tehtiin kymmenkunta vuotta, VN antoi lakiesityksen v. -85 ja eduskunta hyväksyi lain v. -88. YEL 1:tä johti hallintoneuvos **Raimo Pekkanen**, oikeustieteen tohtori ja hallintotieteiden asiantuntija, myöhemmin EU:n ihmisoikeustuomari. YEL 2:n puheenjohtajaksi määrättiin finanssioikeuden professori **Kari S. Tikka**, erittäin älykäs juristi, joka sittemmin kohtasi traagisen lopun. Hänen johdollaan puettiin kaikkea ydinjätehuollosta säädettävää lakitekstin muotoon.”

”Palstatila ei salli kertoa ydinenergialain yksityiskohtia, mutta seuraavassa kuitenkin muutama oleellinen seikka: 1) VN tekee periaatepäätöksen poliittista harkintaa noudattaen, 2) VN:n periaatepäätös pitää saattaa eduskunnan ratifioitavaksi, 3) poliittinen tarkoituksenmukaisuusharkinta ilmaistaan käsitteellä ”yhteiskunnan kokonaisuus”, 4) ydinenergian käyttö

Juhani Santaholma viimeisimmän työpaikkansa Eteläranta 10:n edustalla lokakuussa 2008.

on kielletty, ellei sitä erikseen luvilla sallita, 5) sijoituspaikkakunnan valtuuston ja STUKin myönteiset lausunnot ovat reunaehtoja, 6) ydinjätteistä huolehtimisvelvollisuus on jätteen tuottajalla, 7) ydinjätehuollon varat rahastoidaan Valtion ydinjätehuolto-rahastoon.”

Perusvoima Oy ja IVO muutoksessa

”1970-luvun lopulla IVO ja TVO tekivät tahtoillaan omia uuden ydinvoiman soveltuvuus selvityksiään. Mutta sitten tapahtui Harrisburg v.-79, ja vuotta myöhemmin oli Ruotsin kansanäänestys ja ydinvoimasta luopumispäätös. Suomessa ymmärrettiin, että IVO ja TVO eivät voi enää jatkaa erillisin joilla vaan on ruvettava yhteistyöhön, jolle on löydettävä sopiva muoto ja reunaehdot. Laadittiin aiesopimus ja perustettiin työryhmiä, mm. keskeinen juridinen työryhmä yhteistyösopimusta tekemään. Perusvoima Oy (Pevon) perustettiin viimein helmikuussa 1986.”

”Siitä alkoi kiire, periaatepäätöshakemus jätettiin maaliskuussa ministeri **Seppo Lindblomille**, uskottiin että hakemus hyväksytään. Vaan 26. huhtikuuta jysähti,

venäläiset keksivät Tsernobylin. Tiedämme mitä sitten seurasi. Asiat etenivät toisin kuin toivottiin ja hakemus jäädytettiin. Uusi periaatepäätöshakemus jätettiin vasta v. 1991, ei Pevon nimissä vaan hakijoina IVO ja TVO yhteisiin nimiin. Pevon rooli oli olla hallinnollisteknillinen toteuttaja, vähän kuin nykyinen Posiva Oy käytetyn ydinpolttoaineen osalta. Hakemukselle kävi sitten tunnetulla tavalla, eduskunta purki VN:n myönteisen päätöksen syyskuussa 1993.”

”Pevon ja sen projektiorganisaatiota lähdettiin ajamaan alas, siirryin sen kokopäivätoimesta takaisin IVOon, jossa silloinkin tapahtui isoja asioita, toteutettiin IVO:n ekspansiivista maailmanvalloituspolitiikkaa Pohjois-Euroopassa, Euroopassa ja Aasiassa. Siinä vaiheessa kun normaalissa yritystoiminnassa alkaa hankintojen haltuunotto ja sopeuttaminen, vuorineuvos Kalevi Numminen jäi eläkkeelle.”

”IVOssa alkoi taas myllerrys. Heti viikkoa myöhemmin IVO:n pääjohtajaksi nousseelle **Heikki Marttiselle** käy silloiselta kauppa- ja teollisuusministeri **Antti Kalliomäeltä** kutsu: ”Marttinen ministeriöön”. Marttiselle kerrotaan, että ”Nesteestä on esitetty konsepti Nesteen ja IVO:n yhdistämisestä siten, että IVO fuusioidaan Nesteeseen ja että fuusion osapuolille luodaan yhteinen strategia. Sen pohjana on IVO:n maailmanlaajuiset strategiat ja Nesteen asetit ja varat. Että näin lähdetään liikkeelle”. Siitä alkoi meuhkaaminen, IVO:n ja Nesteen yhteenpano, joka oli hyvin dramaattinen ja vaikea. Mutta jääköön siitä kertominen huomisen historiankirjoittajille ja jätetään myös kantaverkkoyhtiö Fingridin syntytarinan kertominen johonkin toiseen kertaan.”

Sähköalan järjestökenttää ”kolaamassa”

”Fortum-fuusion toteuduttua allekirjoittanut päätti eläkkeelle siirtymisen sijasta kutsuttuna lähteä v. 2000 vetämään suurten voima-alan toimijoiden v. -96 perustamaa Energia-alan keskusliitto ry:tä, Finergyä. Tarkoitus oli että Finergy ja alan muut järjestöt, Sähköenergialiitto Sener, Suomen

kaukolämpöyhdistys SKY ja Energia-alan työnantajaliitto Enerta liitettäisiin yhteen. Moni taho oli menestyksettä yrittänyt järjestöjen yhdistämistä aiempina vuosina.

"Sitten järjestöjen hallitusten johtohenkilöt vaihtuivat. Suurten toimijoiden jälkeen Finergyn hallitusta ryhtyi puheenjohtamaan Kymppiryhmän "voimamies", tj. **Martti Lappalainen** Suur-Savon Sähköstä, Senerin hallitusta tj. **Risto Vaitinen** Turku Energiasta, SKY:n hallitusta tj. **Matti Rintanen** Porin Energiasta ja Enertan hallitusta joht. **Veijo Kröger** Vantaan Energiasta. Maakuntien miehet näyttäisivät ja hoitaisivat alan järjestöjen yhdistymisen, he päättivät panna itsensä ja asemansa peliin: "Nyt tämä syntyy!"

"Alkoi syntyä, perustettiin työryhmiä, ratkaistiin ongelmakysymyksiä. Oli myös edunvalvontaan liittyvä vaikea kysymys, mikä tulisi olemaan perusteilla olevan Energiateollisuus ry:n, ET:n, suhde muodosteilla olevaan Elinkeinoelämän keskusliittoon EK:hon, liitytäänkö siihen jäseneksi vaiko ei? Lopputulos oli, että liityttiin. Käytännön neuvottelut käytiin EK:n toimitusjohtaja **Johannes Koroman** ja hänen seuraajansa **Leif Fagernäsin** kanssa. Oli hankalia kysymyksiä kuten jäsenmaksu ET:ltä, miten ET olisi EK:ssa edustettuna ja miten edunvalvontatyöt jaetaan? Vaikeat asiat saatiin lopulta sovituksi EK:n johtaja **Ulla Sirkeisen** toimiessa niissä ja Johannes Koroman työmarkkina-asioissa selvityshenkilöinä. Myös vielä järjestämätön EU-edunvalvonta ratkaistiin."

"Moniaktiivina" kansainvälisissä järjestöissä

Olet ollut aktiivi toimija energian, kaupan ja lain kansainvälisissä järjestöissä neljän vuosikymmenen ajan, valtava työrupeama! Voiko tuollaista toimintaa panna tärkeysjärjestykseen?

"Ehkä se on paitsi mahdotonta myös tarpeetonta? Mutta antoisaa se on ollut, olemukseltaan edunvalvontaa, on se sitten ollut energia-alan maailmanlaajuinen järjestö kuten WEC, World Energy Council, elinkeinoelämän ja kaupan järjestö kuten Kansainvälinen kauppakamari ICC, aattee-

linen ja tieteellinen yhdistys, "learned society" kuten European Nuclear Society ENS, tai aatteellinen ydinenergia-alan lakimiesten yhdistys kuten International Nuclear Law Association INLA."

"Olin jokaisessa niistä jollain tasolla joko pj.:nä tai varpj.:nä. Oli Suomen osaston johtamista tai pääsihteeriyttä, oli järjestön, sen toimikunnan, komission tai Task Forcen johtamista tai "varajohtamista": WEC:ssä, INLAssa ja ICC:ssä olen toiminut n. 30 vuotta ja ENS:n Informaatiokomiteassa 6 vuotta mutta eräissä sen toiminnoissa yli 10 vuotta. Toisinaan olen yhä konsultoinut, jotta



Juhani Santaholma Helsinki City Marathonissa 1987: "ydinvoiman päätöksenteko on kuin maratonjuoksua."

Assosiaatiosanaleikki

- Ydinenergialaki?
"Suomalainen nerokas luomus."
- Juristi?
"Monenlaisen tekijä."
- Insinööri?
"On kunnia olla varainsinööri."
- IVO ja Fortum?
"Ajat muuttuvat."
- ATS / ENS Young generation?
"Tulevaisuus."
- Women in Nuclear eli WIN?
"Naiset valtaavat ytimen."

Suomesta olisi toimintani jatkajia kansainvälisissä edunvalvontatehtävissä."

Eläkeläisen oman uran retroarviointia

"No niin. Olen kertonut urastani, sekä sen kotimaisesta että kansainvälisestä puolesta. Mitäpä ajattelen elämästäni ja urastani nyt eläkkeellä? Voin tiivistetysti todeta olevani tyytyväinen sekä eläkkeellä olooni että työuraani. Olen saanut olla mukana monissa onnistumisissa. Loviisa 1 ja 2 ovat maailman parhaiten ydinvoimalaitosten joukossa eli se suuri harjoitus johti onnistumiseen. Oli uusi ydinenergialaki ja alan kansainväliset sopimusjärjestelyt. 30-vuotisen päätöksenteon uudesta yksiköstä, jota Olkiluoto 3:na nyt rakennetaan, voi kaikkien käännteiden jälkeen lukea onnistumiseksi. Oli myös IVO:n laajeneminen "Ruotsin ristiretkineen", oli Fortum -historia sekä kantaverkkoyhtiö Fingridin perustaminen sähkömarkkinalain seurauksena. Lisäksi tulevat monet mukavat vaiheet myös kansainvälisten luottamustoimieni piirissä sekä vielä ennen eläkkeelle menoani sähkö- ja lämpöenergiajärjestöjen yhteenliittymisen ET ry:ksi ja sen liittyminen EK:n jäsenjärjestöksi."

Osaatko sanoa, mikä noista monista toimistasi on sinulle kaikkein läheisin? Voiko rakkaista lapsista sanoa, jos ja kun niitä on niin monta?

"Asettaisin Loviisa 1:n ja 2:n ensimmäiseksi. Kyseessä oli 13 vuotta todella vaikeaa työtä nuorella iällä, työteliästä mutta kaikine piirteineen samalla kiehtovaa. Joskus ajattelin aloittaneeni urani huipulla. Ei se alamäkeä senkään jälkeen ollut vaan "tasaista eteenpäin menoa."

Voisiko tuo ilmaisusi "tasaista eteenpäin menoa" kuvata "30-vuotista prosessia", jolloin ydinvoiman uudisrakentaminen Suomessa oli vuosikymmenet tosiasiallisessa paitsiossa?

"Mutta nyt meidän ja muiden työn tuloksena uusia ydinvoimalaitoshankkeita syntyy Suomeen kuin "sieniä sateella". Nyt tästä vastuulla tehdystä työstä kannetaan Suomessa hedelmää."

FinNuclear-projekti rakentaa suomalaisten ydinenergia-osaajien yhteistyötä

Prizztech Oy on käynnistänyt yhteistyössä teollisuuden, tutkimusyhteisöjen sekä Työ- ja elinkeinoministeriön kanssa selvityksen suomalaisen ydinenergiaosaamisen ja -teknologian vientimahdollisuuksista. Tässä FinNuclear-projektissa tarkastellaan ydinenergian markkinatilanteen kehitystä maailmanlaajuisesti, selvitetään suomalaisten yritysten osallistumisedellytyksiä ja -mielenkiintoa sekä mahdollisia lähtökynnystä madaltavia toimintamalleja.

Prizztech Oy on osallisena valtakunnallisessa, Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) hallinnoimassa ja pääosin EU:n aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittamassa osaamiskeskusohjelmassa ”Perusenergiat ja materiaalitekniikka”-nimisellä hankkeellaan. Se on osa vuosille 2007-2013 ajoittuvaa Tulevaisuuden energiateknologiat -klusteria, johon Prizztechin lisäksi kuuluu neljä muuta uudistuvaan energiateknologiaan suuntautunutta osaamiskeskusta. FinNuclear-projekti on myös jatkoa KTM:n ydinenergianeuvottelukunnan 1992 käynnistämälle FinnFusion-projektille, jossa on selvitetty teollisuuden osallistumisedellytyksiä kansainväliseen ITER-reaktorihankkeeseen.

Selvityksessä tarkastellaan erilaisia toimintamalleja suomalaisen osaamisen kansainväliseksi hyödyntämiseksi. Se pohjautuu alan yritysten arviointeihin ja kiinnostukseen parhaiden mallien löytämiseksi. Selvityksen tekoon ovat osallistuneet alan keskeiset yritykset Suomessa ja tehty yrityskartoitus kattaa vielä paljon suuremman joukon.

Ydinenergian renessanssi

Huolimatta ydinvoimalaitosten markkinoiden hiipumisesta ydinteknologinen tutkimus- ja kehitystyö on jatkunut kaiken aikaa sekä esiin tulleiden ongelmien ratkaisemiseksi että uusien ydinenergian käyttömahdollisuuksien avaamiseksi. Mer-

kittävämmän kuin ydinenergian omat kehitysohjelmat sen kasvaneeseen kiinnostavuuteen ovat kannustaneet ja edelleen kannustavat yleisemmät energia- ja ympäristökysymykset.

Tietoisuus fossiilisten polttoaineiden rajallisuudesta ja erityisesti öljyn ja maakaasun nopeasti nousseet markkinahinnat kannustavat etsimään niille vaihtoehtoja. Valtaosa maailman energiankäytöstä ja sen kasvusta pohjautuu kuitenkin yhä fossiilisiin polttoaineisiin, ja korostuvat ympäristöongelmat asettavat näiden käytölle rajat varantojen riittävyttä nopeammin.

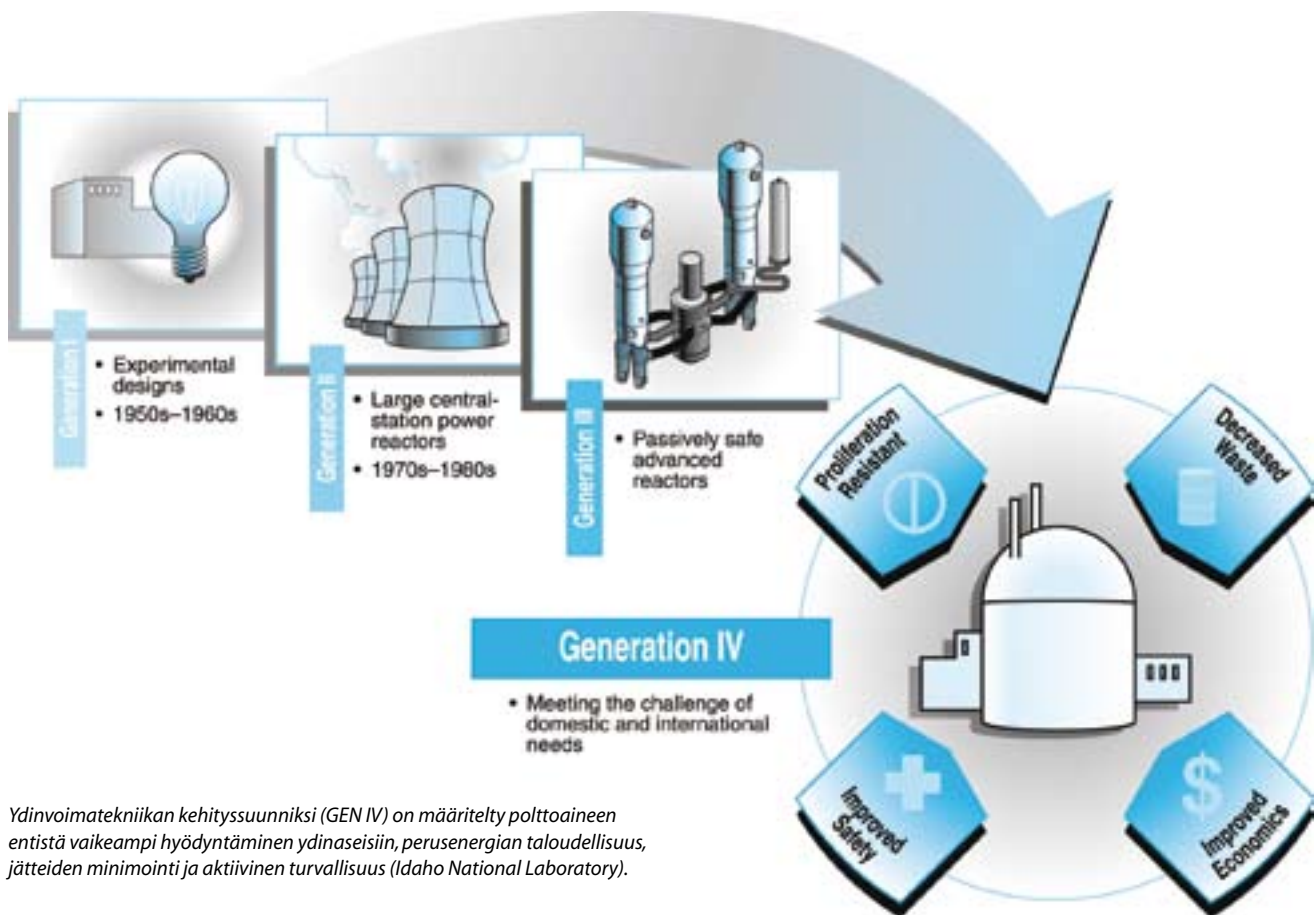
Edellä mainitut seikat perustelevat ydinenergian uuden kasvuvaiheen. Sen on tapahduttava säätäen tiukat turvallisuusnormit ja varmistaen hyvän käytettävyyden kautta taloudellinen toiminta.

Suomen kokemukset pienenä maana, jolla on tuorettakin kokemusta ydinvoimalaitoksen rakentamisesta ja jossa ydinvoimalaitosten käytettävyyden on jatkuvasti maailman huippua, voivat olla arvokkaita onnistuneen käytännön malleja niin monille uusille ydinenergiamaailloille kuin toimivia ratkaisuja etsiville ydinenergian käyttäjille.

Näiden kokemusten kartoittamiseen ja hyödyntämiseen FinNuclear-projektin selvitystyö tähtää.

SELVITYSTYÖTÄ ON KOORDINOINUT FinNuclear-hankkeen ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut prof. **Jorma Routti** sekä jäsenenä TkL **Ami Rastas**, DI **Jorma Aurela** (TEM), TkT **Martti Kätkä** (Teknologiateollisuus), DI **Rauno Mokka** (TVO), TkT **Rauno Rintamaa** (VTT), DI **Risto Salo** (Hollming), DI **Tero Taulavuori** (Outokumpu), TkT **Harri Tuomisto** (Fortum), DI **Iiro Andersson** (Prizztech) sekä sihteerinä TkL **Jouko Koivula** (Prizztech).

RAPORTIN LAATIMISEEN ovat osallistuneet TkT **Pertti Aaltonen**, TkT **Liisa Heikinheimo**, prof. **Hannu Hänninen**, TkT **Pentti Kauppinen**, TkL **Jouko Koivula**, TkL **Jussi Manninen**, TkT **Eija Karita Puska**, TkL **Ami Rastas**, prof. **Jorma Routti**, TkT **Jari Tuunanen**, DI **Juhani Vanhala**, TkT **Timo Vanttola** ja TkT **Seppo Vuori**.



Ydinvoimatekniikan kehityssuunniksi (GEN IV) on määritelty polttoaineen entistä vaikeampi hyödyntäminen ydinaseisiin, perusenergian taloudellisuus, jätteiden minimointi ja aktiivinen turvallisuus (Idaho National Laboratory).

Ydinenergian näkymät

Marraskuussa 2006 julkaistun World Energy Outlookin mukaan nykyinen noin 370 GWe ydinsähkökapasiteetti tulee kasvamaan 40 % nykyisestä vuoteen 2030 mennessä. Tämä tarkoittaa noin 50 uuden ydinvoimalaitosyksikön tilaamista seuraavan 15 vuoden aikana ja näiden lisäksi noin 100 yksikön tilaamista vuoteen 2030 mennessä.

Eriasteisia ydinvoiman rakentamissuunnitelmia on noin 30 sellaisessa maassa, jossa ei tällä hetkellä ole ydinvoimaa. Myös useissa länsimaissa ja Itä-Euroopan maissa on virinnyt kaavailuja uusien ydinvoimalaitosten rakentamiseksi. Esimerkiksi USA:ssa on julkistettu noin 30 ydinvoimalaitoshanketta. Niissä rakentamistyöt alkaisivat 2010-luvun alkupuolella lähiaikoina käynnistettävien luvitusprosessien jälkeen.

Mikäli kaavailut ydinvoimaohjelmat käynnistyvät suunnitellussa aikataulussa ja laajuudessa, on näköpiirissä huomattava kysyntä ydinvoimaosaamisesta ja -teknologiasta maailmanlaajuisesti. NucNet julkaisi vast'ikään uutisen, jossa Rolls-Royce en-

nustaa alalle 50 miljardin Englannin punnan (n. 70 miljardia euroa) suuria vuosittaisia markkinoita seuraavaksi 15 vuodeksi.

Uudet ydinvoimamaat tarvitsevat tietoa siitä, miten ydinvoimaohjelma tarvittavine infrastruktuureineen voidaan käynnistää. Ydinvoimalaitos koostuu suuresta määrästä erilaisia sekä ydinteknologisia että tavanomaisia komponentteja, joista varsinkin ensiksi mainittujen valmistuskapasiteetti tulee todennäköisesti muodostumaan erääksi pullonkaulaksi. Myös ydinvoima-alaa tuntevista henkilöresursseista tulee olemaan pulaa.

Ydinenergian uudet maailmanlaajuiset rakennushankkeet edustavat satojen miljardien investointeja yksittäisten laitosten maksaessa miljardeja euroja. On selvää että näiden hankkeiden toteuttaminen onnistuu vain suurten kansainvälisten yritysten ja konsortioiden toimesta.

Euroopassa on kestänyt vuosikymmeniä yhdistää vahvimmat voimavarat ja kehittää moderni European Power Reactor, jollainen on nyt rakenteilla Suomessa. Mutta myös pienillä ja edistyksellisillä mailla voi

ja tulee olla rooli näiden hankkeiden toteuttamisessa. Esimerkiksi lentokonetekniikassa yhteinen European Airbus Industries on onnistunut yhdistämään suunnittelu- ja valmistusvahvuudet maailmanlaajuisessa kilpailussa.

Suomen ydinenergia-osaamisen nykytilanne

Laaja taustakatsaus ydinvoiman nykytilanteeseen ja tulevaisuuden näkymiin kertoo energian ja sähkön kulutusnäkömiä, ydinenergian osuutta sähkön tuotannossa ja sen ennakoitua asemaa lämmön ja vedyn tuotannossa ja runsaan puhtaan energian monille tuotantoprosesseille tarjoamaa tukea. Yhtenä esimerkkinä potentiaalisimmista käyttökohteista on suolan erottaminen merivedestä juomakelpoisen veden kysynnän helpottamiseksi. Maittain kuvatut kansalliset ydinenergiaohjelmat peilautuvat komponenttien valmistuskapasiteettiin ja ydinvoimalaitostuottajien tuoden selvästi esille näköpiirissä olevan resurssipulan sekä suunnittelun, palveluiden että komponenttivalmistuksen osalta.

Osoittautuu, että Suomessa on osaamista lähes kaikilla laitostoimituksen osa-alueilla, mutta resurssit ovat rajalliset. Vaikka kokonaistoimituksen kannalta onkin aukkoja, on vahva insinööriosaamisemme saavuttanut tunnustettuja tuloksia.

Voimayhtiöt, useat konsultointi- ja insinööri-toimistot sekä lukuisat erikoisosaamista omaavat pk-yritykset muodostavat vahvan ydinvoimalaitosten käytön, kunnossapidon ja teknisen tuen osajaverkoston.

Ensimmäisten kotimaisten ydinvoimalaitosten rakennusvaiheessa luotu kotimaisen raskaan konepajateollisuuden osaaminen on monin paikoin kadonnut tai siirtynyt prosessiteollisuuden suuntaan ydinvoima-alan markkinoiden kadottua 80-luvulla.

Ydinjätehuollon, etenkin käytetyn polttoaineen loppusijoitusratkaisussa ollaan kansainvälisesti eturivissä. Loppusijoitukseen kehitetty tekniikka työllistää lukuisia suomalaisia erikoisosaajia. Sen hyödyntämiseen kansainvälisissäkin kohteissa voi muiden maiden ratkaisusta riippuen ilmaantua mahdollisuuksia. Mielenkiintoa suomalaiseen (ja samalla ruotsalaiseen) malliin on.

Osoittumismahdollisuudet ydinenergiahankeisiin

Olkiluodon kolmannen ydinvoimalaitosyksikön rakentaa ranskalais-saksalainen Arevan ja Siemensin muodostama konsortio "avaimet käteen" -toimituksena. Rakentamisen aikainen talouden korkeasuhdanne ja valittu toimitustapa ovat vaikuttaneet siihen, että suomalaisten yritysten osuus on erällä sektoreilla jäänyt odotettua vähäisemmäksi.

Toimittajatahon jo aiemmin hyväksymät tai hyvin tuntemat alihankkijat ovat tästä hyötynet. Kaiken kaikkiaan työhön osallistuvien suomalaisten yritysten lukumäärä on silti varsin suuri ja niiden toimitukset kohdistuvat rakennussuunnitteluun, tarkastus- ja testaustoimintaan, rakentamisen aikaisten palveluiden tuottamiseen, rakennusprojektin yhteyksien rakentamiseen,

maansiirtotöihin, vesirakentamiseen ja infrastruktuurin rakentamiseen.

Seuraavissa mahdollisissa kotimaisissa hankkeissa toivotaan laajasti tilaajatahojen soveltavan useaan segmenttiin hajotettua ratkaisumallia. Se lisäksi tilaajan omaa osuutta ja etenkin vastuuta kokonaisprojektin toimivuudesta. Toisaalta tilaaja on vastuussa viranomais- ja turvallisuusmääräysten täyttämisestä kaikissa toimitusmalleissa. Joka tapauksessa kokonaishankkeen jakamisen muutamaan päätoimituslohkoon tai vaikka pariinkymmeneen pääurakkaan voi nähdä parantavan suomalaisten yritysten mahdollisuuksia.

Esimerkkinä kerrotaan mm. Espanjan kokemuksista, missä suurelta kansainväliseltä toimijalta tilattu kokonaistoimitus johti noin 40% kotimaisuusasteen saavuttamiseen laitoksen kokonaiskustannuksista. Seuraavat laitokset Espanjaan tilattiinkin kotimaisen energiayhtiön toimesta ja päästiin yli 70% osuuteen espanjalaisten yritysten omana osuutena. Viimeisissä tilauksissa käytettiin espanjalaisten suunnittelutoimistojen muodostamaa konsortiota ns. A-E (Architect Engineering) toimittajana. Kotimaisuusaste nousi tällöin 85%:iin.

Kansainvälisellä kentällä tullaan lähiaikoina tekemään ydinvoimalaitosten hankintapäätöksiä sekä jo ennestään ydinenergiaa käyttävissä maissa että eräissä muissa voimakkaasti energiantuotannon päästöjen vähentämiseen pyrkivissä maissa. Oman lukunsa muodostavat suuret kehittyvät maat, joissa energian tarve kasvaa voimakkaasti ja joilla sekä on jo nyt akuutti energiapula että joissa fossiilisten polttoaineiden käytön jyrkästä kasvusta aiheutuu päästöjen hallitsematon lisääntyminen. Näihin projekteihin mukaan pääsemiseksi on valmistauduttava molempien markkinoiden vaatimuksiin.

Suhteiden luonti tilaajatahoihin ja laitosten päätoimittajiin on avainasia. Molemissa tapauksissa suomalaisten toimittajien tai palveluyritysten yhteenliittymän lähtökohdat olisivat oleellisesti vahvemmat kuin yksittäisten yritysten myydä palvelunsa alliansseille, palvelurungeille tai konsor-

tiolle, jotka ovat saaneet sopimuksen suuressa kokonaisuudesta. Energiateollisuus ry on tehnyt yritysten yhteistyöstä selvityksen päätyen samanlaisiin johtopäätöksiin eli suosittamaan eriaisteisia, toimialoitaita koottuja alihankkijaverkostoja.

Suomalaisilla voimayhtiöillä ja energia-alan konsulttitoimistoilla on hyvät valmiudet laitoshankkeen käynnistämiseen liittyviin toimiin. Ympäristövaikutusten arviointiselvityksiä on tehty ja tehdään parhailaan eri tahoilla. Taustaselvityksiin lisäksi kuuluvat laitosvaihtoehtojen soveltuvuusselvitykset, periaatepäätöshakemus ja tarjouskyselyt sekä niihin liittyvien pelisääntöjen laatiminen merkitsevät yli sadan insinööriyvuoden panostusta.

Näitä toimia tukevat tutkimuslaitostemme valmiudet kansainvälisen tason reaktoritekniikan, materiaalteknikan ja turvallisuustekniikan palveluihin. Suurten hankkeiden kokonaisvastuuta ajatellen suomalaisten toimijoiden resurssit yhdistettynäkin voivat osoittautua riittämättömiksi. Käynnistämishankkeisiin liittyvän osaamisen hyödyntäminen rajatummissa projekteissa edellyttää tehokasta verkottumista, markkinoinnin onnistumista ja osallistumista päätoimittaja-alliansseihin.

Yhteistyöverkoston luominen

Kun päähankkija jakaa projektit pienempiin kokonaisuuksiin, joiden toteuttajiksi valitut yritykset turvautuvat paljonkin alihankkijoihin, syntyy pitkä alihankintaketju. Jopa seitsemänteen tai kahdeksanteen alihankkijaan päättyvän ketjun on havaittu mutkistavan sopimusten tulkintoja ja vaikeuttavan vastuukysymyksiä ja kumuloivan aikatauluongelmia. Ulkopuolinen yritys voi ottaa osaa tarjouskilpailuun, useimmiten varsin rajatusta toimituksesta, johon moni porras on jo laskenut omat katteensa, palvelunsa lisäarvon tai "jalostuslisänsä". Parempaan tulokseen voi päästä alemmalla alihankintasuhteella, valmiiksi laadituilla puitesopimuksilla tai optioilla.

Niillä yrityksillä, jotka ovat mukana suurten kansainvälisten konsortioiden toimitaja-alliansseissa, on parhaat mahdollisuus-

det palvelujen myymiselle tai komponenttitoimituksille. Jos verrataan OL3:n ”avaimet käteen” -toimitustapaa ensimmäisten ydinvoimaloiden, Loviisa 1:n ja 2:n rakentamiseen 70-luvulla, havaitaan kotimaisen toimitusosuuden olleen kymmeniä prosentteja laitoksen kokonaishinnasta.

Silloin perustettiin kotimainen Finnatom Oy -konsortio keskeisten rakenteiden ja komponenttien toimittamiseksi. Ulkopuolelle jäi reaktoriteknologia ja siihen läheisesti liittyvät komponentit. Suomella ei tuolloin ollut juurikaan kokemusta ydinvoimalaitoksen turvallisuusvaatimusten mukanaan tuomien laatujärjestelmä-, dokumentointi- ja jäljitettävyysovaatimusten täyttämisestä. Lopputuloksena oli pohjan luominen alan laajalle konsultointiosaamiselle ja konepajateknologian kilpailukyvn nostaminen kansainväliselle tasolle.

Nykytilanne on se, että suomalaiset yritykset ovat kukin tahollaan tehneet kansainvälistymisratkaisuja. Konsultointitoimistot ovat fuusioituneet kansainvälisiin toimijoihin ja päässeet sitä kautta osallisiksi laajaan yhteistyö- ja markkinointiverkoston. Toisilla on eriaisteisia allianssisopimuksia päätoimittajatahojen kanssa. Monet prosessiteollisuuden yritykset ovat kansainvälisten suurten konsernien omistuksessa ja niiden piirissä erikoistuneet tiettyihin prosessikomponentteihin.

Nämä järjestelyt tuovat tilauksia ja turvaavat liiketoiminnan jatkuvuuden, mutta toisaalta rajoittavat osallistumismahdollisuuksia, kun sopimusten kautta pysytellään tarkkaan rajatuilla toimialueilla. Häviäjiä tässä tilanteessa ovat pk-yritykset, joiden resurssit eivät riitä kansainvälisen markkinoinnin tai verkoston ylläpitämiseen. Tuotteiden ja palvelujen tarjontaa yhdistämällä ne voisivat ottaa vastattavakseen suurempia kokonaisuuksia. Etenkin pk-yrityksille se voisi merkitä useamman pykälän kohoamista alihankintaportaikossa ja kaikkien toimijoiden osalta mahdollisuuksia laajempaan osallistumiseen tulevissa kansainvälisissä laitoshakkeissa.

Yhteistoimintakonsortioita voisi suomalaisen kokemukseen ja osaamiseen viita-

ten muodostaa useiden eri kokonaisuukseen ympärille, ja se voi tuki koostua useiden toimialojen toimijoista. Vaihtoehtoisesti voisi tarkastella yhteisen markkinointiorganisaation mahdollisuuksia luoda kansainvälisiä yhteyksiä voimalaitoshankintojen toteuttajiin, tehdä markkinointityötä ja löytää tarjolla oleviin hankkeisiin kattava suomalainen toteuttajakonsortio.

Suosituksia osallistumisvalmiuksien lisäämiseksi

Tuotteet ja palvelut on viritettävä kilpailukykyisiksi markkinoilla, jotka ovat ydinenergia-alalla globaaleja jopa kotimaan toimituksissa. Luotu etu tai ylivoimaisuus on myös säilytettävä jatkuvalla panostuksella kehitystyöhön.

Keskittyminen muille markkinoille ja ydinvoima-alan osaajakupolven eläköityminen luo haasteen päivittää yrityksen tuntemus ydinvoimalaista, säädöksistä ja standardeista sekä huolehtia siitä, että laaturjestelmä ja laadunvarmistusvalmiudet ovat YVL:n vaatimalla tasolla. Tähän haasteeseen vastaamiseksi on mahdollisimman varhaisessa vaiheessa organisoitava kysyntää vastaavaa koulutusta.

Päätavoitteen, suomalaisen osallistumisen laajentamiseksi, on löydettävä sopiva yhteistoimintamalli tai eri toimialoille sopivia yhteistyömuotoja. Muodostettava yhteistyöfoorumi voisi sitten tarttua myös tarvittaviin tukitoimiin, jo edellä mainittuihin koulutustoimintaan ja avainalojen kehityshankkeisiin, mikä merkitsee osallistumista kansainvälisiin kehitysohjelmiin.

Tämä olisi sopiva tie löytää yhteistyöpohjaa myös samalla kentällä pelaavien muiden maiden vastaavien organisaatioiden kanssa. Tämän hankkeen valmisteluvaiheen aikana on jo päästy alkuun näiden kahdenvälisen partnership-verkoston luomisessa ja sitä kautta kansainvälisen tunnettuuden lisäämisessä.

Teknolohiateollisuuden piiriin sopisi perustettavaksi ydinvoima-alan toimialaryhmä, jolla olisi edunvalvojan ja asian tuntijan rooli. Operatiivisessa toiminnassa Prizztech Oy puolestaan voi FinNuclear-

ohjelman tarjoamin resurssein toteuttaa alan toimijoita yhteisesti palvelevia ydinenergia-alan tukifunktioita. Näitä olisi suomalaisen osaamisen yhteismarkkinointi, markkinoiden ja alan trendien seuranta, hanketiedotus tulevista projekteista, niiden toteutuskuvioista ja aikatauluista, kontaktien välittäminen, yhteisten t&k-hankkeiden koordinointi sekä ydinvoima-alan verkostoitumistapahtumien järjestäminen.

Kuvattu malli olisi yrityksille edullinen alalle pääsemisen muoto. Hyväksi havaittuina FinNuclear-ohjelman muodossa käynnistyneistä tukitoiminnoista voitaisiin myöhemmin muodostaa kansallinen ydinenergian toimialan yhteistyöorganisaatio kuten espanjalainen ForoNuclear tai Yhdysvaltojen Nuclear Energy Institute. ■

*FinNuclear-raportti
julkaistaan lokakuussa,
minkä jälkeen sitä saa kirjoittajalta.*

*TkL Jouko Koivula
Projektipäällikkö
Prizztech Oy
joukokoivula@prizz.fi*

PAPPIA VIEDÄÄN YVAN kanssa loppusijoitukseen

Otsikosta huolimatta tilanne ei ole niin dramaattinen. Posivan omistajien uusien laitoshankkeiden myötä käytetyn ydinpolttoaineen määrä voi nousta nykyisestä. Automaattisesti se ei tule loppusijoitettavaksi vaan edellyttää normaalia periaatepäätöstä ympäristövaikutusten arviointineen.

Käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitoksen yksityiskohtaiset paikatutkimukset neljällä eri paikkakunnalla olivat 1990-luvun loppupuolella edenneet niin pitkälle, että loppusijoituspaikan valinta oli ajankohtainen. Osana paikanvalintaprosessia Posiva toteutti vuosina 1997–1999 ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA-menettely).

Hakemus kattoi kaikki neljä vaihtoehtoista laitospaikkaa eli Eurajoen, Kuhmon, Loviisan ja Äänekosken. Hakemuksessa oli arvioitu ympäristövaikutukset kolmelle eri käytetyn polttoaineen määrälle. Laa-



YVA-ohjelman yleisötilaisuus Eurajoen kunnanvirastolla kesäkuussa 2008.

Kuvassa ovat: Pirkko Seitsalo (Pöyry), Markku Friberg (Posiva), Jaana Avolahti (TEM), Harri Hiitiö (Eurajoen kunnanjohtaja) ja Eero Patrakka (Posiva).

jien vaihtoehtoista, 9 000 tonnia uraania (tU), kattoi käytössä olleiden neljän ydinvoimalaitosyksikön lisäksi kaksi uutta laitosyksikköä.

Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) antoi lausuntonsa Posivan YVA-selostuksesta 5.11.1999. YVA-menettely todettiin päättyneeksi.

Periaatepäätökset

Posiva jätti valtioneuvostolle käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitoksen periaatepäätöshakemuksen (PAP-hakemus) 26.5.1999 kuuden yksikön tuottaman käytetyn polttoaineen, yhteensä enintään 9000 tU:n loppusijoittamisesta.

Eurajoen kunnanvaltuusto puolsi PAP-hakemuksessa esitetyn loppusijoituslaitoksen rakentamista Olkiluotoon kokouksessaan 24.1.2000.

Posivan periaatepäätöshakemus käsiteltiin kahdessa vaiheessa. Valtioneuvosto teki 21.12.2000 periaatepäätöksen, jossa loppusijoitettavan käytetyn polttoaineen maksimimääräksi asetettiin 4 000 tU. Määrä käsiteltiin käytössä olevien Loviisan ja Olkiluodon laitosyksiköiden käytetyn polttoaineen. Toisen periaatepäätöksen valtioneuvosto teki 17.1.2002. Se koski Olkiluoto 3:n käytetyn polttoaineen, yhteensä enintään 2 500 tU, loppusijoittamista.

Jälkimmäiseen, 17.1.2002 tehtyyn periaatepäätökseen, on kirjattu erikseen, että kyseisellä päätöksellä saatetaan loppuun Posivan alkuperäisen PAP-hakemuksen käsittely.

Posiva siis haki periaatepäätöstä 9 000 tU suuruiselle loppusijoituslaitokselle, mutta valtioneuvoston päätöksillä koko rajattiin maksimissaan 6 500 tU:iin. Näistä periaatepäätöksistä seuraa kaksi merkittävää asiaa:

- loppusijoituslaitoksen rakentaminen Olkiluotoon on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista

- uusien laitosyksiköiden käytetyn polttoaineen loppusijoittamiselle on aina haettava uutta periaatepäätöstä, mihin ydinenergia-asetuksen mukaan on liitettävä YVA-selostus.

Muut päätökset

KTM:n 23.10.2003 antamaa päätöstä voidaan tulkita niin, että vuoden 2012 loppuun mennessä Posivan on haettava loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa ja jo vuoden 2009 lopussa on esitettävä alustavat ydinenergia-asetuksen 32 S:ssä luetellut rakentamislupaa varten tarvittavat selvitykset. Näihin kuuluu ajan tasalle saatettu selvitys (YVA-selvitys) loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutuksista.

KTM on päätöksellään 25.10.2007 vahvistanut, että Posivan vuosien 1997-1999 YVA-menettely kattaa käytetyn polttoaineen loppusijoituksen 9 000 tU asti eli kuudennen laitosyksikön käytetyn polttoaineen loppusijoituksen. Edellytyksenä on kuitenkin, että uuteen PAP-hakemukseen liitetään ajantasainen selvitys loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutuksista.

Posivan YVA-velvoitteet

Edellä esitetyn mukaisesti kuudennen laitosyksikön PAP-hakemusta varten tarvitaan ajan tasalle saatettu selvitys loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutuksista. Seuraavalle laitosyksikölle tarvitaan uusi loppusijoituksen YVA-menettely, koska polttoainemäärä 9 000 tU sen myötä ylittyy. On lähdetty siitä, että seitsemäs yksikkö nostaisi tarvittavan loppusijoituskapasiteetin määrää 3 000 tU:lla 12 000 tU:iin. Uudessa YVA-menettelyssä käsitellään siis loppusijoituslaitoksen laajentamista 3 000 tU:lla.

Vielä alkuvuodesta 2007 vaikutti siltä, että riittää, kun ajan tasalle saatettu selvitys loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutuksista esitetään vuoden 2009 lopulla alustavan rakentamislupa-aineiston yhteydessä. Kuitenkin keväällä 2007 sekä Teollisuuden Voima Oyj (TVO) että Fortum Power and Heat Oy ilmoittivat käynnistäneensä kumpikin tahollaan uusien laitosyksiköiden ympäristövaikutusten arvioinnin.

Loppuvuoteen 2007 asti Posiva varautui siihen, että KTM:n 25.10.2007 tekemän päätöksen mukaisesti riittää ajan tasalle saatettu selvitys loppusijoituslaitoksen

ympäristövaikutuksista kuudennen laitosyksikön käytetyn polttoaineen loppusijoitusta koskevan periaatepäätöshakemuksen yhteydessä. Joulukuussa 2007 kävi kuitenkin ilmeiseksi, että Posivan tulee varautua myös siihen, että kumpikin Posivan omistajista etenee periaatepäätöshakemuksen jättämiseen. Tämän johdosta Posiva käynnisti loppusijoituslaitoksen laajennusta koskevan uuden ympäristövaikutusten arvioinnin.

Ennen kuin vuoden 1999 YVA-selostuksen ajantasaistamista oli edes kunnolla ehditty aloittaa, Posiva käynnisti loppusijoituslaitoksen laajentamista koskevan ympäristövaikutusten arvioinnin alkuvuodesta 2008.

Huhtikuussa 2008 vallitsi tilanne, että Posivassa laadittiin rinnakkain YVA-selvitystä 9000 tU:lle, loppusijoituslaitoksen laajentamisen YVA-ohjelmaa, sen yhteenvetoasiakirjaa ja YVA-ohjelman kansainvälisen kuulemisen dokumentteja, PAP-hakemusta OL4:n käytetyn polttoaineen loppusijoittamiselle ja aivan huhtikuun loppupuolella myös jo laajentamista koskevaa YVA-selostusta.

Posivassa YVA-selvityksen laadinta ja myöhemmin myös loppusijoituslaitoksen laajennuksen YVA-menettelyn läpivienti sekä Olkiluoto 4:n käytetyn polttoaineen loppusijoitusta koskevan PAP-hakemuksen laadinta organisoitiin YVA-projektiksi, jolle nimettiin projektiryhmä ja johtoryhmä.

Ajantasainen YVA-selvitys

Ajan tasalle saatetun YVA-selvityksen laadinta aloitettiin joulukuussa 2007. Suuri osa YVA-selvityksen laadintatyöstä tehtiin konsulttina toimineessa Pöyry Energy Oy:ssä. Selvitystä kommentoitiin laajasti Posivassa ja myös Posivan konsulttitahot esittivät näkemyksiään asiantuntimusalueillaan.

Ajan tasalle saatettu YVA-selvitys valmistui huhtikuun puolen välin jälkeen tänä vuonna, ja se liitettiin Posivan 25. huhtikuuta 2008 jättämään Olkiluoto 4:n käytetyn polttoaineen loppusijoitusta koskevaan PAP-hakemukseen. TVO jätti samana päi-



vänä laitoksia Olkiluoto 4 koskevan periaatepäätöshakemuksen. Edellä mainittujen periaatepäätöshakemusten ja niiden ohella YVA-selvityksen käsittely käynnistyy lähiaikoina.

Loppusijoituslaitoksen laajentamisen YVA-menettely

Loppusijoituslaitoksen laajentamista 3 000 tU:lla koskevan YVA-ohjelman laadinta käynnistyi tammikuussa 2008. Myös tässä työssä Pöyry Energy Oy toimi konsulttina. Myös YVA-ohjelmaa kommentoivat samat tahot kuin YVA-selvitystä. YVA-selvitystä ja laajentamisen YVA-ohjelmaa tehtiin käytännössä täysin samanaikaisesti ja rinnakkain toistensa kanssa, sillä ohjelma valmistui paria viikkoa myöhemmin kuin selvitys aivan toukokuun alussa.

Virallisesti YVA-menettely käynnistyi, kun Posiva jätti YVA-ohjelman yhteysviranomaiselle eli työ- ja elinkeinoministeriölle (TEM) 13.5.2008. Kuulutus arviointimenettelyn käynnistymisestä julkaistiin 27.5.2008 valtakunnallisissa ja paikallisissa sanomalehdissä. Kuulutus oli nähtävillä myös TEM:n internetsivuilla.

Arviointiohjelma oli yleisön nähtävillä 27.5.–25.7.2008 Eurajoella ja sen naapurikunnissa sekä TEM:n ja Posivan internetsivuilla. Lehdissä julkaistun ilmoituksen lisäksi TEM pyysi kirjallisesti lausuntoja YVA-ohjelmasta 39 taholta. Näistä 25 antoi lausunnon. Lisäksi mielipiteensä esitti 21 yhteisöä tai yksityishenkilöä.

Annetuissa lausunnoissa ohjelmaa pidettiin pääosin asianmukaisena ja kattavana. Lausunnoissa ja mielipiteissä otettiin kantaa muun muassa:

- tarkasteltaviin vaihtoehtoihin (nolla-vaihtoehdon määrittely, 6 500 uraanitonin ja 9 000 uraanitonin loppusijoitus)
- Olkiluodon soveltavuuteen loppusijoituspaikaksi
- tarpeeseen kuvata loppusijoituslaitos ja -tekniikka yksityiskohtaisemmin
- käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten turvallisuuteen ja ympäristövaikutuksiin
- pitkäaikaisturvallisuuteen
- häiriö- ja onnettomuustilanteisiin

- yhteisvaikutuksiin muiden Olkiluotoon suunniteltujen toimintojen kanssa
- käytetyn ydinpolttoaineen vaihtoehtoihin käsittelytapoihin
- vaihtoehtojen vertailtavuuteen (6 500 tU, 9 000 tU ja 12 000 tU)
- osallistumismahdollisuuksiin YVA-menettelyn aikana
- toiminnallisten ja teknis-taloudellisten sekä ihmisiin kohdistuvien vaikutusten tarkastelualueiden laajuuteen
- YVA-menettelyn toteuttamisaikatauluun.

Valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista on sovittu niin sanotussa Espoon sopimuksessa (Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context). Sopimuksen osapuolilla on oikeus osallistua Suomessa tehtävään ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn, mikäli arvioitavalla hankkeella on todennäköisesti valtioiden rajat ylittäviä merkittäviä haitallisia vaikutuksia. Vastaavasti Suomella on oikeus osallistua toisen valtion alueella sijaitsevan hankkeen ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn, mikäli hankkeen vaikutukset todennäköisesti kohdistuvat Suomeen.

Ympäristöministeriön tulkinnan mukaan Posivan loppusijoituslaitoshankkeeseen tuli soveltaa tätä valtioiden välistä arviointimenettelyä. Ympäristöministeriö ilmoitti loppusijoituslaitoksen laajennusta koskevan YVA-menettelyn aloittamisesta Ruotsin, Norjan, Viron, Latvian, Liettuan, Saksan, Tanskan, Puolan ja Venäjän ympäristöviranomaisille ja tiedusteli näiden maiden halukkuutta osallistua YVA-menettelyyn. Ruotsi, Saksa, Norja ja Viro ilmoittivat haluavansa osallistua YVA-menettelyyn.

YVA-selostus

YVA-selostuksen laadinta aloitettiin huhtikuun lopulla 2008 ja sen laadinnassa hyödynnettiin huhtikuussa valmistunutta ajan tasalle saatettua selvitystä loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutuksista. Myös selostuksen laadinnassa Posivan konsulttina toimii Pöyry Energy Oy. Tällä hetkellä eli syyskuun alkupäivinä YVA-selostus on si-

sällöllisesti lähes valmis, mutta kuitenkin edelleen luonnosvaiheessa. Siinä on otettu huomioon TEM:n 22.8.2008 YVA-ohjelmasta antama lausunto.

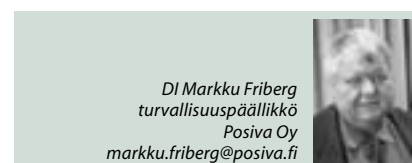
Myös yhteenvedoasiakirja on sisällöllisesti lähes valmis, mutta sekin on edelleen luonnosvaiheessa. Samoin kansainvälisessä kuulemisessa tarvittavat ruotsin-, englannin-, norjan-, saksan- ja vironkieliset asiakirjat ovat luonnoksina olemassa.

YVA-menettelyn jatko

Tämän jälkeen YVA-menettelyssä seuraa YVA-selostuksen, selostuksen yhteenvedon ja näiden erikielisten versioiden taitto ja painatus. Taittovaiheessa dokumenttien sisältöä voidaan vielä jossain määrin parantaa. YVA-selostus ja muut siihen liittyvät dokumentit valmistuvat lokakuussa ja ne luovutetaan TEM:lle lokakuun aikana.

Kansallinen ja kansainvälinen kuuleminen kestää noin kaksi kuukautta, ja kuulemiset päättynevät vuodenvaihteessa 2008-2009. Sen jälkeen TEM:llä on noin kaksi kuukautta aikaa antaa lausuntonsa YVA-selostuksesta.

Posivan loppusijoituslaitoksen laajentamisen YVA-menettely saadaan päätökseen keväällä 2009.





Loviisa 3 -hanke

Energiatehokkuuden paraneminen tulevaisuudessa tarkoittaa sitä, että sähköenergian kulutus ja erityisesti sähköenergian osuus kokonaisenergiankulutuksesta tulee edelleen kasvamaan. Tämän lisäksi on varauduttava käytöstä poistuvien vanhentuvien voimalaitosten ja sähkön tuonnin korvaamiseen. Arvioidaan, että uutta sähköntuotantoa tarvitaan vuoteen 2020 mennessä Pohjoismaissa sen vuoksi noin 70 TWh. Fortumissa on tämän vuoksi käynnistetty Loviisa 3:n valmistelut.

Sähkön tarpeen kasvun vastaaminen ilmastopoliittiset tavoitteet huomioon ottaen vaatii useita keinoja. Näin ollen esimerkiksi uusiutuvat energialähteet ja ydinvoima ovat toisiaan tukevia vaihtoehtoja.

Ydinvoimalla on Suomen ja Pohjoismaiden energiantuotannossa ollut ja tulee olemaan merkittävä rooli.

Fortumin tavoitteena on vähentää energiantuotannon haitallisia vaikutuksia ympäristöön energiaa säästämällä, panostamalla uusiutuviin energialähteisiin ja rakentamalla hiilidioksidipäästötöntä tuotantoa, kuten ydinvoimaa.

YVA-ohjelma

Loviisa 3:n valmistelu alkoi varsinaisesti noin puolitoista vuotta sitten, kun Fortum ilmoitti 28.3.2007 käynnistävänsä Hästholmenin saarelle Loviisan nykyisten voimalaitosyksiköiden eteläpuolelle suunnitellun uuden ydinvoimalaitosyksikön ympäristövaikutusten arviointimenettelyn. Ympäristövaikutusten arviointiohjelmaan (YVA-ohjelmaan) tähtäävät työt käynnistyivät saman tien, ja 26.6.2007 YVA-ohjelma jätettiin yhteysviranomaiselle, joka tällöin vielä oli nimeltään kauppa- ja teollisuusministeriö. YVA-ohjelmassa kuvattiin, kuin

ka kevytvesireaktorilaitoksen, jonka termien teho on 2800 – 4600 MW ja sähköteho 1000 – 1800 MW, rakentamisen, käytön ja purkamisen vaikutuksia arvioidaan. Jo YVA-ohjelmaa laadittaessa tällaisen 8-14 TWh sähköä vuodessa tuottavan voimalaitoksen käytön keskeisimmäksi paikalliseksi ympäristövaikutukseksi oletettiin lämpimien jäähdytysvesien vaikutukset.

YVA-ohjelman ollessa nähtävillä 2.7.-17.9.2007 paikallisille asukkaille tarjottiin tilaisuus keskustella Loviisa 3 -hankkeesta Fortumin edustajien kanssa Loviisan torilla kahtena kesäisenä lauantaina. Ensimmäisellä kerralla 4.8.2007 kaikki sujui mai- ➔ ➔

niosti auringon paistaessa ja musiikin soi-
dessa. Toisella kerralla 18.8.2007 rankka-
sade aiheutti yleisöryntäyksen Fortumin
teltaan, vaikka torin kiveyksen päällä vir-
taava vesi uhkasi kastella myös jalat. Toril-
la käydyissä keskusteluissa Loviisa 3 -han-
ketta kannatettiin muutamaa harvaa poik-
keusta lukuun ottamatta. YVA-ohjelmaan
liittyvä, yhdessä kauppa- ja teollisuusmi-
nisteriön kanssa järjestetty virallinen ylei-
sötilaisuus pidettiin Loviisan liikuntahallis-
sa 23.8.2007. Yleisötilaisuuteen saapuneis-
ta noin 60 vieraasta äänessä olivat lähinnä
Loviisa 3 -hankkeeseen kriittisesti suhtau-
tavat henkilöt. Pyydettyjen ja esitettyjen
lausuntojen sekä mielipiteiden pohjalta
ministeriö antoi oman lausuntonsa Loviisa
3:n YVA-ohjelmasta 16.10.2007.

YVA-selostus

Ympäristövaikutusten arviointiselostuksen
(YVA-selostus) valmistelemista jatkettiin
ohjelmassa kuvatulla tavalla ja ottamalla
huomioon myös annetut lausunnot. YVA-
selostus jätettiin kauppa- ja teollisuusmi-
nisteriön työtä jatkaneelle uudelle työ- ja
elinkeinoministeriölle 3.4.2008.

YVA-selostuksen perusteella uuden ydin-
voimalaitosyksikön rakentamisella ja käy-
töllä on merkittäviä paikallisia työllisyysvai-
kutuksia. Rakentamisen aikaisista haitoista
merkittävimpiä ovat työmaan aiheuttama
melu, liikenne ja mahdolliset järjestyshäiri-
öt. Käytön merkittävimpänä ympäristövai-
kutuksena voidaan pitää lämmintä jääh-
dytysvettä, joka nostaa ympäröivän me-
rialueen lämpötilaa. Jäähdytysvesien le-
viämisen selvittämiseksi Fortumissa laa-
dittiin kolmiulotteinen virtausmalli, joka
kattaa Hästholmenia ympäröivän merialu-
een noin 10 km säteellä. Tarkasteluja teh-
tiin stationäärimallilla vallitsevia sääolo-
suhteita kuvaavissa tilanteissa eri otto- ja
purkupaikkavaihtoehdoille.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa to-
dettiin, että uuden voimalaitosyksikön ra-
kentamisesta tai käytöstä eri vaihtoehto-
neen ei arvioida aiheutuvan mitään niin
merkittäviä ympäristövaikutuksia, ettei
niitä voisi hyväksyä tai lieventää hyväksyt-

tävälle tasolle. Laitosyksikön normaalkäy-
tön aikaiset päästöt ilmaan ja mereen to-
dettiin vähäisiksi, eikä niillä ole haitallisia
vaikutuksia ihmisten terveyteen ja luon-
nonympäristöön. INES 6 luokkaan kuulu-
van vakavan onnettomuuden (100 TBq Cs-
137 päästö) aiheuttamaa laskeumaa ja sä-
teilyannoksia arvioitiin kansainvälisen kuu-
lemisen tarpeita varten 1000 km etäisyy-
delle saakka.

YVA-selostusta esiteltiin yleisötilaisuus-
dessa 8.5.2008. YVA-selostuksen ollessa
nähtävillä 15.4.-16.6.2008 paikalliset asuk-
kaat pääsivät keskustelemaan Loviisan to-
rilla Fortumin edustajien kanssa 24.5. ja
7.6.2008. Oman kansainvälisen sävynsä
kuulemiseen antoivat 12.6.2008 Tallinnas-
sa pidetty yleisötilaisuus ja Itävallan kon-
sultaatio 27.6.2008. Tallinnassa yleisö koos-
tui lähinnä virkamiehistä. Tilaisuus oli luon-
teeltaan tavanomainen ja kysymyksiä käsi-
teltiin myös esitysten aikana. Ympäristömi-
nisteriön järjestämä Itävallan konsultaatio
oli luonteeltaan erilainen. Itävaltalaiset oli-
vat laatineet pitkän raportin heidän nä-
kemyksistään YVA-selostuksesta. Sen li-
säksi he olivat laatineet itse tilaisuuteen
25 kysymystä, joihin he halusivat vastauk-
set. Itävaltalaisen arvostelun kärki kohdis-
tui oikeastaan suomalaisen järjestelmään,
jossa ei heidän mielestään tuoda YVA-vai-
heessa riittävästi esille eri voimalaitosvai-
htoehtoja.

Ministeriö antoi lausuntonsa YVA-selos-
tuksesta 15.8.2008. Lausunnona todettiin,
että YVA-selostus kattaa lainsäädännön si-
sältövaatimukset ja että se on käsitelty sää-
dösten vaatimalla tavalla. Joistain asioista,
mm. yhdistetystä sähkön- ja lämmöntuo-
tantolaitoksesta ja usean reaktorin jääh-
dytysvesien yhteisvaikutuksista ministeriö
edellytti täydennyksiä mahdollisen periaa-
tepäätöshakemuksen käsittelyä varten. Yh-
distetty sähkön- ja lämmöntuotanto, toisin
sanottuna pääkaupunkiseudun kaukoläm-
pövaihtoehto, nousi yhdeksi puheenaiheis-
ta jo YVA-ohjelmaa laadittaessa. Kaukoläm-
pövaihtoehdolla on historiallista taustaa,
sillä vuosina 1979-1980 tutkittiin mahdol-
lisuutta siirtää kuumaa vettä laivakulje-
tuksena pääkaupunkiseudulle ja vuosina
1981-1983 tutkittiin tunnelin louhimista
76 km pitkälle kaukolämpöputkelle, jonka
siirtoteho olisi ollut 600-900 MW. Teknises-
ti kaukolämpöputken rakentaminen on to-
teutettavissa, mutta toteutuminen edellyt-
tää kattavia teknisiä ja taloudellisia selvi-
tyksiä ja yhteistyökumppania tai kumppa-
neita, jotka sitoutuvat hankkeeseen.

YVA-menettelyn vaatimien selvityksi-
en sekä ohjelman ja selostuksen tekemi-
seen osallistui Pöyry Energy Oy:n lisäksi lu-
kuisia Fortum Nuclear Services Oy:n (FNS)
asiantuntijoita. Mainittakoon Pöyry Ener-
gy Oy:n tekemistä töistä erikseen Loviisan
voimalaitosta lähellä olevien Natura 2000

Summary

CONSUMPTION OF electricity increases and fossil fuel-fired power plants have to be replaced. Fortum's goal is that Loviisa 3 nuclear power plant unit will replace fossil fuel-based power plants with carbon dioxide-free generation, reduce the need for electricity imports and meet the growing demand for electricity. The environmental impact assessment examined the construction of a 1000-1800 MW power plant unit on the island of Hästholmen in Loviisa. The environmental impact assessment did not find any environmental impacts of such significance caused by the construction or operation and the different options of Fortum's Loviisa 3 power plant unit that they could not be accepted or mitigated to an acceptable level. Work continues with feasibility studies of plant alternatives and site related studies.

-alueiden luontokartoitus, melumallinnus ja lämpimien jäähdytysvesien biologisten vaikutusten arviointi. FNS:n oma osaaminen näkyy laajalti ennen kaikkea ydinvoimaan liittyvissä erityiskysymyksissä. Hie-man tavanomaisista vain suoraan ydinvoimaan liittyvistä töistä poiketen myös Loviisa 3 -voimalaitosyksikön jäähdytysvesimallinnus tehtiin FNS:n toimesta.

Periaatepäätöshakemus

Fortum on parhaillaan valmistelemassa periaatepäätöshakemusta siten, että se on jätettävissä syksyn 2008 aikana. Suomalaisen lainsäädännön mukaan ydinenergian hyödyntäminen edellyttää valtioneuvoston periaatepäätöstä (PAP) siitä, että hanke on yhteiskunnan kokonaisedun mukainen. PAP-hakemuksen käsittely on siten ennen kaikkea poliittinen prosessi. Tällä kertaa PAP-hakemusten valmistelu ja käsittely osuu vaiheeseen, jolloin yhteiskunnassa keskustellaan energiastategiasta ja mahdollisuuksista vaikuttaa ilmastonmuutokseen hiilidioksidipäästöjen vähentämisellä. Ydinvoiman lisärakentaminen voi omalta osaltaan vähentää hiilidioksidipäästöjä.

Osana periaatepäätöshakemuksen valmistelua käydään läpi kyseeseen tulevia voimalaitosvaihtoehtoja. Suomalaista PAP-prosessia ei kuitenkaan voida pitää laitostyyppien esilisensiointina samassa mielessä kuin esimerkiksi Britanniassa tai Yhdysvalloissa käytettävät tyyppihyväksyntäprosessit. PAP-vaiheen aikaisissa selvityksissä pyritään tunnistamaan laitostyypin edellyttämien vaihtoehtojen puutteet, jotka voisivat johtaa hyvin suuriin muutoksiin ja jopa käytännössä estää laitostyyppin lisensioimisen Suomeen.

Soveltuvuus selvitykset

Fortum tekee Loviisa 3 -hankkeeseen liittyvien soveltuvuus selvityksiä eri voimalaitoskonsepteista. Soveltuvuus selvitykset ovat olennaisia tärkeimpien turvallisuusvaatimusten täyttymisen ja lisensioitavuuden arvioimiseksi. Tätä arviointia tekee hakijan itsensä lisäksi Säteilyturvakeskus laatiesaan PAP-vaiheen alustavaa turvallisuusar-

viota. PAP-hakemusta varten tulee ennen kaikkea varmistua siitä, että markkinoilta löytyy ydinvoimalaitosvaihtoehtoja, jotka voidaan saada täyttämään suomalaiset turvallisuusvaatimukset. Soveltuvuus selvitykset jatkuvat PAP-hakemuksen jättämisen jälkeenkin.

Fortum aloitti soveltuvuus selvitykset varsinaisesti vuoden 2008 alussa. Alkuvaiheessa soveltuvuus selvitysten painopiste on ollut turvallisuuteen ja lisensioitavuuteen liittyvissä kysymyksissä. Erityisesti PAP-hakemusta varten on olennaista tunnistaa sellaiset mahdolliset kysymykset, jotka voisivat johtaa hyvin merkittäviin ja kalliisiin suunnittelumuutoksiin, joiden toteuttaminen Loviisa 3:aa varten ei olisi mielekäästä.

Tästä syystä Fortum on laatinut keskeisistä lisensiointikysymyksistä dokumentin, joka on annettu lähtötietona soveltuvuus selvityksissä mukana oleville laitostyypin edellyttämien vaihtoehtojen puutteet, jotka voisivat johtaa hyvin suuriin muutoksiin ja jopa käytännössä estää laitostyyppin lisensioimisen Suomeen.

Keskeisten lisensiointikysymysten lisäksi Fortum on käynyt voimalaitostyypin kanssa läpi tärkeimpiä laitospaikkokohtaisia vaatimuksia, jotka liittyvät ympäristöolosuhteisiin, geoteknisiin parametreihin, maanjärjestysolosuhteisiin, ulkoisiin uhkisiin, verkkovaatimuksiin ja olemassa olevan infrastruktuurin hyödyntämiseen uuden laitostyypin osalta. Tärkeimpiä infrastruktuuriin liittyvistä suunnittelun tässä vaiheessa

huomioitavista seikoista ovat mm. ydinjätehuoltoon liittyvät ratkaisut.

Turvallisuus- ja laitospaikkakohtaisten kriteerien lisäksi Fortum käy voimalaitostyypin kanssa läpi mm. suorituskykyyn, käyttöön ja toteutettavuuteen liittyviä seikkoja.

Jatko

Fortum on käynnistänyt Loviisa 3-hankkeen toteutukseen tähtääviä valmistelevia töitä, jotka ovat hankkeen kokonaisaika-aulun kannalta kiireellisiä. Esimerkiksi tutkimukset Loviisan edustan meriveden lämpötilakerrostumisesta, virtauksista ja meriveden laadusta on aloitettu. Mittaustuloksia käytetään lähtötietoina jäähdytysveden leviämislaskuille, joilla tarkennetaan YVA-selostuksessa esitettyjä analyysejä ja joita käytetään keskeisenä perusteena jäähdytysveden otto- ja purkupaikkojen sijaintia valittaessa.

PAP-hakemuksen valmistelun jälkeisiä seuraavia vaiheita Loviisa 3 -hankkeen valmistelussa ovat soveltuvuus selvitysten loppuun saattaminen ja laitoksen teknisten vaatimusten laatiminen. Lisäksi jäähdytysvesitunneleiden suunnittelu on käynnistettävä riittävän varhaisessa vaiheessa. Olennainen osa valmistautumista on myös toteutusta varten tarvittavan organisaation rakentaminen. Fortumin ydinvoimatoimintojen henkilöstöresursseja onkin määrätietoisesti kasvatettu viime vuosina. Esimerkiksi Fortum Nuclear Services Oy:n henkilömäärä on muutamassa vuodessa kasvanut lähes 50 prosentilla yli 160 henkilöön.

TkT Reko Rantamäki
Fortum Nuclear Services Oy
Projektipäällikkö
Loviisa 3, YVA ja PAP
reko.rantamaki@fortum.com



DI Olli Kymäläinen
Fortum Nuclear Services Oy
Osastonjohtaja
Loviisa 3 valmistelu
olli.kymalainen@fortum.com





Olkiluodossa valmius OL4:n toteuttamiseen

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) käynnisti keväällä 2007 ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA-menettely) Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajentamisesta neljännellä laitostyksiköllä. TVO varautuu hankkeella perusvoiman tuotantokapasiteetin lisäämiseen ja markkinoilta poistuvan kapasiteetin korvaamiseen sähkön kokonaiskulutuksen kasvaessa.



Lähiasukastilaisuudet keräsivät laajan osallistujajoukon Olkiluodon Vierailukeskukseen ja herättivät kiinnostusta YVA-menettelyä kohtaan.

Kaksivaiheinen YVA-menettely kuuluu ydinvoimalaitoksen lupamenettelyn alkuun. YVA-menettelyssä tarkastellaan suunnitellun hankkeen kaikki ympäristövaikutukset sen elinkaaren eri vaiheissa. Arvioinnissa huomioidaan myös hankkeen ja alueella jo olemassa olevien tai suunniteltujen toimintojen yhteisvaikutukset. YVA-menettelyn ensimmäisessä vaiheessa laaditaan YVA-ohjelma, jossa esitetään suunnitelma arviointimenettelyn toteuttamisesta ja kuvataan tarkasti ympäristön nykytila hankkeen vaikutusalueella. Toisessa vaiheessa arvioinnin tulokset koostetaan YVA-selostukseen, joka edellytetään liitettäväksi myös mahdolliseen periaatepäätöshakemukseen.

TVO jätti OL4:n YVA-ohjelman yhteysviranomaisena toimineelle kauppa- ja teollisuusministeriölle toukokuussa 2007. Vuoden 2008 alusta ydinlaitoshankkeissa yhteysviranomaisena on toiminut työ- ja elinkeinoministeriö. YVA-ohjelma kuulutettiin ja se tuli nähtäväksi runsaan kahden kuukauden ajaksi kesällä 2007. Tänä aikana siitä oli mahdollisuus antaa lausuntoja tai esittää mielipiteitä, joiden perusteella sekä oman asiantuntemuksensa nojalla yhteysviranomainen antoi syyskuun lopussa 2007 oman lausuntonsa ohjelmasta. YVA-selostus jätettiin yhteysviranomaiselle helmikuussa 2008. Sen nähtävillä olo- ja lausuntoaika jatkui huhtikuulle 2008, jonka jälkeen yhteysviranomainen antoi siitä lausuntonsa kesäkuussa 2008. Lausunto päätettiin reilun vuoden kestäneen lakisääteisen YVA-menettelyn.

Yhteysviranomainen totesi lausunnonaan YVA-selostuksen kattavan lainsäädännön sille asettamat vaatimukset. Yhteysviranomaisen mukaan selostus on pääpiirteissään riittävä, mutta TVO:n on täydennettävä selostusta tietyiltä osin ennen 25.4.2008 jättämänsä periaatepäätöshakemuksen käsittelyä ratkaisevilta osiltaan. TVO jätti täydennys selvityksen yhteysviranomaiselle elokuussa 2008.

Täydennys selvitys toimitetaan kansainvälisen kuulemisen yhteydessä kysymyksiä esittäneille valtioille, ja se on liitteenä periaatepäätöshakemuksen lausunto-pyyntöissä.

Olkiluoto laitospaikkana

Usean laitoksen voimalaitosalueelta edellytetään riittävää jäähdytys- ja käyttöveden saantia, hyviä liikenneyhteyksiä, riittävää alueellista kokoa sekä sopivia geologisia ja topografisia olosuhteita. Nämä edellytykset täyttyivät Olkiluodossa hyvin. Alueen infrastruktuuri ja tukitoiminnot palvelevat olemassa olevaa sähköntuotantoa ja niitä on mahdollisuus sellaisenaan tai tietyiltä osin laajennettuina käyttää uuden laitoksen tarpeeseen. Myös rakentamisen aikainen infrastruktuuri on valmiina Olkiluodossa.

Olkiluodon voimassa oleva asemakaava mahdollistaa uuden laitoksen rakentamisen eivätkä laitoksen lupakäsittely ja rakentaminen edellytä siihen muutoksia. Alueen kaavoitusta ollaan kuitenkin uudistamassa vastaamaan uuden maankäyttö- ja rakennuslain sisältövaatimuksia sekä antamaan edellytykset Posiva Oy:n käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoshankkeelle.

TVO omistaa Olkiluodon saaresta noin 750 hehtaaria maata ja saaren ympäriltä noin 180 hehtaaria vesialuetta, jonka lisäksi TVO:lla on Olkiluodon ympäriltä vesialueita myös yhteisomistuksen kautta.

TVO:n hallinnassa oleva laaja yhtenäisen aluekokonaisuus luo hyvät edellytykset uuden ydinvoimalaitoksen sijoitukselle. Alueiden käytön suunnittelun ansiosta YVA-menettelyssä oli mahdollisuus tarkastella kahta soveltuvinta sijoituspaikkavaihtoehtoa uudelle laitokselle. Olkiluodon alue mahdollisti myös kahden vaihtoehoksen jäähdytysveden otto- ja purkupaikan tarkastelun YVA-menettelyssä. Olkiluodossa on mahdollisuus myös muihin jäähdytysvesiratkaisuihin.

Ympäristövaikutusten kattava arviointi

OL4-hankkeen ympäristövaikutuksia on arvioitu sekä rakentamisen, käytön että laito-

syksikön purkamisen ajalta huomioiden yhteisvaikutukset jo olemassa olevan energiantuotannon ja muiden Olkiluodon saarella olevien toimintojen kanssa. TVO:lla on käytettävissään Olkiluodon ympäristön tilasta yli 30 vuoden ajalta tutkimustietoa, jonka perusteella alueen nykytila oli mahdollista esittää kattavasti jo YVA-ohjelmavaiheessa. Vaikutuksia selvitettiin mm. jäähdytysvesien, jätevesien, melun, liikenteen ja radioaktiivisten päästöjen osalta.

Arviointi sisälsi myös laitoksen käyttämän polttoaineen tuotannon ja loppusijoituksen. Uuden laitoksen polttoaine- ja ydinjätehuolto järjestetään samoin periaattein kuin jo toiminnassa olevien yksiköiden ja rakenteilla olevan OL3-laitoksen polttoaine- ja ydinjätehuolto.

Rakentamisen aikaisista ympäristövaikutuksista TVO:lla on selkeä näkemys OL3-projektin kokemusten myötä. Rakentamisen aikaisia merkittäviä vaikutuksia ovat mm. alkuvaiheessa Olkiluodon saaren läheisyyteen rajoittuvat louhintatöiden aiheuttamat melu- ja pölyhaitat. Merkittävä vaikutus on myös lisääntyvällä liikenteellä Olkiluotoon johtavilla teillä. Liikenne on vilkkaata asennusvaiheessa, jolloin työntekijä- ja kuljetusmäärät ovat huipussa.

TVO:lla on OL3-projektin myötä kokemusta ydinvoimalaitoksen rakentamisesta nykyisen lainsäädännön ja uusimpien



TVO:lla on selkeä näkemys rakentamisen aikaisista ympäristövaikutuksista OL3-projektin kokemusten myötä.

Fennovoimalla kolme tasavahvaa sijoituspaikkaa



Karsikko saari



Hanhikiven saari



Gäddbergsö



Kampuslandet



Fennovoima käynnisti tammikuussa 2008 ydinvoimalaitoshankkeensa ympäristövaikutusten arvioinnin. Tavoitteena on yksi tai kaksi reaktoria käsittävän ydinvoimalaitoksen rakentaminen. YVA-selostus valmistui lokakuussa. Fennovoiman hankkeen toteuttamisen myötä Suomeen tulisi uusi ydinvoimalaitospaikka: Pyhäjoen Hanhikivi, Ruotsinpyhtään Gäddbergsö, Ruotsinpyhtään Kampuslandet tai Simon Karsikko.

Fennovoiman vaihtoehtoiset sijoituspaikat sekä yhtä voimalaitusyksikköä koskevat kuvasovitteet kullakin paikalla. (Kuva: Fennovoima Oy)

Hankkeen vaihtoehtoiset sijoituspaikat valikoituivat YVA-menettelyyn esiselvitysten perusteella. Esiselvitysvaiheessa oli noin 40 vaihtoehtoa kymmenessä eri kunnassa.

YVA käynnistettiin myös Kristiinankaupungin Norrskogenissa, mutta tästä sijoituspaikasta luovuttiin kesäkuussa 2008.

Kiivasta keskustelua

Fennovoiman hanke on nostanut ydinvoiman keskustelunaiheeksi sijoituspaikoil-

la. Ruotsinpyhtäää lukuun ottamatta ydinvoima on ollut paikkakunnilla varsin vieras asia.

YVA:n käynnistyttyä hankkeen vastustajat ovat järjestäytyneet. Vastustajien toiminta keskittyy Pyhäjoella Pro Hanhikivi -yhdistykseen, Ruotsinpyhtäällä Skärgårdens Vänner i Strömforsin sekä Simossa Ydinverkostoon.

Fennovoima avasi vaihtoehtoisille sijoituspaikoille paikalliskonttorit YVA-menettelyn käynnistymisen aikoihin. Fennovoim

man paikalliset yhteyshenkilöt ovat kertoneet kiinnostuneille yrityksestä, hankkeesta ja ydinvoimasta yleisesti sekä luoneet keskusteluyhteyden hankkeen vaikutuspiirissä asuvien kanssa.

Ihmiset ovat jakautuneet kannattajiin ja vastustajiin. Hankkeen vireilläolo on aiheuttanut myös odottamattomia reaktioita.

Pienillä paikkakunnilla leimautumisen ja painostuksen pelko on rajoittanut avointa yhteistyötä Fennovoiman kanssa.

➔ ➔

Uusi paikka, laaja YVA

YVA-menettelyyn kohdistuvat suuret odotukset, sillä rakentamattomalle paikalle ei ole viety ydinvoimalaitoshanketta Suomessa tähän vaiheeseen neljään vuosikymmeneen. Hankkeen YVA-konsulttina toimi Pöyry Energy Oy.

Fennovoiman YVA on ainoa suomalaisista ympäristövaikutusten arvioinneista, jossa esitetään vaihtoehtoja ydinvoimalaitoksen sijoituspaikalle. Lopputuloksena on laajin Suomessa koskaan laadittu ydinvoima-YVA.

Hankkeen ympäristövaikutusten arviointiin ja YVA-selostuksen laadintaan osallistui laaja asiantuntijoiden joukko. Vaikutusarviointia tukemaan tehtiin useita eri erillisselvityksiä eri osa-alueilta. Mallinnuksella selvitettiin muiden muassa jäähdytysvesien ja vakavan onnettomuuden vaikutukset ympäristöön.

Suur-Loviisassa 5 yksikköä

Hankkeessa ympäristövaikutusten arviointi, kaavoitus ja laitosalueen tekninen suunnittelu etenevät käsi kädessä. Esimerkiksi jäähdytysvesimallinnukseen on siirrytty vasta, kun vesibiologian ja rakentamisen asiantuntijat ovat arvioineet toteuttamiskelpoiset ja ympäristövaikutusten minimoimisen kannalta suotuisat vaihtoehdot.

Jäähdytysvesivaikutusten kannalta mielenkiintoisin on Ruotsinpyhtää. Siellä arvioinnissa oli otettava huomioon myös Fortumin Loviisa 3 -hanke. Fortumin YVA-selostuksesta saatujen lähtötietojen perusteella mallinnettiin useilla lähtöoletuksilla tilanne, jossa Hudö-Vådholmsfjärdenin merialueella on 5 ydinvoimalaitosyksikköä. TEM edellytti Fortumilta vastaavaa yhteisvaikutusten tarkastelua lausunnossaan Loviisa 3:n YVA-selostuksesta.

Kaukokulkeutuma tarkasteltu

Ydinvoimalaitosten YVA-menettelyissä on jo muodostunut käytännöksi tarkastella valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 12 §:n mukaista 100 TBq Cs-137-päästöä vakavim-

pana onnettomuustapauksena. TEM edellytti myös lievempien onnettomuustapauksien seurausten tarkastelemista. INES 6 -luokan onnettomuutta onkin vaikea perustella edustavana onnettomuustapauksena YVA:ssa.

Fennovoima käytti radioaktiivisten aineiden kulkeutumisen mallintamiseen sekä annosten laskentaan saksalaista asiantuntijaorganisaatiota Brenk Systemplanung. Laskentamallia käytetään Saksassa ydinvoimalaitosten luvitusanalyysiin. Mallilla laskettiin vaikutukset varautumisalueella ja kaukokulkeutumisen vaikutukset aina 1000 kilometriin saakka.

Onnettomuustarkastelujen lopputuloksena on, että tyypillisissä sääoloissa INES 6 -onnettomuuden seurauksena ympäristön väestölle ei aiheudu välittömiä terveysvaikutuksia eikä maatalous- ja luonnontuotteiden käyttöä todennäköisesti jouduta rajoittamaan. Toisaalta erittäin epäsuotuisissa sääoloissa radioaktiiviset aineet voivat aiheuttaa lyhytaikaisia käyttörajoituksia maataloustuotteille pienillä alueilla aina 1000 kilometrin etäisyydellä saakka. Lievempänä onnettomuutena tarkastellussa INES 4 -luokan onnettomuudessa vaikutuksia ei ole laitosalueen ulkopuolella.

Fennovoiman tulokset ovat hieman suurommat kuin aikaisempien hankkeiden YVA-selostuksissa esitetyt säteilyannokset. Terveysvaikutusten osalta ero on käytännössä merkityksetön. Fennovoiman tulokset sisältävät useita konservatiivisia oletuksia, joiden johdosta todelliset annokset jäisivät onnettomuustilanteessa todennäköisesti huomattavasti pienemmiksi. Myös säätilalla on huomattava merkitys tuloksiin.

Aluetaloudelle piristysruiske

YVA:ssa on tarkasteltava kattavasti myös ihmisiin ja yhteiskuntaan kohdistuvia vaikutuksia. Ydinvoimalaitosinvestoinnin taloudellinen vaikutus sijoituspaikan lähialueella on yksi eniten mielenkiintoa herättänyt aihe koko YVA:ssa, koska hankkeen kannattajat perustelevat kantaansa muun muassa taloudellisilla eduilla.

Hanke olisi merkittävä taloudellinen piristysruiske alueille, jotka ovat muuten taantuvia. Rakennusvaiheessa talousalueen kunnallisverotulojen arvioidaan lisääntyvän 2,8 - 4,5 miljoonalla eurolla ja käyttövaiheessa kunnallis- ja kiinteistöverojen yhteensä 5,7 - 7,4 miljoonalla eurolla vuodessa. Laitos työllistää käyttövaiheessa varovasti arvioiden 340 - 425 henkeä.

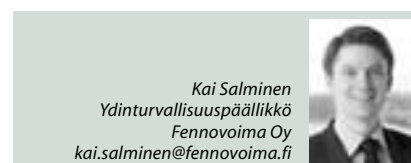
Sijoituspaikkojen lähiseudun asukkaiden ja toimijoiden näkemyksiä hankkeesta selvitettiin kyselyllä ja haastatteluilla. Vastauksen syynä ovat usein ydinvoimaan liittyvät riskikäsitykset ja pelot sekä eettinen vakaumus. Hankkeen kannattajat korostavat myönteisten taloudellisten vaikutusten lisäksi ympäristöystävällisyyttä.

Periaatepäätöshakemus vuodenvaihteessa

YVA-selostuksesta järjestetään lain edellyttämät kuulemiset ja lausuntokierrokset. Sitä ennen vaihtoehtoisten sijoituspaikkojen kunnissa käydään ainakin jossain määrin ydinvoimasävytteiset kuntavaalit. Vaalien lopputulos vaikuttaa Fennovoiman hankkeen toteutumisen edellytyksiin, koska kunnalla on oikeus estää hankkeen sijoittaminen alueelleen. Kuulemiseen liittyvät yleisötilaisuudet järjestetään vasta vaalien jälkeen marraskuun alussa.

Arviointiselostus liitetään valtioneuvoston periaatepäätöshakemukseen, jonka Fennovoima jättää vuodenvaihteessa. Valtioneuvoston odotetaan ottavan kantaa periaatepäätöshakemuksiin viimeistään vuoden 2010 alussa.

Eduskuntakäsittelyssä selviää viimeistään, saadaanko Suomeen kolmas ydinvoimalaitospaikka.





Yhdysvaltojen laitoshankkeiden tilannekatsaus

Yhdysvallat oli aikoinaan yksi ydinvoima-alan pioneerimaista, ja kaupallinen ydinvoimatuotanto lähti sieltä liikkeelle. Ensimmäinen sähköä tuottava ydinreaktori oli Experimental Breeder Reactor (EBR-1) Idahossa vuonna 1951. Käytännössä EBR:n sähköteho oli olematon, ainoastaan 200 W, mutta EBR todisti että ydinvoimalla voidaan tuottaa sähköä. Varsinainen kehitys lähti liikkeelle vuonna 1953, kun presidentti Eisenhower ehdotti "Atoms for Peace" -ohjelmaa, ja tutkimusrahaa suunnattiin rauhanomaisen ydinvoiman kehittämiseen.

Westinghouse suunnitteli ensimmäisen kaupallisen painevesireaktorin (PWR) Yankee Rowe, joka käynnistettiin vuonna 1960 ja tuotti 250 MW sähköä. Painevesireaktorin rinnalla Argonne National Laboratory kehitti kiehutusvesireaktorin (BWR). BWR:n kehitys siirtyi vaiheittain General Electricille (GE), jonka ensimmäinen 250 MWe:n BWR-laitos Dresden-1 käynnistettiin niinkään vuonna 1960.

Tämän jälkeen ydinvoimaloiden rakentaminen lähti vauhdilla liikkeelle, kunnes vuonna 1979 tapahtui Three Mile Island -onnettomuus. Onnettomuudessa kukaan ei loukkaantunut tai altistunut haitallisel-

le määrälle säteilyä, mutta tapahtuma johti siihen, että ydinvoimaloiden tilauksia peruutettiin eikä uusia tilauksia tehty. USA:ssa saatettiin kuitenkin valmiiksi yli sata ydinvoimalaitosta.

Tänä päivänä rakennetaan ydinvoimaloita Suomen ohella vain muutamassa maassa, ja vaikka tulevaisuuden näkymät ovat valoisia, on ehkä liioiteltua sanoa ydinvoimarenessanssin jo alkaneen. Ydinvoimarenessanssin alkamiskohtaa on tietenkin vaikea määrittää, mutta moni vanha ydinvoimakonkari on sitä mieltä, että ydinvoimarenessanssista voidaan puhua vasta, kun ydinvoimaloita rakennetaan taas Yhdysvalloissa. Uuden kapasiteetin tarve Yh-

dysvalloissa on suuri, ja Department of Energy (DOE) on arvioinut että Yhdysvaltojen sähkökulutus kasvaa 25 % vuoteen 2030 mennessä. Siksi Yhdysvalloissa vireillä olevien uusien ydinvoimalahankkeiden määrä on noussut jo yli 30 voimalaan.

Uusien laitoskonseptien sertifiointi

Vaikka uusia ydinvoimaloita ei ole tilattu Yhdysvalloissa melkein 30 vuoteen, laitostoimittajat ovat jo sertifiointeet kolmannen sukupolven reaktoreita. Nuclear Regulatory Commissionin (NRC) myöntämä sertifikaatti on voimassa 15 vuotta, ja sitä voidaan jatkaa 10 tai 15 vuotta. Sertifiointissa

Laitoskonsepti	Laitosvalmistaja	Säätiteho (MW)	Sertifioitu
Advanced Boiling Water Reactor (System 80+)	General Electric (GE) Nuclear Energy	3350 - 3000	1997
Advanced Passive 600 (AP600)	Westinghouse Electric Company	600	1997
Advanced Passive 1200 (AP1200)	Westinghouse Electric Company	1200	1999
		1137-1154	2001

Taulukko 1. Myönnettyjä design-sertifiointeja (lähde NRC:n kotisivut syyskuussa 2008)

Laitoskonsepti	Laitosvalmistaja	Säätiteho (MW)
AP1200 (Täydennys)	Westinghouse Electric Company	1137-1154
Economic Simplified Boiling Water Reactor (ESBWR)	GE Hitachi Nuclear Energy	1200
U.S. Evolutionary Power Reactor (U.S. EPR)	Areva Nuclear Power	1400
U.S. Advanced Pressurized Water Reactor (US-APWR)	Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.	1700

Taulukko 2. Kesken olevia design-sertifiointeja (lähde NRC:n kotisivut syyskuussa 2008)

ratkaistaan turvallisuuskysymykset perinpohjaisesti ja annetaan kansalaisille mahdollisuus osallistua prosessiin, ja täten käsitteilyä ei voida enää avata uudestaan tietyn laitospaikan lisensoinnin yhteydessä.

Syykuussa 2008 NRC oli sertifioinut neljä eri laitospaikkaa. Sertifioitu laitos voidaan rakentaa mihin tahansa Yhdysvalloissa, mutta rakentamiseen vaaditaan tietenkin myös laitospaikkakohtainen lisensointi. (Ks. taulukko 1.)

Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) on General Electric (GE) Nuclear Energy, nykyisin GE-Hitachi, suunnittelema laitospaikkakonsepti, joka sai NRC:n sertifikaatin vuonna 1997. Muutama ABWR on jo toiminnassa Japanissa ja lisää rakennetaan tällä hetkellä Taiwanissa. Toshiba on ollut mukana näissä rakennusprojekteissa ja omistaa myös ABWR:n lisenssin. Suomessa, kuten myös Yhdysvalloissa, Toshiba markkinoi voimakkaammin ABWR:ää kuin GE-Hitachi. Mielenkiintoiseksi tilanteen tekee kuitenkin se, että NRC:n sertifikaatin omistaja on GE-Hitachi, ja se on suhtautunut nihkeästi siihen että Toshiba rakentaisi ABWR:ia Yhdysvalloissa.

System 80+ on kehittynyt painevesireaktori ja sai myös NRC:n sertifikaatin vuonna 1997. Tätä laitospaikkaa tuskin rakennetaan Yhdysvalloissa, mutta monet System 80+:n ominaisuuksista on siirretty korealaisien APR-1400-painevesireaktoriin. Mielenkiintoiseksi tämän laitospaikkakonseptin tekee se, että korealaiset ovat tarjoamassa sitä myös Suomeen.

AP600 on pieni innovatiivinen painevesireaktori ja se sai NRC:n sertifikaatin vuonna 1999. AP600 sisältää passiivisia turvajärjestelmiä, mutta valitettavasti tämä laitospaikkakonsepti on todettu liian pienitehoiseksi,

ja siksi tätäkään designia tuskin tullaan rakentamaan Yhdysvalloissa.

AP1000 on Westinghousen lippulaiva ja NRC myönsi sille vuonna 2005 sertifikaatin. AP1000 on suurennettu AP600:sta, ja on ensimmäinen GEN III+ sukupolven reaktori, jonka NRC on sertifioinut. Modulaarinen rakentamistapa ja passiiviset turvajärjestelmät antavat AP-1000:lle kilpailukykyä. Uudet lentokonetermivaatimukset, halu standardisoida suunnittelukonsepti, ja joukko suunnitteluvirheitä, ovat aiheuttaneet sen, että AP1000:n sertifiointiprosessi on avattu uudestaan ja Westinghouse täydentää parhaillaan AP1000-aineistoa.

DOE on yrittänyt vauhdittaa uusien ydinvoimaladesignien sertifiointia kattamalla osan sertifiointikustannuksista. Tämä on saanut sertifiointihankkeisiin vauhtia, ja myös toimittajat Yhdysvaltojen rajojen ulkopuolella ovat osoittaneet kiinnostuksensa rakentaa ydinvoimaloita Yhdysvaltoihin. Tämä on iso muutos, koska tähän asti kaikki amerikkalaiset ydinvoimalat ovat olleet amerikkalaisvalmisteisia. (Ks. taulukko 2.)

Economic Simplified Boiling Water Reactor (ESBWR) on kehitetty ABWR:stä ja sisältää passiivisia turvajärjestelmiä. ESBWR on GE-Hitachin lippulaiva ja NRC on arvioinut että ESBWR saanee sertifikaatin vuonna 2009.

Ranskalainen Areva NP pyrkii vahvasti USA markkinoille US EPR:llä. Laitospaikkakonsepti on periaatteessa sama mitä rakennetaan Suomeen, mutta sähköverkon taajuudesta johtuen generaattori on 50 Hz sijasta 60 Hz. Areva toimitti joulukuussa 2007 sertifiointiaineiston NRC:lle.

Japanilainen Mitsubishi toimitti tammi-kuussa 2008 US APWR:n design-sertifiointiaineistoa NRC:lle. Tämä 1700 MWe paine-

vesireaktori perustuu APWR-teknologiaan ja sisältää aktiivisia turvajärjestelmiä. Laitostyyppin koulutussimulaattori on jo valmistunut Warrendaleen (Pennsylvania), ja muutenkin APWR-projekti etenee hyvää vauhtia Yhdysvalloissa.

Laitospaikkakohtainen luvitus

Lisensointikustannuksien ohella DOE on myös mukana rahoittamassa kahta muuta aloitetta, jotka pyrkivät helpottamaan lisäydinvoiman rakentamista USA:ssa. Laitospaikkalupa (Early Site Permit, ESP) -ohjelma aloitettiin vuonna 2001, ja Exelon (Clinton), Entergy (Grand Gulf), Dominion (North Anna) ja Southern (Vogtle) osallistuivat ohjelmaan. Kaikilla näillä laitospaikoilla on ennestään ydinvoimaloita. ESP:n hakemuksessa ei määritellä laitospaikkaa, mutta laitospaikka todetaan turvalliseksi ja ympäristön kannalta hyväksi. (Ks. taulukko 3.)

Laitospaikka	Energia-yhtiö	Vaihe
Clinton	Exelon	Hyväksytty
Grand Gulf	Entergy	Hyväksytty
North Anna	Dominion	Hyväksytty
Vogtle	Southern	Luokiteltu

Taulukko 3: ESP:n tilanne (lähde NRC:n kotisivut syyskuussa 2008)

Suomalaisten energiayhtiöiden laitospaikkakonseptin valinta perustuu turvallisuus- ja taloustekijöihin. Yhdysvalloissa puolestaan energiayhtiöt valitsevat laitospaikkakonseptin ja hintalappu selviää vasta myöhemmin. Kehitys ja luvitus tehdään tiiviissä yhteistyössä, ja yhteistyö jatkuu niin kauan kuin laitoimittajien korvausvaatimukset pysyvät maltillisina tai ylipääsemättömiä teknillisiä ongelmia ei esiinny.

Vuonna 2003 DOE käynnisti yhdistetyn rakennus- ja käyttöluvan (Combined License Application, COL) ohjelman NRC:n sertifioituille laitospaikkakonsepteille. COL:ssa ei edellytetty että ESP on hyväksytty tai ei edes haettu, vaan ESP tukee COL-hakemusta ja nopeuttaa sen saantia. Tällä tavalla voimayhtiöt voivat itse päättää, otavatko laitospaikan luvituksessa yhden ison askeleen vai kaksi pientä. COL-ohjelmalla on kaksi tavoitetta: rohkaista voi-

Energiayhtiö	Sijainti	Laitoskonsepti	Yksiköitä	ESP	COL jaotus
Alternate Energy Holdings/Unistar	Elmore County, ID	EPR	1	-	Toukuu 2009
Amesilla Power / Unistar	Vicinity of Amesilla, TX	EPR	1	-	Toukuu 2009
AmesillaUC / Unistar	Callaway County, MO (Callaway)	EPR	1	-	Heinäkuu 2008
Constellation / Unistar	Calvert County, MD (Calvert Cliffs)	EPR	1	-	Maaliskuu 2008
Constellation / Unistar	Onwego County, NY (Nine Mile Point)	EPR	1	-	Toukuu 2009
Detroit Edison	Ferni, MI (Fors)	ESBWR	1	Hakemassa	Toukuu 2009
Dominion	Lucas County, VA (North Anna)	ESBWR	1	Hyväksyty	Marraskuu 2007
Duke	Cherokee County, SC (William States Lee)	AP1000	2	-	Jouluku 2007
Duke	Davie County, NC	Ei päätetty	-	Hakemassa	Ei annettu
Duke	Oconee County, SC (Oconee)	Ei päätetty	-	Hakemassa	Ei annettu
Energy	West Feliciana Parish, LA (River Bend)	ESBWR	1	-	Toukuu 2008
Energy (NuStart)	Claborn County, MO (Grand Gulf)	ESBWR	1	Hyväksyty	Heinäkuu 2008
Exelon	Clinton, IL (Clinton)	Ei päätetty	-	Hyväksyty	Ei annettu
Exelon	Victoria County, TX	ESBWR	2	-	Syyskuu 2009
Florida Power & Light	Miami-Dade County, FL (Turkey Point)	AP1000	2	Hakemassa	Toukuu 2009
Luminant	Glen Rose, TX (Comanche Peak)	APWR	2	-	Toukuu 2009
NRG Energy / SPPMOC	Maragordo County, TX (South Texas Project)	ABWR	2	-	Syyskuu 2007
RPL Corp. / Unistar	Luwena County, PA (Susquehanna)	EPR	1	-	Toukuu 2009
Progress Energy	Wake County, NC (Harris)	AP1000	2	-	Heinäkuu 2008
Progress Energy	Levy County, FL	AP1000	2	-	Heinäkuu 2008
South Carolina Electric & Gas	Fairfield County, SC (M.C. Ginnery)	AP1000	2	-	Maaliskuu 2009
Southern Company	Bolton County, GA (Vogtle)	AP1000	2	Tarkastus menossa	Maaliskuu 2008
TVA (NuStart)	Jackson County, AL (Bellefonte)	AP1000	2	-	Lokakuu 2007

Taulukko 4: COL-tilanne (lähde Nuclear Energy Institutien verkkosivut syyskuussa 2008)

mayhtiöitä lupahakemusten jättämiseen ja rohkaista laitostoimittajia yksityiskohdallisen suunnittelun tekemiseen sekä luotettavaan kustannusten arviointiin. COL on voimassa 40 vuotta ja sitä voidaan tarpeen vaatiessa jatkaa 20 vuotta, mutta myönnetty lupa ei velvoita lisäkapasiteetin rakentamista. (Ks. taulukko 4.)

Uusien ydinvoimaloiden tilauksia

Energiayhtiö Georgia Power teki huhtikuussa 2008 ensimmäisen uuden ydinvoimalan tilauksen Yhdysvalloissa yli 30 vuoteen. Georgia Power tilasi Westinghousen ja Shawn muodostamalta konsortiolta kaksi 1 100 megawatin tehoista AP1000-reaktoria. Tarkoituksena on, että reaktorit tulisivat tuotantoon vuosina 2016 ja 2017. Reaktorit sijoitetaan Vogtlen laitospaikalle Georgiassa, jossa on ennestään kaksi 1215 MW:n reaktoria.

Kuusi viikkoa myöhemmin uusien voimalatilausten määrä nousi neljään, kun South Carolina Electric & Gas (SCE&G) tilasi kaksi samanlaista Westinghousen laitosta. SCE&G:n ilmoitti, että kahden laitoksen investointikustannus nousee kaikkineen 9,8 miljardiin dollariin sisältäen projektin rahoituksen lisäksi ennustetun inflaation, laitospaikan valmistelun sekä ennalta arvaamattomat menot. Täten yhden ydinvoimayksikön hinnaksi tulee 4,9 miljardia

dollaria eli noin 3,2 miljardia euroa. Reaktorit sijoitetaan V.C. Summer-laitospaikalle (Etelä-Carolina), jossa on ennestään yksi 966 MWe:n reaktori, ja suunnitelman mukaan ne tulisivat tuotantoon 2016 ja 2019.

Yhteenveto

Vaikka monen vuoden tauon jälkeen taas suunnitellaan lisäydinvoiman rakentamista Yhdysvalloissa ja uusia ydinvoimaloita on jopa tilattu, matka on vielä pitkä ennen kuin laitokset tuottavat sähköä. NRC ei ole vielä hyväksynyt yhtään COL-hakemusta, ja arvioiden mukaan hakemus vaati kolmen tai neljän vuoden käsittelyajan. COL-hakemuksessa mainituista laitoskonsepteista vain yhdellä, ABWR:illä, on NRC:n myöntämä laitoskonseptin sertifikaatti, ja jotta tilanne olisi mahdollisimman monimutkainen, hakemuksen jättänyt energiayhtiö näkisi mieluummin, että ABWR:n rakentajana olisi Toshiba eikä laitoskonseptin sertifikaatin omistava GE.

Kun suomalaiset energiayhtiöt (TVO, Fortum ja Fennovoima) ilmoittavat tarkat suunnitelmat ja ajankohdat, milloin uusien laitosten on määrä tuottaa sähköä, yhdysvaltalaiset energiayhtiöt eivät mielellään kerro mitään aikataulusta. Ne haluavat mieluummin seurata tilannetta ja varmistaa, että heillä on valmius rakentaa lisäkapasiteettia, kun aika on sopiva. Sitoutuminen lisäkapasiteetin rakentamiseen

on muutenkin ollut vaikeaa. Exelonin luovuttaessa syyskuussa 2008 Victoria Countyn COL-hakemuksen se painotti, että COL oli aiheuttanut 23 miljoonan dollarin kustannukset. Exelonin mielestä tämä osoitti heidän sitoutumistaan lisäydinvoimakapasiteetin rakentamiseen, mutta siitä huolimatta Exelon ei halunnut ottaa kantaa siihen, milloin uusi ydinvoimala tilataan.

Samalla tavalla kuin keskustelu ilmastomuutoksesta nostaa ydinvoiman suosiota Euroopassa, keskustelu energiariippuvuudesta nostaa ydinvoiman suosiota Yhdysvalloissa. Öljyn tuonnista haluttaisiin päästä eroon, ja tässä voisi ydinenergia olla isossa roolissa kun etsitään korvaavia energiamuotoja. Nykyisten ydinvoimalaitosten käyttökertoimet ovat nousussa samalla kun käyttöhäiriöiden määrä on laskussa. Tämä on johtanut siihen, että tuotettu ydinenergia on ollut aiempaa kilpailukykyisempää. Siksi kaikki merkit viittaavat siihen, että ydinvoimaloita taas pian rakennetaan Yhdysvalloissa. Viimeistään silloin ydinvoimakonkaritkin ovat sitä mieltä, että ydinvoimarenessanssi on alkanut.

Kim Dahlbacka
jaospäällikkö
Teollisuuden Voima Oy
kim.dahlbacka@tvo.fi



Drag ur FiR 1 reaktorns historia

I den här tvådelade artikelserien beskriver skribenten drag i FiR 1 reaktorns historia. Serien är ett komplement till tidigare artiklar i *ATS Ydintekniikka*. Den reflekterar också några personliga erfarenheter och synpunkter från över 30 års arbete i FiR 1 miljön.

del 1/2

Finland Reactor 1, FiR 1 av typ TRIGA Mark II uppnådde kriticitet den 27.3.1962. TRIGA, Training Research Isotope General Atomic, ger i enlighet med typnamnet möjligheter till skolning, forskning och radioisotopframställning.

TRIGA är en bassängtyp reaktor i effektområdet 10 kW till 10 MW. Den var den mest använda forskningsreakortypen i världen åtminstone delvis p.g.a. sin interna säkerhet med reaktivitetens stora negativa temperaturkoefficient, som verkade självreglerande på effekten. FiR 1 kunde pulseras upp till 250 MW med ca. 30 ms långa pulser. Maximala termiska flödet vid 250 kW var 10^{13} n/cm²s i det vertikala vattenfyllda centralröret.

Reaktorhärden innehöll i börjeskedet 63 Al-kapslade bränsleelement med 20% U-235 anrikning. Uranet (8%) var legerat med ZrH_{1,0}. Senare anskaffades stål-kapslade element med 8,5% och 12% uran i en ZrH_{1,6} legering. Reaktivitetsförlusterna kompenenserades genom att ersätta reaktorhårdens grafitelement med nya bränsleelement upp till ca. 80 stycken med totalt ca. 15 kg uran och 3 kg U-235. Högsta tillåtna överskottsreaktiviteten $(k-1)/\beta$ sedan 1967 är 4\$ ($\beta = 0,0075$).

En stark neutronkälla

Den kompakta reaktorhärden med ett relativt stort och nyttigt läckage av neutroner i strålrören omges av en grafitreflektor och är i botten på en 6,2 meter hög aluminiumtank med ca. 2 meters diameter. Vid drift (250 kW) syns den blåaktiga Cerenkovstrålningen kring härden och är speciellt stark vid pulseringen till 250 MW. Reaktorhallen är en kubliknande byggnad i tre våningar med ca. 700 kvm yta med den

betongsomgivna reaktortanken ungefär i mitten.

För *bestrålning* finns en 40 positioners torr bestrålningsring, ett vattenfyllt centralrör, ett torrt pneumatiskt rörpostsystem, ett senare monterat torrt vertikalt strålrör med pneumatisk fjärtransport av bestrålade prover till isotoplaboratoriet och ett monterat bestrålningskryostat för bestrålning i låga temperaturer. Större prover kan bestrålas i det tangentiella strålröret, i två radiella strålrör, i termiska kolonnen eller i vattenbassängen nära reaktorhärden.

En forskningsreaktor är främst en användbar stark neutronkälla. Den starka gammastrålningen krävde tjocka strålskydd men utnyttjades också delvis. 100 kW, senare 250 kW spillvärme pumpades vid körningarna ut via dubbla värmeväxlare med en sluten slinga emellan, i den angränsande Bredviken i Esbo och senare via en värmeväxlare ut i luften. Reaktoren kördes normalt endast under arbetstid, och dygnetruntkörningar tillämpades vid behov.

Som driftschef och mäktad intresserad av FiR 1 deltog jag i och kom i praktiken att i stor utsträckning administrera reaktorns *effekthöjning* från 100 kW till 250 kW år 1967. Den föregicks av ett antal studier och rapporter, inklusive effekthöjningstester upp till 318 kW, och t.ex. alternativen 400 kW och 1 MW ratades.

Förbättringar och omorganiseringar

Redan på 1960-talet gjordes smärre förbättringar i reaktorns instrumentering och vid *instrumentförnyelseprojektet* 1981 moderniserades instrumenteringen att motsvara modern industriell teknik (se nedan).

1975 startades byggandet av en 2400 kvm stor sidobyggnad, *isotoplaboratoriet* och den lilla träbyggnaden med 1958 startade underkritiska reaktorn nermonterades. År 1964 hade laboratoriet 28 anställda och i mitten på 1980-talet knappt 90. Antalet minskade kraftigt omkring sekelskiftet.

Reaktorlaboratoriet (Rea, sedermera Fysikhuset, Processfysik gruppen...) flyttades 1972 administrativt från Tekniska högskolan (TH) till Statens tekniska forskningscentral (VTT) och är fortfarande med en bro-tunnel ansluten till dåvarande Avdelningen för teknisk fysik. Den första laboratoriedirektören var TH:s prof. **Pekka Jauho**, driftschef DI **Bjarne Regnell** och strålskyddschef DI **Antti Vuorinen** och skribenten var den första (t.f.) driftsingenjören.

VTT omorganiserades ett par gånger under min anställningstid och reaktorlaboratoriet ett flertal gånger under 1980-90 talen. REA anslöts 1994 till VTT:s kemiavdelning. Ett flertal omorganiseringar har följt i VTT. Laboratoriet och FiR 1 reaktor med sin BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) bestrålningsanläggning hör i detta läge till kunskapscentret "Energi och skogsindustri" i VTT.

Forskningsdirektör **Pekka Silvennoinen** kom 1989 med en i mitt tycke träffade kritik av reaktorlaboratoriets verksamhet. Hans radikala förslag var att stänga FiR 1 reaktor om ekonomin inte förbättrades. En dylik nerläggning hade varit i överensstämmelse med likartade tendenser t.ex. i England, Västtyskland och Sverige. För Finland med sin enda forskningsreaktor och ett relativt stort kärnkraftsprogram verkade detta förslag då kanske mindre befogat trots de ekonomiska problemen och eventuella problem med forskningsinriktningar.



Samlade vid FIR 1 reaktorns kontrollbord under ibruktagning och tester vårvintern 1962 : elektronikmontör Donald Heckman / GA, fysikern George Hopkins / GA, skribenten, driftsingenjör Bruno Bårs, driftschef Bjärne Regnell, inspektör Olavi Vapaavuori och strålskyddschef Antti Vuorinen.

Forskningsreaktorernas byggnationsfrekvens i hela världen var stor under ca. 10 år från 1957 till 1967 med 20-30 nya reaktorer årligen. Maximum nåddes 1961 (36 st) ungefär samtidigt som FIR 1 togs i bruk. De flesta var i effektområdet 1 kW – 1 MW, med TRIGA som den mest populära typen. Redan 10 år senare var antalet nybyggen få.

Arbete med kontroverser

Senhösten 1961 erbjöds jag och accepterade med kort varsel arbetet som första (t.f.) driftsingenjör och var bl.a. med om reaktorns intressanta installationsarbeten och ibruktagande. Bortsett från ett par år utrikes, som ASLA-Fulbright stipendiater och elva IAEA expertuppdrag, arbetade jag engagerad med olika uppgifter i laboratoriet tills pensioneringen 1995. De främsta arbetsinsatserna var inom reaktorfysik och mätteknik med reaktivitetsmätningar, reaktorbrusstudier och neutrondosimetri samt reaktorinstrumentering, reaktordrift och strålskydd. Beställningsforskningen dominerade de sista 15 arbetsåren.

Intresset för själva arbetet var stort men min inställning till senare arbetsmiljö-, organisations- och andra problem kunde delvis kort sammanfattas i mitt (på Evitkog seminariet) offentligt myntade ut-

tryck "Jag har lyckats i min forskning och arbete trots VTT" (VTT:stä huolimatta). Till den sista laboratoriedirektören påpekade jag att det kändes som draga ett stenlås i uppförssbacke. Jag går i detta sammanhang ej närmare in på vad jag erfor som trakasserier, mobbning, resurs- och lönediskriminering och som ett antal organisationer också påtalade som politisk diskriminering.

Vid VTT:s omorganisering 1994 flyttades (f.d. REA, fysiklaboratoriet) processteknikgruppen (KETFYS) med tillhörande FIR 1 reaktor till processteknikens forskningsområde, som var en del av kemiavdelningen (KET). Kemiavdelningen var då den största av VTTs 11 avdelningar. Personalen gav mig sitt stöd och förtroende genom att 1994 välja mig till ordförande för kemiavdelningens samarbetsgrupp och också till ordförande för samarbetsgruppen i processteknikens forskningsområde.

Finland har anslutit sig till kärnstopp-savtalet (NPT) och därutöver gäller det mera strikta trippelavtalet (1960) mellan IAEA, Finland och USA, som levererat anrikat uranbränsle till FIR. Försvarsmakten (Suojelukoulu) hade använt FIR 1 reaktor för olika bestrålningsändamål och år 1972 ställdes ett riksdagsfrågor om FIR 1 reaktorns användning för militära ändamål.

I trippelavtalet (IAEA-USA-Finland, 1960) stipuleras bl.a. "Finland agrees that the reactor and the special fissionable material, and any special fissionable material produced by their use, shall not be used in such a way as to further any military purpose."

Grundforskning i laboratoriet

Genast i början startades laboratoriets i ca. 15 år största forskningsprojekt, *kallneutronprojektet* inom neutronfysiksektionen. Tangentiella bestrålningsröret togs i bruk i juni 1964 för kallneutronanläggningen och en *flygtidsspektrometer*, med bitr. prof. **Eino Tunkelo** som första ledare.

För produktion av kalla neutroner användes en neutronmoderator, metan och senare väte, i tangentiella strålrörets mitt utanför reaktorhärden. Den kylades i början med flytande kväve och senare genom ett slutet kylsystem med heliumgas. Kalla, mycket långsamma neutroner från tangentiella strålrörets kallneutronkälla passerade en snabbt roterande periodisk brytare, "chopper", belagd med neutronabsorberande kadmium eller gadolinium. Den hade neutrongenomskinliga ränder och flygtiden från brytaren via ett närliggande neutronspridande mål till neutrondetektorer i olika riktningar mättes.

➔ ➔

Den oelastiska, energiökande eller minskande spridningen av neutroner är av intresse för undersökning av molekylernas termiska vibrationer. FiR 1 hade trots sin låga 250 kW effekt ett relativt stort neutronflöde i strålrören för forskning p.g.a. sin konfiguration, men kunde ej tävla t.ex. med 1-30 MW forskningsreaktorer på annat håll. En låg neutronintensitet leder till o-praktiskt långa mättider och problem från bakgrundsstrålningen.

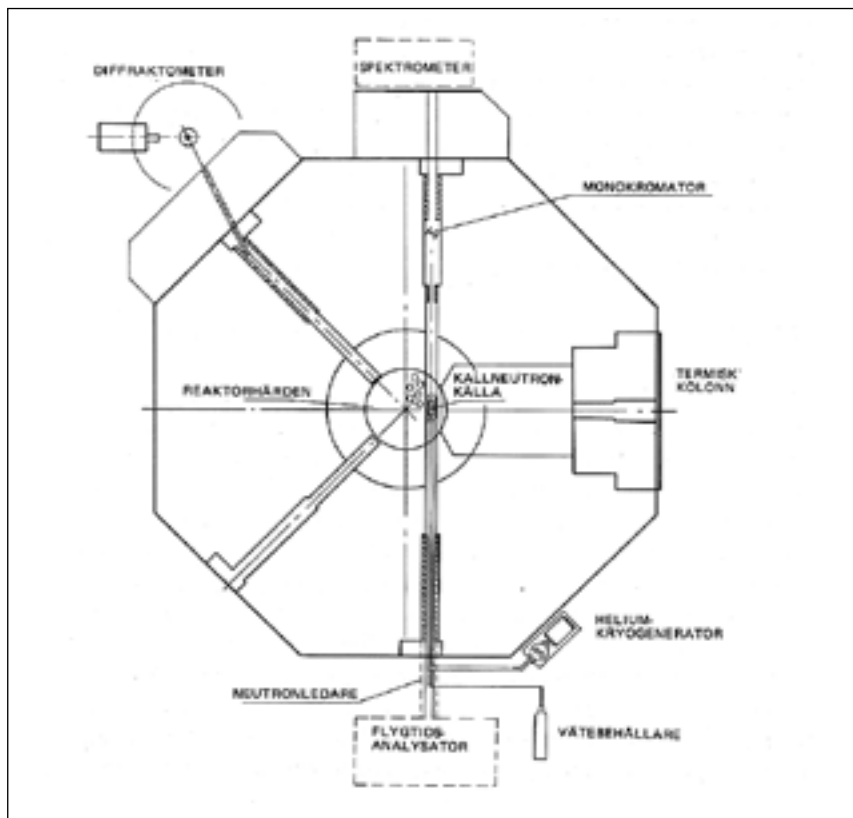
Chopper-tekniken utvecklades. I början på 1970-talet installerades också en dubbelmonokromator i en neutronstråle för val av neutronhastigheten. En neutronledare av polerade stålrör och baserad på Bragg reflexion anskaffades.

Projektet, som av första projektchefen kallades "huvudlinje", leddes och prefererades av två laboratoriedirektörer. Det var också ett slags problem för andra mindre projekt, då det slukade en stor del av laboratoriets forskningsresurser, både pengar och personal. Systemet var under långvarig utveckling och ombyggnad i ca. 15 års tid tills Handels- och industriministeriet (HIM) stoppade finansieringen.

Neutronfysikforskningen fortsatte på 1980-talet med flygtidsspektrometern SFINKS avsedd för en ny stor högfluxreaktor i Leningrads kärnfysikinstitut (LIJAF) i Gatchina. Det ena av de två radiella strålrören användes sedan 1965 för en *neutron-diffraktometer*. Den förnyades 1972. Neutronerna från en monokromator träffar analyserbara prover med en åtföljande mätning av de spridda neutronerna.

I ett tidigt skede togs det andra av FiR 1:s radiella strålrör i bruk för ett *bestrålningsskryostat* (10-300 K) med flytande kväve. Bl.a. halvledare undersöktes. Ett torrt vertikalt strålrör med ett *snabbt rörpostsystem* användes för bestrålningar och undersökning av radionuklider med korta 10-1000 ms halveringstider.

Laboratoriedirektören startade på basen av M. Fleischmanns och S. Pons dåligt underbyggda publikation 1989 också en omskriven *kallfusionsforskning*. Dess praktiska utförande i Rea var illa vald i en uran-



Grundforskningsapparat i FiR 1 strålrör på 1960-talet. Horisontellt snitt.

analysatormiljö kontaminerad med neutronemitterande fissionprodukter. Denna potentiella experimentella verifiering var i praktiken på förhand dömd att misslyckas. Utländska forskningar har senare kullkastat kallfusionspåståendena.

Studier i reaktorfysik och teknik

I början studerades bl.a. TRIGA reaktorns egenskaper, inklusive kinetiska och pulseringsegenskaper upp till 250 MW, både experimentellt och genom analogisimuleringar. Jag har själv uppgjort och rapporterat en *avancerad semiempirisk pulsmodell*, som vad maximitemperaturen beträffar är noggrannare än den gängse använda s.k. Fuchs-Nordheim matematiska modellen.

Den ca. 2 m höga och breda *analoga räknemaskinen* PACIT användes bl.a. för simulering av TRIGA-reaktors dynamik, reaktivitetsmätningar och med för ändamålet byggda elektrometerförstärkare och bandpassfilter till undersökning av stokastiska fluktuationer, reaktorbrus i TRIGA-reaktors neutronflöde. PACIT byggdes av eleverna vid avdelningen för teknisk fysik vid TH på prof. sedermera akademiker **Erkki Laurilas** initiativ.

Dess huvudkomponenter var elektronrörsbaserade operatorförstärkare med stor förstärkning, som genom återkoppling kunde användas för summering, differentiering och integrering. Därutöver anslöts en funktionsgenerator för kvadrering och en enhet för multiplicering och dividering av analoga signaler.

I senare skeden byggdes en analog *reaktorsimulator* och 1979 färdigställdes en datorbaserad reaktorsimulator.

Reaktorkinetik och olika *reaktivitetsmätningssmetoder* undersöktes och en något modifierad "rod drop"-metod befanns mera lämplig för kalibrering av FiR 1:s kontrollstavar än den ofta brukta periodmätningssmetoden. En portabel analog *reaktivitetsmätare* byggdes 1967. 1982 byggdes en digital version, bägge också för bruk i Lovisa kärnkraftverk (kk). Reaktiviteten, som regleras bl.a. med kontrollstavar, är en av de viktigaste storheterna vid kärnreaktor drift.

Instrumenteringen moderniserades

Vid *instrumentförnyelseprojektet* 1981 moderniserades instrumenteringen. Den nya

instrumenteringen baserades på modern standardiserad industriell teknik med flexibla moduler, kretskort mm. med en höjning av tillförlitligheten och säkerheten. Den nukleära delen levererades och installerades av Ungerska vetenskapsakademien och den konventionella (ELMATIC) av Valmets instrumentfabrik med planering-satsar av laboratoriets tidvis tvåmanna projektgrupp med undertecknad som projektchef och DI **Leif Kåll** som elektro-nikexpert.

Valmets digitala DAMATIC-instrumentering med en central processenhet var också ett möjligt alternativ, men skulle av säkerhetsskäl ha krävt dubbla eller tripelsystem, med stora tilläggskostnader för ett relativt litet projekt. En mera avancerat säkerhetslogik planerades och installerades bl.a. för effektpulseringen. Strålskydds-instrumenteringen förnyades ej. Den nya instrumenteringen installerades parallellt med den gamla, i ett nytt från reaktorhallen avskilt kontrollrum, och reaktorn var avstängd endast 10 dagar för inkoppling och testning.

Det lyckade instrumentförnyelseprojektet till rimliga kostnader, ca. 2 Mmk (400 000 USD), var troligen en bidragande orsak till att IAEA senare erbjöd projektchefen elva korttids expertuppdrag (STEX), totalt ca. ett år under tiden 1979 till 1992, av vilka de flesta hade att göra med uppgradering och förnyelse av instrumentering för forskningsreaktorer i ett flertal länder.

Mätningen av reaktoreffekten genom neutrondetektering är en krävande uppgift p.g.a. små signaler och ett vidsträckt område, i FIR 1 ca. 10 dekader, som normalt krävde flera detektorer. Den bästa och dyraste fissionsdetektorn användes normalt endast i lågenergiregionen.

Undertecknad bidrog också till att utveckla multimodusanvändningen (pulsräkning, likström, varians och högre ordningens signalmoment) av en enda detektor för att täcka upp till 10 dekaders mätområde. På 1980-talet uppgjordes en avancerad matematisk modell för effektmätningar med högre ordningens (tred-

je, fjärde, ...) signalmoment, med nya möjligheter.

Teorin blottade också att den optimala detektorkonfigurationen för s.k. vidskale effektmätningar var en fissiondetektor utnyttjad i puls-, varians- med korskorrelation och likströms-modus. De nya möjligheterna verifierades genom experiment på FIR 1 reaktorn och på 1 MW forskningsreaktorn i Mexikos kärnforskningsinstitut (ININ) delvis under IAEAs finansierade expertuppdrag. En vidskale prototypmätare tillverkades i samråd med Ungerska vetenskapsakademien.

Nya metoder för reaktorbrusanalys

I reaktorbrus- eller fluktuationsanalysen strävar man till att få uppgifter om reaktoranläggningens beteende och dess parametrar genom att analysera stokastiska signaler från detektorer i anläggningen. Nya avancerade matematiska modeller upp-gjordes för reaktorbrus bl.a. för utnyttjande av gammastrålning för brusanalys genom korrelationsteknik.

Teorin inkluderande två neutrongrupper, gammastrålning och alla huvudtyper av detektorer och visade att alla korrelationsfunktioner vid låg reaktoreffekt var av formen

$$F(\tau) = A + B \exp(-\omega_1 \tau) + C \exp(-\omega_2 \tau).$$

Avklingningskonstanterna ω_1 och ω_2 är associerade med de snabba och termiska neutrongrupperna och deras tillväxtfaktorer (k_1 och k_2). τ är tidsskillnaden eller korrelationsintervall. Tillväxtfaktorerna och de förknippade reaktiviteterna kan också med vissa tilläggsdata estimeras via korrelationsmätningar.

Amplitudfaktorerna A, B och C har systematiska egenskaper förknippade med reaktorns fysik och använda detektor typer. Effektreaktorbruset är mera komplicerat. Teorin blottade nya experimentella möjligheter bl.a. genom kombinerad detektering av termiska neutroner och gammastrålning.

Lämpliga detektorer för snabba neutroner har man ej kunnat realisera, men kunde nu s.a.s. ersättas med gammadetektorer.

Modellerna bekräftade och utvidgade också tidigare ideer och brusmätningar på icke-multiplicerande moderatorsystem utan uran.

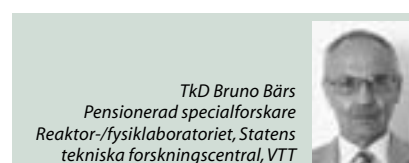
Modellerna verifierades experimentellt och utnyttjades bl.a. vid experiment och datautvinning på den underkritiska reaktorn i konfigurationer både med och utan vattenmoderator och genom användning av detektorer för termiska neutroner och gammastrålning. Bl.a. i laboratoriet specialbyggda plast- och stora vätskeskintillatorer med ypperlig tidsupplösning användes för gammamätningar.

Brusmätningar utfördes också på FIR 1 reaktorn både vid låg och hög effekt med neutrondetektorer och temperaturgivare och utnyttjades för parameterbestämningar. Vid mätningarna användes bl.a. analogiräknemaskinen PACIT.

Via reaktorbrusmätningar kan reaktiviteten mätas vid stationärt tillstånd och utan att störa reaktorns normala funktion. Ett flertal examensarbeten utfördes om reaktorbrus. Bl.a. skribentens licentiatarbete (1965) och doktorsavhandling (1971) handlade om teoretisk och experimentell reaktorbrusanalys.

Mera generellt användes brusanalysen också i industriella processer ofta för detektering av anomalier, avvikelser från normala tillstånd och "förebyggande underhåll". IVO hade startat ett brusanalysprojekt vid Lovisa kk, men visade inget intresse av att utnyttja den sakkunskap, som utvecklats i reaktorlaboratoriet.

I reaktorlaboratoriet verkade sedan 1968 också en reaktorkodgrupp för reaktorfy-sikaliska beräkningar under TkL **Jaakko Saastamoinens** ledning. Den överfördes senare till VTT:s kärnkrafttekniska laborarium (YDI). ■



Katsaus VTT:n termohydrauliikka-mallinnuksen historiaan – *Jaakko Miettisen elämäntyö*



Tämä artikkeli on omistettu VTT:n erikoistutkija Jaakko Miettiselle, joka menehtyi 7. elokuuta liikenneonnettomuudessa. Hän oli 61-vuotias, syntynyt 31.3.1947 Kaavilla. Uransa aikana Miettinen oli tärkeässä asemassa VTT:n laskentaohjelmistojen kehittäjänä.

Jaakko Miettisen vahvaa osaamista olivat ydinvoimalaitosten termohydrauliset ilmiöt ja niiden mallinnus. Miettinen työskenteli useaan otteeseen kansainvälisissä kehityshankkeissa ja oli kysytty luennoitsija. Hän myös julkaisi paljon. Miettinen valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisen korkeakoulun teknillisen fysiikan osastolta vuonna 1975 ja suoritti tekniikan lisensiaatin tutkinnon vuonna 2000. Hän aloitti työuransa VTT:n reaktorilaboratoriossa 1974 ja siirtyi sieltä pian ydinvoimatekniikan laboratorioon, jossa työskenteli lähes koko ammattiuransa.

Vuosina 1976-78 Miettinen työskenteli Tanskassa Risø:n laboratoriossa pohjoismaisessa Norhav-hankkeessa. Hän oli mukana kehittämässä NORCOOL-tietokoneohjelmaa, jolla laskettiin ison jäähdytteenmenetysonnettomuuden (LBLOCA) loppuvaihetta, reaktorisydämen jälleenkastumisesta. Vuosina 1987-88 hän oli Ruotsissa tiiviissä yhteistyössä Studsvikin simulaattoriryhmän kanssa.

SMABREsta TRAB-3D/SMABREen

Jaakko Miettisen tunnetuimpia luomuksia on nopeatoiminen systeemikoodi, ydinvoimalaitosmallinnukseen käytettävä SMABRE (analysis of SMALL BREak LOCA), jonka kehitys alkoi noin vuonna 1980. SMABREa käytetään edelleen, ja sen ratkaisualgoritmi on lisäksi toiminut suunnannäyttäjänä monille muille kaksifaasivirtauslaskentaohjelmille. Miettinen laajensi menetelmäänsä useisiin reaktoriturvallisuuden kohteisiin, ja hänen malliaan on hyödynnetty eri reaktortyyppien analyyseissä, viimeksi Olkiluoto 3:n turvallisuusarvioinnissa.

Ensimmäinen tulos SMABRE:n kytkennästä reaktoridynamiikkaa laskevaan ohjelmaan oli SMATRA vuonna 1988. Aloitteen SMABRE:n ja TRAB-dynamiikkaohjelman kytkemiseksi teki IVOn **Pertti Siltanen**. Tuohon aikaan systeemikoodin ja dynamiikkaohjelman yhdistäminen oli aivan uutta. SMATRAlla oli mahdollista laskea transientteja, joihin kumpikaan koodi erikseen ei olisi antanut mahdollisuutta. Sillä laskettiin mm. Loviisan laitokseen ja VVER-1000-laitoskonseptiin liittyviä tapauksia 1988-91. SMATRA myytiin Unkarin KFKI-tutkimuslaitokselle vuonna 1992.

SMABRE:n seuraava 'kumppani' oli VVER-laitoksille kehitetty 3D-reaktoridynamiikkakoodi HEXTRAN. HEXTRANin ja SMABRE:n yhdistäminen rinnakkaisella kytkennällä tehtiin HEXTRANin valmistuttua samalla periaatteella kuin SMATRAssa. Tämän jälkeen SMATRAa ei enää VTT:llä tarvittu. HEXTRAN-analyysejä toimeksiantoina alkoivat VTT:llä vuonna 1992, esimerkiksi Kuolan, Paksin ja Loviisan laitokset sekä Kiinaan suunniteltu VVER-1000-laitos. Koodi oli tärkeässä osassa jäähdytteen boorihapon mahdolliseen laimenemiseen liittyviä vaaroja analysoitaessa. HEXTRAN-SMABREa on käytetty myös lukuisissa PHARE- ja muissa EU-hankkeissa.

SMABRE:n 5-yhtälömalli liitettiin vuonna 1988 VTT:n ja IVOn kehittämään APROS-simulaattori-ohjelmistoon, jotta simulointia voitaisiin ajaa pienemmällä laskentatyöllä. Se on käytössä monissa paikoissa ulkomaillakin, esim. Unkarissa ja Venäjällä. SMABRE asennettiin myös viiteen erilliseen voimalaitossimulaattoriin, esimerkkinä Loviisan voimalaitoksen koulutussimulaattori (LOKS). Loviisan

simulaattori oli mahdollisesti maailman ensimmäinen simulaattori, jolla pystyttiin reaaliajassa kuvaamaan primääripörrin kaksifaasivirtausta erikokoisten vuotojen yhteydessä.

Neliöhilaisen sydämen dynamiikkakoodi TRAB-3D ja SMABRE liitettiin toisiinsa 1990-luvun lopulla. TRAB-3D/SMABRElla on laskettu esimerkiksi rakenteilla olevaa Olkiluoto 3:a. Viime vuosina Miettinen työskenteli paljon näiden ohjelmien sisäisen kytkennän parissa. Viimeinen hänen SMABRE:n tekemänsä iso laajennus liittyi ohjelman laskentakykyyn ylikriittisessä paineessa.

Vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimus

1990-luvulla Miettinen kiinnostui myös vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimuksesta ja oli merkittävä tekijä BWR-laitosten uudelleenkriittisyystarkastelujen suorituksessa pohjoismaisessa NKS/RAK-2 projektissa (1994-1997) ja EU-rahoitteisessa SARA-projektissa (1998-1999). Hän työskenteli jälleen yhdessä Risø:n tutkijan Frank Höjerupin kanssa kehittäen RECRIT-ohjelman, jossa neutroniikkalaskenta oli alunperin tanskalainen ja termohydrauliikka, samoin kuin ohjelmien yhdistäminen, Jaakko Miettisen käsialaa.

Miettisen kehittämä, SARA-projektissa alkunsa saanut GENFLO on termohydrauliikkaohjelma, jota käytetään nyt kolmessa eri sovelluksessa. RECRITillä analysoitiin BWR:n kriittisyyttä tilanteessa jossa säätösauvat ovat jo sulaneet. FRAPTRAN-GENFLOssa se toimii polttoaineen transienttikoodin termohydrauliikkaosana ja APROS-SA:ssa (Severe Accident) laske-
massa VVER-paineastian termohydrauliikkaa ja sitomassa muut ohjelmat yhteen. GENFLO eroaa SMABRE:stä ratkaisumenetelmänsä puolesta vain vähän.

Pian SARAn jälkeen vuosituhannen vaihteessa Miettinen perehtyi vakavan reaktorionnettomuuden seurauksena paineastian pohjalle keräytyvän sydänsula-altaan analysointiin Tekesin rahoittamassa ALWR-tutkimusohjelmassa. Hän kehitti

2-dimensioisen BOTRELO-mallin polttoainesula-altaan termohydraulisesta käyttäytymisestä. Mallia on sovellettu mm. AP-1000- ja SWR-1000-laitoskonseptien analysointiin sekä myöhemmin Säteilysuojakeskukselle tehdyissä Olkiluoto 3:n turvallisuusarvioinneissa.

Vakavien reaktorionnettomuuksien aihepiiriin kuului myös VTT:n STYX-kokeiden suunnittelu- ja analysointilaskujen suorittaminen. STYX-kokeet tutkivat partikkelimaisen sydänromun jäädytettävyyttä suojarakennuksen olosuhteissa. Miettinen aloitti itsekuumentuvan partikkelikeon jäädytysmekanismien tarkastelun kehittämällä PILEXP-ohjelman. Malli ei kuitenkaan tyydyttänyt häntä ja hän aloitti EU:n SARNET-projektin puitteissa vuonna 2005 Stuttgartin yliopiston IKE-instituutin kanssa elämänsä loppuun jatkuneen yhteistyön professori **Manfred Bürgerin** tiimin ja WABE-ohjelman parissa. Ohjelmaa on hyödynnetty mm. Olkiluoto 1 ja 2 -laitosten turvallisuusarvioinneissa kesällä 2008.

Vuonna 2002 alkaneessa ASTRID-hankkeessa Miettisen työskentely ulottui yhteistyössä Karlsruhe'n FZK:n, Ranskan IRSN:n ja kotimaisen STUKin kanssa myös onnettomuustilanteissa suojarakennuksesta ympäristöön vapautuvan radioaktiivisen päästön ennustamiseen. ASTRID on pääosin Miettisen kehittämä, nopeatoiminen ympäristöpäästöjen ennustusmalli, joka sisältää moduulit mm. termohydrauliikkaa, vakavien onnettomuuksien ilmiöitä, putkikatkoja ja suojarakennuksen sisätilaa varten. Kuultuaan Miettisen poismenosta eräs IRSN:n edustaja totesi hänen olleen 'suuri tiedemies – joskus vaikea seurata, mutta aina innostunut työstään'.

Uuden polven kouluttaja

Kehitys termohydrauliikan alalla on johtamassa kolmiulotteisen CFD-tyyppisen laske-
kennan suuntaan. Huolimatta laskentapasiteetin kasvusta CFD-tasoinen simulointi vie kuitenkin edelleen liian paljon aikaa ollakseen käyttökelpoinen esim. kun laskentatapausten määrä on suuri.

Vastauksena tähän dilemmaan Miettinen kehitti PILEXP-ohjelman pohjalta aidosti kolmiulotteisen, 5-yhtälömalliin perustuvan veden ja höyryn kaksifaasivirtauksen laskentaohjelman, PORFLO:n. Sen ensimmäinen sovellus liittyi BWR:ssä käytettävän ns. eristyslauhduttimen simulointiin, ja viime vuosina on pyritty erityisesti laskemaan BWR-polttoainepölyn virtausta. PORFLO perustuu karteesisen koordinaatistoon, jossa laskettavan komponentin geometria kuvataan kappikohtaisen huokoisuuden avulla. Miettisen suunnitelmia ohjelman jatkokehitykseen olivat mm. ratkaisijoiden parannukset, siirtyminen 6-yhtälömalliin, mahdollisuus myös rakenteisiin sovitettuun laskentaverkkoon ja turbulenssin parempi kuvaaminen.

Jaakko Miettisen optimistinen elämänsä näkyi vahvasti hänen työssään: hän ei koskaan pelännyt tarttua uusiin ja vaikeisiin asioihin. Katse oli koko ajan tulevaisuudessa ja tavoite kaikessa oli kovalla työllä saavuttaa alan kansainvälinen kärki ja tasavertainen keskusteluyhteys toisten huippututkijoiden kanssa. Miettisen ei muisteta valittaneen työn määrästä, vaikeudesta tai työolosuhteista – hän vaikutti aina tyytyväiseltä ja tämä asenne säteili auringon tavoin työtovereihinkin. Työtarmo ja luontainen auttamishalu teki hänestä merkittävän nuoren polven kouluttajan.

Vastapainoa tutkimustyölle Jaakko Miettinen sai elinikäisestä harrastuksestaan, kuorolaulusta. Hän lauloi Polyteknikkokojen Kuorossa, myöhemmin Järvenpään Mieslaulajissa ja viime vuosina Tikkurilan Mieskuorossa, Järvenpään Kamarikuorossa ja Amadeus-kuorossa. Hän ehti harrastaa myös kuntoilua ja hyötyliikuntaa, vaikka hänen työpäivänsä ulottuivat usein intensiivisestä työtavasta johtuen pikkutunneille ja viikonloppuihin.

Mikko Ilvonen
Erikoistutkija
VTT
mikko.ilvonen@vtt.fi



Analyysimenetelmiä ilman radioaktiivisuuden valvontaan

Mitä radioaktiivisia aineita leijuu ilmassa? Mitkä ovat niiden pitoisuudet? Ovatko aineet peräisin luonnosta vai ihmisen aktiviteeteista? Näihin kysymyksiin saadaan parhaiten vastaus mittaamalla gammasäteilyn energiaspektri ja analysoimalla mitattu spektri. Tässä väitöskirjatyössä on ollut tavoitteena kehittää sellainen työkalukokoelma, jonka avulla kaikki ilmanäytteistä mitattujen gammaspektrien piirteet voidaan selittää mahdollisimman automaattisesti. Samaa kokoelmaa voidaan käyttää myös muissa gammaspektrien tunnistustehtävissä.

Keskiviikkona 20.08.2008 tarkistettiin ylläkirjoittaneen väitöskirja "*Analysis Methods for Airborne Radioactivity*" TKK:n Teknillisen fysiikan laitoksella. Vastaväittäjänä toimi professori **Stanley G. Prussin** University of California Berkeleystä ja väitöstilaisuuden valvojana professori **Rainer Salomaa**. Tutkimus on tehty Teknillisen korkeakoulun Energiateet-laboratoriossa, jossa on pitkä kokemus gammaspektrien analyysimetodologian kehittämistä. Laboratoriossa kehitetty Sampo-analyysiohjelmisto on varmasti tuttu useille lukijoille.

Kerätään aerosolit suurennuslasin alle

Germanium-ilmaisimia hyödyntävä korkean resoluution gammaspektrometria on analyysimenetelmä, joka soveltuu hyvin ilman radioaktiivisuuden valvontaan, sillä useimmat luonnolliset ja ihmisen tekemät radionuklidit lähettävät gamma-säteilyä. Gammasäteily on nuklidin sormenjälki, joten alkuaineiden isotoopit voidaan sen avulla erotella toisistaan. Menetelmä on erittäin herkkä, joten sillä pystytään havaitsemaan ilmasta aktiivisuuspitoisuuksia, joista ei ole mitään terveysriskiä ihmisille tai muille eliöille.

Ilman gammaspektrometriset analyysit voidaan jaotella hiukkas- ja kaasunäytemittauksiin. Väitöstyössä esiteltiin analyysimenetelmiä nimenomaan hiukkasnäytteitä varten, jotka muodostuvat suodatinmateriaalista sekä siihen tarttuneista aerosoleista. Menetelmät ohjelmoitiin tie-

tokoneohjelmaksi ja niiden käyttökelpoisuus arviointiin suuren testispektrijoukon avulla. Tavoitteena oli kehittää sellainen työkalukokoelma, jonka avulla kaikki gammaspektrin komponentit voidaan tunnistaa ja selittää kvantitatiivisesti ja joka toimii mahdollisimman automaattisesti.

Korkean resoluution gammaspektrissä tieto on spektrin piikeissä, joten analyysin ensimmäinen vaihe on piikkianalyysi. Suurin osa löytyvistä piikeistä on täysenergiapiikkejä, joita vastaavat gammaviivat löytyvät referenssikirjastosta, joten radionuklidien tunnistus on periaatteessa helppoa vertailua. Piikkianalyysiin liittyy aina kuitenkin epävarmuuksia ja osa piikeistä jää kokonaan löytymättä, mikä vaikeuttaa tunnistustehtävää.

Haasteena tunnistuksessa on lisäksi se, että täydessä kirjastossa on 3 400 radionuklidia ja 80 000 gammaviivaa, mikä lisää tunnistuksen työläyttä. Perinteisenä ratkaisuna on ollut kuhunkin sovellukseen räätälöidyt alikirjastot, mutta tässä työssä osoitettiin, että kirjaston räätälöinti ei ole välttämätöntä.

Lisää vaikeusastetta gammaspektrin tunnistukseen aiheuttavat täysenergiapiikkien seassa olevat pakopiikit ja summapiikit, joita ei ole taulukoitu ja joiden kokosuhteet riippuvat lähteen aktiivisuudesta, mittausgeometriasta ja ilmaisimesta. Jos halutaan täydellinen selitys gammaspektrin piikeille, myös näiden piikkien energiat ja pintaalat on kyettävä laskemaan. Väitöskirjassa esiteltiin, ohjelmoitiin ja evaluoitiin laskentamenetelmiä näille erikoispiikeille.

Shamaani korvaa ihmisasiantuntijan?

Työssä jatkokehitettiin asiantuntijajärjestelmä Shamaani, jonka kehitystyö aloitettiin TKK:lla Sampo-projektin jatkona 1980-luvun loppupuolella. Shaman yhdistää kattavan referenssikirjaston, joka perustuu kansainvälisen laboratoriverkoston vuosikymmenien aikana keräämään ENSDF-tietokantaan, sekä tunnistuksessa tarvittavat laskentamenetelmät päättelykoneeseen, joka käyttää karsintasääntöjä analysoitavan näyt-

teen oikean nuklidikoostumuksen selvittämiseen.

Shamanin suorituskyky ilmafilterien analyysissa evaluoitiin tässä työssä neljän laajan spektrikokoelman avulla. Lisäksi suorituskykyä arvioitiin vertailemalla Shamanin tunnistustuloksia Sampo-pohjaisen rajoitetumman tunnistusohjelmiston saavuttamiin.

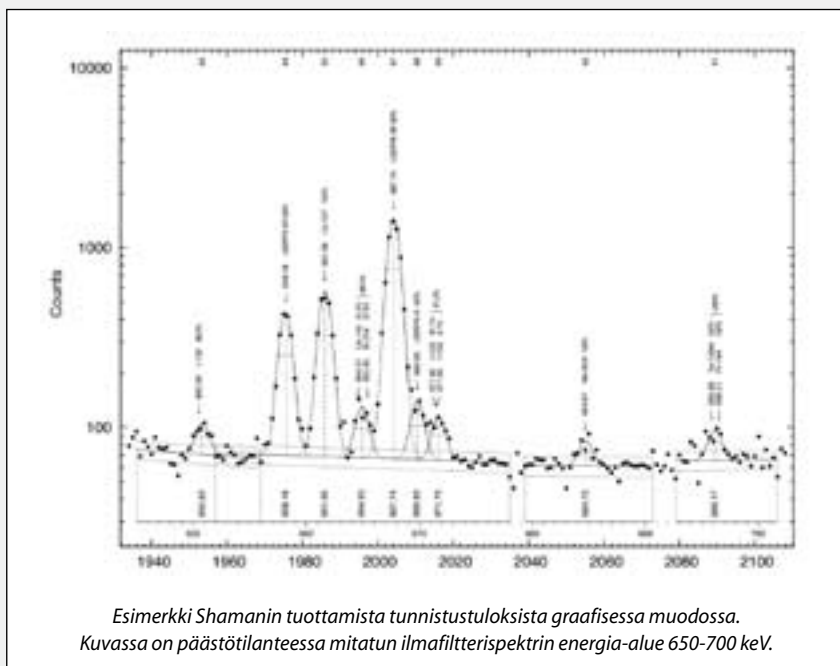
Kaksi spektrikokoelmaa koostui ilmafilterispektreistä, jotka olivat kattavaa ydin-koekieltoa (CTBT) valvovan maailmanlaajuisen asemaverkoston mittaamia. Nämä kokoelmat sisälsivät ainoastaan rutiinispektrejä, joissa siis ei näkynyt luonnollisen radioaktiivisuuden lisäksi kuin yksittäisiä ihmisperäisiä radionuklideja. Nämä olivat peräisin joko vanhojen laskeumien resuspensiosta tai ydinvoimalaitosten ja sairaaloiden normaalipäästöistä.

Näiden spektrien analyysissa Shamanin todettiin saavuttavan automaattianalyysissa vähintään 96 %:n nuklidin- ja piikintunnustustason, kun väärin tunnistettuja nuklideja on keskimäärin alle yksi per spektri. Nämä ovat automaattisysteemille erittäin hyviä lukemia, mutta vielä on jonkin verran parantamisen varaa ennen kuin Shaman voi täysin korvata ihmisasiantuntijan. Shamanin ansiosta puuduttavaa perusanalyysia on kuitenkin jäljellä huomattavan vähän.

Toimii myös päästötilanteessa

Kaksi työssä käytössä ollutta spektrikokoelmaa oli saatu STUKista. Ne oli mitattu Novaja Zemljalta ja Sosnovyi Borista lähteneiden päästöjen jälkeen Suomen mitausasemilla vuosina 1987 ja 1992. Osassa näistä spektreistä näkyi fissio- ja aktivointituotteiden piikkejä, pahimmillaan 30 eri radionuklidin sormenjäljet.

Näiden spektrien tunnistustulokset osoittivat, että analyysisysteemimme toimii myös tositilanteessa. Piikkien ja nuklidien tunnistusprosentti pysyi samalla tasolla kuin rutiinispektrien tapauksessa eli 96%:n yläpuolella, mutta väärä tunnistuksia tulee jonkin verran enemmän, keskimäärin kaksi nukli-



Esimerkki Shamanin tuottamista tunnistustuloksista graafisessa muodossa. Kuvassa on päästötilanteessa mitatun ilmafilterispektrin energia-alue 650-700 keV.

dia per spektri. Tämä on luonnollista, kun piikkien lukumäärä kasvaa: kattavasta kirjastosta löytyy helposti nuklidi selittämään jokaisen piikin.

Shamanin karsintasäännöt on tarkoituksella jätetty konservatiivisiksi, jotta väriä hylkäämisiä ei tapahtuisi. Tämän johdosta väriä tunnistuksia tulee väistämättä jonkin verran. Shamanin käyttämä täydellinen referenssikirjasto puolustaa kuitenkin paikkaansa, koska sen avulla on mahdollista tunnistaa kaikki havaitut piikit päästötilanteissakin.

Kun automaattianalyysissa saadaan hälytys luotettavasti, ihmistyövoima voidaan keskittää kiinnostaviin spektreihin. Interaktiivista analyysia varten ohjelmistossamme on graafinen käyttöliittymä, jonka avulla käyttäjä voi hienosäätää analyysituloksia ja näin saavuttaa mahdollisimman täydellisen ja luotettavan tulkinnan gammaspektrille.

Entä muut sovellukset?

Yhteenvetona väitöskirjasta voidaan todeta, että Shaman soveltuu mainiosti luonnon radioaktiivisuuden valvontatehtävään. Sitä voidaan käyttää myös muissa sovelluskohteissa, joissa pyritään täydelliseen gammaspektrin tulkintaan, mutta ny-

kyversio on parhaiten räätälöity ilmafilterispektreille.

Ohjelmisto on käytössä kattavan ydin-koekiellon valvontatehtävässä, jossa hyödynnetään ilman radioaktiivisuuden valvontaa mm. seismisten mittausten rinnalla. Tätä sovellusta on esitelty tarkemmin ATS Ydintekniikan numerossa 2/2004, ja valvontaorganisaation kotisivut ovat osoitteessa www.ctbto.org.

Shamanin analyysikykyä muissa sovelluksissa voidaan parantaa ohjelmiston parametreja säätämällä. Myös Shamanin metodologiassa ja sääntökannassa on kehittämisen varaa, mutta jo nykyisillä laskentamenetelmillä se on luotettava asiantuntijajärjestelmä radionuklidien tunnistukseen. Mahdollisia muita sovelluksia, joissa Shaman voisi näyttää kyntensä, ovat muu luonnon säteilyvalvonta ilma- ja vesivalvonnan lisäksi, ydinvoimalaitosten valvonta, aktiivointianalyysi ja tietenkin ydinfysiikan perustutkimus.

Väitöskirja on saatavilla osoitteessa <http://lib.tkk.fi/Diss/2008/isbn9789512294404/>

TkT Jarmo Ala-Heikkilä
Tutkija
TKK, Teknillinen fysiikka –
Energiatieteet -laboratorio
jarmo.ala-heikkila@tkk.fi



Ylikriittisessä paineessa toimivan HPLWR-reaktorin mallintaminen VTT:llä

High Performance Light Water Reactor (HPLWR) on Euroopassa tutkittava ylikriittisessä paineessa toimiva kevytvesireaktorikonsepti. HPLWR-konseptissa otetaan mallia konventionaalisten laitosten ratkaisuista lähinnä höyrynkierroksen suhteen ja pyritään siten korkeamman hyötysuhteen kevytvesireaktoriin. Ylikriittisen veden ominaisuuksia ja mallintamishaasteita esitettiin ATS Ydintekniikka -lehdessä 2/2008 *Joona Kurjen* diplomityötä käsittelevässä artikkelissa.

HPLWR-reaktorin toimintapaine on 25 MPa ja sen sydämessä jäähdytteen lämpötila nousee 280 °C:sta 500 °C:seen, jäähdytteen entalpia kasvaa noin 2000 kJ/kg ja tiheys pienenee 750 kg/m³:stä 80 kg/m³:in. Korkea lämpötila, suuri entalpiasisäys ja voimakkaasti muuttuvat termohydrauliset ominaisuudet asettavat haasteita reaktorin materiaalivalinnoille ja sydänsuunnittelulle. Näiden haasteiden selvittämiseksi HPLWR-sydänsuunnittelussa on käytetty mielenkiintoisia ratkaisuja. Sydämen läpi alaspäin virtaa ylikriittinen moderaattorivesi, jolla varmistetaan tarvittava moderointi sydämen yläosaan, missä jäähdytteen tiheys on pieni.

Suuren entalpiasisäyksen takia on olemassa riski paikallisesta ylikuumentumisesta, minkä vuoksi jäähdytteen kuumentaminen on päätetty hoitaa kolmessa vaiheessa. Niin kutsutussa "three pass core"-mallissa jäähdyte ohjataan sydämen läpi kolme kertaa radiaalisesti jaetuissa osioissa, joiden välissä se sekoitetaan. Jäähdyte virtaa ensin ylöspäin sydämen keskiosassa, sitten alaspäin rengasmaisessa osiossa keskustan ympärillä ja lopuksi ylöspäin sydämen reuna-osiossa. Idea tähän kolmivaiheiseen kuumennukseen on otettu ylikriittisessä paineessa toimivista konventionaalista laitoksista, kuten myös se, että ylikriittinen jäähdyte ohjataan paineastiasta suoraan turbiineille.

Ylikriittisessä paineessa olevan jäähdytteen suurimmat hyödyt ydinvoimalassa ovat korkeasta lämpötilasta johtuva korkea hyötysuhde (44%) ja

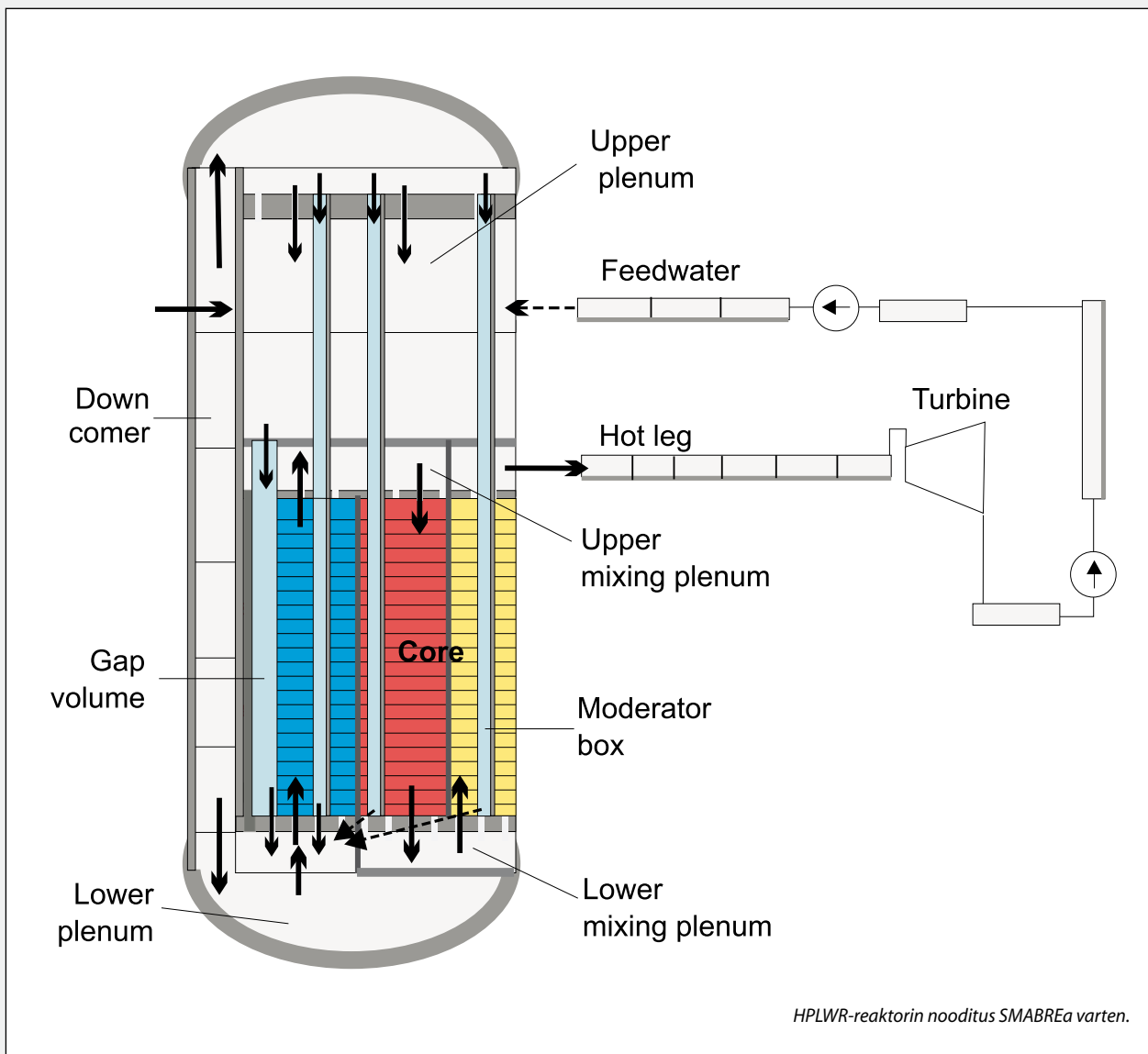
laitoksen yksinkertaistuminen, kun esim. höyrytimiä ja höyrynkuiivaimia ei tarvita. Myös kiehumtaksiiri on fyysikaalisesti poissuljettu, sillä kiehumta ei tapahdu.

VTT osallistuu EU:n HPLWR2-projektiin, jossa reaktorin toteuttamiskelpoisuus ja taloudellinen kilpailukyky arvioidaan. Osa VTT:n panoksesta on transienttiohjelmien päivittäminen niin, että ne kykenevät myös ylikriittisen paineen mallintamiseen, ja sen jälkeen transienttilaskujen laskemisen osaksi HPLWR:n turvallisuuden arvioimista.

Ohjelmaksi valittiin 3D-neutroniikkakoodi TRAB-3D, joka on yhdistetty SMABRE-systeemi-koodiin termohydrauliikkaa varten. SMABREn toimivuusalue on laajennettu ylikriittiseen paineeseen luomalla sinne fiktiivinen kaksifaasiaalue. Vaikka ylikriittisessä paineessa fluidi on todellisuudessa aina yhdessä faasissa, voidaan se kuvata ohjelman numeriiikkaa varten aivan kuin olisi erillinen neste- ja kaasufaasi sekä kaksifaasiaalue niiden välissä.

Mallintamisen käynnistämiseksi VTT:llä laadittiin diplomityössäni laajan kirjallisuustutkimuksen HPLWR-reaktorin tämänhetkisestä suunnittelutilanteesta. Kerätyn tiedon perusteella tehtiin sydän- ja laitosmallit TRAB-3D- ja SMABRE-koodeille. SMABREn kyky laskea ylikriittistä painetta sekä siirtyminen alikriittisen paineen alueelle osoitettiin mallintamalla niin kutsuttu Edwards-O'Brien-ulospuhalluskoe, joka oli muokattu ylikriittiseen alkupaineeseen. Koeasetelmana on pitkä horisontaalinen putki, jonka toiseen päähän tulee reikä ja paine tippuu reiän kohdalla nopeasti.

SMABRE:n HPLWR-mallia testattiin laskemalla termohydraulinen tasapainotila, mutta yhdistettyä koodia ei päästy testaamaan diplomityön tekemisen aikana. Diplomityön jälkeen työ SMABREn termohydrauliikan parantamiseksi ylikriittisellä alueella on jatkunut ja laskeminen yhdistetyllä koodilla aloitetaan piakkoin. VTT:n virallinen tavoite HPLWR2-projektin aikana on laskea säätösauvan uloslentotransientti. Projekti jatkuu vuoteen 2010 saakka.



Diplomityössä generoitiin myös kaksiryhmävakioita HPLWR-polttoainepulle käyttäen PSG Monte Carlo -koodia, joka on kehitetty VTT:llä. Tuloksia verrattiin Unkarin KFKI-AEKI-tutkimuslaitoksessa laskettuihin parametrisoituihin vaikutusaloihin, jotka on implementoitu TRAB-3D:hen HPLWR:n mallintamista varten. Vertailuarvoja äärettömälle kasvutekijälle laskettiin myös käyttäen MCNP-ohjelmaa. Vertailuissa PSG- ja MCNP-tulokset vastasivat hyvin toisiaan ja erot KFKI:n vaikutusaloihin olivat odotetun kaltaisia vertailtaessa Monte Carlo -laskuja deterministisellä koodilla laskettuihin tuloksiin.

DI Malla Seppälä
 Tutkija
 Reaktoridynamiikka
 Valtion Teknillinen
 Tutkimuskeskus
 malla.seppala@vtt.fi



Ison LOCAn ulospuhallusvaiheen koelaitteistojen kartoitus

Suuri jäähdytteenmenetysonnettomuus on yksi ydinvoimalaitoksen suunnittelun lähtökohdista käytetyistä onnettomuuksista. Ennen vuonna 1979 tapahtunutta Three Mile Islandin onnettomuutta keskityttiin koelaitteistoissa isoon LOCAn. Onnettomuuden jälkeen kokeellisen tutkimuksen painopiste siirtyi pieniin ja keskiuuriin vuotoihin.

Viime vuosina kansallisen ydinturvallisuuden tutkimusohjelman SAFIRin Multiphysics-projektissa on kehitetty työkaluja suuren jäähdytteenmenetysonnettomuuden aikaisten rakenteellisten muodonmuutosten mallintamiseksi. Vuonna 2007 LABRE-projektissa selvitettiin mahdollisia koelaitteistoja, joita voitaisiin käyttää neste-rakenneanalyysilaskennan validointiin. Projektin aikana valmistui myös diplomityö, jonka päällimmäisenä tavoitteena oli aihealueen koelaitteistojen järjestelmällinen kartoittaminen. Työssä käsitellään myös onnettomuuteen liittyviä keskeisiä ilmiöitä sekä mahdollisen uuden koelaitteiston suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä haasteita ja kysymyksiä.

Suuren jäähdytteenmenetysonnettomuuden alkuvaiheessa äkillinen paineenlasku primääripiirissä voi olla ongelmallinen rakenteellisen suunnittelun kannalta. Vuodon avautuessa harvennusaalto lähtee etenemään primääripiiriä pitkin reaktoriin äänennopeudella. Harvennusaalto-termiä käytetään paineallostalla, joka etenee suurempaan paineeseen päin. Murtuman avautumisaika määrittää, kuinka suuria voimia reaktorin sisäosiin ja tukirakenteisiin kohdistuu. Sisärakenteisiin kohdistuvat voimat ovat seurausta paine-erosta reaktorin sisäpesän seinämän yli.

Aikaisemmin rakenteiden kuormituksia on tutkittu konservatiivisilla laskentakoodilla, jotka eivät ottaneet huomioon sisäpesän seinämän joustavuutta vaan oletivat sen jäykäksi. Neste-rakenneluorovaikutuksen huomioonottaminen pienentää rakenteisiin kohdistuvia kuormituksia. Vaikka isoa LOCAa pidetäänkin erittäin epätodennäköisenä onnettomuutena, laitoksen turvallisuuden parantamiseksi on syytä varmistua siitä, että polttoaine säilyy hyvin jäähdytettävässä muodossa.

Diplomityön koelaitteisto-osiossa keskityttiin 13 koelaitteiston esittelyyn. Näistä valituista koelaitteistoista kolme voidaan luokitella integraalikoelaitteistoiksi ja loput erilliskoelaitteistoiksi. Erilliskoelaitteistojen yhteisenä nimittäjänä voidaan oikeastaan pitää kriittistä virtausta. Ilmiötä tutkittiin erityisesti siksi, koska sillä on olennainen osa selvitetessä jäähdyteinventariota onnettomuuden aikana.

Koelaitteistoista ehkä tunnetuimpana voidaan pitää Edwards-O'Brienin putkea, jolla suoritettu koe valittiin OECD NEA:n ensimmäiseksi ISP-tapaukseksi. Putkimallisia koelaitteistoja on ollut maailmalla myös muitakin, kuten Bartákin putki, Canon ja Super Canon. Kyseiset laitteistot olivat kooltaan kuitenkin varsin pieniä, ja myöhemmin kriittistä virtausta tutkittiinkin suuremmissa mittakaavassa Ruotsissa sijainneella Marviken-koelaitteistolla.

Neste-rakenneluorovaikutusilmiön kannalta oleellisia ovat luonnollisesti kuitenkin laitteistot, joissa on pyritty jollain tavalla mallintamaan reaktori ja sen sisäosat. Ensimmäisenä tällaisena laitteistona voidaan pitää Idahon tutkimuslaitoksessa sijainnutta Semiscale koelaitteistoa (tunnetaan myös nimellä Bettis Flask). Laitteistoa seurasi Semiscale-ohjelmassa saman niminen integraalikoelaitteisto, jolla tutkittiin myös isoa LOCAa. Italiassa sijainnut Piper-koelaitteisto oli varsin samantapainen Bettis Flask -laitteiston kanssa.

Saksassa sijainneita Battelle RS-16B ja HDR-koelaitteistoja voidaan pitää tutkimusaiheen kannalta kuitenkin tärkeimpinä. Molemmat olivat melkein täyden mittakaavan koelaitteistoja, sillä erotuksella, että Battellella pituus-halkaisija-suhde oli oleellisesti suurempi. Skaalauksellisesti koelaitteistolla saadut tulokset kertoivat, että putkimallisella säiliöllä ei voida tutkia oikean reaktorin sisäosien käyttäytymistä ulospuhallusvaiheen aikana. HDR-koelaitteistolla suoritettavat kokeet ovat kaikkien merkittävimmät, ja niitä onkin käytetty monien eri analyysikoodien validointiin.

Diplomityössä pohdittiin myös, onko tarpeellista rakentaa uutta koelaitteistoa neste-raken-

nevuorovaikutuslaskennan validointiin. Vaikka jotkut esitellyt koelaitteistot saattavat yleiskatsauksen pohjalta näyttää validointiin sopivilta, on kuitenkin muistettava, että pääosa koekellisestä toiminnasta tapahtui 1970-luvulla ja aivan 1980-luvun alkupuolella. Laitteistojen mittaukset suunniteltiin lähinnä tuon ajan systeemi- ja analyysikoodeja silmällä pitäen. Toisaalta mittaustekniikka on kehittynyt huomattavasti vii-meisen 30 vuoden aikana, joten mittausten tarkkuus ja luotet-tavuus on myös parantunut.

Koelaitteistosta saatujen mittaustulosten skaalaus ylöspäin laitoskokoluokkaan voi olla ongelmallista. Pituusskaalattujen laitteistojen aikaskaala noudattaa pituusskaalaa, joten ilmi-öiden ajallinen kesto pienenee murto-osaan laitokseen ver-rattuna. Uudessa koelaitteistossa pituusskaalaus muodostui-si ongelmaksi lähinnä vuodon avautumisajan osalta, sillä jos laitoskokoluokassa vuoto tapahtuu konservatiivisesti ajatel-len yhdessä millisekunnissa, pienessä koelaitteistossa vuo-don pitäisi siis avautua paljon pienemmässä ajassa. Vaikka ai-kaisemmin onkin ollut lähes täysikokoisia koelaitteistoja, pie-nen koelaitteiston rakentamista puoltavat muutamat eri tut-kimusaiheet.

Vuodon avautumisajan vaikutusta reaktorin sisäosien kuormi-tuksiin ei varsinaisesti tutkittu aikaisemmilla koelaitteistoilla. Li-säksi konservatiivista yhden millisekunnin avautumisaikaa on alettu teollisuudessa ja tutkimuksessa pitää erittäin epätodennä-köisenä, jopa mahdottomana. Erään ranskalaisen arvion mukaan primääripiiriin kylmän haaran giljotiinikatkon (2x100 %) avautu-misaikana voitaisiin käyttää 20 millisekuntia. Vuodon avautu-misajan skaalaus pienen kokoluokan koelaitteistoon ei muo-dostuisi siis tässä tapauksessa ongelmaksi, sillä esimerkiksi yhden millisekunnin avautumisaika on täysin saavutettavissa.

Toinen mahdollinen tutkimusaihe on vuotokohdan sijain-nin vaikutus rakenteellisiin kuormiin (vuotoputken L/D). HDR-koelaitteistossa käytettiin kahta eripituista ulospuhallusput-kea, mutta käytännössä pääosa kokeista tehtiin pitemmällä putkella. Veden lämpötilan vaikutusta rakenteellisiin kuormiin voitaisiin myös muutamalla kokeella tutkia.

LABRE-projektissa valmistunut diplomityö antaa yleiskuvan siitä millaista tutkimusta aiheeseen liittyen on aikaisemmin ollut, ja mitä voitaisiin aiheeseen liittyen vielä uudella koelait-teistolla mahdollisesti tutkia.

Diplomityö "Large Break Blowdown Test Facility Study" löytyy Doriasta osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe200808041759>

DI Arto Ylönen, tutkija
Ydinturvallisuuden
tutkimusyksikkö
Lappeenrannan
teknillinen yliopisto
arto.ylonen@lut.fi



TAPAHTUMAKALENTERI

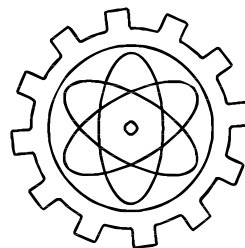
Syysseminaari 24.10.2008
Hotelli Palace Linna, Helsinki
Aiheena "FIN6 ja FIN5:n kokemuksia"

Kutsu jäsenpostissa.
Lisätietoja: Malla Seppälä
malla.seppala@vtt.fi

Ekskursio Pohjois-Amerikkaan
viikolla 47

Lisätietoja: Kristiina Turtiainen
kristiina.turtiainen@tvo.fi

Lisätietoja kaikista ATS:n tapahtumista
löytyy internetistä: www.ats-fns.fi



UUDET JÄSENET

Varsinaiset jäsenet

- Mikko Rintamäki,
Outokumpu
- Aapo Tanskanen,
Fortum Nuclear Services
- Mikko Lemmetty,
Teollisuuden Voima
- Tellervo Brandt,
Fortum Nuclear Services

Suomen Atomiteknillisessä Seurassa oli 6.10.2008 pidetyn johtokunnan kokouksen jälkeen 614 varsinaista jäsentä ja 36 nuorta jäsentä eli opiskelijaa. Kunniajäseniä oli 12 ja kannatusjäseniä 18.

Seuran jäseneksi pääse johtokunnan hyväksymällä hakemuk-sella. Hakemukseen tarvitaan kahden jäsenen suositus.

ATS:n jäsenhakemus internetissä:
<http://www.ats-fns.fi/info/jasenhakemus.html>

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Palautus
Suomen Atomiteknillinen Seura
c/o VTT (Tietotie 3, Espoo)
PL 1000
02044 VTT

Kannatusjäsenet

Alstom Finland Oy
Fennovoima Oy
Fintact Oy
Fortum Oyj
Patria Finavitec Oy
Platom Oy
Pohjolan Voima Oy
Posiva Oy
PRG-Tech Oy
Pohjoismainen Ydinvakuutuspooli
PrizzTech Oy
Rados Technology Oy
Saanio & Riekkola Oy
Siemens Osakeyhtiö
Teollisuuden Voima Oy
TVO Nuclear Services Oy
Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT
Voimaosakeyhtiö SF Oy
YIT Installaatiot

ATS internetissä:

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