

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



4/2009

vol. 38

Tässä numerossa

Pääkirjoitus:

Kansallinen tahtotila 3

Editorial:

National volition 4

Uutisia 5

Syysseminaari 2009 6

ATS:n ekskursio Etelä-Koreaan 8

Wolsongin laitosalue 10

Soulin kansallinen yliopisto ja Korean
ydinturvallisuusviranomainen 12

Koreassa matala- ja keskiaktiiviset
ydinjätteet sijoitetaan kallioon 14

Doosan Heavy
Industries & Construction 16

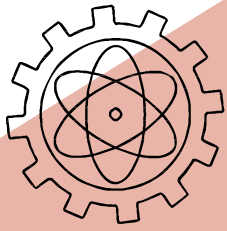
Vierailu Korin ydinvoimalaitokselle:
Korin 2 kertaa 2 kertaa 2
PWR-yksikköä 18

Korean piilaaksossa pohjustetaan
maan ydinvoiman tulevaisuutta 21

INIS-tietokanta avaa pääsyn
ydinenergia-alan tutkimustuloksiin 24

Diplomityöt 27 - 30

Tapahtumakalenteri
ja seuran uudet jäsenet 31



ATS

4/2009, vol. 38

VUODEN 2008 TEEMAT

1/2009

Reaktorisydän
ja -fysiikka

2/2009

Turvallisuus
ja tutkimus

3/2009

Säteily

4/2009

Syysseminaari,
ekskursio

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 700 €

1/2 sivua 500 €

1/4 sivua 300 €

TOIMITUKSEN OSOITE

ATS 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.

ATS 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

Tkt Eija-Karita Puska
VTT
PL 1000, 02044 VTT
p. +358 20 722 5036
puheenjohtaja@ats-fns.fi

Varapuheenjohtaja /

Vice-chairperson

DI Yrjö Hytönen
Säteilyturvakeskus
yrjo.hytonen@stuk.fi

Sihteeri /

Secretary of the Board

DI Malla Seppälä
VTT
sihteeri@ats-fns.fi

Rahastonhoitaja / Treasurer

DI Anna-Maria Länsimies
Energiateollisuus ry
anna-maria.lansimies@energia.fi

Jäsenet /

Other Members of the Board

Tkt Jari Tuunanen
Fortum Nuclear Services
jari.tuunanen@fortum.com

DI Kai Salminen

Fennovoima Oy
kai.salminen@fennovoima.fi

DI Veijo Ryhänen

Teollisuuden Voima Oyj
veijo.ryhanen@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 Toivo Kivirinta
Fortum Power and Heat Oy
toivo.kivirinta@fortum.com

Ekskursiosihteeri /

Excursion Secretary

DI Jani Pirinen
Fortum Nuclear Services
jani.pirinen@fortum.com

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

ATS Ydintekniikka on neljä kertaa vuodessa ilmestyvä lehti, jossa esitellään ydintekniikan tapahtumia, hankkeita ja ilmoittaa 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.

Kansallinen tahtotila

Suomen Atomiteknillinen Seura ry teki tämänvuotisen ulkomaan ekskursionsa Korean tasavaltaan. Matkalla saimme vakuuttavan kuvan Korean ydinvoimateollisuuden nykytilasta, osaamisen määrätietoista rakentamisesta ja ulkomaisen osaamisen ”kotouttamisesta”, jota Koreassa ja muualla Kaakkois-Aasiassa on määrätietoisesti jatkettu koko se aika, jolloin lännessä emmittiin ydinvoiman kanssa ja käytiin sisäpoliittista kissanhännänvetoa.

Tunsimme olevamme tervetulleita vieraita. Korealaiset pitävät meitä sukulaiskansanaan: aikanaan toiset lähtivät Uralin tienoilta länteen ja toiset itään. Korealainen APR-1400-laitosvaihtoehto on mukana sekä Fortumin että TVO:n periaatepäätöshakemuksissa. Isännät olivat silti täysin tietoisia, että liikkeellä oli kansallinen tieteellinen seura, ja ”ostajat” liikkuvat erikseen. Vierailun onnistuminen on laskettava korealaisien isäntiemme kaikissa vierailukohteissa vii-meisen päälle hoitamien valmistelujen ansioksi.

Korea on 97-prosenttisesti riippuvainen tuontienergiasta. Tämä selittää määrätietoista panostusta omaan energiaosaamiseen. Matkan vaikuttavimpia kohteita olivat toisaalta uusien ydinvoimalaitosten rakennustyömaat - rakenteilla on parhaillaan neljä laitosta - ja toisaalta vierailu Doosan Heavy Industriesin tehtailla, unohtamatta myöskään KAERI:n mittavaa ja pitkäjänteistä koetoimintaa.

Doosan on selkein osoitus korealaisien määrätietoista osaamisen rakentamisesta. Nykyisellään lähes kaikki komponenttiosaaminen on korealaisien omassa käsissä. Tehdaskierroksella kävi selväksi, että korealaiset toimittavat pääkomponentteja pait-si omiin laitoksiinsa, myös Kiinan ja USA:n AP-1000-laitoksiin, korvausosia vanhoihin laitoksiin USA:ssa ja monia komponentteja myös ”kilpailijoilleen”. Kysymykseeni aikataulujen pitämisestä sain vastauksen, joka kuvaa korealaisien kansallista tahtotilaa: normaalisti töitä tehdään kahdessa vuorossa viisi päivää viikossa, mutta jos aikataulujen kanssa uhkaa tulla ongelmia, tehdään kolmessa vuorossa seitsemän päivää viikossa!

Korealainen resepti ei sovellu länsimaisen ammattiyhdistysliikkeen eikä länsimaisen nykyihmisen ajatusmaailmaan, enkä sitä yritä markkinoida, vaan ajatusta siitä, että jos jotain halutaan saavuttaa, täytyy olla voimakas tahtotila ja valmius tehdä työtä päämäärän saavuttamiseksi.

Onko meillä kansallista tahtotilaa oman energiaratkaisumme suhteen? Edellisen periaatepäätöskeskustelun yhteydessä allekirjoittanut osallistui Energiakanavan puheenjohtajana aktiivisesti keskusteluun ja ydinenergiasta tiedottamiseen. Silloin tuntui, että meillä oli yhteinen tahtotila. Nyt kaikki tuntuvat odottavan poliittista ”nolla, yks, kaks, kolme”-päätöstä. Kuitenkin se, kuinka hyvin olemme tilanteeseen ydinenergiayhteisössä varautuneet ja kuinka yksimielisiä ja määrätietoisia olemme, vaikuttaa myös päätöksentekijöihin ja heidän päätöksiinsä.

Ydinvoimalaitoksen elinikä suunnittelusta käytöstä poistoon on vuosisata ja suunnittelun ”kvartaali” siten neljännesvuosisata. Tämä kannattaa myös sähkön kulutusennusteiden perusteella johtopäätöksensä tekevien päättäjien muistaa.

Sähkön tuottaminen ei ole itsetarkoitus, eikä sen tuottaminen ydinvoimalla myöskään. Sähköä tuotetaan, koska sitä tarvitaan, ja silloin se on järkevintä tuottaa taloudellisesti, turvallisesti ja ympäristöystävällisesti sopivien energiamuotojen yhdistelmällä.

Ydinvoimaan kriittisen kielteisesti suhtautuvat muistuttavat, että mahdollisen onnettomuuden sattuessa päästöt eivät noudata valtakuntien rajoja. Näin on, mutta sama pätee myös hiilidioksidipäästöille. Kansallisen tahtotilamme on oltava osa globaalia tahtotilaa, ja meidän on uskallettava olla edelläkävijöitä: valita oma tiemme, kuten kaukaiset esiamme odottelematta, että joku muu ottaisi ensimmäisen askeleen.

MEILLÄ ON OLTAVA kansallinen tahtotila tuottaa oma energiamme vastuullisesti ja riippumattomasti, ja siinä ratkaisussa ydinvoimalla on tärkeä osansa. ■

National volition

The Finnish Nuclear Society visited Republic of Korea on this year's annual excursion. We got a convincing image of the current status of Korean nuclear industry, resolute building of own expertise as well as "naturalization" of foreign know-how – a process that has been going on in South-East Asia during the entire period that the Western world spent on a political tug-of-war and hesitation regarding nuclear power.

We felt welcome. Koreans regard us as a kindred nation: in the time immemorial, we left the Urals for the West, they for the East. The Korean APR-1400 is among the plants considered in the separate applications for a Decision in Principle of a new NPP submitted by the power utilities Fortum and TVO. Our hosts were, however, totally aware that the excursion group represented a national scientific society, and the "buyers" are a different bunch. The success of our visit lies entirely on the exquisite arrangements demonstrated by our Korean hosts at every destination of our journey.

Republic of Korea has a 97 % dependence on imported energy. This explains the determined investments in own energy expertise. The most impressive targets on our trip were the construction sites of new NPP:s – there are currently four new units under construction at Shin-Kori site – and the facilities of Doosan Heavy Industries. And one should not forget the large and persistent experimental activities of KAERI.

Doosan is a prime example of Koreans' volitional building of expertise. Currently the component know-how is almost entirely in Koreans' own hands. Koreans deliver components not only to their own plants but also for the AP-1000 projects in China and USA, as well as replacement components for old plants in the USA. My question about the reliability of time schedules was met with an answer that well describes the Koreans' national volition: normally the work progresses in two shifts, five days a week, but if problems are foreseen with the time schedules, work will commence in three shifts and seven days a week!

The Korean recipe is not in line with the mindset of the western trade unions or the western way of thinking in general, and I am not trying to market it, but rather the thought that if something is to be accomplished, it takes a strong state of volition and willingness to work in order to attain the goal.

Do we possess national volition with respect to our energy solutions? When the Decision-in-Principle regarding the OL3 was being discussed ten years ago, yours truly participated actively in the discussions and communication as chair of the ATS Energy Channel. At that time it felt as if we had a common state of volition. Now everybody appears to be waiting for a political "0, 1, 2 or 3" solution. Yet the degree of preparation within the nuclear community, as well as the degree of unity and determination, has an influence on the decision making process.

The life span of a nuclear power plant from beginning of the design to the decommissioning is a century, and the corresponding "fiscal quarter" is consequently 25 years, not three months. This should not be forgotten by the decision-makers, who base their conclusions on the prognoses about the future electricity consumption figures.

Production of electricity – or nuclear power – is not an end in itself. Electricity is produced because it is needed, and then it makes sense to produce it through an energy mix combining economical, environmental and safety aspects.

Those with a negative view on nuclear energy keep reminding that the releases from a potential nuclear accident don't respect national boundaries. That is true, but it also applies to CO₂ emissions. Our national volition must be a part of a global one, and we must have the courage to be forerunners: to choose our own path without expecting someone else to take the first step.

WE SHALL HAVE a national volition to produce our own energy in a responsible and independent way, and in this solution the nuclear power plays an important role. ■

UUTISIA

IAEA:n pääjohtaja vaihtui

MOHAMED ELBARADEI päätti virkakautensa Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) pääjohtajana 27.11.2009 hoidettuaan virkaa vuodesta 1997 lähtien. ElBaradein virkakauden aikana IAEA oli näyttävästi esillä mm. ydinaseiden leviämiseen liittyvien salassa pidettyjen ydinohjelmien havaitsemiseen ja estämiseen tähtäävissä toimissa. Vuoden 2005 Nobelin rauhanpalkinto myönnettiin ElBaradeille ja IAEA:lle tunnustuksena ”pyrkimyksistä estää ydinen energian käyttäminen sotilaallisiin tarkoituksiin ja varmistaa, että ydinen energian rauhanomainen käyttö on mahdollisimman turvallista”.

ELBARADEIN SEURAAJA IAEA:n johdossa on **Yukiya Amano**, joka on aiemmin toiminut Japanin lähettiläänä järjestössä.

Hän on erikoistunut kansainväliseen aseidenriisuntaan ja tuonut voimakkaasti esille tukensa ydinaseista luopumiselle ja ydinmateriaalien valvonnalle niin, että niiden joutuminen väärin käsiin olisi mahdollisimman hyvin estetty. Amano valittiin ElBaradein seuraajaksi 1.7.2009 pidetyssä erittäin tiukassa äänestyksessä. Hänen valintaansa tukivat järjestössä erityisesti rikkaat teollisuusvaltiot.

LÄHITULEVAISUUDEN HAASTEITA uudelle pääjohtajalle tulevat järjestön sisäisten vastakkainasettelujen lisäksi tuotamaan esim. Iranin, Syyrian ja Pohjois-Korean ydinohjelmat, joiden on epäilty sisältävän sotilaallisia ulottuvuuksia. ■

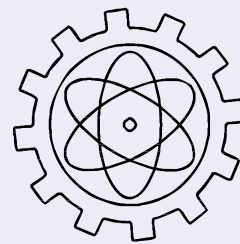
Olkiluoto 3 harjakorkeudessa

OLKILUOTO 3 -laitosyksikkö saavutti 11.11.2009 harjakorkeuden. Harjannostajaisten juhlapuheen piti sisäasiainministeri **Anne Holmlund**. Tilaisuuden puhujat korostivat hankkeen merkitystä suomalaiselle yhteiskunnalle, sen energiahuollolle ja hiilidioksidipäästöjen vähentämiselle sekä ydinvoima-alan maailmanlaajuiselle kehitykselle.

OL3:N HÖYRYSTIMET ja paineistin tuotiin työmaalle 19.11.-24.11. välisenä aikana AREVAN tehtaalta Ranskan Chalonista. Niiden valmistustyöt on aloitettu vuonna 2004, ja TVO:n edustaja on valvonut töitä koko valmistuksen ajan. Myös Säteilyturvakeskus on valvonut valmistusta paikan päällä tehdyin tarkastuksin. Reaktorilaitoksen päälaitteiden asennusvaihe alkaa vuonna 2010. Ensimmäinen reaktorirakennukseen viedään työmaalle tammi-kuussa 2009 toimitettu paineastia, jonka jälkeen rakennukseen viedään höyrystimet ja paineistin.

(Lähde: TVO)

www.ats-fns.fi



Uudet säännöt rekisteröity

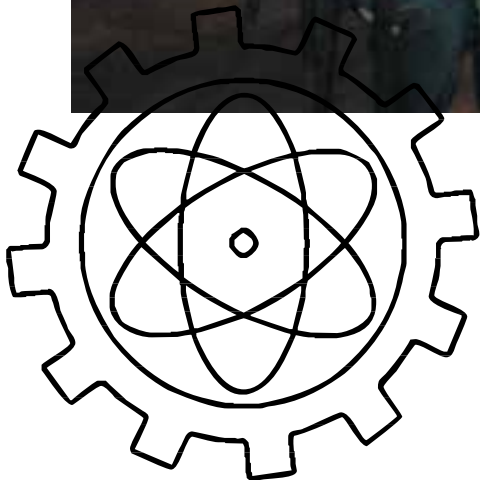
VUOSIKOKOUKSESSA 2009 hyväksytyt uudet säännöt on rekisteröity Patentti- ja rekisterihallituksessa, ja ne ovat astuneet voimaan 30.9.2009 alkaen. Seuran edellisen johtokunnan toteuttama uudistustyö on siis saatu päätökseen.

UUDET SÄÄNNÖT löytyvät kokonaisuudessaan seuran internetsivuilta osoitteesta:

http://www.ats-fns.fi/archive/ATS-saannot_stadgar.pdf.



Syysseminaari 2009



Suomen Atomiteknillisen Seuran syysseminaari järjestettiin 5. marraskuuta perinteikkäässä Palace Hotel Linnassa, eli entisellä Vanhalla Polilla, Helsingissä. ATS:n puheenjohtaja **Eija Karita Puska** avasi tilaisuuden toivottamalla osallistujat tervetulleiksi ja kertomalla ATS:n ajankohtaisista asioista. Tärkeimpänä uutena asiana Puska esitteli ATS:n alaisuuteen perustetun Old Generation -työryhmän, johon voivat liittyä ATS:n kokeneempaa sukupolvea edustavat jäsenet. OG:n ensimmäisenä vetäjänä toimii **Eero Patrakka** (Posiva).

Seminaarin aihe oli tänä vuonna "Ydinenergia Euroopassa", ja ohjelma oli koostettu kahdesta aiheesta alustavasta esityksestä sekä paneelikeskustelusta.

Seminaariin osallistui noin 140 jäsentä, mikä tarkoitti hyvin tiivistä tunnelmaa Jugend-saliin tänäkin vuonna. Aiempien vuosien ahtausongelmien vuoksi asiaan oli kiinnitetty erityistä huomiota, ja ongelmakehoitua oli pyritty ratkaisemaan muun muassa lisäämällä tarjoilupöytien määrää kahdesta neljään ja ottamalla käyttöön Jugend-salia vastapäätä sijaitseva Apila-tila.

Ainakin allekirjoittaneen mielestä järjestelyt toimivat huomattavasti aiempaa sujuvammin, mikä tarkoittaa, että Hotel Linnan tiloja voidaan käyttää jatkossakin syysseminaaripaikkana.

Euroopan komissiossa luodaan mahdollisuudet ydinenergiainvestointeihin

Seminaarin ensimmäisen esityksen piti edunvalvontajohtaja **Sami Tulonen** FORATOMista otsikolla "EU ja ydinvoima: mikä on Brysselin rooli". Tulonen valotti EU:n nykyistä ydinvoimailmapiiriä, jonka hän ilok-

seen kertoi olevan menossa myönteisempään päin. Euroopan komissiossa ydinvoimaa ajetaan eteenpäin lähinnä ilmastonmuutoksen hillitsemisen näkökulmasta sekä pohjautuen toimitushuoltovarmuuteen, kilpailukykyyn ja hintavakauteen.

Ydinvoiman investointipäätöksiä ei kuitenkaan voida tehdä Brysselistä käsin, vaan Euroopan komission tulee lähinnä luoda mahdollisuudet ja positiivinen ilmapiiri investointeja varten. Kaikki ovat jo hyväksyneet yhteiset tavoitteet yhteiskuntien sähköistämiseksi ja päästöjen vähentämiseksi sähköntuotannossa, mutta nyt tarvi-



Paneelikeskustelijat kiperien kysymysten äärellä. Kuvasta puuttuu FORATOMin Sami Tulonen.

taan selkeää EU-toimintaohjelmaa vähäpäästöisten tuotantomuotojen tukemiseksi. Ydinvoiman investointipäätöksiä on kuitenkin tehty monissa Euroopan maissa, ja monet ydinvoimasta jo luopumassa olleet maat ovat muuttaneet kantaansa myönteisemmäksi.

Ydinvoiman rooli EU:ssa on joka tapauksessa suuri, sillä lähes kolmannes EU:n sähköstä tuotetaan EU-alueen 145 ydinvoimalalla. Vähäpäästöisestä energiasta ydinvoiman osuus on kaksi kolmannesta, joten ydinvoimasta luopuminen näkyisi huomina kasvuna hiilidioksidipäästöissä. Muutenkin energia tulee pysymään EU-agen dan kärjessä vuosina 2009-2014.

E.ON saavuttaa päästötavoitteensa ainoastaan ydinvoiman avulla

Tri **Michael Micklinghoff** (E.ON Head of Center of Competence, Nuclear) kertoi esityksessään E.ON:n tulevaisuuden suunnitelmista. E.ON:n tavoitteena on pienentää hiilidioksidipäästöjään 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä muun muassa panostamalla off-shore -tuulivoimaan. Hiilidioksidipäästötavoitteen saavuttamiseksi myös suuret investoinnit ydinvoiman lisärakentamiseen ovat välttämättömiä.

Tällä hetkellä E.ON omistaa osittain tai kokonaan 21 ydinvoimalaa Saksassa

ja Ruotsissa, yhteisteholtaan noin 11 GW, ja suunnitelmissa on laajentaa toimintaa myös muihin maihin. Meille hyvin tutun Suomen Fennovoiman projektin lisäksi E.ON aikoo osallistua ydinvoiman rakentamiseen Ilosa-Britanniassa, Ranskassa ja Italiassa. Näistä uusista maista Iso-Britannia on tärkein kohdemaahan projektin suuruuden vuoksi.

Paneelikeskustelu

Paneelikeskusteluun piti alkuperäisen suunnitelman mukaan osallistua muutamien ydinvoima-asiantuntijan lisäksi poliitikkoja. Syysseminaarin ajankohta osoitautui kuitenkin poliitikkojen saamisen kannalta hyvin huonoksi, sillä samana päivänä oli muun muassa mepit kiireisenä pitävä valiokuntaviikko ja kotimaisille poliitikoille tärkeä eduskunnan kyselytunti.

Onneksi ATS:n piirissä on monia hyviä keskustelijoita, joista paneeliin tällä kertaa valikoituivat **Juhani Hyvärinen** (Fennovoima), **Harri Tuomisto** (Fortum), **Riitta Kyrki-Rajamäki** (LTY), **Rauno Mokka** (Ex-TVO) ja **Sami Tulonen** (FORATOM). Paneelin puheenjohtajana toimi **Jorma Aurola** (TEM).

Keskustelijoiden varmistuttua paneelin aihepiiriä muokattiin hieman siten, että pääpaino kohdistettiin eri Euroopan maiden ydinvoimatilanteen läpikäymiseen.

Keskustelijat esittelivät ensin itsensä vastaten samalla puheenjohtajan antamiin johdantokysymyksiin.

Tämän jälkeen "ydinvoimatäyteläisiin", "ydinvoimatyöjuhtiin", "käännyttyihin luopujiin" ja uusiin ydinvoimamaihin jaotellut Euroopan maat käytiin läpi pohtien niiden nykyistä tilannetta ydinenergian kannalta.

Keskustelu lähti mukavasti käyntiin, ja yleisö osallistui keskusteluun kysymysten ja kommenttien muodossa.

Keskustelun myötä erityisesti asiaan vähemmän perehtynyt sai mielenkiintoisen läpileikkauksen Euroopan tämän hetkisestä ydinenergiatilanteesta, ja varmasti monelle asiantuntijallekin osa yksityiskohdista tuli uutena tietona.

Paneelikeskustelun jälkeen alkoi seminaarin epävirallisempi osuus buffetillallisen muodossa. Ilahduttavan suuri osa osallistujista jäi jatkamaan keskustelua pitkälle iltaan. Seminaarin tarjoiluista voidaan kiittää kolmea voimayhtiötä.

DI Malla Seppälä
VTT
Tutkija
Reaktoridynamiikka
malla.seppala@vtt.fi



ATS:n ekskursio Etelä-Koreaan

ATS:n uuden ekskursiosihteerin ensimmäinen pitkä ekskursio 15 matkakumppanin kanssa Etelä-Koreaan toteutettiin 6.-14.11.2009. Tuloksena oli onnistunut tutustumismatka Etelä-Korean monipuoliseen ydinvoimatoimintaan.



Osallistujat:

- Jani Pirinen, Fortum
- Antti Ketolainen, Fortum
- Topi Tahvonen, Fortum
- Jouko Turpeinen, Fortum
- Klaus Sjöblom, Fortum
- Ari Maarni, TVO
- Tero Heinikangas, TVO
- Kai Salminen, Fennovoima
- Nhan Huynh, Fennovoima
- Risto Paltemaa, STUK
- Mika Bäckström, STUK
- Kim Söderling, STUK
- Eija-Karita Puska, VTT
- Johanna Nykopp, Wärtsilä
- Auli Olenius, Posiva

Matkaseurueen vaikuttava vastaanotto Korin laitosalueella.

Tämänvuotinen ATS:n ulkomaaneks-kursio alkoi 6.11.2009 Helsinki-Vantaalta, ja Etelä-Koreaan saavuimme lauantaina paikallista aikaa 9.30. Vastassa oli oppaamme **Ms. Park Joo-Won**, joka toimi koko matkan ajan käytännön järjestelyjen tukena. Ennen hotelliin kirjautumista meillä oli hyvää aikaa tehdä kiertoaajelu Soulissa, sillä hotellihuoneet olivat luovutuskunnossa vasta klo 15.00. Kiertoaajelun aikana saimme ensikosketuksen Etelä-Koreaan oppaamme kertoessa yleisiä tietoja maasta ja sen lähihistoriasta. Ensimmäinen pysähdys oli ostoskadulle, jossa myy-

tiin lähinnä matkamuistotavaroita. Sieltä suuntasimme lounaalle, jossa meille tarjottiin ranskalaistyyppistä ruokaa, eli useita annoksia, jotka eivät olleet suuren suuria. Ensimmäinen majapaikkamme oli Soulin COEX Intercontinental -hotelli, jossa toivomme matkan rasituksista ennen varsinaisia vierailukohteita.

Vierailukiertue alkoi Soulista

Maanantaina 9.11. suuntasimme kohti SNU:ta (Soul National University), jossa professori **Il Soon Hwang** otti porukkamme vastaan. Ohjelmaan kuului esitelmä SNU:n

Li	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La
6.11.	7.11.	8.11.	9.11.	10.11.	11.11.	12.11.
11.11.	12.11.	13.11.	14.11.	15.11.	16.11.	17.11.

toiminnasta sekä kierros laboratorion puolella. Vierailun lopuksi kävimme nauttimassa perinteisen korealaisen lounaan, johon kuului paikalliseen tapaan useita eri ruokalajeja. Lounaan jälkeen ohjelmassa oli tapaaminen Korean Nuclear Society:n eli paikallisen atomiteknillisen seuran kanssa. Korean Nuclear Society:n presidentti **Park Goon-Cherl** piti meille esitelmän seuran toiminnasta.

Bussilla kohti Busan kaupunkia

Vierailujen jälkeen matkamme jatkui kohti maan eteläosaa ja Busan kaupunkia, jossa vietimme kaiken kaikkiaan kolme yötä Riviera-hotellissa. Kahden ensimmäisen Busan päivän aika teimme päivämatkat Shin-Korin, Korin sekä Wolsongin laitosalueille. Viimeisenä Busan päivänä vierailimme Doosanin konepaja-alueella Changwonin kaupungissa, ennen kuin siirryimme kohti Daejonin kaupunkia. Maanantapäivän päätteeksi tutustuimme Riviera-hotellin lähistöllä olleeseen ruokaravintolaan. Tällä kertaa ruokalistaltamme löytyi korealaisia makuja, mutta enemmän länsimaiseen tyyliin.

Tiistaina suuntasimme kohti Shin-Korin ja Korin laitoksia (Korissa neljä käynnissä olevaa, Shin-Korissa neljä rakenteilla), jotka sijaitsevat lähellä Busan kaupunkia. Aluksi tutustuimme vierailukeskukseen, jonka jälkeen siirryimme laitosaluuelle. Kori 1:llä pääsimme tutustumaan lähemmin valvomoon. Vierailun jälkeen siirryimme lounaalle. Ruuan nautittuamme matkamme jatkui kohti näköalatasannetta, josta avautui huikea näkymä käynnissä oleviin ja rakenteilla oleviin laitoksiin. Ennen hotellille paluuta ohjelmaamme kuului vierailu KNPE:lla (Korea Nuclear Power Education Institute), jossa koulutetaan KHNP:n (Korea Hydro & Nuclear Power Co. Ltd) työntekijöitä. Päivän päätteeksi nautimme ekskursioporukalla illallista paikallisten kalaruokien ääressä, kimchiä (hapankaalin tapaista chilikaalia, jota oli tarjolla lähes poikkeuksetta jokaisella aterialla) unohtamatta.

Keskiviikkona, matkamme 5. päivänä, jatkoimme kohti Wolsongin laitosaluetta.

Ennen varsinaista laitosaluevierailua poikkesimme Bulgukin temppelealueella, jossa toimii edelleen buddhalaisluostari. Alueen temppelet toimivat hartauspaikkoina, ja ne on rakennettu useampaan kertaan kierrätetyistä vanhoista tarvikkeista. Wolsongin laitosaluella meillä oli mahdollisuus tutustua Candu-laitostyyppin valvomoon sekä käytetyn polttoaineen varastoon. Lisäksi vierailumme sisälsi käynnin matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituspaikan rakennustyömaalla sekä vastaanottorakennuksessa.

Konepajavierailu ei jättänyt ekskursiolaisia kylmäksi

Torstaina siirryimme Changwonin kau-



Bulgukin temppelealueella.

puungissa sijaitsevalle Doosan Heavy Industriesin konepaja-alueelle. Pääsimme näkemään isojen komponenttien valmistusta aina takomosta lähtien. Näyttävän esitys oli punahehkuisen turbiinin akselin takominen. Doosanin konepajavierailun voi sanoa olleen mieliin painuvin vierailukohteistamme aina vierastalolla järjestettyä vastaanotosta lähtien. Vierailun jälkeen matkasimme Daejon kaupunkiin, jossa yllätykseksemme Novotel-hotellin huoneet oli lämmitetty 30 asteeseen.

Välietappi Daejon kaupunkiin

Perjantaina matkamme jatkui KAERI:lle (Korea Atomic Energy Research Institute),

jossa meitä isännöi professori **Chul-Hwa Song**. Alkuesittelyn jälkeen meille esiteltiin kattavasti eri tutkimusalueiden laboratoriotiloja. Tämän jälkeen meillä oli tilaisuus tutustua paikalliseen ostoskeskukseen, sillä vierailu paikallisen ydinturvallisuusviranomaisen KINS:in (Korea Institute of Nuclear Safety) luona siirtyi parilla tunnilla hallitusvierailun mennessä ATS:n delegaation vierailun edelle. KINS:in vierailu koostui lyhyestä heidän toimintaansa kuvanneesta esitelmästä.


Takaisin lähtöruutuun

Päivän päätteeksi matkasimme takaisin lähtöpisteeseen, eli Soulin COEX Intercontinental -hotellille. Tällöin meillä oli vih-

doinkin mahdollisuus tavata ja antaa erityiskiitokset Korean kontaktillemme **David Leelle**. Hänen avustuksellaan meidän oli mahdollista saada kattava läpikäyminen Korean ydinvoimatoiminnoista.

*Lämpimät kiitokset kaikille ekskursion osallistujille, sekä erityiskiitokset käytännön järjestelyistä AREAn **Kati Lundquistille**. Matka oli onnistunut.*

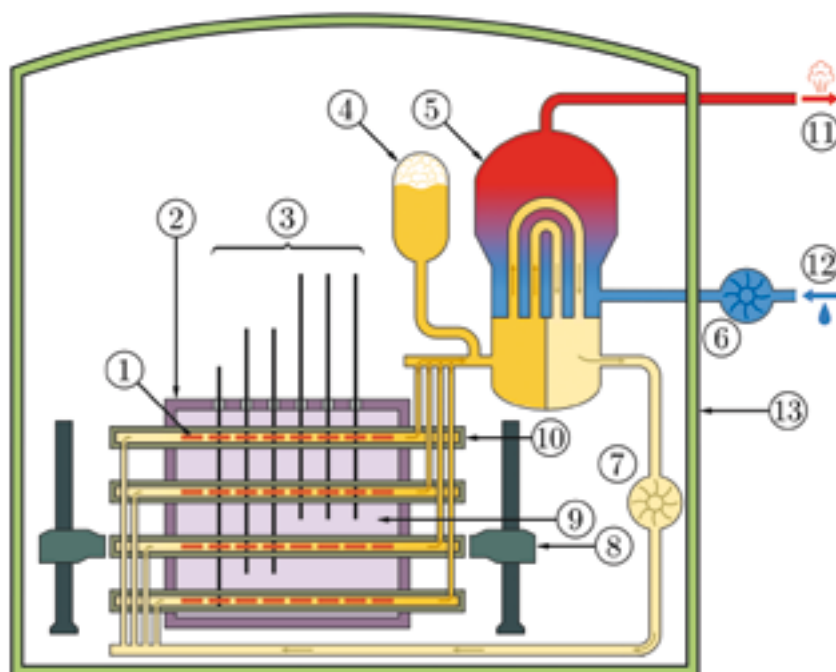
DI Jani Pirinen
Suunnitteluinsinööri
Quality engineering
Fortum Nuclear Services Oy
jani.pirinen@fortum.com





Wolsongin laitosalue

Keskiviikkona vierailukohteista vuorossa oli KHNP:n (Korea Hydro & Nuclear Power Co.) Wolsongin laitosalue, joka sijaitsee Gyeongjun maakunnassa Etelä-Korean länsirannikolla. Laitosalueella on neljä käytössä olevaa laitosyksikköä ja lisäksi alueelle rakennetaan kahta uutta yksikköä.



CANDU-reaktorin kaaviokuva: 1. polttoainesauvat, 2. kuumennuskammio, 3. säätösauvat, 4. painestintin, 5. höyrystin, 6. syöttövesipumppu, 7. pääkiertopumppu, 8. polttoaineen latauskone, 9. raskasta vettä (hidaste), 10. paineputki, 11. höyryä, 12. syöttövettä, 13. suojarakennus.
Lähde: Wikipedia, tekijä Inductiveload.

Bussimme lähti varhain keskiviikko-aamuna hotellimme pihalta Busanista kohti koillista ja toista laitospaikkakohdettamme Wolsongia. Matkalla laitokselle poikkesimme myös lähes 1500 vuotta vanhalla Bulgukin buddhalaisella temppeleialueella (Unescon World Cultural Heritage -kohde). Temppeli sai toimia rauhassa yli tuhat vuotta aina japanilaisten invaasioon 1593 saakka. Alueen rakenteiden korjaus ja palautus entiseen loistoonsa tapahtui vasta 1970-luvun alussa. Temppelevierailun jälkeen KHNP:n ulkomaantoiminnissa työskentelevä **Jae Young Kwak** tarjosi meille mahtavan lounaan paikallisessa ravintolassa, joka oli erään maatilan yhteydessä. Saimme itse valmistaa omat annoksemme wokkaamalla pöytiin nostetuilla kaasukeittimillä. Ateria nautittiin luonnollisesti perinteiseen korealaiseen tapaan lattialla istuen.

Teetä ja tietoa

Sateesta ja hyytävästä tuulesta huolimatta saimme lämpimän vastaanoton Wolsongin laitosalueella. PR-toiminnan tekninen johtaja **Hak Gyun Kim** tarjosi meille kupillisen lämmintä teetä ja pisti Wolsongin ydinvoimalan mahtipontisen esittelyvideon pyörimään. Videon jälkeen ryhmämme

1.8	2.8	8.8	14.8	20.8	26.8	32.8	38.8	44.8	50.8
6.11	12.11	18.11	24.11	30.11	6.12	12.12	18.12	24.12	30.12
11.11	17.11	23.11	29.11	5.12	11.12	17.12	23.12	29.12	5.1

esittäytyi ja ojensimme ATS:n viirin voimailan edustajalle. Hak Gyun Kim puolestaan osoitti vieraanvaraisuutta antamalla kaikille pienen lahjan, kuten on yleisesti tapana Etelä-Koreassa.

Meille esiteltiin tarkempia tietoja laitoksesta ja lisäksi vierailimme esittelyalueella, josta löytyi mm. pienoismalli Wolsongin laitosalueesta. Ensimmäinen Wolsongin käynnissä olevista neljästä raskasvesihidasteisista CANDU-laitoksista oli ns. avaimet käteen -toimitus kanadalaiselta laitostoitimitalta. Se otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1983. Muut kolme yksikköä, jotka otettiin käyttöön 1997, 1998 ja 1999, ovat korealaisten itse rakentamia. Laitosalueen 1. yksikön sähköteho on 679 MW ja muiden yksiköiden 700 MW. Laitosalueen ensimmäisellä yksiköllä on alkanut lähes kaksi vuotta kestävä tehonkorotusprojekti, jonka jälkeen myös tällä yksiköllä saavutetaan 700 MW:n sähköteho. Esittelykalvoissa esitettyjen lukujen perusteella laitosyksikkökohtainen suunnittelemtomien seisokkien keskiarvo viimeiseltä viideltä vuodelta on noin 0,2 seisokkia/a. Parhailaan Wolsongiin rakennetaan lisäksi kahta OPR-1000-laitosyksikköä. Rakennustyömaa on tällä hetkellä kokonaisuudessaan noin puolivälissä. Kaupallinen toiminta on suunniteltu alkavaksi ensimmäisellä uudella yksiköllä 2012 ja toisella 2013.

Jokapäiväinen polttoaineenvaihto

Esitysten jälkeen pääsimme tutustumaan käyvään CANDU-laitokseen, Wolsong 3 -laitosyksikköön. CANDU on raskasvesihidasteinen painevesilaitos, joka käyttää polttoaineenaan luonnonuraania. Hidasteena reaktoreissa toimiva raskas vesi, D₂O, tulee Wolsongiin Kanadasta. Raskaan veden ansiosta neutroneja hidastuu enemmän termiselle alueelle, jolloin on mahdollista käyttää polttoainetta, jossa on huomatta-

vasti normaalia kevytvesireaktoria vähemmän ²³⁵U-isotooppia (polttoaineessa ²³⁵U-pitoisuus on 0,7%, eli sama kuin luonnonuraanilla). Alhaisemman ²³⁵U-pitoisuuden takia polttoainetta myös kuluu enemmän. CANDUn erikoisuus onkin, että 16 polttoaineenippua vaihdetaan päivittäin. Toisaalta suurempi polttoaineen kulutus tarkoittaa myös sitä, että korkea-aktiivista jätettä kertyy suhteessa enemmän kuin esimerkiksi suomalaisista kevytvesireaktoreista.

Laitoksella tutustuimme ensiksi valvomoon. Matkalla valvomoon kuljimme erikoisen laitteen läpi, joka puhalsi ilmaa voimakkaasti. Sen tarkoitus oli poistaa elektrostattinen varaus. Valvomossa työskentelee viisi operaattoria, joilla periaatteessa kaikilla on tiedot ja taidot koko laitoksen ajamiseen. Heistä kolme on vanhempia operaattoreita ja kaksi nuorempaa. Operaattorien pätevyttämiseksi Koreassa on käytössä moniportainen lisensiointimenetelmä. Operaattorien lisäksi laitoksella on kussakin vuorossa viisi käyttömiestä. Kaiken kaikkiaan laitoksella on yhteensä kuusi vuoroa, jotka työskentelevät 8 tunnin vuoroissa. Valvomosta löytyy ydinvoimalaitoksille tyypillisiä ohjauspaneeleita reaktorille, turbiinille ja suojausjärjestelmille. CANDUille ominaisena poikkeavuutena valvomosta löytyy myös oma paneeli polttoaineen vaihtamiselle. Sillä operoidaan konetta, jolla vanha polttoaine siirretään pois reaktorista ja uusi pistetään tilalle.

Valvomosta siirryimme ripeään tahtiin käytetyn polttoaineen varastolle. Varsinaista varastoa pääsimme katsomaan lasiseinän takaa. Käytetty polttoaine siirretään polttoainealtaaseen, jossa sitä säilytetään 8 vuotta, jonka jälkeen se siirretään kuivavarastoon. Viimeisenä poistettu polttoainennippu loisti selkeästi sinisenä Tserenkovin säteilyn takia. Korealaisen tapaan aikatauluista pidettiin tiukasti kiinni, joten kovin pitkäksi aikaa ei paikkoja jäänyt ihmettele-

mään. Laitokselta lähtiessämme kuljettiin henkilömonitorin kautta, joka mittaa mahdollisen kontaminaation. Kotisuomesta tuttuja varsinaisia kenkäräjoja emme ylittäneet missään vaiheessa laitosvierailua.

Uusi Wolsong – Shin-Wolsong

Tutustuimme myös Wolsongin työmaa-alueeseen (Shin-Wolsong) korokkeelta, joka oli erityisesti vierailijoita varten tehty. Sieltä avautui näkymä koko työmaalle. Esittely oli sen hetkisen säätilan takia melko pikainen, sillä vettä satoi vaakasuorassa ja kovan tuulen takia kylmyys oli purevaa. Näin sääolosuhteet autoivat unohtamaan pahimman koti-ikävän.

Wolsongiin rakennetaan kaksi korealaissuunnitteleista OPR-1000-laitosyksikköä, joka on APR1400-laitostyyppiä edeltänyt kehitysaste. Ne ovat siis painevesilaitoksia, joissa on 1000 MW:n sähköteho. Rakennustyömaa oli aloitettu kesällä 2007, ja laitosyksiköiden suojarakennukset kohosivat jo näyttävänä edessämme. Molempien yksiköiden sivuihin oli jätetty aukot, joista aikanaan tuodaan sisään reaktoripaineastia ja kaksi valtavaa pystyhöyryntintä. Molempien laitosyksiköiden tämänhetkinen yhteenlaskettu valmiusaste on 47 %.

”Tekemisen meininkiä”

Wolsongin laitosalueella oli selvästi aistittavissa Etelä-Korean ydinvoimaliiketoiminnassa tällä hetkellä valloilla oleva ”tekemisen meininki”. Isännillämme oli avoin ja keskusteleva tapa esitellä toimintojaan. Ajoittaisista kieli- ja kulttuuriongelmistä huolimatta pitkän matkan takaa tulleiden vieraiden erikoisempiinkin kysymyksiin pyrittiin vastaamaan kaikella läsnä olleiden henkilöiden asiantuntijuudella. Aikatauluista pidettiin tiukasti kiinni, mutta silti saimme kattavan yleisesittelyn laitosalueesta varatun ajan puitteissa.

DI Antti Ketolainen
Fortum Nuclear Services Oy
Suunnitteluinsinööri
Säteilyturvallisuus
antti.ketolainen@fortum.com



DI Topi Tahvonen
Fortum Nuclear Services Oy
Suunnitteluinsinööri
Prosessisimulointi
topi.tahvonen@fortum.com



Ins. Jouko Turpeinen
Fortum Power and Heat Oy,
Loviisan voimalaitos
Eriyasisiantuntija
Käyttökokemukset (OE)
jouko.turpeinen@fortum.com



Soulin kansallinen yliopisto ja Korean ydinturvallisuusviranomainen



Soulin kansallisen yliopiston materiaalilaboratorion lyijy-vismuttireaktorin koeluoppi.

Matkamme virallinen osuus alkoi maanantaina 9.11.2009 Soulin kansallisesta yliopistosta (Seoul National University, SNU) ja päättyi 13.11.2009 Korean turvallisuusviranomaisen (Korea Institute of Nuclear Safety, KINS) luokse tehtyyn vierailuun. Molemmissa vierailukohteissa näkyi Korean voimakas panostus ydinturvallisuuteen.

Soulin kansallisessa yliopistossa meitä oli vastassa ydintekniikan professori **Il Soon Hwang**, joka esitteli varsin vauhdikkaasti erityisesti transmutaation tulevaisuuden näköaloja ennustaen jopa korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoittamisen tarpeen häviämistä muutama vuosikymmenen kuluessa. Korealaisen konsepti perustuisi pyroprosessiin nuklidierotuksessa ja lyijy-vismuttijäähdytteeseen, myöhemmin ehkä lyijyjäähdytteeseen, nopeaan reaktoriin transmutaatioissa. Laboratoriossa näimme lyijy-vismuttireaktorin koeluopin.

Toinen tärkeä tutkimusalue liittyy laitojen ikääntyessä yhä tärkeämmiksi tuleviin materiaalikysymyksiin, erityisesti korrosioilmiöihin, mm. jännityskorrosioon ja eroosikorrosioon. Jälkimmäisen tutkimiseksi on kehitetty menetelmä seurata autoklaavissa in-situ oksidikerroksen muuntumista laser-Raman-spektroskopian avulla. Eroosikorrosiota tutkitaan koelaitteistolla, ja Hwang piti ryhmän tuloksia muualla tehtyjä ydinvoimalaitoksen korrosio- ja materiaalitutkimuksia ennustavampina. Professori Hwang korosti opiskelijoiden oman laitteiden rakentamisen merkitystä, mm. reaktorin koeluopin ohjaus oli opiskelijoiden suunnittelema.

Korealaiset tutkimuslaitokset KAERI, KEPRI (vastaa suunnilleen USAn EPRIä), KINS ja SNU ovat perustaneet PRIMA-NETin (Proactive Research and Innovative Materials Aging Network), ja niiden tutkimus kattaa tärkeimmät ikääntymiseen liittyvät materiaalikysymykset.

Maanantain iltapäiväosuudessa tutustuimme Korean Atomiteknillisen Seuran (Korean Nuclear Society) toimintaan. KNS:n puheenjohtaja **Goon-Cherl Park** piti alustuspuheenvuoron, minkä jälkeen saimme

Ke 8.4.9. 13:00	Ma 7.4.9. Puhdas	Ma 9.4.9. 13:00	To 12.4.9. 13:00	Ma 14.4.9. 13:00	To 15.4.9. 13:00	Pe 16.4.9. 13:00	La 17.4.9. 13:00
-----------------------	------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

seurata varapuheenjohtajan **Myung-Hyun Kimin** esitystä KNS:stä. Seura on perustettu 1969 ja sen jäsenmäärä on n. 2770. Yritysjäseniä on 43 mm. KHNP, DOOSAN, KAERI, KINS ja AREVA-Korea. KNS on solminut yhteistyösopimuksia Kanadan, Ranskan, Venäjän, Japanin, Vietnamin, Thaimaan, Australian, Indonesian, Amerikan ja Malesian Atomiteknillisten Seurojen kanssa. Vierailun yhteydessä sovittiin, että Suomen Atomiteknillinen Seura aloittaa neuvottelut KNS:n kanssa yhteistyösopimuksen aikaansaamiseksi. KNS on julkaisut ydintekniikan lehteä perustamisestaan asti. Nykyisin lehti ilmestyy 10 kertaa vuodessa. KNS järjestää myös kansainvälisiä konferensseja.



CARE-järjestelmän mittaussauto, joka lähetetään tarvittaessa onnettomuuspaikalle.

Korean turvallisuusviranomaisen

Matkamme viimeisenä kohteena oli Korean turvallisuusviranomaisen, jonka henkilöstömäärä on hiukan Säteilyturvakeskusta suurempi. Se kehittää turvallisuusvaatimuksia ja ohjeita ydinvoimalaitosten ja muiden säteilyn käyttäjien turvallisuusvalvontaan, tarkastaa lupahakemukset ja valvoo säteilyn käytön turvallisuutta. Vierailumme kutistui isäntien yllättävän esteen vuoksi vain noin tunnin mittaiseksi. Teknisesti hyvin edistykseisen onnettomuusvalvontakeskuksen esittely oli kuitenkin varsin mielenkiintoinen, vaikka muun KINSin toiminnan esittelylle ei jäänyt aikaa.

KINSissä on tällä hetkellä 384 työntekijää, joista pääosa korkeakoulututkinon suorittaneita. Henkilökunnan koulutustaustassa kiinnitti huomiota suuri koneinsinöörien ja tohtorien osuus. Laitos sijaitsee Daejeonissa, Korean keskiosassa, kuten myös KAERI, ja sillä on myös paikallistarkastajia kaikilla laitospaikoilla. Kullakin laitospaikalla on 2-3 tarkastajaa, joita kierrätetään.

KINSillä on tärkeä rooli onnettomuusvalmiudessa. Se muodostaa hätätilanteen teknisen neuvonnan keskuksen ja käyttää monipuolista apuvälineistöä, jolle on an-

nettu nimi CARE, Computerized technical Advisory system for a Radiological Emergency. Tämä järjestelmä:

- kerää kaikkien ydinvoimalaitosten 200 - 300 turvallisuusparametrien arvot ja lähettää ne 10 - 20 sekunnin välein keskukseseen, käsittelee ne ja mm. kokoaa trenditiedot
- analysoi tiedot, muodostaa järjestelmien tilatiedot ja näyttää tulokset värikoodatuna (vihreä, keltainen, oranssi, punainen)
- ennustaa ja arvioi aktiivisuuspäästöt mm. sijoittamalla havainnot arvioitujen onnettomuusketjujen tapahtumapuihin.

CARE arvioi kriittisten turvallisuustoimintojen tilanteen ja vastaanottaa reaaliaikaisen säätiedon, joka perustuu automaattisten sääasemien tuottamaan tietoon. Järjestelmään on kytketty myös maan 49 säteilymittausaseman tiedot. Jokaisen laitoksen ympärillä on 12 - 14 sääasemaa, joita täydentää meteorologisen laitoksen maan kattava mittausverkko. Järjestelmä hälyttää sähköpostilla, jos kriittiset parametrit ylittyvät. Ympäristön asukkaiden säteilyannosten laskenta, paikkatietojärjestelmän

hyväksikäyttö, internetpohjainen tiedonvaihto toimijoiden kesken sekä videokonferenssivalmiudet ovat järjestelmän muita ominaisuuksia.

Onnettomuusvalmiustyön vaativuutta Koreassa lisää se, että vaikka esimerkiksi Korin laitoksen välittömässä läheisyydessä on vain 12 000 asukasta, 40 kilometrin säteellä asuu jo useita miljoonia. Valmiusharjoituksia on joka laitospaikalla vuosittain, ja myös valtakunnallisia harjoituksia on usein.


KINSin valmiuskeskuksen käynnistysaika on ainakin teoriassa yksi tunti. Päivystysjärjestelmän toiminnasta emme ehtineet keskustella enempää. KINS lähettää onnettomuuspaikalle mittausryhmän, jonka mittausauton näimme laitoksen pihalla.

KINS on allekirjoittanut yhteistyöpöytäkirjan 12 maan viranomaisten kanssa, joukossa mm Suomi, Ruotsi, USA ja UK. Suomen kanssa yhteistyö on ollut vuonna 2006 tehdyn sopimuksen jälkeen vielä pientä, keskittyen lähinnä matala- ja keskiaktiivisen ydinjätteen loppusijoituksen valvonnan kysymyksiin.


Mika Bäckström
Ylitarkastaja
Ydinvoimalaitosten valvonta
STUK
mika.backstrom@stuk.fi



Kim Söderling
Projektipäällikkö
Asiantuntijapalvelut
STUK
kim.soderling@stuk.fi



Risto Paltemaa
Ydinjätetoimiston päällikkö
Ydinjätteiden ja
ydinmateriaalien valvonta
STUK
risto.paltemaa@stuk.fi





ATS-ryhmä tutustumassa tunnelityömaahan. Leukahihna varmisti kypärän pysymisen päässä korealaisessa syysmyrskyssä.

Koreassa matala- ja keskiaktiiviset ydinjätteet sijoitetaan kallioon

Kolmantena ekskursionpäivänä, keskiviikkona 11.11.2009, ATS-ekskursioryhmä tutustui Gyeongjun rannikkokaupungissa Wolsongin Nuclear Power Plantin välittömään yhteyteen rakennettavaan matalan ja keskiaktiivisen ydinjätteen loppusijoituslaitokseen (LILW disposal facility).

Paikan päällä riehui korealainen syysmyrsky ja meressä velloi mahtava aallokko. Sää ei kuitenkaan lannistanut ryhmää, vaan se jaksoi vielä aamupäiväisen kolean tempelikierroksen jälkeenkin innostua jätteistä ja tunnelien rakentamisesta.

Isäntänä vierailulla toimi KHU Reactor Research & Education Centerin johtaja **Myung-Hyun Kim**. Vierailun alussa ryhmämme tutustui Etelä-Korean matala- ja keskiaktiivisten ydinjätteiden jätehuollosta ja sijoituslaitoksesta tehtyyn näyttelyyn. Tutustumiskäyntiä jatkettiin tyypilliseen tapaan kokoontumalla yrityksen kokoustiloihin "pyöreän pöydän" ääreen katsomaan yrityksen ja laitoksen videoesittelyä.

Maan tavan mukaisten esittäytymisten, liikelahjojen ja käyntikorttien vaihtamisen jälkeen ryhmä lähti paikan päälle tutustumaan jätteiden vastaanotto- ja käsittelyrakennukseen sekä varsinaiseen työmaa-alueeseen. Pääsy ajotunneleihin ja tarkempi tutustuminen työmenetelmiin, esimerkiksi louhinta- ja betonirakennetöihin ei ollut mahdollista.

Päätäminen on vaikeaa ja hidasta

Etelä-Koreassa matalan ja keskiaktiivisen ydinjätteen käsittelystä päätäminen kesti melkein 20 vuotta. Vuosien 1986 - 2004 välisenä aikana Korean hallitus yritti yhdeksän kertaa ratkaista käsittely- ja loppusijoi-

tuslaitoksen rakentamiskysymystä, mutta vasta kymmenes kerta tuotti tulosta. Päätös voimalaitosjätteen käsittelystä ja loppusijoituslaitoksen rakentamisesta Korean kaakkoisrannikolle North Gyeongsangin maakuntaan Gyeongjun kaupunkiin tehtiin vuonna 2005. Ennen päätöstä Etelä-Korean hallitus joutui määrittelemään sijoituspaikan valinnassa käytettävät periaatteet, mm. säätämään asiasta erityislain sekä vaatimaan selkeän näytön paikallisesta hyväksymisestä. Näyttöä varten ehdolla olevilla sijoituspaikkakunnilla järjestettiin äänestys. Sijoituspaikaksi valittiin Gyeongjun kaupunki, jonka asukkaista 89,5 prosenttia äänesti loppusijoituslaitoksen rakentamisen puolesta.

La	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La
01.11.	02.11.	03.11.	04.11.	05.11.	06.11.	07.11.

Laitosalueella myös virkistäydtyään

Gyeongjun kaupungissa sijaitseva Wolsongin ydinvoimalaitosalue, jonka yhteyteen matalan ja keskiaktiivisen ydinjätteen loppusijoituslaitosta nyt rakennetaan, on laaja kokonaisuus. Laadittujen suunnitelmien mukaan alue tulee sisältämään käynnissä olevien neljän ja rakenteilla olevien kahden ydinvoimalaitosyksikön lisäksi tutkimus- ja koulutuskeskuksen, sataman, ko. rakenteilla olevan matalan ja keskiaktiivisen ydinjätteen vastaanotto- ja loppusijoituslaitoksen sekä yleiseen virkistyskäyttöön rakennettavan vapaa-ajan alueen ja puutarhan. Ydinvoimalaitosalueen yhteyteen rakennettavan virkistysalueen tarkoituksena on toimia alueen asukkaiden ulkoilu- ja retkeilyalueena sekä antaa käyttäjille mahdollisuus vieraila voimalaitoksen alueella sijaitsevalla historiallisella muistomerkillä.

Laitoksen rakenne ja kapasiteetti

Rakenteilla olevan matalan ja keskiaktiivisen ydinjätteen loppusijoituslaitoksen maanalainen osuus sisältää kaksi sijoitus-siiloille johtavaa ajotunnelia, yhden pystykuilun sekä kuusi varsinaista jätesiloa. Jätesiiilot ovat noin 35 metriä korkeita vesitiiviitä betonirakenteita ja sijaitsevat n. 200 metrin syvyydessä 80 - 130 metriä merenpinnan alapuolella. Ajotunnelit rakennetaan rinnakkain ja ne ovat kaltevuudeltaan 1:10. Toinen tunnelista tulee palvelemaan rakentamista, täyttööä ja sulkemista ja toinen varsinaista jätteiden kuljetusta. Pystykuiluun asennetaan sijoitustoiminnassa tarvittavat tekniset järjestelmät ja hissi henkilöliikennettä varten hissien.

Loppusijoituslaitoksen kuuteen jätesiiloon tullaan sijoittamaan Etelä-Korean ydinvoimalaitosten käyttö-, huolto- ja kunnossapitotyössä syntyneet matala- ja keskiaktiiviset voimalaitosjätteet sekä Korean sairaaloissa syntyneet radioaktiiviset jätteet. Suunnitellussa laitoksessa tulee olemaan tilaa n. 800 000 jätetyynyille. Ensivaiheessa laitoksesta toteutetaan tilat



Korealaiset osaavat rakentaa ja osaavat myös esitellä osaamistaan. Hyvällä englannin kielellä pidetty esittely ja ydinvoimalaitosalueen pienoismalli antoivat selkeän kuvan alueesta ja sen toiminnasta.

100 000 tynnyrille, jotka pääosin ovat jo valmiina käynnissä olevilla ydinvoimalaitoksilla odottamassa loppusijoitusta.

Laitoksen toimintaperiaate

Käyttö-, huolto- ja kunnossapitotyössä syntynyt matala- ja keskiaktiivinen jäte pakataan ydinvoimalaitoksilla tynnyreihin. Tynnyrit kuljetetaan meriteitse Wolsongin satamaan, josta ne kuljetetaan autolla maan pinnalla olevaan vastaanottorakennukseen. Esityksessään isännät korostivat, että jätetyynyreistä pidetään tarkkaa kirjanpitoa ja toiminnassa turvallisuus on ykkösjalla. Turvallisuuden varmistamiseksi ja jättekirjanpitoa varten tynnyrit tarkastetaan vastaanotettaessa uudelleen, merkitään ja sijoitetaan teräsarkkuihin. Arkut kuljetetaan autolla alas sijoitustasolle, jossa ne sijoitetaan siiloihin. Arkkuja täynnä oleva siilo täytetään murskeella ja sille valetaan betoninen suojakuori. Ympäristö-, yritys- ja ydinturvallisuuden varmistamiseksi laitoksen alueelle järjestetään monitorointi.


Rakentaminen on helppoa

Laitoksen rakentaminen oli aloitettu 2007. Syksyyn 2009 mennessä alueella oli jo valmiina laitoksen hallintorakennus, jätteen

maanpäälliset vastaanotto- ja tarkastustilat sekä noin 600 metriä molemmista maanalaisiin sijoitustiloihin johtavista ajotunneleista. Laitoksen ensimmäisen rakennusvaiheen, sijoitustilat 100 000 jätetyynyille, on suunniteltu valmistuvan vuonna 2012.

Rakentajia haastatellessa ilmeni, että ajotunnelien rakentaminen ei ollut vaikeaa eikä edes erityisen haasteellista. Maantunnelien rakentamiseen tottuneet korealaiset vaikuttivat tehtävissään erittäin ammattitaitoisilta, ja heillä oli käytössään nykyaikaiset louhinnan ja betonirakentamisen menetelmät käytössä. Ajotunneleihin ja jätteiden sijoitustiloihin valuvista vuotovesistäkin laitoksen rakentajat eivät olleet huolissaan. Heidän mukaansa rakentamisen aikana vedet poistetaan tehokkailla pumpuilla ja tunnelien sisärakenteet sekä jätesiiilot rakennetaan vedeneristysrakenteina. Myös sijoitusyvytydellä oleva kallio oli tehtyjen tutkimusten perusteella hyvälaatuista.

DI Auli Olenius
Posiva Oy
Laatuinsinööri
Turvallisuusyksikkö
auli.olenius@posiva.fi



Doosan Heavy Industries & Construction

Doosan group is one of Korea's oldest business operations, tracing its roots back to 1896. Today the company has in total 35 000 employees in 33 countries all over the world. Doosan Heavy industries & Construction was founded in 1962 having today 5200 employees. The President and CEO of the Doosan Heavy Industries & Construction is **Mr. Gee Won Park**.

A quick summary of company history

In the 1960's-1970's the company started their production of power plant boilers, and received their first turnkey power plant project in Korea. In 1978 they obtained the first six ASME quality assurance stamps.

During 1980's the company started production of steam turbines and the manufacturing facilities in Changwong was completed. The 10,000-ton forging press was installed and Doosan obtained ASME N, NPT quality assurance stamps.

In the 1990's Doosan acquired ISO 9001 and 14001 certification and implemented the six sigma quality management program.

In the 2000's Doosan shipped their first nuclear plant equipment to US market, and had many company acquisitions. Construction of Doosan Vina manufacturing plant in Vietnam was started in 2007, completed in 2008 and full scale production started in beginning of 2009. *"As plant productivity rises to same level as our Changwong plant over the next few years, we will be able to compete with anyone in global markets"* says President and CEO Mr. Gee Won Park. (Source: Doosan Annual report 2008)

Main areas of operation

Doosan Heavy Industries & Construction is divided in five different segments (portion



On Thursday morning the trip went to the city of Changwong. Heading towards one of the global leaders in Power and Water, Doosan Heavy Industries & Construction. Changwon is located not far from South Korea's second largest town Busan.

of sales in brackets): Power Plants (43,3 %), Nuclear Power Plants (11,7 %), Desalination Plants (16,3 %), Casting and Forgings (11,8 %) and Construction (16,9 %).

Doosan Heavy Industries & Construction market share in the world of their manufactured equipment:

- Desalination plants: 1st in world (40 %)
- HRSG (Heat Recovery Steam Generator): 1st in world (20.1 %)
- (Based on the McCoy Power Report 2008)
- Crankshafts: 3rd in world (23 %)

- Mold & tool steel: 1st in world (10.1 %)
- Work rolls: 4th in world (10.1 %)
- Rudder horns: 2nd in world (22.3 %)

Nuclear Power Plants

Nuclear power plants currently generate about 40 % of Korea's electricity, the share of which will continue to grow as Doosan's nuclear division is to deliver for at least eight more plants on the peninsula by 2020. Doosan has the history of delivering equipment to all Korean nuclear

Liikenne	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi
Liikenne	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi	Uusi

Power plants including references to China and the US.

Doosan is Korea's sole supplier of major components for PWR (Pressurized Water Reactor) and PHWR (Pressurized Heavy Water Reactor) plants. Since mid-1980's, Doosan has been one of the prime contractors for some of the world's safest and most efficient nuclear plants, including nuclear steam supply systems (NSSS) and major balance-of-plant (BOP) equipment for 15 plants across the nation.

Over the past two decades, Doosan has accumulated experience and expertise in design, manufacturing, and project management by working closely with global industry leaders such as Westinghouse Electric Company and Atomic Energy of Canada Limited.

Doosan played a key role in the development of the 1,000 MWe Korea standard nuclear power plant (KSNP) design, supplying ten such units as well as four units of KSNP+, an advanced version of KSNP. Doosan is also the prime contractor for two units based on Korea's first third-generation 1,400 MWe reactor design – the Advanced Power Reactor (APR) 1400 – that are scheduled to be commissioned in 2011 and 2012, respectively. In conjunction with the Korea Atomic Energy Research Institute, Doosan is developing the 100 MWe System Integrated Modular Advanced Reactor. The "SMART" reactor design combines power generation and seawater desalination capabilities in a compact package designed to significantly broaden the market for smaller-capacity nuclear plants.

Doosan has recently won contracts to supply replacement steam generators (RSG) for the Sequoyah-1 and Watts Bar-1 nuclear plants owned by the Tennessee Valley Authority, the largest public utility company in the United States.

Factory tour

The visit at Doosan Heavy Industries & Construction started with a video presentation of the company. This company presentation can be downloaded from the

following internet link: http://www.doosanheavy.com/eng/5/sub5_03.asp

Photos were not allowed to be taken from in house so all picture are from Doosan's own presentation material. Employees work normally five days a week in two shifts, but in busy times they can quickly change to three shifts and seven days a week.

The factory tour started in the casting and forging shop. The shop has three fully automated forging presses: 1600 ton, 4200 ton and 13,000 ton, giving Doosan the position of having one of the most advanced casting and forging facilities and capabilities in the



world. Castings up to 450 tons can be made. The world's only 13,000-ton open-die hydro-pneumatic press is capable of processing individual components of up to 280 tons.

Doosan's integrated plants with design-to-delivery capability enables them to deliver high-quality components that meet the most demanding metallurgical, dimensional, and performance specifications for the power generation, steel processing, shipbuilding, injection molding, tool making, mining, cement making, and bridge building industries.

The roundtrip continued to the turbine and generator workshop. The product line includes both 50 Hz and 60 Hz prime movers for thermal, nuclear, and hydro plants of all sizes. During the time of the visit there was 62 pieces under construction.

The workshop has 395 employees. Doosan is now developing turbines and generators for the next generation power plants. Featuring monoblock rotors and last stage buckets of up to 52-inches, these advanced systems for 1,000 MWe ultrasupercritical (USC) thermal plants and 1,400 MWe nuclear plants (APR 1400) will give power producers the ability to achieve higher operating efficiency, reliability and availability. Main products are steam turbines (200 MWe~1,400 MWe) and generators (30 MVA~1,600 MVA).

A hearty welcome and the experience of visiting this giant factory will probab-

ly be one of the highlights from this trip, as the impressions from this visit were still on everybody's lips on the way home. The visit ended with a delicious lunch, and nice ties in different colours was given to all of us. As some of us expressed: this was a once in a lifetime experience; it might not be so easy to see this again, since these kinds of forging equipment can not be found in every workshop. ■

Sources:
2008 Annual report,
Doosan Heavy Industries & Construction
2008 Doosan factbook
Building tomorrow, Doosan presentation material.



Johanna Nykopp
Quality Assurance Engineer
Power Plants
Wärtsilä Finland Oy
johanna.nykopp@wartsila.com

Vierailu Korin ydinvoimalaitokselle

Korin 2 kertaa 2 kertaa 2 PWR-yksikköä



Vasemmalla näkyvät neljä käynnissä olevaa laitosyksikköä, keskellä kaksi rakenteilla olevaa OPR1000:a ja lahdenpoukaman oikealla puolella Suomeenkin ehdolla olevat APR1400:t.

Korean tasavallassa on käynnissä 20 ydinvoimalaitosyksikköä neljällä laitospaikalla. Rakenteilla on kuusi yksikköä samoille laitospaikoille, vaikka nimet saattavat vierasmaalaista askarruttaakin: rakenteilla olevien yksiköiden nimeen on liitetty sana "Shin", joka tarkoittaa "uutta".

Korin laitospaikalla on käynnissä yksiköt Kori 1-4 ja rakenteilla uudet yksiköt Shin-Kori 1-4. Nämä kaikki sijaitsevat yhtenäisellä noin 4 km²:n alueella Korean niemimaan kaakkoisreunalla.

Korin kaikki laitosyksiköt purkavat jäädytysvetensä paikalliseen Itämereen, jota vastarannalla kutsutaan Japanin mereksi. Mahtavatkohan paikalliset tietää, mitä Baltic Sea on suomeksi? Rantaviiva on luonnontilassa ollut suorahko, joten takaisin kierron estämiseksi tulolinjat on kanavoitu rantaviivan suuntaisesti ja noin kilometrin mittaiset purkulinjat ulottuvat satojen metrien päähän rannasta. Vesi puretaan maan uumenista ylöspäin noin 15 m:n syvyydestä merenpohjasta sekoittimien kautta aavan ulapan maininkeihin – toisin kuin

Suomessa, missä jälkilämpö ohjataan voimakkaana pintavirtauksena luovuttamaan lämpönsä suoraan ilmaan.

Etelä-Korean ydinvoimahistoriaa

Korin voimalaitoksella saa hyvän kuvan Korean ydinvoimahistoriasta. Ensimmäinen yksikkö toimitettiin avaimet käteen ja käynnistyi 1978. Kolmanteen ja neljänteen yksikköön korealainen teollisuus osallistui komponenttitoimittajana, ja tämän jälkeen korealaiset ottivatkin päävastuun itse. Uusimmat rakenteilla ovat yksiköt, Shin-Kori 3 ja 4, ovat jo vientiin tarjolla olevaa tyyppiä (taulukko 1). Näiden valmistuttua laitospaikka on yksi maailman suurimmista 8 000 MW:n tehollaan. Lisäksi suunnitella on aloittaa kahden uuden ydinvoima-

laitosyksikön rakentaminen vuosina 2014 ja 2015.

Korea Hydro and Nuclear Power (KHNP) omistaa ja käyttää kaikkia korealaisia ydinvoimalaitoksia. Yhtiön periaatteisiin kuuluu työkierto: pääkonttorin insinööreiltä edellytetään vähintään parin vuoden voimalaitoskokemusta, ja viimeistään kahdeksan vuoden jälkeen on hankkiuduttava takaisin voimalaitoksille, jotka kaikki sijaitsevat satojen kilometrien päässä pääkaupungista. Maan tapaan kuuluvat pitkät, usein koko työuran mittaiset työsuhteet. Niinpä ensirekrytointi testeineen ja koulutuksineen voi kestää puolisen vuotta.

Vieraista huolehditaan

Turvajärjestelyt niitä koskevina määräyksineen ovat kiristyneet myös tällä puolella maapalloa. Käyvillä laitosyksiköillä pääsimme katsomaan Kori 3:n päävalvomoa lasiseinän takaa. Rakennustyömaille ei ollut menemistä, eikä edes käyttöönotto-vaiheissa oleville OPR-yksiköille. Haikeana muistuvat mieleen ne ajat, jolloin suomalaiset ydinvoimalaitokset ennen ensimmäistä kriittisyyttä olivat todella mielenkiintoisia opintokohteita täydessä valmiudessaan ja puhtauudessaan. Tämä puute korvattiin hyvin varustetuilla vierailu- ja koulutuskeskuksilla sekä näköalalukulla, josta näkyivät kaikki kahdeksan laitosyksikköä.

Vierailu aloitettiin arvokkaasti sisustetussa teehuoneessa katselemalla hollywood-tyylinen johdanto Korean sodan

La	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La
8.11. 10h00	9.11. 10h00	10.11. 10h00	11.11. 10h00	12.11. 10h00	13.11. 10h00	14.11. 10h00

raunioista savuttavan teollisuuden kautta turvalliseen, päästöttömään ja vakaahintaiseen ydinvoimaan: *“A new dimension of fire was created by man”*. Vierailukeskuksen näyttelytilat tarjosivat runsaasti energiaan ja ydinvoimaan liittyvää tieteen ja tekniikan popularisointia.

Vuoristoissa, mutta tiheään asutussa maassa tilankäyttö on tehokasta ja hyvin suunniteltua – niin laitospuolella kuin heti sen ulkopuolellakin, jossa kaupunkimainen asutus ulottui aivan voimalaitoksen urheilu- ja kulttuurikeskusten naapurustoon. Voimalaitos tarjoaa paikallisille asukkaille futistekonurmea, kuntosalin ja uimahallin.

Tärkeä osa paikallistason yhteistyötä oli voimalaitoshenkilökunnan aktiivinen vapaaehtoistyö paikallisyhdistyksissä. Paikallistason suhteet ovat hyvät. Myös valmiustoiminnan suhteen yhteistyö toimii ja syytä onkin, sijaitseehan laitos suomalaisittain tiheästi asutulla rannikolla ja kolmen miljoonan asukkaan Pusaniinkin on vain 40 kilometriä.

Huippuluokan valmiustoimintaa

Valmiusorganisaatioiden käytettävissä on huippuluokkaa oleva tietokonepohjainen tietojärjestelmä AtomCARE (Atomic Computerized Technical Advisory System for a Radiological Emergency). Se kerää tietoa voimalaitoksen prosessitietokoneelta sekä ympäristön säteily- ja säämittauksilta. Näiden tietojen perusteella se arvioi pääs-

tön suuruutta ja koostumusta sekä kulkeutumista ilmakehässä. Yhdistämällä tämä maantieteelliseen informaation järjestelmä esittää suosituksia suojautumistoinpiteiksi. Tämä tilannekuva vielä siirtyy automaattisesti eri organisaatioiden johtokeskuksiin, jolloin nämä voivat keskittyä toimintansa organisointiin.

AtomCARE koostuu

seuraavista moduleista:

Safety Information Display System (SIDS) analysoi kriittisiä turvatoimintoja ja välittää tärkeimmät turvallisuusparametrit valvovalle viranomaiselle (200-400 kpl / 10-20 s).

Radiological Emergency Meteorological Data Acquisition System (REMDAS) kerää reaaliaikaisesti säähavaintoja ja laatii näistä leviämisenusteet kolmiulotteisina 40 km säteellä ydinvoimalaitoksesta.

Integrated Environment Radiation Monitoring Network (IERNet) seuraa automaattisten säteily- ja radioaktiivisuusmittausasemien havaintoja ja käynnistää tarvittavat hälytykset ja ilmoitukset (vrt. USVA Suomessa).

Automatic Information Notification System (AINS) informoi valmiusorganisaatiota automaattisesti turvallisuusparametrien ylitettyä hälytysrajat.

Source Term Estimation System (STES) arvioi sydänvauriota ja radioaktiivisuuden kulkeutumista laitoksella ja ympäristöön (kuten SaTu-järjestelmä Loviisassa).

Following Accident Dose Assessment System (FADAS) arvioi onnettomuuspäästön aiheuttamaa ympäristön säteilyaltistusta.

Geographical Information System (GIS) sisältää paikkakuntakohtaiset tiedot väestöstä ja infrastruktuurista sekä pelastussuunnitelmasta (väestönsuojat, kokoon-tumiskaipaikat, kulkuvälineet, evakuointireitit ym.).

Emergency Response Information eXchange (ERIX) tarjoaa eri pelastusviranomaisille foorumin viestittää toiminnastaan ja tilannekuvastaan (kuten FINRI Suomessa).

Koulutuskeskus

KHNP:n koulutusorganisaatioon henkilöstövahvuus on yhteensä 182 neljällä eri laitospaikalla, joista Korin koulutuskeskus on suurin. Simulaattoreita on yhteensä seitsemän. APR1400:n simulaattori valmistuu Wolsongin voimalaitoksella vähän ennen ensimmäisen APR1400:n (Shin-Kori 3) valmistumista, ja tällöin kullakin laitospaikalla on kaksi simulaattoria. Koulutettavat operaattorit harjoittelevat omaa laitostyyppiä vastaavalla simulaattorilla, joka ei siis aina ole omalla laitospaikalla. Korin koulutuskeskus tarjoaa majoitukseen 150 kahden hengen huonetta.

Koulutuskeskuksen päärakennuksessa on kaksi simulaattoria, säteilysuojelun ja radiokemian laboratoriot sekä tietokonekoulutus- ja muita luokahuoneita. Nelikerroksisessa kunnossapidon koulutusrakennuksessa on täyden mittakaavan harjoitusradat niin mekaaniselle kunnossapidolle kuin sähkö- ja automaatioasentajille.

Koulutussimulaattorin kerrottiin ulottuvan onnettomuustilanteissa kaksifaasivaiheesta 1200 °C ulostulolämpötiloihin ja sydämen uudelleen peittymiseen asti. Suojarakennuksen toimintakin oli kuvattu, ja säteilymittareiden logaritmiasteikko ulottui vakaviin onnettomuuksiin asti. Koulutuskeskuksen käytäviltä näki, kuinka luokahuoneissa luennot toimivat vuorovaikteisesti eli oppijat olivat osallistujia eivätkä vain kuuntelijoita. Kunnossapidon harjoi-



Taulukko 1. Korin käyvät ja rakenteilla olevat ydinvoimalaitosyksiköt

Reactor	Type	Net capacity	Commercial Operation	Planned Close
Kori 1	PWR - Westinghouse	587 MWe	4.78	2017
Kori 2	PWR - Westinghouse	650 MWe	7.83	
Kori 3	PWR - Westinghouse	950 MWe	9.85	
Kori 4	PWR - Westinghouse	950 MWe	4.86	
Reactor	Type	Net capacity	Start construction	Commercial operation
Shin Kori 1	OPR-1000	1000 MWe	June 2006	12/2010
Shin Kori 2	OPR-1000	1000 MWe	June 2007	12/2011
Shin Kori 3	APR-1400	1350 MWe	October 2008	9/2013
Shin Kori 4	APR-1400	1350 MWe	September 2009	9/2014
Shin Kori 5	APR-1400	1350 MWe	8/2014	12/2018
Shin Kori 6	APR-1400	1350 MWe	8/2015	12/2019

tusradalla oli reaktoripaineastiaan liittyviä laitteita, pääkiertopumpun ja höyrystimen osia (mm. näytekappaleita erityyppistä höyrystintuubivaurioista). Höyrystin on aina ahdas ja säteilevä paikka, joten vaurioitunut putken tukkimisen harjoittelu mock-up -mallissa taatusti keventää säteilyrasitusta. Sähkö- ja automaatioasentajille oli omat harjoituspaikat. Polttoaineen lataus on usein vaihtolatausseinä kriittisellä polulla, millä on perusteltu harjoitusrata myös tämän koneen kuljettajille.

APR1400:n ominaisuudet ja vientinäykymät

APR1400 on yksi seitsemästä laitostyyppistä, joka on Suomessa valtiovalan periaatepäätöksäksittelyssä. Käynnissä oleviin laitossyksikköihin verrattuna se on suurempi, ja siten sekä investointi- että käyttökustannuksiltaan selvästi edullisempi. Turvajärjestelmiä ja niiden redundanttisuutta on parannettu, ja operaattoreilla on entistä enemmän aikaa. Automaatio on täysin digitaalista. Vakaviin onnettomuuksiin on varauduttu mm. mahdollisuudella tulvitaa reaktorikuoppa ja siten estää reaktoripaineastian puhki sulaminen. Suunniteltu käyttöikä on kasvatettu 60 vuoteen.

Maailmassa ei ole kovin monta laitostoituttajaa, mutta toimitustapoja on monia. Shin-Korin näköalakuukulan taulussa laitosyksikköiden toimitukset oli jaettu seuraaviin kokonaisuuksiin:

- architect engineering
- nuclear steam supply system
- nuclear fuel
- turbine island
- construction coordination.

Korealaisessa ydinvoimatavaratalossa on näitä kaikkia tarjolla. Ulkomaisista projekteista tällä hetkellä kiinnostavimpia kohdemaita ovat Suomen ohella Yhdistyneet Arabiemiraatit ja Malesia. Turkin katsotaan olevan jo rähmällään Venäjän suuntaan ja Vietnam, Marokko ja muut uudet ydinvoimamaat vasta kokoavat infrastruktuuriaan.

Major Design Characteristics of APR1400	
Capacity	1400 MWe / 4000 MWt
Design Life Time	60 Years
Systems Design	3S&E 0.3 g
Availability, average	> 90%
Unplanned Trip	< 0.8 Times/Year
Refueling Interval	18 Months
Core Damage Frequency	< 10 ⁻⁷ /Year
Containment Failure Frequency	< 10 ⁻⁷ /Year
Occupational Radiation Exposure	< 2 man-Sv/Year
Thermal Margin	> 10 %
Station Blackout Cooling Time	> 8 h
Containment Building	PS Concrete Structure
Design and Operation Data	
Nuclear Steam Supply System	
Number of Coolant Loops	3
Primary Circuit Volume	454 m ³
Steam Flow Rate	2200 kg/s
Reactor Coolant System	
Primary Coolant Flow Rate	21 000 kg/s
Operating Pressure	155 bar
Temperature at RV Inlet	290.6 °C
Temperature at RV Outlet	323.6 °C
Reactor Core	
Active Core Height	381 cm
Equivalent Core Diameter	365 cm
Average Linear Heat Rate	18.4 KW/m
Number of Fuel Assemblies	343
Control Element Assemblies	63
Operating Cycle Length	18 months
Reactor Coolant Pump	
Single Stage, Centrifugal, vertical	
Flow Rate	7.7 m ³ /s
Pump Head	110 m
Pump Speed	1200 rpm
Turbine	
S-Flow, Tandem-Compound	
Speed	1 800 rpm
Pressurizer	
Total Volume	68 m ³
Steam Volume	34 m ³
Design Temperature	343 °C
Design Pressure	173 bar
Heating Power	2.4 MW
Containment Building	
Pressurized Cylindrical Concrete with Steel Liner	
Inside Diameter	45.7m
Height	78.7m
Reactor Vessel	
Inner Diameter	402 cm
Wall Thickness	23 cm
Total Height	14.6 m
Steam Generator	
Vertical U-Tube with Integral Economiser	
Heat Transfer Area	18 000 m ²
Primary pressure	155 bar
Secondary pressure	68 bar
Steam Moisture Content	< 0.3 %

APR1400:n vahvuudeksi kerrottiin:

- käynnissä oleva ydinvoimalaitosten sarjatuotanto
- erinomaiset käyttökertoimet käytössä olevilla isarilaitoksilla
- erittäin kilpailukykyinen hinta niin pääoma- kuin käyttökustannusten suhteen
- lyhyt toimitusaika.

Kori 3&4:n toimitusajaksi tavoitellaan viittä vuotta, ja tällä kokemuksella uudempien laitosyksikköiden rakennusaika uskotaan olevan puristettavissa 48 kuukauteen.

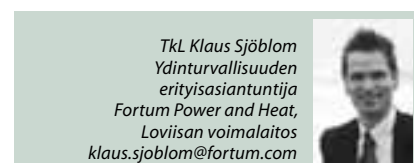
Tästä 17 kk on varattu rakennustöihin ensivalusta reaktoripaineastian paikoilleen asentamiseen. Asennustyöt vievät seuraavat 17 kk. Käyttöönotto kylmäkokeesta ensi lataukseen 7,5 kk ja tästä kaupalliseen käyttöön 6,5 kk.

Aikataulu on todella tiukka kun ottaa huomioon, että Doosanin tehtaalla reaktoripaineastian valmistusajaksi ilmoitettiin kolme vuotta, kun töitä tehdään kahdessa vuorossa kuutena päivänä viikossa. Tämä olisi hyvä saattaa myös niiden tietoon, jotka periaatepäätöksäksittelyssä laskevat uuden laitoksen ilman muuta olevan valmis sinä päivänä, jolloin korvattavat laitosyksiköt kytkeytyvät viimeisen kerran irti valtakunnan verkosta. Paineastialla kun on vielä edessään pitkä merimatka Singaporen, Somalian sarven ja Suezin kanavan kautta Portugalin kiertäen Itämerellemme.

Jonkin verran sovittelua saattaa kuitenkin tulla, vaikkapa jalkamitoituksen, 18 kk:n polttoainejakson tai vaikkapa lentokonetörmäyksiin varautumisen suhteen. Ajatus kaukolämpövaihtoehdosta vaikutti korealaisen kehokielen perusteella uudenkarhealta, mutta kuitenkin toteuttamiskelpoiselta. Soulissa on keskitalvella pakkasta, mutta laajamittaista kaukolämmöntuotantoa ei Koreassa juurikaan ole.

Jokaisella matkalla on uutta opittavaa

Mitä valitsisin tuliaisiksi Koreasta, jos saisin vapaasti toivoa? Voisinpa tuoda käyville laitosyksiköiltä käyttökertoimet, koulutuskeskuksesta kunnossapidon "harjoitusradan", valmiuskeskuksesta integroidun tietojärjestelmän, rakenteilla olevilta laitosyksiköiltä tekemisen meiningin ja korealaisilta isänniltä heille niin ominaisen vieraanvieraisuuden.



1.10	2.11	3.11	10.11	11.11	12.11	13.11	14.11
1.10	2.11	3.11	10.11	11.11	12.11	13.11	14.11

Korean piilaaksossa pohjustetaan maan ydinvoiman tulevaisuutta



ATLAS-koelaitteisto (lähde: KAERI:n esite)

Ekskursiomme viimeisenä ohjelmapäivänä suuntasimme Daejeon kaupungissa sijaitsevaan ydintekniikan tutkimuskeskukseen, Korea Atomic Energy Research Institute eli KAERlin, jossa tutustuimme termohydrauliikan tutkimusosastoon. Minulle Daejeon ja sen ydintekniikan tutkimuskeskukset olivat jo entuudestaan tuttuja, sillä TKK:n opiskelijana vietin vaihtovuoden 2005–2006 Korea Advanced Institute of Science and Technologyssa (KAIST) perehtyen ydintekniikkaan.

Vierailulla näkyi myös tuttuja kasvoja: esimerkiksi isäntämme, termohydrauliikan tutkimusosaston johtaja TkT **Won Pil Baek** luennoi minulle vaihtarivuonna turvallisuusjärjestelmien mitoituksesta.

Noin 1,5 miljoonan asukkaan Daejeonia kutsutaan Korean piilaaksoksi, sillä siellä on paljon tutkimus- ja kehityskeskus, tiedepuistoja sekä kansainvälisissä vertailuissa menestyneitä yliopistoja, kuten KAIST. Lähialueilla on myös lukuisia isojen yritysten, kuten Samsungin ja LG:n, KHNP:n (Korea Hydro Nuclear Power Company) ja KNF:n (Korean Nuclear Fuel), t&k-keskuksia. Lisäksi KNF:llä on ydinpolttoainetehdas samalla alueella.



Viisikymppinen KAERI

Tänä vuonna viisikymppisiä juhlinut KAERI oli perustamisvuonaan 1959 ensimmäinen valtiontuen saanut tutkimuslaitos. Samoihin aikoihin synttäriään juhlii myös toinen isäntämme, Tkt **Chul-Hwa Song**.

Nykyään KAERI työllistää noin 1100 vakituista työntekijää sekä suunnilleen 900 osa-aikaista tutkijaa ja tutkimusavustajaa. KAERISSA tehdään ydintekniikan perustutkimusta, uusien reaktorien ja polttoainekierron kehitystyötä, ydinturvallisuustutkimusta, säteily- ja radioisotooppisovellusten tutkimusta sekä koulutetaan ja valmennetaan alalle uusia asiantuntijoita.

Laaja tutkimusyhteistyö viranomaisten, yliopistojen ja teollisuuden kanssa takaa, että KAERI on mukana jokaisessa ydinvoiman elinkaaren tutkimusvaiheessa aina tuotekehityksestä jäteratkaisuun. Kehitystyön rahoittaa elinkeinoministeriö (Ministry of Knowledge and Economy) ja pitkän aikavälin tutkimuksen koulutuksesta, tieteestä ja teknologiasta vastaava ministeriö (Ministry of Education, Science and Technology). Tutkimuslaitos saa varoja myös teollisuudelta.

"ATLAS, tutkimusosastomme ylpeys!"

Vierailumme KAERILLA alkoi samoin kuin matkan kaikki muutkin vierailut: vauhdikkaan 10-minuuttisen PR-videon katselulla. Videon nähtyään ei voi olla muuta kuin hyvin vakuuttunut siitä, että Etelä-Koreassa tarvitaan ydinvoimaa paremman huomisen varmistamiseksi. Tätä viestiä toistetaan näissä videoissa loputtomiin. Tämä video toki vakuutti katsojille myös sen, että KAERIN olemassaolo on ehdottoman tärkeää ja ydinalan tutkimustyö kuuluu juuri KAERILLE.

Esittelykalvojen jälkeen pääsimme kierrokselle termohydrauliikan tutkimusosaston hallinnoimiin neljään eri tutkimushalliin, jotka ovat täynnä massiivisia koelaitteita. Suurimmassa tutkimushallissa isäntämme esittelivät ylpeänä 30-metristä ATLAS-koelaitteistoa, jonka mittasuhteet ovat 1:2

korkeudessa, 1:12 halkaisijassa ja 1:288 tilavuudessa.

ATLAS-koelaitteistolla voidaan esimerkiksi simuloida OPR1000- ja APR1400-reaktoreiden pääkiertopiirien termohydraulista käyttäytymistä ja turvajärjestelmien toimivuutta käyttöhäiriöissä ja onnettomuuksissa. Sen alkuperäinen tehtävä oli palvella APR1400-reaktorin suunnittelu- ja perusteisten onnettomuuksien tutkimuksessa mm. jäädytteenmenetysonnettomuuksien, höyrytimen tuubirikon ja höyryputken katkon osalta. Viranomaiset vaativat näitä tehtäväksi osana APR1400:n lisensiointia. Myöhemmin ATLAS muokattiin kattamaan myös DVI-putkikatkon (Direct Vessel Injection) onnettomuuksien simulointia. Lisäksi ATLAS-koelaitteistoa käytetään "best estimate" MARS -systemikoodin verifiointiin.

Toisessa tutkimushallissa tutkitaan puolestaan kriittistä lämpövuota pienillä, yksisauvaisilla testilaitteilla ja suurella ATHER-testilaitteistolla, joka on täysipituisen 6x6-kokoisen sauvanipun koejärjestelmä. ATHER soveltuu rakenteilla olevien APR1400-reaktoreiden ja suunnitteilla olevien APR+ ja SMART-reaktoreiden polttoaineen tutkimukseen.

Kierroksen aikana esiteltiin lukuisia muita koejärjestelyjä:

VISTA: SMART-moduulireaktorin termohydrauliseen tarkasteluun;

MIDAS: höyry-vesi-erotuksen tehokkuuden testijärjestely;

DOBO: alavirtauskanavan termohydrauliikka ja kiehumisilmiöt suuressa putkikatossa;

B&C: APR1400-puhallusjärjestelmien ja hätäjäädytysvesialtaan (IRWST) toiminta.

Etelä-Korea pystyy nykyisin valmistamaan itse kaikki tarvitsemansa primääripiirin pääkomponentit lukuun ottamatta pääkiertopumppuja. Vuonna 2007 käynnistynyt pääkiertopumppujen kehitysohjelma tähtää pääkomponenttien valmistuksen täyteen omavaraisuuteen. KAERIN tutkimuslaitteistoa kootaan paraikaa, jotta Doosan Heavy Industriesin valmistamat

ensimmäiset pääkiertopumput saadaan kelpoistettua.

Tehokkaat ja fiksit: APR+ ja SMART

Uusien reaktoreiden tutkimuksessa KAERILLA on menossa SMART-kehitysprojekti (System Integrated Modular Advanced Reactor). Modulaarisen reaktorin lämpöteho on 330 MW. Sähkötehoa SMARTista on tarkoitus saada ulos noin 100 MW ja samalla tuottaa 40 000 kuutiota päivässä makeaa vettä merivedestä. SMARTiin suunnitellaan passiivisia turvallisuusjärjestelmiä.

SMARTissa on integroituna paineastiaan kaikki primääripiirin komponentit, kuten polttoainepumput, säätösauvat, paineistin, neljä pääkiertopumppua ja kaksitoista "once-through"-höyrytintä, joista höyry poistuu 40 °C tulistuneena. KAERISSA uskotaan, että laitokselle saadaan paineastiaan integroiduista pääkomponenteista huolimatta huoltotoimenpiteet optimoitua ja 60 vuoden käyttöikä voidaan saavuttaa.

SMARTia voi olla mahdollista käyttää myös ydinkaukolämmön tuottamiseen, mutta lisätutkimuksia tarvitaan vielä. Won Phil Baekin mukaan teollisuusyritykset ovat alustavissa keskusteluissa osoittaneet kiinnostusta SMARTin lämmön hyödyntämiseksi tuotantoprosesseissa. SMARTin perussuunnittelu on saatu valmiiksi, ja KAERI tähtää saamaan turvallisuudelle oleellisten järjestelmien verifiointit valmiiksi vuonna 2012, jolloin myös APR+-suunnittelu olisi valmis.

Kehitteillä oleva kaksipääkiertopiirinen APR+ on passiivisilla suojajärjestelmillä varustettu uusi reaktorityyppi, jonka tavoitteellinen sähköteho on 1 600 MW. Diversiteettinä näille reaktorikonsepteille KAERI selvittelee OPR1000:sta paranneltua versiota, jossa olisi kolme pääkiertopiiriä ja 1 700 MW sähkötehoa.

Vakavien onnettomuuksien hallintaa

APR1400-reaktoreiden vakavien onnettomuuksien hallinnan tutkimuksessa KAERI keskittyy peruskonseptina sydänsulan pi-



SMART-reaktorin pienoismalli (lähde: KAERI:n esite)

dättämiseen paineastiassa, mutta Euroopan markkinoille reaktoriin ollaan suunnittelemassa sydänsiepparia. Myös kehitteillä olevaan APR+ -reaktoriin harkitaan sydänsiepparia. Vierailukierroksemme loppupuolella meille esiteltiin tutkimusohjelma TROI, jossa tutkitaan sydänsulan ja jäähdytteen välistä vuorovaikutusta.

Tutkimusohjelmasta vastaavat ylpeilivät, että heidän koejärjestelyissään kyetään tutkimaan jopa 30 kg sydänsulaa, mikä tekee käytettävästä laitteistosta maailman suurimman. Tutkimusohjelmansa aikana tutkijat ovat suorittaneet yhteensä reilut 50 testiä, mutta käyttäen korkeintaan 20 kg sydänsulaa.

Demonstraatiovideo höyryräjähdyksestä UO₂:ZrO₂ (70%:30%) -seoksen ja veden välisestä vuorovaikutuksesta esitettiin seurueelle ennen perinteiselle korealaiselle lounaalle siirtymistä. Lounaalla saimme kokea koko Korean-reissun kattavimman

aterian: arvioni mukaan erilaisia ruoka-annoksia oli kolmisenkymmentä, vaikkakin sekosin laskuissa suunnilleen 20:n annoksen kohdalla.

Kansainväliselle tutkijauralle

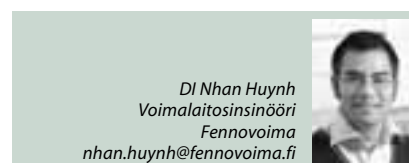
KAERI-vierailumme kolmetuntinen koe-laitteiden parissa oli antoisa. Monipuolisten tutkimus- ja kehitysprojektien määrä oli suuri, vaikka osaston 55 vakituista työntekijää ja 20 osa-aikaista tutkimusavustajaa ovat vain hyvin pieni osa KAERIn koko henkilöstömäärästä. Voi vain arvata, mitä kaikkea muuta loput 1045 tutkijaa saavat aikaiseksi.

Kotimaan tutkimusprojektien ja omien reaktorikonseptien tutkimusten lisäksi KAERI harjoittaa kattavasti kansainvälistä tutkimusyhteistyötä osallistumalla OECD:n NEA-ohjelmiin sekä IAEA:n, USNRC:n ja EU:n tutkimusohjelmiin. Myös Etelä-Korean panokset fuusiotutkimuksessa ja GEN

IV -hankkeissa lisäävät kansainvälistä tutkimusyhteistyötä.

Etelä-Koreassa ydinvoimaa pidetään kansallisena hankkeena, mikä mielestäni näkyy myös tutkija-uran kiinnostavuutena. Vaihtarivuoden ystäväistäni osa on valinnut tutkimustyön KAERilla tai KAISTin tutkimuslaboratorioissa. Kansainvälisyys oli silloinkin hyvä kannustin.

Olen varma, että Etelä-Korea tulee jatkamaan ydinvoiman käyttöä ja alan kehitystä; niin kirkkaina mielessäni ovat vauhdikkaiden PR-videoiden viestit.



Di Nhan Huynh
Voimalaitosinsinööri
Fennovoima
nhan.huynh@fennovoima.fi

INIS-tietokanta avaa pääsyn ydinenergia-alan tutkimustuloksiin

Pääsy ydinenergia-alan julkaistuihin tutkimustuloksiin on nyt aikaisempaa helpompaa, kun alan laajin ja kattavin tietokanta IAEA:n INIS – the International Nuclear Information System avattiin huhtikuussa 2009 vapaaseen verkkokäyttöön osoitteessa <http://inisdb2.iaea.org/>.

INIS-tietokannassa on tällä hetkellä haettavissa yli 3 miljoonan julkaisun tiedot, mukana englanninkieliset tiivistelmät ja asiasanat. Yli 200 000 julkaisun kokotekstit ovat saatavilla ja tulostettavissa viitteisiin lisättyjen linkkien kautta. Tarjolla olevien kokotekstien määrä tietokannassa kasvaa koko ajan.

INIS-tietokannan historia ulottuu vuoteen 1970, jolloin 25 IAEA:n jäsenmaata ryhtyi keräämään tietoa omista ydinenergia-alan julkaisuistaan yhteiseen tietojärjestelmään. Tiedonkeruuseen osallistuvien maiden määrä on jatkuvasti kasvanut ja on tällä hetkellä jo 122. Toiminnassa on mukana myös 24 kansainvälistä organisaatiota, mm. CERN, OECD / NEA, FAO, ICRP, ICSTI ja UNSCEAR.

Tietokantaan lisätään vuosittain yli 100 000 julkaisun tiedot. Jäsenmaiden syöttämien tietojen lisäksi INIS hankkii julkaisutietoja ja tiivistelmiä myös suoraan suurilta kansainvälisiltä kustantajilta.

INIS sisältää paljon julkaisuja, esimerkiksi raporttikirjallisuutta, joiden saatavuus muuta kautta on hankalaa (nk. non-conventional literature, NCL). Suuri määrä julkaisujen kokotekstejä on aikoinaan arkistoitu tietokannan omaan arkistoon mikrokorttimuodossa. Parhaillaan on käynnissä mittava digitointiprojekti, jossa mikrokortteilla olevia julkaisuja muutetaan pdf-muotoon ja linkitetään tietokannassa oleviin viitteisiin.

Tietokannan sisältö ja hakumahdollisuudet

Noin puolet tietokannan sisällöstä on lehtiartikkeleita. Raporttien (NCL), konferenssi-julkaisujen ja kirjojen osuus on myös suuri.

INIS sisältää tietoja myös eri maiden ydinenergia-alan lainsäädännöstä ja määräyksistä.

Julkaisuja löytyy mm. seuraavista aiheista:

- ydintekniikka ja ydinvoimalaitokset
- ydinenergiatuotanto
- ydinpolttoainekierto, radioaktiivisten jätteiden käsittely ja loppusijoitus
- turvallisuuskysymykset
- radionuklidit, radioaktiiviset merkkiaineet, radiokemia

- säteilyn biologiset vaikutukset, säteilyn käyttö lääketieteessä
- radioaktiivisten aineiden esiintyminen ja kulkeutuminen luonnossa
- ympäristökysymykset
- säteilylähteet, säteilyn mittaaminen ja säteilysuojelu
- ydinenergia- ja säteilyalaan liittyvät määräykset, lainsäädäntö ja turvallisuusvalvonta
- ydin- ja hiukkasfysiikka
- plasmafysiikka ja fuusiotutkimus.



Suomessa julkaistun aineiston syöttö tietokantaan

Suomi liittyi ensimmäisten maiden joukossa INIS-järjestelmään vuonna 1970. Suomessa julkaistun aineiston syötöstä on alusta alkaen huolehtinut Teknillisen korkeakoulun kirjastossa toimiva INIS-keskus, joka sopimuksen mukaisesti kerää ja tallentaa tiedot Suomessa ilmestyneistä, tietokannan aihepiiriin kuuluvista julkaisuista tietokantaan. Suomalainen aineisto koostuu pääasiassa raporteista ja konferenssijulkaisuista.

TKK:n kirjastoon voi ottaa yhteyttä tietokantaan syötettävään ja sieltä mahdollisesti puuttuvaan aineistoon liittyvissä kysymyksissä.

marja.malmgren@tkk.fi,
puhelimitse +358-9-470 24104
tai postitse TKK Kirjasto / PL 7000 / INIS / 02015 TKK.
Tietokantaan on mahdollista syöttää
myös vanhempia julkaisuja.

*Vuoden 2010 alusta Teknillinen korkeakoulu,
Helsingin kauppakorkeakoulu ja Taideteollinen korkeakoulu
yhdistyvät Aalto-yliopistoksi ja kirjasto tulee olemaan
osa uuden Aalto-yliopiston kirjastoa.*

Kaikki INIS-järjestelmään syötettävä aineisto asiasanoitetaan ja luokitetaan, mikä helpottaa tiedonhakuja. Asiasanoitukseen käytetään kontrolloitua sanastoa eli tesaurusta, joka sisältää noin 30 000 termiä.

Tietokannan hakuliittymän kautta on mahdollista selailta käytettyä asiasanastoa, joka löytyy IAEA:n virallisilla kielillä: englantia, saksaa, ranskaa, japania, kiinaa, venäjää sekä tänä vuonna valmistunut arabiankielinen asiasanasto.

Hakuun on käytettävissä sekä yksinkertainen haku, simple search, että monipuolisemmat hakuominaisuudet tarjoava advanced search. Molempiin hakuihin löytyy apua help-linkin kautta. Kirjautumalla (login) käyttäjäksi on mahdollista tal-

lentaa omia hakuja myöhempää käyttöä varten.

Yhteydet muihin tietokantoihin

INIS on ollut aktiivinen myös ennen vuotta 1970 julkaistun ydinenergia-alan tiedon saattamisessa verkkokäyttöön.

Eräs tärkeimmistä projekteista on ollut Nuclear Science Abstracts NSA-tietokannan verkkoversion toteuttaminen yhdessä NSA-tietokannan tuottajan Yhdysvaltojen energiaministeriön (U.S. Dept. of Energy) kanssa.

Nuclear Science Abstracts kattaa ydinenergia-alan tietoa vuosilta 1948-1976 ja on nykyisin myös käytettävissä vapaasti

verkossa osoitteessa <http://www.osti.gov/inisnsaview/>.

INIS-tietokantaa tehdään yhteistyössä toisen energia-alan tietokannan IEA/ETDEWEB:n kanssa. INIS-aineisto liitetään myös ETDEWEB-tietokantaan, joka on haettavissa osoitteessa <https://www.etde.org/etdeweb/>. Ydinenergian lisäksi ETDEWEB kattaa laajasti muihin energiamuotoihin liittyvää tietoa mm. uusiutuvista energialähteistä, fossiilisista polttoaineista, energiatuotannon ja -käytön ympäristövaikutuksista, polttotekniikasta ja materiaalitutkimuksista. Mukana on paljon myös energiasuunnittelua ja -politiikkaa käsitteleviä julkaisuja.



Linkit

INIS:	http://inisdb2.iaea.org/
NSA:	http://www.osti.gov/inisnsaview/
ETDEWEB:	https://www.etde.org/etdeweb/
TKK:n kirjasto:	http://lib.tkk.fi/
INIS-esittely:	http://lib.tkk.fi/fi/kokoelmat_tiedonhaku/tiedonhaku/inis/
ETDE-esittely:	http://lib.tkk.fi/fi/kokoelmat_tiedonhaku/tiedonhaku/etde/

Eva Tolonen
Tietoasiantuntija
TKK Kirjasto / Aalto-yliopiston kirjasto
Puh. +358-9-470 24140
eva.tolonen@tkk.fi
eva.tolonen@aalto.fi (v. 2010 lähtien)

Marja Malmgren
Tietoasiantuntija
TKK Kirjasto / Aalto-yliopiston kirjasto
Puh. +358-9-470 24104
marja.malmgren@tkk.fi
marja.malmgren@aalto.fi (v. 2010 lähtien)

Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoiston kustannusten ja kustannuksiin liittyvän epävarmuuden tarkastelu

Diplomityössäni pyritään tunnistamaan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistolle ominaiset kustannuksiin vaikuttavat tekijät sekä niihin liittyvä epävarmuus. Näiden tietojen perusteella arvioidaan käytöstäpoistokustannukset uudelle Suomeen rakennettavalle ydinvoimalaitokselle sekä tarkastellaan ennakkoimattomien tapahtumien vaikutusta käytöstäpoistokustannuksiin. Kun epävarmuustekijät tunnetaan, voidaan pohtia, millä keinoin riskejä voisi pienentää.

TYÖSSÄ PEREHDYTÄÄN sekä kansainvälisiin että kansallisiin vertailuihin ja arvioihin käytöstäpoistokustannuksista eri maissa. Tarkastelun kohteena ovat sekä ydinvoimalaitosten toteutuneet että arvioidut käytöstäpoistokustannukset yleisimmille kevytvesireaktorityypeille (BWR ja PWR). Aineiston avulla pyritään selvittämään kustannusten tärkeimmät komponentit ja vaikuttavat tekijät.

Suurten kaupallisten ydinvoimalaitosten käytöstäpoisto on verrattain uusi asia, josta on vain vähän kokemusta. Toteutettujen käytöstäpoistojen vähäisen määrän vuoksi lähdeaineisto koostuu pääosin kustannusarvioista. Kokemuseräistä tietoa saadaan kuitenkin lähitulevaisuudessa lisää, kun purkutyöt edistyvät esimerkiksi USA:ssa ja Saksassa.

KUSTANNUSARVIOT VAIHTELEVAT maittain laajasti, ollen noin 80-500 miljoonaa euroa reaktorin kohden. Suomen ydinvoimalaitosten arvioidut käytöstäpoistokustannukset ovat kansainvälisessä mittakaavassa alhaisia, mutta vastaavat hyvin muun muassa Ruotsin ydinvoimalaitoksille tehtyjä arvioita.

Kustannusten ja kustannusarvioiden suoraa vertailtavuutta keskenään hankaloittaa kustannuslaskelmien poikkeaminen toisistaan. Tämän vuoksi kustannukset on jaettu komponentteihin: aktivoituneiden laitososien purkaminen, kontaminoituneiden laitososien purkaminen, jätteiden kuljetus, käsittely ja loppusijoitus, sekä muut kustannukset.

Kustannusten laajan vaihtelun oletetaan perustuvan kuuteen tekijään: laitoksen teho, laitoksen ikä, lainsäädäntö, laitostyyppi, käytöstäpoistostrategia sekä käyttöhistoria ja dokumentointi. Näistä eniten epävarmuutta liittyy lainsäädäntöön sekä käyttöhistoriaan ja dokumentointiin, ja mahdollinen viivästetty käytöstäpoistostrategia lisää epävarmuutta. Etenkin lainsäädännön vaikutus kustannuksiin on merkittävä. Tätä kautta kaukana tulevaisuudessa tehtävään käytöstäpoistoon liittyvä poliittinen riski on suuri.

TÄRKEÄ KANAVA kustannusarvioihin sisältyvän riskin pienentämiseksi on kansainvälinen aktiivisuus: osallistuminen toteutettaviin käytöstäpoistoihin ja niissä opittujen parhaiden menetelmien käyttö, aktiivinen mukanaolo kansainvälisessä lainsäädäntötyössä ja omien käytöstäpoistoratkaisujen tekeminen tunnetuiksi.

TAVOITTEENA TULISI olla, että kansainvälinen lainsäädäntö määritteli käytöstäpoistolle hyväksyttävän riskitason sekä ohjaisi hyvien ja turvallisten menetelmien ja periaatteiden käyttöön. Sen tulisi kuitenkin jättää yksittäisille valtioille päätäntävalta ydinvoimalaitoksen käytöstäpoiston yksityiskohdista, jotta paikalliset erityispiirteet voitaisiin ottaa huomioon.

UHKANA ON, että tiukkaa ja joustamatonta sääntelyä käytetään keinotekoisena poliittisena välineenä ydinvoiman kustannuksien kasvattamiseksi, minkä seurauksena ydinvoiman käyttö ja lisärakentaminen muuttuvat kannattamattomiksi.

*Opinnäyte hyväksytty
Teknillisessä korkeakoulussa.*

Tero Jännes
Projekti-insinööri
Fennovoima Oy
tero.jannes@fennovoima.fi



Kohti nopeampaa nuklidianalytiikkaa

Radioaktiivisia aineita käsiteltäessä niistä irtoaa helposti partikkeleita, joiden halkaisija on vain muutamia mikrometrejä. Näin pieniä hiukkasia on lähes mahdotonta siivota kokonaan pois. Tästä syystä hiukkasia löydetäänkin usein tarttuneena pintoihin tiloista, joissa radioaktiivista ainetta on käsitelty. Tarkoilla mittauksilla pystytään selvittämään yksittäisen hiukkasen isotooppikoostumus.

YDINMATERIAALIVALVONNASSA PINNOILLE laskeutuneiden radioaktiivisten mikrohiukkasten keräys ja analysointi ovat kuuluneet rutiinotoimintaan jo vuosia. Tällaisen hiukkasen löytäminen tutkittavista kohteista voi antaa ratkaisevaa tietoa sekä käynnissä olevista että menneistä ydinohjelmista. Määrittämällä eri isotooppien osuudet hiukkasesta voidaan esimerkiksi erottaa ydinaseisiin käytettävä materiaali ydinvoimalan polttoaineesta.

Aleksandr Litvinenkon myrkytys alfa-aktiivisella poloniumilla vuonna 2006 osoitti selvästi, että uusille menetelmille on tarvetta myös turvajärjestelyissä.

Ennen tätä tapahtumaa radioaktiivisten aineiden havainnointi kentällä oli keskittynyt lähinnä gammasäteilyyn. Kaikki alfa-aktiiviset isotoopit, kuten murhasa käytetty polonium-210, eivät kuitenkaan juurikaan lähetä gammasäteilyä. Tästä syystä varsinkin pienien pitoisuuksien havaitseminen on äärimmäisen vaikeaa, ja havainnointi perustuu pitkälti kerättyihin näytteisiin.

PERINTEISESTI NÄYTTEET on analysoitu laboratorioissa monivaiheisin prosessein. Näytteiden lähettäminen laboratorioon ja käsittely vievät kuitenkin runsaasti aikaa. Tästä syystä kerätyistä näytteistä saadaan tuloksia usein vasta päivien tai jopa viikkojen kuluttua. Erityisesti rikollisen toiminnan estämisessä tällaiset vasteajat ovat erittäin ongelmallisia.

TEHOKASTA VIRANOMAISTOIMINTAA varten kerättyjen näytteiden tulisi olla välittömästi analysoitavissa jopa suoraan kentällä. Tällaisten nopeiden menetelmien kehittämiseksi käynnistettiin Säteilyturvakeskuksessa vuonna 2008 tutkimushanke näytettä tuhoamattomasta analyysistä (NDA). Projektin puitteissa kehitetään uusia

näytteiden keruumenetelmiä, mittaustapoja ja analyysialgoritmeja.

NÄYTETTÄ TUHOAMATTOMASSA analyysissä on alkuperäisen näytteen korkea laatu erityisen tärkeä. Koska näytteelle ei tehdä kemiallista käsittelyä, suunnitellaan keräysmenetelmät niin, että saatu näyte soveltuu sellaisenaan analysoitavaksi. Läpäisevään gammasäteilyyn perustuviin havaitsemismenetelmissä tämä ei aiheuta suurta ongelmaa, mutta ohutkin kerros ainetta tutkittavan hiukkasen päällä tuhoaa mitatun alfaspektrin.

Esimerkiksi perinteisessä puuvillakankaalla pyyhkimällä kerätyssä näytteessä suuri osa kiinnostavien partikkeleiden lähettämien alfahiukkasten energiasta absorboituu kankaan kuituihin. Tällöin isotooppien tunnistamisessa tärkeä energiainformaatio menetetään.

TEIN DIPLOMITYÖNI näytettä rikkomattomaan analyysiin soveltuvista näytteenottomenetelmistä osana Säteilyturvakeskuksen NDA-projektia. Tutkimuksen perusteella löydettiin useita vaihtoehtoisia näytteenottomenetelmiä, joista on myöhemmin kehitetty kenttäkelppoinen näytteenkeruuvälineistö. Uudella tavalla kerätyt näytteet soveltuvat sellaisenaan perinteisen gamma-spektrometrian lisäksi myös alfaspektrometriaan, massaspektrometriaan tai elektronimikroskopiaan.

*Opinnäyte hyväksytty
Teknillisessä korkeakoulussa.*

DI Sakari Ihantola
Säteilyturvakeskus
Tutkija
Tutkimus ja ympäristövalvonta,
Turvateknologia
sakari.ihantola@stuk.fi



Ydinpolttoaineen ainetta rikkomattomia tutkimusmenetelmiä

Ydinpolttoaineen gammaspektrometrian sekä gamma- ja röntgentomografian tarkoituksena on määrittää ydinpolttoaineessa olevien radioaktiivisten aineiden koostumus sekä ydinpolttoaineen eheys ja säteilytyksen aiheuttamat muodonmuutokset. Edellä mainitut tutkimusmenetelmät ovat ainetta rikkomattomia tutkimusmenetelmiä, joita käytetään kokeellisessa ydinpolttoainetutkimuksessa ydinpolttoaineen käyttäytymisen ymmärtämiseksi normaali-, transientti- ja onnettomuustilanteissa.

TYÖN TARKOITUKSENA oli selvittää ydinpolttoaineen gammaspektrometrian sekä gamma- ja röntgentomografian perusteet sekä mittausten menetelmien toimintaperiaate ja tunnistaa niihin liittyviä ongelmia ja esittää ratkaisuehdotuksia. Työ liittyi osin VTT:n tuleviin laitteisto-toimituksiin rakenteilla olevalle Jules Horowitz -materiaalitutkimusreaktorille (kts. ATS Ydintekniikka 2/2007).

YDINPOLTTOAINEEN GAMMASPEKTROMETRIASSA hyödynnetään säteilytetyn polttoaineen emittoimaa gammasäteilyä. Tiettyjen, riittävän pitkän puoliintumisaajan omaavien radioaktiivisten nuklidien emittoimaa gammasäteily on verrannollinen polttoaineen fyysisiin ominaisuuksiin kuten esimerkiksi palamaan ja fissiokausujen jakautumaan polttoainepinon sisällä.

Ydinpolttoaineen gammaspektrometriset mittaukset suoritetaan ydinpolttoaineelle tarkoitettussa vesitäytteisessä altaassa. Altaan seinään on tehty kiinteä läpiviemi johon asennetulla kollimaattorilla säteilytetyn ydinpolttoaineen emittoimaa gammasäteilyä rajataan detektorin osuiksi gammasäteilykeilaksi.

POLTTOAINEENIPPU ON kiinnitetty altaaseen upotettuun kehikkoon, jolla polttoainepippua voidaan liikuttaa kollimaattorin edessä aksiaali- ja horisontaalisuunnissa sekä pyörittää. Kollimaattorin toisessa päässä ns. kuivalla puolella on detektori ja siihen liitetty datankeruujärjestelmä. Yleensä detektorina käytetään germanium-puoli-johdeilmaisinta.

Ydinpolttoaineen gamma- ja röntgentomografian tarkoituksena on saada poikkileikkauksuvia polttoainepinon tai -sauvan sisältä. Yleensä tomografisissa mit-

tauksissa käytetään samoja mekaanisia komponentteja kuin ydinpolttoaineen gammaspektrometrisissä mittaustauksissa.

Ydinpolttoaineen gammaemissiotomografiassa säteilytetyn ydinpolttoaineen emittoimaa gammasäteilyä mitataan useasta suunnasta. Vastaavasti ydinpolttoaineen transmissiotomografiassa ydinpolttoaine on asetettu ulkoiseen röntgensäteilykeilaan ja säteilyn vaimeneminen mitataan läpivalaisukeilan vastakkaiselta puolelta säteilynläpilyksillä. Mittauksista saadun datan ja tomografisten kuvarekonstruktio menetelmien avulla voidaan luoda paikallisia poikkileikkauksuvia ydinpolttoaineen sisustasta. Työssä tutkittiin myös tällaista kuvarekonstruktioita käyttäen ranskalaista MODHERATO-ohjelmaa simuloidulle testitapaukselle.

SÄTEILYTETYN YDINPOLTTOAINEEN gammaspektrometrisissa sekä gamma- ja röntgentomografisissa mittaustauksissa on useita ongelmia. Säteilytetyn polttoaineen korkean aktiivisuustason vuoksi polttoaineen, kollimaattorin ja detektorin välinen mittaustaukko täytyy optimoida, jotta detektori ei saturoidukaan.

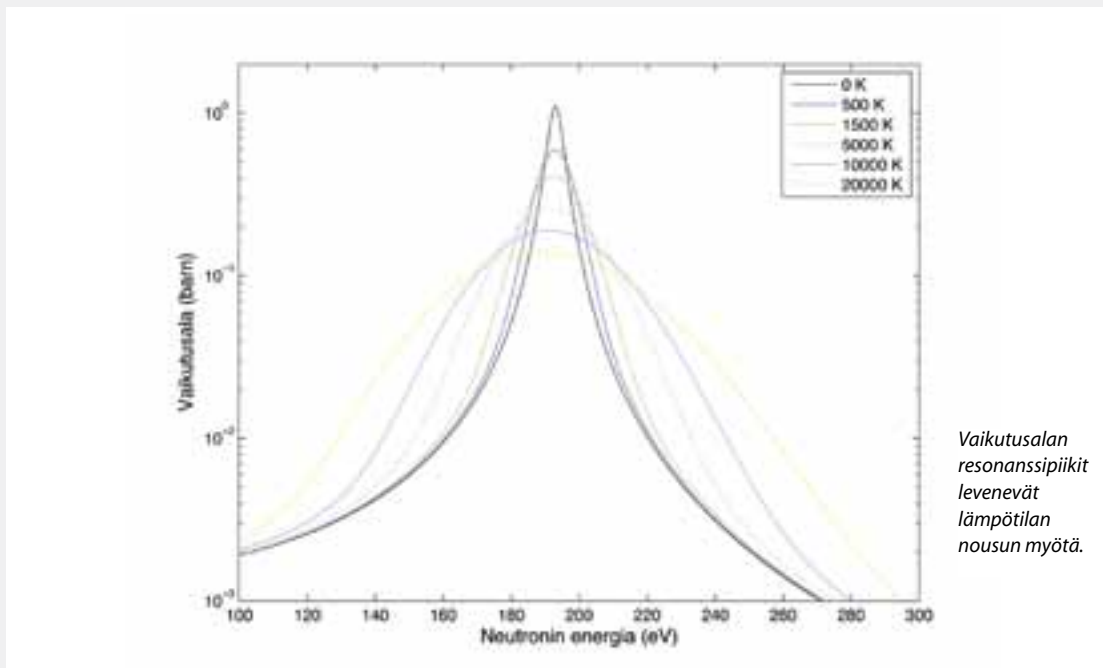
SÄTEILYTETYN POLTTOAINEEN emittoimaa gamma-spektri on erittäin monimutkainen ja se sisältää kymmeniä eri nuklideja joiden erottelu on vaikeaa. Ydinpolttoaineen gamma- ja röntgentomografiassa on käytössä useita kuvarekonstruktio menetelmiä ja niillä jokaisella on heikkoutensa ja vahvuutensa, joten jokaista sovellusta varten pitää etsiä paras mahdollinen vaihtoehto. ■

*Opinnäyte hyväksytty
Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa.*

DI Seppo Koivuranta
Tutkija
VTT
seppo.koivuranta@vtt.fi



Vaikutusalojen esikäsittelijä Serpentiin



Ydinreaktorin neutroniikkaominaisuuksien, olennaisesti kasvutekijän sekä neutronivuon, ratkaisu on keskeinen osa reaktorien numeerista mallinnusta. Neutronivuon paikka- ja energijakauma täytyy selvittää esimerkiksi suunniteltaessa nykyisten reaktoreiden polttoainelatauksia tai tutkittaessa uusia reaktortyyppejä.

NEUTRONIIKAN RATKAISUSSA tarvitaan aina vaikutusalakirjastoja. Ne sisältävät lukuisien neutronireaktioiden vaikutusalat, eräänlaiset reaktioiden todennäköisyydet tai "efektiiviset reaktiopinta-alat", sadoille reaktoreissa esiintyville nuklideille. Koska neutronivuorovaikutusten fysiikka tunnetaan hyvin ja se on nykytietokoneilla mallinnettavissa suhteellisen suurella tarkkuudella, vaikutusalakirjastojen epätarkkuudet ovat yleensä suurin virhelähde neutronivuon ratkaisuun tähtäävissä simulaatioissa.

SUURI OSA tästä virheestä johtuu puhtaasti alkuperäisten ydinvakiokirjastojen (ENDF, Evaluated Nuclear Data Files) epävarmuuksista, joihin reaktorifyysikko ei pysty vaikuttamaan käytännössä mitenkään. Muitakin tärkeitä virhelähteitä on kuitenkin olemassa. Esimerkiksi kir-

jastojen prosessointi ydinvakiokirjastoista käyttökelpoiksi vaikutusalakirjastoiksi tuottaa aina pientä virhettä simuloiteihin, sillä prosessoinnin aikana joudutaan valitsemaan äärellinen energiapistelistö, jolla vaikutusalat kuvataan.

TOINEN TÄRKEÄ virhelähde on vaikutusalakirjaston lämpötilan ja ongelman todellisen lämpötilan vastavuus tai vastaamattomuus: tyypillisesti vaikutusalakirjastojen lämpötilajako on varsin harva, jolloin mallinnettavan ongelman ja käytettävissä olevien vaikutusalakirjastojen välillä saattaa olla jopa satojen asteiden lämpötilaero.

Tätä virhelähdettä voi pienentää tihentämällä vaikutusalakirjastojen lämpötilajakoa. Yhden lämpötilan täydellinen kirjasto vie kuitenkin noin CD-levyllisen levytilaa, joten kovin tiheällä jaolla ei tarpeellista noin 300 K - 2000 K lämpötilaväliä voida kattaa ilman että kirjastojen siirrettävyys ja käytettävyys kärsivät (kiintolevytila ei nykyään ole iso ongelma).

DIPLOMITYÖSSÄ PYRITTIIN hankkiutumaan eroon vaikutusalojen lämpötilavirheestä laatimalla uudenlainen vaikutusalakirjastojen Doppler-esikäsittelijä osaksi

Monte Carlo -reaktorifysiikkakoodia. Esikäsittelijä toteutettiin Jaakko Leppäsen (VTT) kehittämään koodiin Serpent (kts. ATS Ydintekniikka 1/2009).

DOPPLER-ESIKÄSITTELIJÄ KYKENEÄ nostamaan vaikutuslakirjaston lämpötilan käyttäjän vapaasti valitsemaan arvoon ennen varsinaisen neutronikuljetuslaskun alkua. Näin lämpötilojen mallinnus onnistuu ainakin teoriassa tarkasti, vaikka käytettävissä olisi vaikutuslakirjasto vain yhdelle lämpötilalle.

Doppler-esikäsittelijällä laadittuja vaikutusaloja vertailtiin NJOY-ohjelmalla prosessoituihin. Vertailut osoittivat, että esikäsittelijän tarkkuus on pienistä eroavaisuuksista huolimatta riittävä jopa silloin, kun käsiteltävän kirjaston ja tavoitelämpötilan ero on suuri.

NYKYISELLÄÄN ESIKÄSITTELIJÄ ei kuitenkaan täysin poista tarvetta usean lämpötilan kirjastoille, koska se ei muokkaa vaikutusalojen energiapistejakoa. Korkean lämpötilan kirjaston esittämiseen tietyllä tarkkuudella riittää huomattavasti pienempi energiapistemäärä kuin matalamman lämpötilan kirjaston tapauksessa. Siten esikäsittelyistä kirjastoista tulee tehottomia mm. muistinkäytön kannalta, mikäli kirjaston lämpötilaa nostetaan paljon esikäsittelijällä.

Erlaisin optimointitoimenpitein esikäsittelijästä saatiin kohtalaisen nopea: täydellisen, yli 400 nuklidin kirjaston käsittely kestää normaalitapauksessa noin 40 sekuntia yhdellä 2.66 GHz prosessorilla. Tämä on vähän verrattuna Serpentin tyyppisiin laskenta-aikoihin, jotka vaihtelevat kymmenen minuutin molemmin puolin.

Kokonaisuutena esikäsittelijää voidaan pitää varsin käyttökelpoisena lisäominaisuutena Serpent-ohjelmaan. Erityisen näppäräksi ominaisuus muodostuu, mikäli Serpentia haluaa käyttää yhdessä termohydrauliikkakoodien kanssa.

Opinnäyte hyväksytty Teknillisessä korkeakoulussa.

DI Tuomas Viitanen
TKK, Teknillinen fysiikka,
Fission tutkimusryhmä
Tutkija
tuomas.viitanen@tkk.fi



TAPAHTUMAKALENTERI

ATS:N VUOSIKOKOUS
Helmi-maaliskuussa,
Tieteiden Talolla, Helsingissä.

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

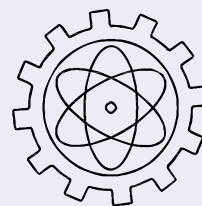
*Lisätietoja kaikista ATS:n tapahtumista
löytyy internetistä: www.ats-fns.fi*

JÄSENET

Suomen Atomiteknillisessä Seurassa oli 6.10.2009 pidetyn johtokunnan kokouksen jälkeen 567 varsinaista jäsentä ja 37 opiskelijajäsentä. Kunniajäseniä oli 11 ja kannatusjäseniä 19.

Seuran jäseneksi pääse johtokunnan hyväksymällä hakemuksella. Hakemukseen tarvitaan kahden jäsenen suositus.

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



*Johtokunta ja lehden toimitus
toivottavat ATS:n jäsenille
rauhallista joulua ja
menestyksestä vuotta 2010!*

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
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 Oyj
TVO Nuclear Services Oy
Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT
Voimaosakeyhtiö SF Oy
Wärtsilä Finland Oy
YIT Installaatiot

ATS internetissä:

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