

# ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN  
ATOMITEKNILLINEN  
SEURA —

ATOMTEKNISKA  
SÄLLSKAPET  
I FINLAND ry



3/2010

vol. 39

## Tässä numerossa

### *Pääkirjoitus:*

Uusi aika ..... 3

### *Editorial:*

The New Era ..... 4

Uutisia ..... 5

### *ATS:n ekskursio Englantiin*

23.-31.10.2010 ..... 6

### Springfields Fuels Limited:

Ydinpolttoaineen  
valmistuksen pioneeri ..... 8

JET – Fuusioenergian koelaitos ..... 11

Driggin matala-aktiivisen  
jätteen loppusijoituspaikka ..... 15

Sellafield – ydinvoiman  
kehto ja vanhainkoti ..... 18

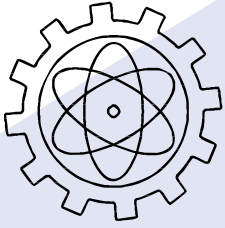
Diplomityöt ..... 21

### Atomivoimaa Suomeen

- seminaari 17.11.2010 ..... 23

Syysseminaari 2010 ..... 26

Tapahtumakalenteri ..... 27



# ATS

3/2010, vol. 39

## VUODEN 2010 TEEMAT

### 1/2010

Automaatio

### 2/2010

Ruotsi

### 3/2010

Ekskursio ja syysseminaari

### 4/2010

Mekaaniset komponentit

## 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  
Aalto-yliopiston  
teknillinen korkeakoulu  
jarmo.ala-heikkila@tkk.fi

DI Eveliina Takasuo

VTT  
eveliina.takasuo@vtt.fi

FM Johanna Hansen

Posiva  
johanna.hansen@posiva.fi

DI Pekka Nuutinen

Fortum Power and Heat Oy  
pekka.nuutinen@fortum.com

DI Kai Salminen

Fennovoima Oy  
kai.salminen@fennovoima.fi

FM Sini Gahmberg

Teollisuuden Voima Oyj  
sini.gahmberg@tvo.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 Veijo Ryhänen  
Teollisuuden Voima Oy  
veijo.ryhanen@tvo.fi

### Sihteeri /

#### Secretary of the Board

Tkt Silja Holopainen  
VTT  
sihteeri@ats-fns.fi

### Rahastonhoitaja / Treasurer

Risto Vanhanen  
Aalto-yliopiston  
teknillinen korkeakoulu  
risto.vanhanen@tkk.fi

### Jäsenet /

#### Other Members of the Board

Tkt Jari Tuunanen  
Fortum Power and Heat Oy  
jari.tuunanen@fortum.com

DI Kai Salminen

Fennovoima Oy  
kai.salminen@fennovoima.fi

Timo Seppälä

Posiva Oy  
timo.seppala@posiva.fi

## Toimihenkilöt / Officials

### Jäsenrekisteri /

#### Membership Register

Tkt Silja Holopainen  
VTT  
sihteeri@ats-fns.fi

### Kv. asioiden sihteeri /

#### Secretary of International Affairs

Tkt Jari Tuunanen  
Fortum Power and Heat Oy  
jari.tuunanen@fortum.com

### Energiakanava /

#### Energy Channel

Tkt Karin Rantamäki  
VTT  
karin.rantamaki@vtt.fi

### Young Generation

DI Tapani Raunio  
Fortum Power and Heat Oy  
tapani.raunio@fortum.com

### Ekskursios sihteeri /

#### Excursion Secretary

DI Jani Pirinen  
Fortum Power and Heat Oy  
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 ilmiöitä 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.

## Uusi aika

**S**uomen Atomiteknillinen Seura ry:n ulkomaan-ekskursio suuntautui Iso-Britanniaan lokakuussa 2010. Matkalla nähtiin sekä uutta että vanhaa ja historian siipien havinaakin oli ilmassa.

**MATKAMME MANCHESTERISTÄ** kohti Sellafieldiä bussilla alkoi varsin tavanomaisesti pitkin moottoritietä. Saavuttaessa järviolueelle tie kapeni muuttuen lopulta kahden kivisen lammassaidan välissä kulkevaksi mutkittelevaksi ja mäkiseksi 'kärrypoluksi', jolla bussimme ja henkilöauton kohdatessa toisen oli pysähdyttävä väistämään. No, tämä on poikkeus, ollaanhan menossa suojellun järviolueen ja ylängön läpi, ajattelin.

Sellafieldissä tutustuimme sekä nykyiseen liiketoimintaan, eli jälleenkäsittelylaitokseen, että historiaan, josta mieleen jäävin oli käytöstä poistetun Magnox-tyyppisen reaktorin hellyttävän yksinkertainen valvomo. Sellafieldissä kuulin ensimmäisen kerran termin 'Legacy Waste', joka tuli toistumaan melkein pä koko matkamme ajan. Termillä tarkoitetaan sotateollisuuden jäljiltä 1940-1950-luvuilta peräisin olevaa ydinjätettä.

**RETKEILYMME 'KÄRRYPOLKUJA'** pitkin jatkui seuraavana päivänä matala-aktiivisen jätteen säilytyspaikalla Driggissä ja Springfieldsin polttoainetehtaalla. Springfieldsissä syy näihin kärrypolkuihin selvisi: ydinteollisuuden sijaintipaikat olivat alun perin sotateollisuuden tietoisesti syrjäisille harvaan asutuille seuduille sijoitettuja paikkoja 1940-luvulta. Niitä ei aiemmin löytynyt tavallisista kartoistakaan, mutta nykyisin ne löytyvät Google Earthista, kuten isäntämme Springfieldsissä totesivat!

**WESTINGHOUSEN PITKÄLLE** automatisoitu polttoainetehdas Springfieldsissä kuten myös seuraavan päivän vaikuttava vierailukohde URENCO:n väkevöintilaitos edustavat selkeästi nykypäivää ja tulevaisuutta, uutta aikaa ja kannattavaa liiketoimintaa,



jossa kuitenkin on sijaintipaikkojen kautta läsnä historian siipien havina.

**SEURAMME HISTORIAN** siivet havisivat vierailukohdeksessa, joka itsessään edusti tulevaisuutta, eli JET-fuusiokoelaitoksella. Ekskursioperinteeseemme kuuluu luovuttaa seuran viiri kunkin vierailukohteen isännille. Ennen uuden viirin luovutusta paikallistimme neuvotteluhuoneen kaapin päältä hieman kellaistuneen ATS:n viirin, jonka ATS-Seniorien puheenjohtaja **Eero Patrakka** muisti luovuttaneensa JET:lle pari vuosikymmentä sitten ATS:n silloisena ekskursiosihteerinä. Jälkemme oli siis jäänyt JET:n historiaan.

**MATKAMME HUIPENTUI!** Lontoossa järjestettyyn seminaariin, jossa kuulumme ydinvoiman tulevaisuuden näkymistä Iso-Britanniassa ja alalla toimivien nuorten näkemyksistä ja odotuksista. Matkamme järjestelyistä vastasi isäntien puolelta paikallinen YG-ryhmä, jolle kiitos erinomaisesti onnistuneesta ohjelmasta. Yhtä lailla kiitos kuuluu kaikkien vierailukohdeksiemme asiantunneville ja asialleen omistautuneille isännille ja emännille. Paikallista sisarseuraa emme perinteistä poiketen tavanneet. Oliko sitten työtapaturma vai uuden ajan merkki, jäi avoimeksi.

**SEMINAARISSA, KUTEN** myös koko viikon ajan 'Legacy Waste'-termin ohella oli esillä 'ydinvoiman renessanssi'. Renessanssia, eli uudelleen syntymää perintöjätteineen ja salattuine paikkoineen emme kaipaa. Tekniikka, turvallisuus, turvallisuuskulttuuri, kansallinen ja kansainvälinen toimintaympäristö alihankintaketjuineen ovat aivan toiset kuin ydinvoiman 'kulta-ajalla' 1970-luvulla. Vaikka perusasiat pysyvät samoina, vaaditaan myös uutta osaamista ja ennen kaikkea uusia osajia eläkkeelle jäämässä olevaa sukupolvea korvaamaan ja laajenevaan kansalliseen ja kansainväliseen kysyntään vastaamaan. Emme elä ydinvoiman renessanssia, vaan ydinvoiman uutta aikaa, avoimuuden aikaa. ■

## The New Era

**T**he target country of the annual excursion of the Finnish Nuclear Society was the UK. During the excursion we saw both old and new and some whisper of the wings of history was on the air, too.

**OUR TRAVEL** from Manchester to Sellafield started using the highway. When we reached the Lake Area the road got smaller and smaller and turned finally into a hilly and twisty path in between the rocky fences of the sheep pastures on both sides. There one had to stop in order to give way for the traffic coming to the opposite direction. Well, this is an exception, I thought. We are just passing a protected nature area with lakes and fells. At Sellafield we saw both current business activities, such as the reprocessing plant, and the history, the most unforgettable impression being the control room of an old Magnox-type plant. In Sellafield I heard the phrase 'Legacy waste' for the first time during our trip. It was just the first of the numerous times to come. The term 'Legacy Waste' means the nuclear waste that has been inherited as a result of the war industry and military activities in the 1940's and 1950's.

**OUR JOURNEY** continued on the following day to the low level waste repository at Driggs and to the fuel manufacturing plant at Springfields. It was in Springfields that the reason for the mystery of the narrow paths was unveiled: many sites of the nuclear industry in the UK are originally sites where the war industry was deliberately placed in distant areas with sparse population in the 1940's. Our hosts told that previously one could not find these even in the maps but 'now we are on the Google Earth'!

**THE HIGHLY** automatised fuel manufacturing plant at Springfields as well as the impressive enrichment facilities of URENCO on the next day stand clearly for the present and future of nuclear industry, the new era and lucrative business with a slight whisper of the wings of history brought along by their location.

**THE WINGS** of history of the Finnish Nuclear Society whispered quite unexpectedly on a site that as such represents the absolute future, the JET fusion test facility. According to our tradition we give the standard of our society to our hosts at each visiting site. At JET we spotted a familiar, slightly yellowish standard on the shelf at the conference room. It turned out that our present chair of the ATS Seniors and member of our excursion group **Mr. Eero Patrakka** had given it twenty years ago as the excursion secretary during the first visit of our society to the JET.

**OUR TRAVEL** culminated in a seminar in London, where we heard about the future of nuclear energy and industry in the UK and on the views and expectations of the young generation in the business and research. The UK YG group and its members at all our visiting sites had taken care of the excellent arrangements and deserve a great Thank You. Thanks are also directed to all our devoted and extremely competent hosts at our visiting sites.

**AS DISTINCT** from the tradition there was no meeting with the British Nuclear Society. Whether this was just an accident or a sign of a new era remained a mystery.

**DURING THE** entire week, besides 'Legacy waste' the term 'Nuclear Renaissance' was on the map. However, we do not need the 'renaissance' as a 'new birth' with the 'Legacy waste' and hidden locations. The technology, safety, safety culture, national and international social and economic environment are totally different from the situation during the 'golden era' in the 1970's. Even though the basics of nuclear energy remain the same, new know-how and new experts are needed to replace those retiring and also to respond to the expanding national and international demand. It is not the renaissance of nuclear energy but the new era of nuclear energy, the era of openness ahead of us.

# UUTISIA

## VTT hakee uutta käyttölupaa FiR 1 -tutkimusreaktorilleen

**VTT JÄTTI** 30.11.2010 valtioneuvostolle ydinenergialain mukaisen hakemuksen uudesta 12 vuoden käyttöluvasta Otaniemen FIR 1 -tutkimusreaktorille. Vuonna 1962 käyttöön otettua reaktoria käytetään sädehoitoon, tutkimukseen, opetukseen ja isotooppituotantoon. Nykyinen, vuonna 1999 myönnetty käyttölupa on voimassa vuoden 2011 loppuun.

**KÄYTTÖLUPAHAKEMUKSEN KÄSITTELYYN** sisältyy lain mukainen lausunnotmenettely. Lupapäätöksen valmistelemiseksi työ- ja elinkeinoministeriö pyytää lausunnot useilta eri ministeriöiltä sekä eräiltä muilta viranomaisilta ja yhteisöiltä.

**TYÖ- JA** elinkeinoministeriön mukaan käyttölupahakemuksen käsittelyssä halutaan varmistua erityisesti siitä, että tutkimusreaktorin jatkuva käyttö täyttää asetetut turvallisuusvaatimukset. Säteilyturvakeskuksen lausunnolla on lupapäätöksen valmistelussa suuri merkitys.

**MYÖS KANSALAISILLA** on mahdollisuus ilmaista mielipiteensä hankkeesta työ- ja elinkeinoministeriölle kirjallisesti. Ministeriö ilmoittaa käynnistävänsä asiaa koskevan lausunnotmenettelyn joulukuun aikana.

*Lähde: Työ- ja elinkeinoministeriö*

## Liettuan ydinvoimalaprojekti pysähtyi rakentajan vetäytyttyä

**LIETTUAN VARAENERGIAMINISTERI Romas Svedas** ilmoitti perjantaina 3.12.2010, että eteläkorealainen valtionyhtiö Kepco oli ilmoittanut vetäytyvänsä Liettuan ydinvoimalahankkeesta. Kepco jäi voimalan ainoaksi potentiaaliseksi rakentajaksi sen jälkeen, kun Liettua oli hylännyt tarjouskilpailun toisen osanottajan. Liettua on suunnitellut rakentavansa suljetun Ignalinan voimalan tilalle uuden ydinvoimalan yhdessä Puolan, Latvian ja Viron kanssa.

**SVEDASIN MUKAAN** Liettua aikoo takaiskusta huolimatta jatkaa voimalahanketta. Hän kuvasi Kepcon vetäytymistä ”harmilliseksi” ja sanoi, että yhtiön kanssa neuvotellaan edelleen. Rahoitus voimalan rakentamiseksi on Svedasin mukaan lähes varmistettu.

**MINISTERIÖN MUKAAN** Liettuan pääministeri **Andrius Kubilius** oli henkilökohtaisesti vedonnut Etelä-Korean presidenttiin **Lee Myung-bakiin**, jotta Kepco jatkaisi hankkeessa. Vetoomus ei tuottanut tulosta. Energiaministeriö ei kertonut, miten se aikoo edetä voimalahankkeessa. Energiaministeriön Svedas sanoi kuitenkin pitävänsä vuotta 2020 realistisena tavoitteena uuden voimalan rakentamiseksi.

*Lähteet: Yle, Reuters, AFP*

## Fortum ja Rosatom yhteistyöhön Belene-projektin loppuunsaattamisessa

**FORTUMIN JULKAISEMAN** tiedotteen mukaan se on solminut Venäjän valtion ydinvoimakonsernin Rosatomin ja Bulgarian valtion energiayhtiön (NEK) kanssa sopimuksen Bulgariassa pitkään rakenteilla olleen Belene-laitosprojektin loppuunsaattamiseksi. Fortum tarjoaa hankkeeseen ydinvoimateknologian ja -turvallisuuden asiantuntijapalveluita.

**BELENE-PROJEKTI ON** ollut jäissä 1990-luvun alkupuolelta asti. Fortumin Power-divisioonan johtajan **Matti Ruotsalan**

mukaan hanke näyttää nyt etenevän selvästi. Siksi se on kiinnostunut tarjoamaan osaamistaan hankkeeseen ja varannut mahdollisuuden hankkia yhden prosentin osakkuuden perustettavasta projektiyhtiöstä, josta tulee Belenen ydinvoimalaitoksen omistaja.

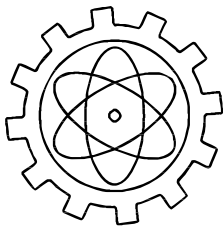
**BELENE-LAITOSPROJEKTIA ON** esitelty ATS Ydintekniikan numerossa 4/2007.

*Lähteet: Fortum, Talouselämä*





*Ekskursioryhmä JETissä.*



**Osallistujat:**

Jani Pirinen, Fortum  
Veijo Nikula, Fortum  
Laura Kekkonen, Fortum  
Maiju Paunonen, Fortum  
Jussi Huotilainen, Fortum  
Markku Tiitinen, Fortum  
Roger Kvarnström, Fortum  
Eija Karita Puska, VTT  
Tero Jännes, Fennovoima  
Henrik Immonen, Abilitas  
Susanna Lindgren, Posiva  
Eero Patrakka

# ATS:n ekskursion Englantiin 23.-31.10.2010

*ATS:n ekskursion 2010, joka oli ekskursionsihteerin toinen pitkä kiertokulku, suuntautui Englantiin. Ekskursion teemaksi nousi polttoaineen kiertokulku (valmistus, jälleenkäsittely ja siitä syntyvän jätteen käsittely), sekä radioaktiivisen jätteen käsittely.*

**M**anchesteriin saavuimme 23.10. paikallista aikaa noin klo 9. Ensimmäisemme Manchesterissä etsiskelimme tovin bussia, jota ei lentokentältä aluksi löytynyt. Bussikuskin saatua luvan päästä terminaalin eteen matkamme jatkui kohti hotellia, jonne meitä vastaan saapui paikallisen YG:n edustaja **Stephen Le Clere**. Hän toimi oppaanamme Manchesterin vierailun ajan aina ensimmäisestä vierailukohteestamme MOSI:sta (Museum of Science and Industry) lähtien. Tovin kierrellyämme tekniikan museossa teollisuuden kehityskulkua ihmetellen, jatkoimme kohti lounasta ja kaupunkikierrosta.

Pääsimme tutustumaan paikalliskulttuuriin toden teolla sunnuntaina, jolloin halukkaat osallistujat ryhmästämme suuntasivat valioliigan otteluun Manchester City-Arsenal. Isäntämme suureksi pettymykseksi ottelun lopputulos oli 0-3 Arsenalin eduksi. Tämä ei liene kuitenkaan jättänyt lähtemättömiä traumoja suomalaisia vierailijoita kohtaan.

## Sellafield – kärrypolkujen takaa löytyvä laitosalue

Maanantaina 24.10. jatkoimme aamuvarhaisella matkaamme kohti pohjoista ja Sellafieldiä. Sellafieldissä pääkohteina olivat mm. käytöstäpoistettava Calder Hallin laitosyksikkö sekä korkea-aktiivisen jätteen kiinteytyslaitos. Matkamme kulki läpi kansallispuistoalueen aina vaan mutkaisempia ja pienempiä teitä. Jatkossa saimmekin todeta vierailukohteiden sijaitsevan varsinaisten kärrypolkujen takana. Suomessa samantyyppisten teiden ajeleminen olisi tiennyt varmaa päätymistä jonkun takapihalle.

## Matkalla takaisin etelään

Sellafield-vierailun jälkeen matkamme jatkui kohti Chesteriä. Täällä idyllisessä keskiaikaisessa kaupungissa saatoimme tutustua vanhaan arkkitehtuuriin katedraaleineen, kaupungin muureineen ja kanavan vierustoineen. Tämän lyhyen pysähdyksen jälkeen tiistain vierailukohteina olivat LLWR (Low Level Waste Repository) sekä Springfieldsin polttoainetehdas. LLWR:llä

ohjelmaamme kuului esitelmää alueesta sekä tulevaisuuden suunnitelmista koskien matala-aktiivisten jätteiden käsittelyä. Lisäksi vierailumme sisälsi kiertoaajelun alueella. Springfieldsissä tutustuimme polttoainepellettien valmistamiseen sekä polttoainepellettien kokoamiseen.

## Historian havinaa Oxfordissa

Springfieldsin vierailun jälkeen jatkoimme matkaa historialliseen Oxfordin kaupun-



Viirien luovutus Springfieldsin vierailulla.

kiin. Oxfordissa tapasimme perinteikkäässä englantilaisessa pubissa (Eagle and Child) YGN:n edustajan **Simon Leminin**. Simonilta kuulimme muun muassa *Harry Potter*-kirjoilla olevan jotain yhteyksiä paikkaan. Tunnelmaan emme kuitenkaan jääneet pidemmäksi aikaa tutustumaan, vaan jatkoimme kohti illallispaikkaa. Torstaiamuusta matkaohjelmaan kuului JET-fuusiotutkimuskeskus. Ohjelma käsitti kattavan esitelmän fuusiotutkimuksesta sekä kierroksen laitoksen tiloissa. Kohokohtana päivästä voi nostaa esille kiertelyn hallissa, jossa itse fuusiotutkimusreaktori sijaitsee. Vaikka vierailuhetkellämme mitään isommin näkyvää ei ollut menossa, tutkimusreaktorihalli jo itsessään oli vaikuttava.

## Seminaaripäivä – kattava katsaus ydinvoimaan Englannissa

Perjantaille järjestetty seminaaripäivä oli mielenkiintoinen sekoitus ydinvoimaa eri toimialojen näkökulmista. Päivän sisältöä voi luonnehtia ydinvoimaa tekniikan, ta-

louden ja lakiasioiden näkökulmasta. Suomalaisvoimin käsitelimme Posivan tilanetta (**Susanna Lindgren**), ydinvoimaa johtamisen näkökulmasta (**Markku Tiitinen**) sekä käytöstäpoiston kustannusten vertailua Suomen ja muun maailman välillä (**Tero Jännes**).

## Maali

Kaikki hyvät tunteet loppuu aikanaan, eikä tämäkään ekskursion tehnyt asiassa

poikkeusta. Onnistuneen ekskursion takana on monia ihmisiä erityisesti Englannin päässä. Suurin kiitos kuuluu **Alan Ruizille**, joka toimi pääkoordinoijana ja yhteyshenkilönäni Englannissa. Lisäksi ekskursion isäntinä toimivat Stephen Le Clere, **Corbyn Parre** (YGN-puheenjohtaja) sekä **Connor Deehan**, joille osoitan suuren kiitoksen heidän käyttämästään ajasta ekskursion järjestelyissä.

Kiitos myös käytännön järjestelyitä hoitaneelle AREA:n **Leena Holmbergille** ja muille ekskursion järjestelyihin osallistuneille, joita ei erikseen tässä mainita ja ennen kaikkea lämpimät kiitokset kaikille ekskursion osallistuneille erityisen onnistuneesta matkasta.



DI Jani Pirinen  
Suunnitteluinsinööri  
Quality engineering, Fortum Power  
jani.pirinen@fortum.com





Springfieldsin tehdasalue Lancashiressä. (Kuva: Westinghouse)

## Springfields Fuels Limited

# Ydinpolttoaineen valmistuksen pioneeri

*Prestonin lähellä Englannissa sijaitseva Springfieldsin polttoainetehdas on eräs ydinpolttoaineen valmistuksen pioneereja. Laitos on ensimmäinen kaupalliseen käyttöön ydinpolttoainetta valmistanut laitos maailmassa. Toimintansa aikana laitosalue on kokenut monia muutoksia ja tällä hetkellä Springfields Fuels Limited operoi laitosta Westinghouse Electric UK Limitedin alaisuudessa. Se on toiminut 1940-luvun keskivaiheilta, ja vanhimpien laitososien käytöstäpoisto ja palauttaminen tuotantoa edeltävään tilaan on aloitettu. Tehdas on toimitanut polttoaine-elementtejä yli 140 reaktoriin 15 maassa.*



## Laitosalue 40-luvulta nykypäivään



AGR-reaktorin grafiittivaippainen polttoaine-elementti. (Kuva: Westinghouse)

**S**pringfields on Englannin ydinpoltoaineteollisuuden pääpaikka. 83 hehtaarin alue on perustettu 1946 Britannian atomienergiaprojektiin. Springfields on maailman ensimmäinen laitos, jossa ydinpolttoainetta on valmistettu kaupallisiin ydinvoimalaitoksiin. Tähän päivään mennessä alueella on tuotettu muutamia miljoonia polttoaine-elementtejä 140 reaktoriin 15 eri maassa. Laitoksella on valmiudet valmistaa polttoainetta kaikkiin yleisiin reaktorityyppeihin maailmassa.

Laitosta operoi alun perin Britannian hankintaministeriö ja atomienergiaviranomainen (UKAEA). Laitos siirtyi 1971 uuden perustetun BNFL:n (British Nuclear Fuels Limited) vastuulle. Vuonna 1999 BNFL hankki ydinvoimatoiminnot Westinghouse Electric -yhtiöltä. Seuraavana vuonna laitos ja sen tuotteet nimettiin Westinghousen tuotemerkin alle.

Vuonna 2005 kaikki laitosten vastuut ja velvoitteet siirrettiin NDA-organisaatiolle (Nuclear Decommissioning Authority). NDA on julkinen organisaatio, jonka tarkoitus on hallita, valvoa ja vastata ydinlaitosalueiden käytöstäpoistosta ja puhdistuksesta. Uusi yhtiö Springfields Fuels Limited perustettiin operoimaan laitosta Westinghouse Electric UK Limitedin alaisuudessa NDA:n puolesta.

Lokakuussa 2006 Westinghouse Electric Company UK sisältyi kauppaan, jossa Westinghouse Electric Company siirtyi BNFL:ltä Toshiba-yhtiölle. Tämä sisälsi myös Springfieldsin laitosten hallinnointi- ja operointisopimuksen NDA:n kanssa.

Huhtikuussa 2010 Westinghouse ja NDA saavuttivat yhteisymmärryksen Springfieldsin laitosten pitkäaikaisesta vuokraamisesta, joka siirtää vastuun polttoaineen valmistusliiketoiminnasta Springfields Fuels Limited -yhtiöltä.

### Toimintalinjat nyt ja tulevaisuudessa

Springfieldsin laitosten neljä päätoimialuetta tällä hetkellä ovat: uraanioksidipolttoaineiden ja niiden puolivalmisteiden valmistus AGR- (Advanced Gas-cooled Reactor) ja LWR (Light Water Reactor) -reakteihin, uraanihexafluoridin ( $UF_6$ ) valmistus, polttoainevalmistuksen jätteiden käsittely sekä vanhojen ydinlaitosten käytöstäpoisto ja purkaminen.

Viime vuosikymmeninä merkittävän osan tehtaan tuotannosta ovat muodostaneet MAGNOX- ja AGR-laitosten polttoaineen valmistus. Viimeisten MAGNOX-tyyppisten ydinvoimalaitosten käytöstäpoisto alkaa vuonna 2010, joten niiden polttoaineen tarve loppuu samalla. MAGNOX-polt-

toaineessa metallinen uraani on suljettu magnesiumseoksesta valmistettuun kuoreen.

AGR-reaktorin polttoaine-elementissä on 36 polttoainesauvaa, joista jokaisessa on 64  $UO_2$ -polttoainepellettiä. Polttoainesauvojen suojakuoriputki on ruostumaton terästä.

Polttoainesauvat on kiinnitetty ruostumattomasta teräksestä valmistettuun tukikehikkoon, joka valmiissa elementissä on grafiittisen vaippaputken sisällä. AGR-laitoksia on Isossa-Britanniassa rakennettu yhteensä 15 kappaletta, joista käytössä on vielä 14. Näiden laitosten suunniteltu käytöstäpoisto ajoittuu vuosille 2014-2023.

LWR-polttoaineniippujen kokoonpanohallia uudistetaan tällä hetkellä ja työn on tarkoitus valmistua vielä vuoden 2010 aikana. Uudistuksilla valmistaudutaan tulevaisuuteen, jolloin myös AGR-polttoaine-elementtien tarve alkaa vähentyä ja lisävoimiamia toimintaan on haettava LWR-laitosten polttoaineniippujen valmistuksesta.

### ATS:n vierailu

ATS-ekskursioryhmän vierailu alkoi vierailukeskuksessa laitoksen ja yhtiön yleisesitelyllä, jonka jälkeen tutustuttiin paikan päällä OFC (Oxide Fuel Complex) -yksiköön. Vierailun isäntinä toimivat yksi vaki- ➔



AGR-polttoaineen valmistusta.  
Kuva: Westinghouse

tuinen ja kaksi jo varsinaisesti eläköitynyttä tehtaan insinööriä, joilla oli vankan kokemuksen lisäksi myös värikkäitä muistoja kerrottavaksi menneiltä vuosikymmeniltä. Vierailun aikana tehtaalla oli käynnissä ai-noastaan AGR-polttoaineen valmistus.

Yksikön tuotanto alkaa kuljetussäiliöis-sä paikalle kuljetetusta rikastetusta uraaniheksafluoridista ( $UF_6$ ), joka IDR (Integrated Dry Route) -prosessilla muutetaan yhdellä käsittelyllä keraamiseksi uraanidioksidijauheeksi ( $UO_2$ ). Prosessi tapahtuu pyöröuunissa, johon prosessin aikana syötetään vetyä ja höyryä. Seuraavassa vaiheessa jauhe syötetään prässeihin, joissa jauhe puristetaan pelleteiksi. Puristetut raakapelletit sintrataan vielä sintrausuunissa, minkä jälkeen ne viimeistellään hiomalla ja tarkastetaan niiden laatu erilaisilla automaattisilla menetelmillä.

Seuraavassa vaiheessa pelletit siirtyvät polttoainesauvojen valmistuslinjalle. AGR-polttoainesauvan joka neljännessä pelletissä on sen ympäri hiottu ura. Putkien päät suljetaan hitsaamalla ensimmäinen hitsi vastushitsauksella ja toinen TIG-hitsauksella.

Polttoainesauvojen tiiveyden toteamisen jälkeen ne paineistetaan ulkopuolelta niin suurella paineella, että suojakuori-putki muokkautuu pellettien ja niissä olevien urien mukaisesti. Polttoainesauvat hehkutetaan uunissa suojakuori-putken ominaisuuksien palauttamiseksi muokkauksen jälkeen. Sauvojen latauksen ja rikastusasteen oikeellisuuden toteamiseksi sauvat tarkastetaan vielä gammaskannerilla ennen niiden siirtymistä polttoaine-elementtien kokoonpanoon. ■

Polttoaine-elementtien kokoonpanossa polttoainesauvat pujotetaan tukikehik-koon käsin yksitellen. Tämän jälkeen kehiko laitetaan grafiittiseen vaippaputkeen.

Vierailun aikana tutustuttiin paikan päällä pellettien prässäykseen ja sintraukseen sekä muuhun pellettien käsittelyyn. Tämä osuus tuotannossa on sijoitettu yhtenäiseen muusta tilasta erotettuun kammi-oon, jossa työntekijöitä tarvitaan vain tilapäisesti.

Konkreettisesti nähtiin myös AGR-polttoainesauvojen valmistus ja polttoaine-elementtien kokoonpano. Lisäksi tutustuttiin uraanioksidijauheiden välivarastoon, jossa jauhetynnyrit on sijoitettu automaattisen hyllystöhissin operoimaan korkeavarastoon.

Lopuksi käytiin vielä katsomassa remon-tin alla olevaa LWR-nippujen tuotantohal-lia, jossa näkyi myös VVER-polttoainenip-pujen kokoamisessa käytettäviä jigejä.

Vierailun perusteella laitos vaikutti modernilta ja sellaiselta työpaikalta, missä työ ja ydinturvallisuusasioihin on paneudut-tu huolellisesti. Kuitenkin pitkän historian omaava laitosalue elää taas muutoksen ai-koja kuten koko historiansa ajan Iso-Britan-nian oman ydinohjelman tuottamien kaa-sujäähdytteisten laitosten pikkuhiljaa saa-vuttaessa käyttöikänsä pään ja uusien kon-septien hiipessä saarivaltion maaperälle.

Oman leimansa alueen toimintaan ny-kypäivänä luo vanhojen ylimääräisiksi jää-neiden tuotanto- ja tutkimuskäytössä olleiden rakennusten purkaminen sekä aluei-den puhdistaminen ja palauttaminen alku-peräiseen luonnonmukaiseen tilaansa.

DI Veijo Nikula  
Fortum Power  
Suunnittelupäällikkö  
Laatutekniikka  
veijo.nikula@fortum.com



DI Laura Kekkonen  
Fortum Power  
Suunnitteluinsinööri  
Ydinpolttoaine  
laura.kekkonen@fortum.com



# JET - Fuusioenergian koelaitos

ATS-vierailu Culham Center for Fusion Energyssä 28.10.2010



Tyhjökammion 1:1-malli.

*ATS:n* ekskursion alkuviikon kohdetteet olivat keskittyneet ydinpolttoaineen jalostusketjuun, sekä vanhojen laitosten purkuun että siihen liittyvään jätteenkäsittelyyn. Torstaina 28. lokakuuta oli jo aika katsoa pidemmälle tulevaisuuteen tutustumalla fuusioenergian kehittämisen nykytilaan.

**E**nnen laitoskierrosta toinen meidän kahdesta isännästämmme, **Andrew Davis**, antoi katselmuksen fuusio-tekniikasta, sen mahdollisuudesta vastata maapallon kasvavaan energiatarpeeseen sekä tokamak-tyyppisen fuusiolaitoksen toimintaperiaatteesta. Fuusion eduisista todettiin vähäisempi syntyvä radioaktiivisuus, joka lisäksi puoliintuu fissionlaitosta oleellisesti nopeammin, polttoaineen rajattomuus sekä fissioreaktorin sydämen sulamismahdollisuuden poistuminen.

Andrew oli hyvin optimistinen ja uskoi, että toimiva fuusioreaktori on toiminnassa 50 vuoden, tai 'jopa 48 vuoden' kuluttua. Tosin heti varauksella myönnettävien tutkimusrahojen määrästä. →





ATS-ekskursion osanottajat JET-koelaitoshallissa.

## Yhteiseurooppalainen koelaitte

Culhamin JET (Joint European Torus) voitaneen luokitella semiscale-koelaitteeksi, jossa tutkitaan ensisijaisesti plasmaa ja sen käyttäytymistä. Ensimmäinen plasma aikaansaatettiin huhtikuussa 1983. Laitos vihittiin vuotta myöhemmin, kun *kuningatar Elisabet II* virallisesti avasi yhteiseurooppalaisen fuusiotutkimuksen. Laitos rakennettiin viidessä vuodessa ja sekä aikataulut että kustannukset pitivät. Ensimmäinen fuusioenergia tuotettiin vuonna 1991 ja vuonna 1997 saavutettiin 16 megawatin fuusioteho.

Energianeutraalisuus on saavutettu (steady state reaction) eli JET generoi yhtä paljon energiaa kuin prosessi kuluttaa. Tavoitteena on vuonna 2015 saavuttaa selkeä energiaylijäämä.

Kun tehoista on puhe, voidaan mainita, että laitos tarvitsee noin 700 MW:n käynnistystehon. Tarvittaessa on käytettävissä lähes 1400 MW:n huipputeho. Tämä lyhytaikainen tehopiikki hoidetaan isolla vauhtipyörällä, jottei valtakunnan sähköverkko kaatuisi.

JET:in kokemuksia hyödynnetään nyt Ranskaan rakennettavaan ITER-laitokseen, josta on tarkoitus tulla ensimmäinen full-scale-koelaitos. Vasta sen jälkeen on tarkoitus rakentaa varsinainen 1500-2000 MW:n pilottifuusiovoimalaitos (DEMO).

Kuten ITER, JET on eurooppalainen yhteishanke, jossa myös Suomi on mukana. Culhamissa työskentelee kolme suomalaista ja kiireellisimpinä koeaikoina suomalaisia on ollut kymmenkunta.

## Tutkimuskohteina materiaalit ja ylläpito

Andrew'n mukaan 'ainoa ratkaisematon alue' on materiaalit. Näinhän oli myös *Leonardo da Vincin* monen keksinnön kohdalla. Englannissa fuusiolaitoksiin liittyvää tutkimusta tehdään mm. seuraavissa yliopistoissa: Lontoo (fuusiotekniikka), Manchester (grafiitti), Birmingham (reaktorifysiikka), Oxford (materiaalien vaurioituminen). Fuusiotekniikka on säästynyt Iso-Britannian valtiobudjetin rajuilta leikkauksilta. Määrä-



rahat tullevat kasvamaan kymmenellä prosentilla.

Laitoskierroksella oppaana oli pätevän tuntuinen tekniikan tohtori **Martin Laxåback**. Tutustuimme ensin malliin, jossa hän esitti keskeisten magneettien toimintaa ja rakennetta. Tämän jälkeen siirryimme valvomoon satoine näyttöpäätteineen. Diagnostisoivia instrumentteja on satakunta, ja kaikkea mahdollista seurataan. Raakaa analysoimatonta dataa on kuulemma jo syntynyt valtava määrä ja sitä riittäisi tutkijoille vuosiksi eteenpäin.

Seuraava tutustumiskohde oli seitsemän vuotta sitten valmistunut 1:1-laitosmalli, jossa voi suunnitella erilaisia toimenpiteitä, ja se on osoittautunut arvokkaaksi työvälineiden ja työvaiheiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Varsinaisessa tyhjökammiossa tehdään työ roboteilla, jos suinkin pystytään, Martinin mukaan laatusyistä. Paraikaa käynnissä olevassa suojalevyjen vuoden kestävässä vaihdossa on tarvittu vain kolme manuaalisyöviikkoo jumiutuneitten ruuvien takia. Sinänsä käytännölliset mutta lyhytikäiset grafiittiset suojalevyt vaihdetaan kestävämpiin beryllium/volframi-pintaisiin suojalevyihin. Vaihkokustannus on 60 miljoonaa.

## Joustava ja monipuolinen koelaitte

Varsinaiseen tyhjökammioon emme luonnollisesti päässeet sisään, mutta ulkoa pystyi näkemään koelaitoksen mittavan koon kaikkine apulaitteineen. Mallityhjökammio antoi erinomaisen kuvan vieraille mistä on kysymys.

Martin Laxåback piti JET:ää erittäin onnistuneena, monipuolisena ja joustavana koelaitteena, jossa voi tehdä hyvinkin erilaisia kokeita. Laitos on edelleen hyvin käyttökelpoinen erilaisiin tutkimuksiin. JET:istä saadut opit hyödynnetään rakennettavassa ITER-laitoksessa. Esimerkiksi nyt tyhjökammiossa vaihdon kohteena olevat suojalevyt halutaan kokeilla, ennen kuin niitä hankitaan ITER:iin.

JET-projekti on antanut alihankkijoille ja toimittajille uusia ratkaisuja, jotka ovat



*Tekniikan tohtori Martin Laxåback kertoo JET-koelaitoksen toiminnasta.*

olleet hyödynnettävissä muillakin aloilla, kuten kauko-ohjauksessa, puolijohdevalmistuksessa, korkeita lämpötiloja kestävässä materiaaleissa jne. Mikroalartosintraus ja laserkoneistus ovat esimerkkejä materiaaalialalta. Lääketieteellisellä puolella uusia ratkaisuja on löytynyt laserporaukseen ja kudoshitsaukseen.

Kaiken kaikkiaan tämä oli mielenkiintoinen vierailu, joka antoi konkreettisen kuvan fuusioenergiateknologian kehityksen tilasta.



*Yleiskuva JET-koelaitoksesta (kuva: CCFE).*

# Fuusiotutkimus Euroopassa

**EUROOPPALAISEN FUUSIOENERGIAN** tutkimuksen tavoitteena on näyttää että fuusioenergia on mahdollinen energia-vaihtoehto tulevaisuudessa. Tämä vaatii pitkäjänteistä täysmittakaavaista tutkimusta, joka olisi liian iso pala yksittäiselle eurooppalaiselle valtiolle saatikka yksittäiselle yritykselle.

Siksi kaikki EU:n jäsenmaat osallistuvat yhteiseen tutkimushankkeeseen, jota koordinoi Euroopan komissio. Sveitsi on myös hankkeessa mukana. Juridinen kehys on ns. EURATOM-sopimus, joka ohjaa jäsenvaltioita fissio- ja fuusiotutkimuksessa.

Vuonna 1999 syntyi ns. EFDA-sopimus (European Fusion Development Agreement), jossa luotiin puitteet nykyiselle eurooppalaiselle yhteistyölle. Esimerkiksi JET (Joint European

Torus) oli vuosina 1999-2007 suoraan EFDA:n vastuulla. Päätös vuonna 2006 uudesta eurooppalaisesta ITER-hankkeesta muutti tuntuvasti eurooppalaista fuusio-ohjelmaa, jolloin 'vanhan' koelaitoksen JET:n operointivastuu siirtyi UKAEA/CCFE:lle (United Kingdom Atomic Energy Authority / Culham Centre for Fusion Energy).

Uusi hanke laajeni samalla siten, että mukana on myös Euroopan ulkopuolisia valtioita kuten Venäjä, Kiina, Intia ja Japani (third countries). Ohjelmalla, joka astui voimaan 1.1.2008, on oma juridinen elimensä 'Fusion for Energy' tai lyhyesti "F4E".

Lisätietoja: <http://www.jet.efda.org>  
ja <http://fusionforenergy.europa.eu>



CCFE-tutkimuskeskus, J1 JET-koelaitos.

## JET:in suunnitteluparametrit

Plasmarenkaan halkaisija:

2,96 m

Plasmakentän halkaisija:

1,25 m (vaaka) ja 2,10 m (pysty)

Magneettinen kenttä

plasma-akselilla:

3,45 T

Plasman tilavuus:

90 m<sup>3</sup>

Plasmavirta:

3,2/4,8 MA

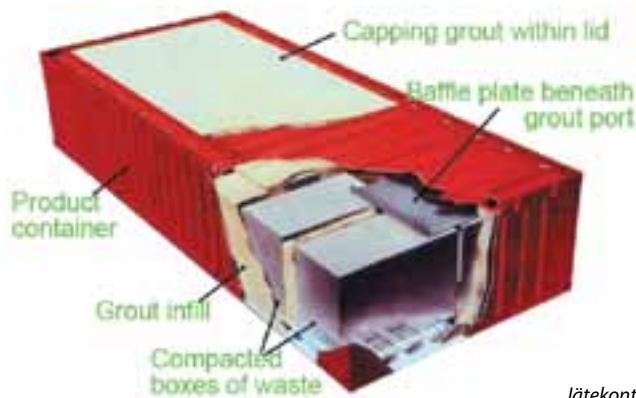
Henrik Immonen  
TkL, LJK, HHJ



Henrik Immonen aloitti ydinvoima-alan työskentelynsä Arevan edeltäjän Framatomen turvallisuustutkimusosastolla Ranskassa.

Sieltä hän siirtyi luomaan ja vetämään Ahlströmin Atomiteknistä osastoa, joka mm. kehitti ja valmisti Loviisan pääkiertopumput. Immonen on ollut kahdesti IAEA:n asiantuntijana. Tänäpäin hän toimii johtotehtävissä teollisuudessa ja on jäsenenä Euratom-Tekes-fuusiotutkimuspanostuksen johtoryhmässä.

# Driggin matala-aktiivisen jätteen loppusijoituspaikka



Jätekontti. (Kuva: LLW Repository Ltd)

Toisen ekskursion päivän vierailukohde keskellä Englannin vehreitä nummia jäi taastusti jokaisen mieleen, jos ei muuten, niin ainakin isäntänä toimineen LLWR Ltd:n johtajan, Mr. Raazin, persoonallisen tyylin vuoksi. Tämän Teksasista tulleen entisen merivoimien kapteenin tyyliin kun kuului leveään teksasin murteen lisäksi pureskella suuren suurta sikaria, silloin kun mies itse ei ollut äänessä. Alaistensa kertoman mukaan rituaaliin kuuluu sytyttää sikari työpäivän päätteeksi. Kohtalaisen pikaisen vierailumme aikana saimme tiiviin ja mielenkiintoisen katsauksen LLWR:n toiminnasta, ja ohjelmaan kuului myös bussikierros loppusijoitusalueella sateisessa säässä.

L LWR (Low Level Waste Repository) on yksi Ison-Britannian yhdeksästätoista kiinteään matala-aktiivisen jätteen loppusijoitustilasta. Se sijaitsee Luoteis-Englannissa, Cumbriassa, lähellä Driggin kylää, noin 6 km Sellafieldestä lounaaseen. Loppusijoitustilaa operoi LLW Repository Ltd, joka on UK Nuclear Waste Management Ltd:n (UKNWM) tytäryhtiö. Jotta asia ei olisi liian yksinkertainen, UKNWM on URS:n, Arevan, Studsvikin ja Serco Assurancen muodostama konsortio, jolla on sopimus Nuclear Decommissioning Authorityn (NDA) kanssa loppusijoitustilan hallinnomisesta. LLWR on tällä hetkellä ainoa laitos Isossa-Britanniassa, joka voi vastaanottaa hyvin monen tyy-

pistä matala-aktiivista jätettä eri tuotantolaitoksilta koko saarivaltakunnasta.

## Loppusijoitettava matala-aktiivinen jäte

Ydinvoimateollisuuden tuotannon ja laitoksien käytöstäpoiston lisäksi matala-aktiivista jätettä syntyy myös mm. tutkimustoiminnasta, terveydenhuollosta, puolustusvoimilta, sekä öljy- ja kaasuteollisuudesta. Jäte koostuu hyvin erilaisista materiaaleista, kuten paperi, muovi, metalli, maa-aines, sepeli, suojarusteet, purkujäte, jne.

UK:ssa tuotetuista radioaktiivisista jätteistä yli 90 % on matala-aktiivista jätettä, jonka aktiivisuus on alle 0,1 % kokonais-

aktiivisuudesta. Matala-aktiiviseksi jätteenä luetaan jätteet joiden alfa-aktiivisuus on alle 4 kBq/g, tai beeta- ja gamma-aktiivisuus alle 12 kBq/g. VLLW:ksi (Very Low Level Waste) luokitellaan jätteet, joiden aktiivisuus on alle 4 Bq/g. Näille VLLW-jätteille on tulevaisuudessa tarkoitus löytää vaihtoehtoinen menettelytapa loppusijoitusta ajatellen.

## LLWR:n historiaa

Toisen maailmansodan aikaan nykyisellä loppusijoitusalueella toimi ammustehdas, jonka saastuttamia maa-alueita käsitellään edelleen. Loppusijoitustoimintaan alueelle myönnettiin lupa vuonna 1957 ja matala-aktiivisten jätteiden loppusijoitus- →

ta on harjoitettu jo vuodesta 1959 saakka. Tuolloin jätteet dumpattiin savimaapohjaisiin ojiin, jotka peitettiin kivillä ja maa-aineksella. Myöhemmin ojiin on laitettu vedenpitävä kate ja ojat on maisemoitu. Nykyään jätteet sijoitetaan betonikaukaloihin standardikokoisissa konteissa, jotka on täytetty betonilla.

## Toiminta laitosalueella

LLWR vastaanottaa matala-aktiivista jätettä lähellä sijaitsevan Sellafieldin lisäksi myös muilta asiakkailta useilta eri teollisuuden aloilta. Jätteet kuljetetaan alueelle pääosin junalla. Maantiekuljetukset pyritään minimoimaan koska tie Driggiin on hyvin kapea ja paikoin heikossa kunnossa, eli ei paras mahdollinen raskasta liikennettä ajatellen. Junasta kontit puretaan vastaanottoalueelle [1], joka sijaitsee raiteiden vieressä. Sieltä kontit kuljetetaan muutaman sadan metrin päässä sijaitsevaan sementointilaitokseen [2], jossa kontti täytetään sementillä. Sementoinnin jälkeen kontit voidaan siirtää betonikaukaloön varastoitaviksi ja loppusijoitettaviksi. Betonikaukaloita on kaksi: vault 8 [3], joka on jo täynnä, ja vault 9 [5], joka valmistui viime vuonna.

Jätteiden varastoinnin aikana ympäristöä monitoroidaan monin eri tavoin. Saadesien, jotka ovat kosketuksissa konttien kanssa, oletetaan voivan kontaminoitua, minkä vuoksi ne johdetaan yhteiseen kaivoon, ja aktiivisuus- sekä raskasmetallipitoisuudet mitataan ennen päästämistä mereen. Loppusijoituslaitoksen sulkeamisen jälkeen monitorointia ei enää tehdä. Periaatteena on, että jäte on eristetty ympäristöstä ja tulevien sukupolvien toiminoilta siten, että sulkemisen jälkeistä valvontaa ei enää tarvita.

## Lisäkapasiteettia

Vault 9 on LLWR:n uusiin konstruktiio, joka tuo alueelle noin 100 000 m<sup>3</sup> lisää varastointi- ja loppusijoitustilaa. Rakentamisen aikana syntynyt louhintajäte (maa-aines) on säilytetty ja sitä tullaan käyttämään kaukalon sulkemistavaiheessa täytemateri-



Driggin loppusijoitusalue.  
(Kuva: LLW Repository Ltd)

aalina. Vault 9:n rakentamiskustannukset olivat noin 20 milj. £. Jätteen käsittely- ym. kulut mukaan lukien yhden loppusijoitettavan jätekuution kustannukseksi tulee noin 2000 £.

## Jätepakkaus

LLWR:ssä loppusijoitetaan jätteet standardikokoisissa, myös kuljetukseen tarkoitetuissa konteissa, jonka pohjapinta-ala on vakio, mutta korkeus voi vaihdella.

Tyypillisesti jätteet pakataan karakterisointimittauksien jälkeen kuljetuskonttiin jätteen syntylaitoksella. Pakkauksen saavuttua LLWR:ään kansi avataan ja tarkastuksen jälkeen vapaa tila täytetään betonimassalla. Betonin lisäksi varmistetaan konttien kestävyys, kun ne pinotaan kuuteen kerrokseen.

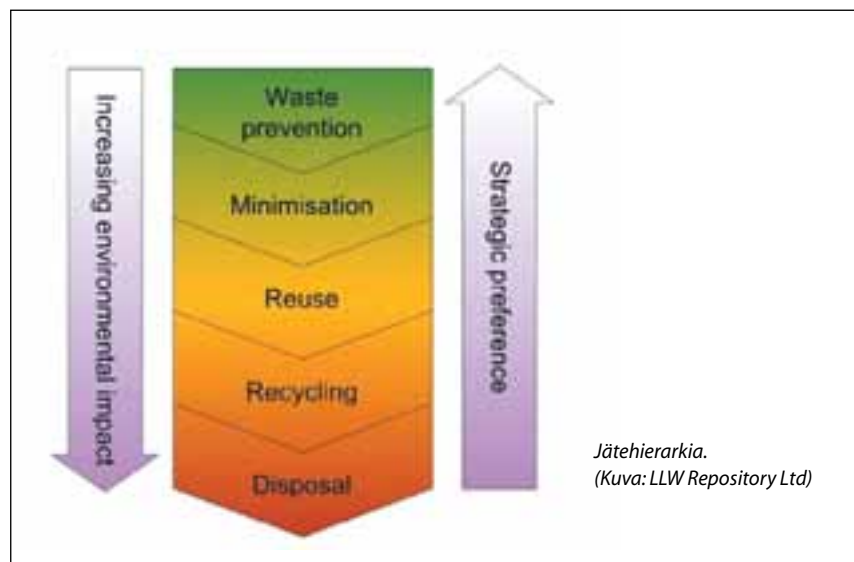
## Tulevaisuuden kehitysmahdollisuudet

Tutkimusten perusteella on pystytty osoittamaan, että nykyiset betoniraken-

teet (vault 8 ja 9) ovat jätteiden turvalliseen loppusijoittamiseen nähden ylimitoitettuja, joten tulevaisuudessa tähdätään hieman kevytrakenteisempiin kaukaloihin. Myös jätepakkausia pyritään kehittämään. Tällä hetkellä jäte loppusijoitetaan kuljetuspakkauksissa, joille on asetettu tiukat laatuvaatimukset, ja sen vuoksi ne ovat melko kalliita.

Meneillään on selvitys uudentyyppisten loppusijoitusastioiden standardisoimisesta. Loppusijoitusastia nostettaisiin kuljetuspakkaukseen kuljetuksen ajaksi ja kuljetuspakkaus voitaisiin käyttää uudestaan. Näillä toiminnoilla jätekustannukset saataisiin useilla kertoimilla pienemmiksi.

Myös itse loppusijoitusalueen laajentamista betoniaseman suuntaan kaavailaan, jolloin saataisiin enemmän tilaa jätteille. Kapasiteettia voitaisiin lisätä myös nostamalla betonikaukaloiden korkeutta muutamalla metrillä. Selvitys tämänkin asian tiimoilta on meneillään.



Jätehierarkia.  
(Kuva: LLW Repository Ltd)



# LLW-strategia uusittu 2010

**NDA JULKAISI** elokuussa 2010 ydinvoimateollisuuden tuottamien kiinteiden matala-aktiivisten jätteiden käsittelyn strategian (UK Strategy for the Management of Solid Low Level Radioactive Waste from the Nuclear Industry). Tämä kahden vuoden työn tulos on myös hallituksen hyväksymä.

**Strategian kolme pääkohtaa ovat:**

## 1. Jätteenkäsittelyn hierarkian soveltaminen matala-aktiivisen jätteen käsittelyyn

### Jätehierarkia

Välttämällä jätteen syntyä saavutetaan suurin hyöty tuotannon aikana. Purettavissa olevien laitoksien kohdalla hyöty ei ole yhtä suuri. Tätä varten luodaan ohjeistus ja opastus.

Jätteiden määrää vähennetään lajittelulla, dekontaminoinnilla ja aktiivisuutta puolittamalla (eli viivästämlä). Edistyksellisillä mittausjärjestelyillä voidaan vapauttaa jätteitä valvonasta, jos ne täyttävät vapautuskriteerit (0,4 Bq/g).

Uudelleenkäyttöön pyritään esimerkiksi rakennuksien osalta, mutta tavoitteena on myös lievästi kontaminoituneiden purkujätteiden käyttö täyttöaineksina.

Uusiokäyttö on varsinkin metallijätteen osalta varteenotettava jätteiden vähentämistapa. Englannissa noin 30 % aktiivisesta jätteestä on metallia, josta jopa 95 % on mahdollista kierrättää. Esimerkiksi Studsvikin palveluja on laajasti käytetty kontaminoituneiden metallien käsittelyssä.

Loppusijoitusta on vältettävä, mikäli muita menetelmiä on käytettävissä.

## 2. Nykyisten tilojen järkevä käyttö

Nykyisten maaperäloppusijoitustilojen käytön optimointi. VLLW-jätteiden loppusijoittaminen muualle kuin LLW-tiloihin.

## 3. Tarkoitukseen sopivien jätteenkäsittelymenetelmien löytäminen ja hyödyntäminen

Kuljetuspakkaukset on yleensä lisensioitu kertaluontoisesti. Tavoitteena on löytää ratkaisut uudelleen käytettäviin kuljetuspakkauksiin.

### Kuljetusreitit on optimoitava.

### Jätteiden luokittelun kehittäminen.

Noin sadan vuoden tarkastelujakson kuluessa tällä strategialla arvioidaan saavutettavan noin 1,6 miljardin punnan säästö, sekä noin 3 miljoonaa kuutiota vähemmän loppusijoitettavaa jätettä.

FM Roger Kvarnström  
Fortum, Loviisan voimalaitos  
Erityisasiantuntija, Radiokemia  
roger.kvarnstrom@fortum.com



Ins. Maiju Paunonen  
Fortum Power & Heat  
Suunnitteluinsinööri, Ydinjätteet  
maiju.paunonen@fortum.com



# Sellafield – ydinvoiman kehto ja vanhainkoti



*Lasituslaitoksen toimintoja ohjaillaan lyijylasin takaa. Kuva: Sellafield Ltd (copyright).*

*Sellafieldin laitosalue on yli 60-vuotisen historiansa aikana nähnyt paljon: maailman ensimmäisen kaupallisen ydinreaktorin käynnistämisen ja sulkemisen, läntisen Euroopan vakavimman ydinonnettomuuden sekä valtavat määrät varastoitavaa ja jälleenkäsiteltävää ydinjätettä.*

**S**iirtyminen ekskursioon ensimmäiseen laitoskohteeseen oli aloitettava varhain aamulla, sillä vaikka matka Manchesterista Sellafieldiin ei ole pitkä, sen taittaminen vie Cumbrian hidaskulkuisen tieverkoston takia paljon aikaa. Pakkassäästä ja tiellä ryntäilevästä lammaslauhasta huolimatta pääsimme perille turvalisesti ja aikataulussa.

Sellafieldin laitosalueen valtava koko paljastui viimeistään vierailupäivämme aloittavan kiertoaajelun aikana. Neljän neliökilometrin kokoisella alueella toimii yli 1000 rakennusta ja työskentelee yli 8000 henkilöä. Alueen omistaa valtiollinen NDA (Nuclear Decommissioning Authority), mutta kaikki työntekijät ovat Sellafield Ltd:n palveluksessa. Sellafield Ltd:n omistaja ja toimintaa johtava taho taas on monikansallinen Nuclear Management Partners.

## Jälleenkäsittely

Toisen maailmansodan jälkeen britit aloittivat aseplutoniumin tuotannon Windscale Pile 1 ja 2 -reaktoreissa entisen TNT-tehtaan paikalla Sellafieldissa. Ensimmäisen sukupolven jälleenkäsittelylaitos käynnistyi vuonna 1951 erottamaan plutoniumia käytetystä polttoaineesta, ja oli käytössä vuoteen 1964 asti.

Vuonna 1964 Sellafieldissa alettiin jälleenkäsittellä Magnox-reaktorien polttoainetta toisen sukupolven jälleenkäsittelylaitoksessa. Laitos on edelleen toiminnassa, ja siellä on jälleenkäsittely kymmeniä tuhansia tonneja käytettyä polttoainetta, palauttaen noin puolet jälleenkäsiteltävästä massasta takaisin polttoainekierto.

Laitosalueen kiertoaajelun jälkeen meidät päästettiin tutustumaan 1990-luvulla toimintansa aloittaneeseen kolmannen sukupolven jälleenkäsittelylaitokseen, joka kantaa nimeä THORP (Thermal Oxide Reprocessing Plant). THORP:ssa jälleenkäsitellään

Magnox-, AGR- ja kevytvesireaktorien polttoainetta, joten asiakkaat eivät ole loppumassa lähivuosina, vaikka viimeiset Magnox-reaktorit lopettavatkin toimintansa parin vuoden sisällä.

Eri puolilta maailmaa THORP:iin tuleva käytetty ydinpolttoaine poistetaan kuljetussäiliöistä veden alla, ja siirretään suuriin varastoaltoiisiin polttoainetyypistä riippuen joko terästynnyreissä tai sellaisenaan. Myöhemmin käsiteltyvuoroon tulleet polttoaine siirretään varastoaltaista syöttöaltaan kautta giljotiinille, joka tekee polttoainepuista viiden senttimetrin mittaisia paloja.

Palat upotetaan kuumaan typpiin happoon, jolloin käytetty polttoaine liukenee happoon ja metalliosat voidaan poistaa. Tämän jälkeen happoon liuenneet uraani, plutonium ja fissiotuotteet erotetaan toisistaan kemiallisella käsittelyllä. Lopputuloksena saatuja  $UO_3$ :a ja  $PuO_2$ :a voidaan käyttää Sellafieldissa uuden MOX-polttoaineen (mixed oxide fuel) valmistukseen. Fissiotuotteet puolestaan siirretään lasitettavaksi, minkä jälkeen ne varastoidaan korkea-aktiivisena jätteenä.

## Käytöstäpoisto

Seuraava vierailukohtemme Sellafieldin alueella oli Calder Hall, maailman ensimmäinen kaupallinen ydinvoimala (pl. semikokeellinen Obninskin 5 MWe reaktori). Calder Hall tuotti sähköä vuodesta 1956 vuoteen 2003 neljän 50 MWe tehoisen Magnox-reaktorin voimin. Vuonna 1998 saimme lukea ATS Ydintekniikka -lehestä, että laitosta aiotaan ajaa 50-vuotiaaksi asti, mutta vanha sotaratsu päätettiin tappiota tuottavana varhaiseläkkeelle muutamaa vuotta ennen kyseistä rajapyykkiä.

Nyt Calder Hall on osa Sellafieldissa ja koko Yhdistyneessä Kuningaskunnassa meneillään olevia massiivisia käytöstäpoistohankkeita. Pelkästään Sellafieldissa käy-

töstäpoiston parissa työskentelee yli 2000 henkilöä 150 eri projektissa. Suurimmat haasteet liittyvät varhaisen tutkimustoiminnan ja ydinaseohjelman taakseen jättämiin ongelmiin.

Ulkoa katsottuna Calder Hallin laitos on muuttunut sitten käyttövuosiensa; maamerkinä olleet lauhdutustornit on räjäytetty maan tasalle, ja reaktorirakennusten kulmissa ulkosalla sijaitsevista höyrystimitä on poistettu eri väreihin maalatut eriste-pellit ja asbestieristeet.

Vierailimme Calder Hall 1 & 2 -yksiköiden yhteisessä turbiinihallissa sekä kakkosyksikön reaktorirakennuksen päätasolla ja valvomossa. Vaikka viimeistä latauserää pidetään edelleen jäähtymässä reaktorissa, laitoksen rakennuksissa ei työskentele päivittäin enää ketään. Reaktorin tilaa valvotaan etäyhteyden välityksellä.

Autiot turbiinihallit ja nostalginen 50-luvun valvomo odottavat purkamistaan. NDA:n tavoitteena on poistaa polttoaine Calder Hallin reaktoreista vuoteen 2015 mennessä. Laitos puretaan vuoteen 2024 mennessä passiiviseen "care and maintenance" -vaiheeseen, joka kestää 2100-luvun alkupuolelle saakka, jolloin lopullinen purkaminen suoritetaan.

## Lasituslaitos

Sellafield-päivämme viimeisenä kohteenä pääsimme tutustumaan korkea-aktiivisen jätteen lasituslaitokseen (vitrification plant), joka aloitti toimintansa vuonna 1991.

Laitos sisältää kolme tuotantolinjaa. Linjat ovat suurikokoisia kuumakammioita, joissa on metrien paksuiset betoniseinät. Osaa tuotantolinjojen toiminnoista voidaan operoida valvomosta käsin, osa tehdään "paikan päällä" paksujen lyijylasi-ikkunoiden takaa käsikäyttöisten ohjauslaitteistojen avulla. Prosessin tarkoitus on →





Jälleenkäsitteltävää polttoainetta THORP:n varastoaltaassa. Kuva: Sellafield Ltd (copyright).

saattaa jäte muotoon, jossa se säilyy turvallisesti tuhansien vuosien ajan.

Polttoainekelpoisista materiaaleista jälleenkäsittelyssä eroteltuun, fissiotuotteet sisältävään köyhdytettyyn nesteeseen lisätään sokeria, ja seos pasutetaan. Tämän jälkeen raemaiseen muotoon saatu jäte syötetään lasinjyviin kanssa sulatusuuniin, josta sula lasiseos valutetaan ruostumattomasta teräksestä valmistettuihin sylintereihin kiinteetymään. 150-litraiset sylinterit suljetaan hitsaamalla, niiden ulkopinnat dekontaminoidaan, ja ne siirretään ulos kuumakammioista ilmajäähdytteiseen varastoon. Varasto koostuu useasta sadasta pystysuuntaisesta tuubista, joihin kuhunkin mahtuu 10 sylinteriä päällekkäin. Tähän mennessä kertyneet sylinterit täyttävät varaston noin puolilleen.

## Sellafieldin tulevaisuus

Moni asia Sellafieldissä viittaa siihen, että toimintoja ollaan ajamassa alas, moni taas

sihen että ei. Käytöstäpoistoon liittyviä toimia näyttää olevan menossa joka puolella laitosaluetta, mutta samaan aikaan jälleenkäsittelytoiminta jatkuu täydellä kapasiteetilla.

NDA:n tämänhetkisen strategialuonnoksen mukaan THORP:n toiminta loppuu kuitenkin jo vuonna 2020 ja lasituslaitoksen 2026.

Kaikki toiminta laitosalueella voitaisiin lopettaa 2100-luvun alkupuolella. Epäilemättä käytöstäpoistoviranomaisen toimenkuvaan kuuluu asettaa tämänlaisia tavoitteita, mutta aika näyttää kuinka käy. Lokakuussa 2010 Iso-Britannian hallitus ilmoitti, että Sellafield on edelleen paikavaihtoehtojen joukossa, kun seuraavia ydinvoimalaitoksia aletaan rakentaa.

FM Jussi Huotilainen  
Fortum  
Suunnitteluinsinööri  
Säteilyturvallisuus  
jussi.huotilainen@fortum.com





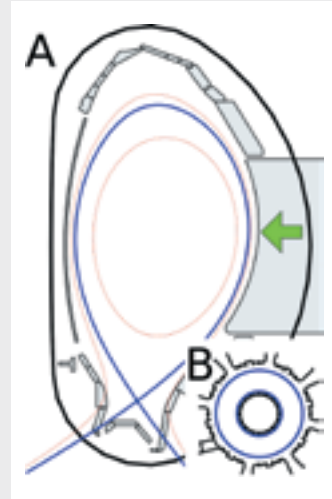
# Epäpuhtauksien kulkeutumisen simulointi ASDEX Upgrade -fuusioreaktorissa

**SATAMILJOONA-ASTEISEN FUUSIOPLASMAN** ja reaktorin ensiseinämän välisen vuorovaikutuksen ymmärtäminen ja hallitseminen on ensisijaisen tärkeää kaupallisen fuusiovoimalan toimivuuden kannalta. Kriittisimmät huolenaiheet reaktorin ensiseinämän tehokoruman kannalta ovat tällä hetkellä ELMit (Edge Localized Modes) eli äkilliset ja väkivaltaiset plasman purkaukset. Vaikka nämä saataisiin hallittua, ovat tulevaisuuden fuusiovoimalat melkein jatkuvatoimisia sekä erittäin suuri-tehoisia, minkä seurauksena seinän ja plasman vuorovaikutus on silti huomattavaa ja nykyiset pienet ongelmat voivat muuttua suuriksi.

**MAHDOLLISIA HUOLENAIHEITA** ovat radioaktiivisen tritiumin ylenpalttinen kertyminen seinille hiilivetyinä, neutronisäteilyn aiheuttama materiaalien vaurioituminen, seinien eroosio sekä seinästä irronneiden epäpuhtausatomien epätasainen kulkeutuminen ja kasautuminen tietyille alueille. Ensiseinämän lisäksi on huolehdittava plasman koossapidosta, eikä raskaita epäpuhtausatomeja saa kulkeutua liiallisia määriä plasman keskusta, missä ne säteilevät pois lämpöä.

**PLASMAN JA** ensiseinämän vuorovaikutuksen tutkiminen on poikkitieteellinen ala yhdistäen tutkimuskohteita plasmafysiikasta molekyyliidynamiikkaan. On ymmärrettävä, kuinka seinämateriaalit käyttäytyvät reaktoriolosuhteissa, kuinka paljon seinästä irtoaa epäpuhtausatomeja, kuinka nämä kulkeutuvat plasmassa ja kuinka nämä epäpuhtaudet vaikuttavat plasmaan. Kokeellisesti epäpuhtauksien kulkeutumista on tutkittu mm. merkkiainekokeilla. Vuonna 2007 ASDEX Upgrade (AUG) tokamak-reaktoriin ruiskutettiin isotooppisesti merkittyä metaania (tavalliset hiili-12 atomit oli korvattu hiili-13:lla) yksinkertaisissa plasmaolosuhteissa. Kokeen jälkeinen hiili-13:n profiili reaktorin ensiseinämällä mitattiin secondary ion mass spectrometry (SIMS) -menetelmällä VTT:llä. Koetilanne on esitetty kuvassa.

**TÄSSÄ DIPLOMITYÖSSÄ** tutkittiin numeerisesti epäpuhtauksien kulkeutumista keskittyen vuoden 2007



AUG:n poikkileikkaus (A) sekä kuva ylhäältä päin (B). Merkkiaineena käytetty <sup>13</sup>C-metaania ruiskutettiin vihreän nuolen osoittamasta kohdasta toroidaaliseen sektorista 9. Sinisellä viivalla on merkitty ns. separatrix, viimeinen suljettu vuopinta, joka jakaa plasman kuumaan ytimeen sekä ensiseinämän lähellä olevaan kuorintakerrokseen.

AUG-merkkiainekokeeseen. Työssä käytettiin nestemalliin perustuvaa OEDGE-koodia. Epäpuhtauksien mallintaminen vaatii tarkkaa tietoa plasman olosuhteista niinkutsutussa kuorintakerroksessa eli plasman uloimmasosa osassa. Diagnostiikkaa on tarjolla varsin rajallisesti ja tämän takia työhön sisältyi paljon taustaplasman mallintamista ennen itse epäpuhtauksien tarkastelua.

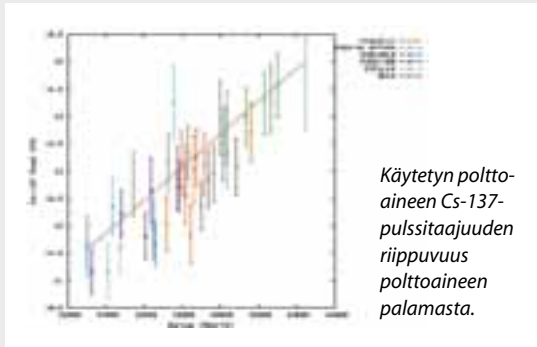
**TYÖSSÄ HAVAITTIIN**, että virtaukset plasman kuorintakerroksessa ovat ratkaisevia epäpuhtauksien kulkeutumisen kannalta. Tämä on jossain määrin huolestuttavaa sekä tärkeää tietoa, sillä kuorintakerrosten virtauksien fysiikkaa ei vielä täysin ymmärretä ja mittauksia on toistaiseksi niukasti. Epävarmoja parametreja varioitiin sekä erilaisia vaihtoehtoisia hypoteesejä testattiin kokonaiskuvan saamiseksi, mutta tämän työn valossa vaikuttaa siltä, että virtaukset ovat pääosassa. Vertailu SIMS-tuloksiin osoitti, että koetulosten selittämiseksi tarvitaan kokeellisia mittauksia paremmin vastaava ad-hoc-virtausprofiili taustaplasalle.

*Opinnäytetyö hyväksytty Aalto-yliopiston teknillisessä korkeakoulussa.*

DI Toni Makkonen  
Tutkija  
Aalto-yliopiston  
teknillinen korkeakoulu  
Teknillisen fysiikan laitos



# Tietokannan käyttö käytetyn polttoaineen verifikaatiomittauksissa



**SAFEGUARDS, ELI** ydinmateriaalien valvonta sen varmistamiseksi, että niitä ei käytetä ydinasetarkoituksiin, on ollut oleellinen osa ydinenergian käyttöä sen alkua ajoista lähtien. Safeguardsin perustana on yhä ydinmateriaalikirjanpito ja sen verifiointi, mutta tekniikan kehityessä sekä mittalaitteiden että polttoainekierto- ja reaktorilaitosten osalta ydinmateriaalin verifikaatiomittaukset ovat nousseet tärkeään rooliin.

**LOPPUSIJOITUSLAITOSTEN TOIMINNAN** alkaminen tulee kuitenkin asettamaan toiminnalle aivan uusia haasteita, sillä loppusijoitettua käytettyä polttoainetta ei enää voida verifioida perinteisin mittauksin tai tarkastuksin. Loppusijoitus eroaa tältä osin oleellisesti tähän asti käytössä olleista pitkäaikaisvarastointi- ja polttoaineenkäsittelytavoista, joissa ydinmateriaalit voidaan verifioida esim. mittauksin, jos niiden diversiota asekäyttöön epäillään.

**KOSKA LOPPUSIJOITETTUJA** materiaaleja ei enää päästä tarkastamaan, safeguards-vaatimusten täyttäminen vaatii kahden asian varmistamista: loppusijoitustilan eheys tulee olla todennettavissa, jotta voidaan luottaa, että materiaalia ei päästä poistamaan sieltä salaa, ja käytetty polttoaine tulee ennen varsinaista loppusijoitusta karakterisoida mittauksin niin tarkasti, että voidaan varmistua, että loppusijoitetuksi ilmoitetut materiaalit on todella kokonaisuudessaan loppusijoitettu. Koska käytetyn polttoaineen kiinnostavuus safeguards-mielessä jatkuu vielä pitkään loppusijoituksen jälkeen, täytyy myös mahdollisuus varmistua yllämainittujen ehtojen täyttymisestä jatkua kymmeniä, ellei jopa satoja vuosia. Materiaalin karakterisoinnin osalta tämä siis tarkoittaa sitä, että loppusijoitetun materiaalin karakterisointimittaus-

ten tulokset ja raakadata tulee olla tallennettuna riittävän luotettavasti, jotta tämän vaatimuksen täyttyminen pystytään varmistamaan.

**NÄIDEN MITTAUSTIETOJEN** pitkäaikaista ja luotettavaa tallentamista varten suunniteltiin ja toteutettiin tietokanta. Tämä sovellus vaatii poikkeuksellisen pitkiä säilytysaikoja, joten tietokannan pohjaratkaisuissa jouduttiin ottamaan tämä erityisesti huomioon. Koska näin pitkän säilytysajan puitteissa on odotettavissa huomattavaa teknistä kehitystä tietokoneiden ja tietokantajärjestelmien osalta ja koska vastaavasti vanhempien järjestelmien tekninen tuki todennäköisesti poistuu, perustaksi valittiin avoin, yleisesti käytössä oleva tietokantajärjestelmä. Nimenomaisena tavoitteena oli valita järjestelmä, jolle olisi odotettavissa pitkäaikaista tukea ja päivityksiä, mutta josta on mahdollista siirtyä muuhun ratkaisuun, mikäli tukea ei ole saatavissa.

**TIETOKANTAA EI** ole tarkoitettu yksinomaan yllä kuvattujen viimeisten karakterisointimittauksen tallentamiseen. Se on suunniteltu siten, että sinne voidaan tallentaa – ja jo nyt tallennetaan – tällä hetkellä suoritettavien verifikaatiomittauksen tulokset. Nämä nippujen välivarastoinnin aikana suoritettujen mittauksen tulokset toimivat vertailukohtana viimeisille verifikaatiomittauksille.

Lisäksi tietokannan käyttö auttaa jo nykyisten mittauskampanjoiden tulosten analyysissä. Koska tietokanta sisältää sekä verifikaatiomittauksen kannalta oleelliset tiedot että edellisten mittauksen tulokset, se mahdollistaa analyysien automatisoinnin paljon tehokkaammin kuin perinteiset tiedostopohjaiset tallennusjärjestelmät. Tästä johtuen tietokannan käyttöönotto on jo tehostanut nykyistä verifikaatiomittaustoimintaa.

*Opinnäyte hyväksytty  
Aalto-yliopiston teknillisessä korkeakoulussa.*

DI Antero Kuusi  
Säteilyturvakeskus  
Tarkastaja  
Ydinjätteiden ja ydinmateriaalien valvonta  
antero.kuusi@stuk.fi



# ATOMIVOIMAA SUOMEEN -seminaari 17.11.2010



*ATS Young Generation järjesti yhdessä ATS Seniorien kanssa seminaarin ydinvoiman alkuaskelista Suomessa Helsingin Säätytalolla. Tilaisuuteen osallistui noin 80 seuran jäsentä.*

*Akateemikko Pekka Jauho pitämässä esitelmää.*

**M**aailmalla useat maat suunnittelevat tai harkitsevat uusien ydinvoimaloiden rakentamista. Uusia ydinvoimalahankkeita viritellään myös maissa, joissa ei tällä hetkellä ole ydinvoimaloita.

Ennen maan ensimmäisen ydinvoimalan rakentamista täytyy monia perusasioita saada kuntoon, kuten lainsäädäntö, koulutusasiat, viranomaistoiminta sekä riittävä ydintekninen osaaminen voimayhtiölle.

Edellä mainittujen fundamenttien luomisen tyhjästä on mittava urakka, joka kuitenkin aloitettiin mm. Suomessa menestyksekkäästi noin puoli vuosisataa sitten.

ATS YG:n seminaarin aiheeksi valikoitui keväällä ydinvoiman alkutaival Suomessa. Aihevalinnan jälkeen oli luontevaa järjestää seminaari yhdessä ATS Senioreiden kanssa. Seminaarin ohjelman suunnittelussa tuli nopeasti ilmi, että aiheiden runsaudenpulan vuoksi seminaari jaetaan

kahteen osaan. Seminaarin ensimmäisessä osassa Säätytalolla 17.11. keskityttiin koulutukseen ja tutkimukseen sekä viranomaistoimintaan ja lainsäädäntöön.

Kontrastia nykyisyyteen haettiin ajankohtaisilla esityksillä koulutukseen ja viranomaistoimintaan liittyen. Keväällä 2011 järjestettävä toinen osa painottuu toteutettuihin ydinvoimalaprojekteihin ja ydinjätehuoltoon.

→



*Antti Vuorinen kommentoimassa yleisön esittämää kysymystä.*

## ESITYKSET

**AKATEMIKKO PEKKA JAUHO** piti seminaarin ensimmäisen esityksen kertoen atomivoiman tulemisesta Suomeen. Jauho ja hänen kollegansa kävivät kouluttautumas- sa ulkomailta ja toivat siten atomivoima- osaamista mukanaan. Suomen näkökul- masta Genevessä pidetyt kolme konferens- sia atomivoiman rauhanomaiselle käytöl- le olivat tärkeitä. Ensimmäinen konferens- si vuonna 1955 oli vielä hieman hapuileva, mutta toisessa konferenssissa vuonna 1958 oli jo päästy vauhtiin ja keskustelu oli avoin- ta. Sen yhteydessä suomalaiset kuulivat TRIGA-tutkimusreaktorista ja saivat ostet- tua sen hyvin edullisesti. Kolmatta konfe- renssia vuonna 1964 varjosti kylmä sota, minkä vuoksi USA ja Neuvostoliitto olivat varovaisia puheissaan, eikä todellista kes- kustelua enää syntynyt. Jauho keskittyi pääasiassa akateemisen uran sijaan opet- tamiseen ja koulutti TKK:n ydinfysiikan pro- fessorina toimiessaan yli sata diplomi-insi- nööriä ja 34 tekniikan tohtoria.

**SEPPO SALMENHAARA** piti esityksen FIR 1 -tutkimusreaktorin hankinnasta ja alku- vaiheista. Aluksi muisteltiin ennen TRIGAA ollutta alikriittistä miilua, joka myöhemmin purettiin. Esityksessä pureuduttiin myös tutkimusreaktorilla tehtyihin modifikaati- oihin, joissa mm. reaktorin lämpöteho on saatu nostettua 100 kW:sta 250 kW:iin. TRI- GAA on vuosien saatossa käytetty koulu- tuksen ja tutkimuksen lisäksi hyväksi myös isotooppituotannossa sekä BNCT-hoidoi- sa. Salmenhaaran esityksen jälkeen yleisös- sä ollut **Jussi Vaurio** kertoi tehonnostoa varten tehdyistä selvityksistä turvallisuu- teen ja laitteiston mitoittamiseen liittyen. FIR 1:n tehonnosto oli ensimmäinen puh- taasti suomalainen suunnittelu- ja toteu- tusprojekti kriittiselle reaktorille.

**JORMA AURELA** piti esityksen koulutuk- sen ja tutkimuksen nykytilanteesta ja tu- levaisuudesta. Tutkimuspuolella uusien laitoslupien myötä ydinvoimatutkimuk- sen rahoitus on nousussa. Tämä näkyy jo SAFIR2014-tutkimusohjelman rahoitukses-

sa. Suomen tutkimusbudjetista valtaosan muodostaa voimayhtiöiden ydinjätehuol- totutkimus. Valtiolta tulee hyvin pieni osa ydinvoimatutkimuksen rahoituksesta, mikä näkyy mm. GenIV-konseptien tutkimuksen vaatimattomassa rahoituksessa. Koulutus- puolella näkyy ensimmäisten ydinsukupol- vien eläköityminen ja uusien asiantuntijoi- den koulutus alalle.

Kansallisella tasolla on parhaillaan käyn- nissä ydinturvallisuuskurssi YK8 ja YK9 on jo suunnitteilla. Lisäksi organisaatioilla on omat koulutusohjelmansa uusille työnte- kijöille. Esityksensä lopuksi Aurela kertoi Työ- ja elinkeinoministeriössä perustetus- ta osaamisyöryhmästä, jonka toimeksian- tona on hahmottaa tulevaisuuden ydinvoi- ma-alan infrastruktuuri- ja koulutustarpeet sekä keinot niiden saavuttamiseksi. Työryh- mään on koottu laajapohjainen asiantunti- jajoukko ja työn takaraja on 31.5.2011.

**JUHANI SANTAHOLMA** piti ydinvoiman säännöstoista ja sopimuksista esityksen, jossa hän kertoi näiden syntyhistoriasta ja



kehittymisestä. Esiin nousivat mm. atomienergalaki, jota lopulta sovellettiin vain Loviisa 1 -laitosyksikköön, valtioneuvoston huomioiminen seuraavien laitosten päätöksissä sekä uudempi ydinenergalaki ja Suomea sitovat kansainväliset sopimukset.

**ANTTI VUORINEN** kertoi viranomaistoinnin käynnistämisestä. Tiedon saanti tärkeistä turvallisuuteen liittyvistä aiheista oli alkuun haastavaa, sillä eri mailla oli erilaiset lähestymistavat ja monia tietoja suojeltiin kuin pankkisalaisuuksia ikään. Lopulta Säteilyfysiikan laitoksen oli kehitettävä omat viranomaiskäytäntönsä Suomeen, vaikka moista maailmalla kritisoitiinkin: pienen maan ei olisi sopinut sooloilla.

Laadunvarmistuksen ymmärrettiin olevan tärkeää ja siihen panostettiin. Tämä huomattiin myös muualla, sillä Vuorisen mukaan venäläiset laitostoimijat lopulta kiittelivät, kun suomalaisten ansiosta myös he alkoivat saada parempilaatuisia tuotteita omilta tehtailtaan.

**PEKKA SALMINEN** esitteli YVL-ohjeiston kokonaisuudistushanketta. Ohjeiston uudistushankkeen tavoitteena on parantaa ohjeiston rakennetta ja tätä kautta YVL-ohjeiden käyttäjävälisyyttä. YVL-ohjeiston nimeä tai juridista asemaa ei hankkeessa muuteta.

Muutoshanke käynnistyi jo 2005 ja vauhti on kiihtymässä loppua kohti. Ohjeistomuutoksen kenties suurimpana muutoksena on ohjeiden ryhmittely ja esitysmuoto. YVL-ohjeiden vaatimukset tullaan esittämään tiiviisti ja numeroimaan. Uudistamisen yhteydessä YVL-ohjeet laajenevat hieman. Vanhoista aiheista on olennaisesti muuttumassa testaus- ja tarkastustoiminta. Aikataulutavoitteena on, että uusi YVL-ohjeisto on valmis 2011 loppuun mennessä.

**TAPANI GRAAE** kertoi esityksessään kotimaisen teollisuuden valmistautumisesta atomivoimaloiden aikaan. Teollisuus järjestäytyi ensin Suomen Atomiteollisuusryhmäksi vuonna 1966 ja myöhemmin vuonna

1969 Oy Finnatom Ab:ksi. Finnatom ja teollisuusyritykset kunnostautuivat laitteiden ja laskentajärjestelmien kehityksessä sekä komponenttien valmistajina. Vuonna 1967 tehdyn selvityksen mukaan Suomen teollisuudella oli valmiudet valmistaa kaikkien kolmen tutkimuksessa selvitetyn reaktorityypin osalta yli puolet laitoksen komponenteista. Ikävä kyllä suuri osa osamisesta ja valmiuksista katosi Suomesta 1980-luvun jälkeen, kun uusia tilauksia ei enää tullut.

## PANEELI

Seminaarin lopuksi järjestettiin paneeli, johon osallistuivat ATS-seniorien jäsenet **Antti Vuorinen**, **Kalevi Numminen** ja **Ilkka Mäkipentti** sekä nuorempaa sukupolvea edustivat **Maria Palomäki** TVO:lta ja **Nici Bergroth** Fortumilta.


Keskustelun aluksi panelistit ruotivat hieman ydinvoiman tulevaisuudennäkymiä Suomessa. Panelistit olivat yksimielisiä, että Suomeen rakennetaan lisää fissiovoimaa vielä Olkiluoto 4- ja Fennovoima 1 -laitosyksiköiden jälkeenkin; sen sijaan fuusiovoiman kaupallisen käytön uskottiin olevan vielä yli 50 vuoden päässä.

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto ydinvoimalla viritti panelisteissa eloisaa keskustelua. Lähtökohtaisesti menetelmää pidettiin hyvänä, mutta keskustelussa nousivat eteen myös haasteet kuumen lauhdeveden siirrossa, kun matkat ovat suhteellisen pitkiä.


Toinen runsaasti keskusteluttanut asia oli nykyinen koulutustilanne sekä tiedon siirto kokeneilta työntekijöiltä nuoremmille. Voimayhtiöissä nykyisin käytössä olevaa periaatetta, jossa projekteihin osallistuu työpareina nuorempi ja kokeneempi henkilö, pidettiin yleisesti hyvänä toimintatapana.

*Seminaarissa näytetyt esityskalvot ja Graaen puhe löytyvät ATS:n www-sivuilta.*


DI Janne Vahero  
TVO  
Säteilyturvallisuusinsinööri  
Ydinturvallisuusosasto  
janne.vahero@tvo.fi



DI Ville Tulkki  
Teknologian tutkimuskeskus VTT  
Tutkija  
Ydinpolttoaine  
ville.tulkki@vtt.fi



DI Malla Seppälä  
Teknologian tutkimuskeskus VTT  
Tutkija  
Reaktoridynamiikka  
Malla.Seppala@vtt.fi



DI Tapani Raunio  
Fortum, Power Division  
Suunnitteluinsinööri  
Nuclear Safety  
tapani.e.raunio@fortum.com





# Syysseminaari 2010

*Suomen Atomiteknillisen Seuran perinteinen syysseminaari järjestettiin 4. marraskuuta hotelli Linnassa Helsingissä. Seminaarin aihe oli hyvin ajankohtainen: Ydinenergian näkyvät PAP-päätösten jälkeen.*

**S**eminaarin ajankohta ja aiheen valinta olivat ilmeisesti osuneet nappiin, sillä seminaariin oli ilmoittautunut yli 200 henkeä. Tilaisuuden aikana kierrätettyyn nimilistaankin kertyi yhteensä 171 nimeä. Suuren osallistujamäärän vuoksi tilaisuus olikin jaettu kahteen saliin. Esitykset pidettiin hotelli Linnan Jugend-salissa kuten ennenkin, mutta tämän lisäksi seminaaria oli mahdollista seurata videon välityksellä alemman kerroksen Dahlia-kabinetissa. Suuren väkimäärän huomioon ottaen tilaisuus sujui varsin jouhevasti ja aikataulussakin pysyttiin hyvin. Seminaarissa pidetyt esitykset löytyvät pdf-tiedostoina ATS:n [www-sivuilta](http://www.sivuilta) <http://www.ats-fns.fi/>.

## Työryhmä pohtimaan ydinenergiaosaamisen kehittämistä

Ensimmäisen esityksen piti yli-insinööri **Jorma Aurela** Työ- ja elinkeinoministeriöstä (TEM). Aurela kävi läpi myönteisiä periaatepäätöksiä ja niille annettuja ehtoja sekä eduskunnan lausumia muun muassa suomalaisen työvoiman, osaamisen ja yritys-

kentän hyödyntämisestä ydinvoimahankkeissa. Tähän liittyen TEM on 27.10.2010 perustanut työryhmän pohtimaan osaamisen kehittämiseen liittyviä kysymyksiä.

Työryhmää johtaa **Riku Huttunen** (TEM) ja sen muut jäsenet edustavat laajasti ministeriöitä, viranomaisia, yliopistoja, tutkimuslaitoksia ja voimayhtiöitä. Esityksensä lopuksi Aurela totesi myönteisillä periaatepäätöksillä olevan suuri merkitys sähköhuollossa tavoitellun omavaraisuuden ja päästövaikutusten kannalta.

## Olkiluoto 4, Fennovoima 1 ja Posivan loppusijoitusohjelma

TVO:n toimitusjohtaja **Jarmo Tanhua** ja Fennovoiman projektinkehitysjohtaja **Kai Salminen** esittelivät myönteisen periaatepäätöksen saaneita Olkiluoto 4- ja Fennovoima 1 -hankkeita sekä projektien aikatauluja.

Tanhua kertoi lisäksi Olkiluoto 1- ja 2 -laitosten vuosien 2010 ja 2011 vuosihuolloista, jotka ovat laitosten historian suurimmat sekä Olkiluoto 3:n aikataulusta. Olkiluo-



Säteilyturvakeskuksen Petteri Tiippana.

to 3:n on tarkoitus tuottaa sähköä vuonna 2013.

Fennovoiman ydinvoimalaitos rakennetaan Simoon tai Pyhäjoelle. Lopullinen paikkavalinta tehdään vuonna 2011. Fennovoiman aikataulun mukaan reaktori-toimittaja valitaan vuonna 2012 kolmesta vaihtoehdosta, voimalaitosrakentaminen aloitetaan vuonna 2015 ja laitos on käyttökunnossa vuonna 2020. TVO ei antanut ihan yhtä yksityiskohtaisia aikataulusuunnitelmia. Rakentamislupa on jätettävä viimeistään vuonna 2015 ja tarkoitus on saada reaktori toimintaan vuonna 2020.

Posivan toimitusjohtaja **Reijo Sundell** esitteli Posivan loppusijoitushankkeen tilannetta ja sen laajentamista tulevaisuudessa. Posiva on perustettu vuonna 1995, mutta geologista loppusijoitusta on tutkittu jo vuodesta 1978 alkaen eli lähes yhtä kauan kuin ydinsähköä on Suomessa tuotettu. Loppusijoituksen aikataulun mukaan loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemus jätetään vuoden 2012 aikana ja käyttölupahakemus vuonna 2018. Loppusijoituksen on tarkoitus alkaa vuonna 2020 ja se saadaan päätökseen vuoteen 2120 mennessä, jolloin ONKALO suljetaan. Loppusijoitusluolan laajentamisessa on varauduttu Olkiluodon reaktorien 1 - 4 ja Loviisan reaktorien 1 - 3 jätteisiin. Kuumana aiheena tällä hetkellä on, minne Fennovoima aikoo käytetyn polttoaineensa loppusijoittaa.

Seminaarissa Sundellilta kysyttiin, miksi Fennovoiman käytetty polttoaine ei mahdu Olkiluodon loppusijoituslaitokseen. Vastauksena oli, että loppusijoitusalue on tutkittu olettaen, että Olkiluoto 1 - 4:n ja Loviisa 1 - 3:n jätteet mahtuvat tiloihin. Sundellin mukaan Posivan omistajilla ei ole ollut tarvetta tämän laajempiin kartoituksiin.

## Säteilyturvakeskus paineen alla

Lopuksi **Petteri Tiippana** Säteilyturvakeskuksesta kertoi, miten STUK valmistautuu uusiin ydinvoimahankkeisiin. Taustana Tiippana esitti valvontaan kuluneita henkilöresursseja. Vuodesta 2004 alkaen Olkiluoto 3 -projekti on vienyt resursseja vähintään yhtä paljon kuin toimivat voimalaitokset yhteensä ja suunta on ollut kasvava. Henkilöstön määrä ei ole kuitenkaan kasvanut samassa suhteessa. Voimalaitosten lisäksi STUK:lla on lähitulevaisuudessa edessään muun muassa käytetyn polttoaineen loppusijoitustilan luvitus ja VTT:n tutkimusreaktorin käyttöluvan jatkohakemus. Henkilöresurssikysymys on siis ilmeisen haasteellinen myös viranomaisnäkökulmasta. Tiippanan mukaan näihin haasteisiin vastataksaan STUK on muun muassa suunnitellut vaativansa lupahakijoilta "valmiimpaa materiaalia". Myös esimerkiksi laitos-toimittajia tulisi valistaa turvallisuusvaatimuksista jo tarjouspyyntövaiheessa. Muun muassa näillä toimilla STUK toivoo oman työmääränsä lupahakemusta ja valvottavaa laitosta kohden pienenevän.

Esitysten päätteeksi Venäjän sisarjärjestön ydinenergia-veteraanien edustaja **Vasili Kalinin** esitti tervehdyksensä ATS:lle ja kertoi veteraanitoiminnan kuulumisia Venäjältä.

Tämän jälkeen alkoi seminaarin epävirallisempi osuus buffet-illallisen merkeissä. Tarjoilusta kiitämme ydinvoimayhtiöitä Fennovoima, Fortum ja TVO.

TkT Silja Holopainen  
VTT  
Tutkija  
Reaktorifysiikka  
silja.holopainen@vtt.fi



# TAPAHTUMAKALENTERI

## Jäsentilaisuus aiheena Posivan ja SKB:n toiminta

Eurajoki 27.1.2011.

Lisätiedot ja ilmoittautumiset:

Silja Holopainen

silja.holopainen@vtt.fi

## ATS:n vuosikokous 8.3.2011.

Lisätiedot ja ilmoittautumiset:

Silja Holopainen

silja.holopainen@vtt.fi

## Säteilevät Naiset -seminaari 17.3.2011.

Lisätiedot ja ilmoittautumiset:

Karin Rantamäki

karin.rantamaki@vtt.fi

## Atomivoimaa Suomeen

Seminaarin toinen osa huhtikuussa 2011.

Lisätietoja kaikista ATS:n tapahtumista  
löytyy internetistä: [www.ats-fns.fi](http://www.ats-fns.fi)

# UUDET JÄSENET

## VARSINAISIA JÄSENIÄ

- Antti Tarkiainen, TVO
- Reeta Tarkiainen, TVO
- Reda Guerfi, Fortum
- Hannu Tuulensuu, TVO
- Mari Vuorinen, Fortum
- Ari Kanerva, Fortum

## OPISKELIJAJÄSENIÄ

- Liisa Salminen, LUT
- Eero Inkeri, LUT
- Ville Kakkonen, LUT

Suomen Atomiteknillisessä Seurassa oli 29.11.2010 pidetyn johtokunnan kokouksen jälkeen 578 varsinaista jäsentä ja 33 opiskelijajäsentä.

Kunniajäseniä oli 11 ja kannatusjäseniä 20.

Seuran jäseneksi pääsee johtokunnan hyväksymällä hakemuksella.

Hakemukseen tarvitaan kahden jäsenen suositus.

ATS:n jäsenhakemus internetissä:

<http://www.ats-fns.fi/info/jasenhakemus.html>

SUOMEN  
ATOMITEKNILLINEN  
SEURA —

ATOMTEKNISKA  
SÄLLSKAPET  
I FINLAND ry



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

## **Kannatusjäsenet**

Alstom Finland Oy  
B+Tech Oy  
Fennovoima Oy  
Fortum Nuclear Services  
Mirion Technologies (RADOS) Oy  
Patria Finavitec Oy  
Platom Oy  
Pohjoismainen Ydinvakuutuspooli  
Pohjolan Voima Oy  
Posiva Oy  
PRG-Tech Oy  
PrizzTech Oy  
Saanio & Riekkola Oy  
Siemens Osakeyhtiö  
Teollisuuden Voima Oyj  
TVO Nuclear Services Oy  
Voimaosakeyhtiö SF Oy  
VTT  
Wärtsilä Finland Oy  
YIT Installaatiot

## **ATS internetissä:**

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