

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



2/2010

vol. 39

Tässä numerossa

Ledare:

Svensk kärnkraft

- Stolta traditioner och
spännande framtidsutsikter 3

Editorial:

Swedish Nuclear Power

- Proud traditions and exiting
future expectations 4

Uutisia 5

Studsvik - more than 60 years
of experience within the
nuclear business 6

Forsmark genomför
effekthöjningar 10

Långsiktig säkerhet
avgjorde valet 12

Lägesrapport från OKG i Sverige:
Tre stora projekt snart i hamn 14

Tieto kasvaa jakamalla 18

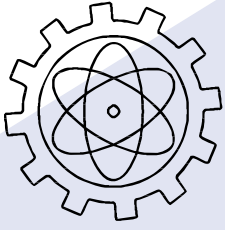
Ydinlaitosten käytöstä-
poisto Pohjoismaissa 20

Akademisk avhandling 23

Diplomityöt 24

ATS:n kannatusjäsen
esittäytyy: B+Tech Oy 26

Tapahtumakalenteri 27



ATS

2/2010, vol. 39

VUODEN 2010 TEEMAT

1/2010

Automaatio

2/2010

Ruotsi

3/2010

Ekskursio ja syysseminaari

4/2009

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

FM Sini Gahmberg

Teollisuuden Voima Oyj
sini.gahmberg@tvo.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

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 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 numeroittain vaihtuvan teeman ympäriltä. Lehti postitetaan seuran jäsenille.

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

Svensk kärnkraft – Stolta traditioner och spännande framtidsutsikter



KÄRNKRAFTEN HAR en given plats i den svenska samhällsdebatten. Kärnkraftens vara eller icke vara har engagerat stora delar av det svenska folket under årtionden. Kulmen nåddes naturligtvis i och med folkomröstningen 1980, men diskussionen fortsatte i de breda folklagren under både 80- och 90-talen. Då Barsebäck 2 stängdes 2005 nåddes en form av avslut i den breda diskussionen. Det magiska året 2010 – då den sista svenska reaktorn skulle stängas – låg inte längre i en avlägsen framtid. Snarare låg det om hörnet. Insikten om det ledde till en politisk kompromiss där å ena sidan Barsebäck's båda reaktorer stängdes, men å andra sidan tidsbegränsningen för den svenska kärnkraften ströks.

KONSEKVENSEN BLEV en lång rad stora investeringar i reaktorerna. Då hotet om stängning försvunnit uppstod ett intresse för att både modernisera och effekthöja blocken. Tidningarna började fyllas av platsannonser från företag på jakt efter kärnkraftskompetens. Universiteten reagerade också. Flera nya utbildningar startades på de tekniska högskolorna och studenterna strömmade till. Men, i ärlighetens namn är det nog bygget av Olkiluoto 3 som bidragit mest till att väcka de ungas intresse.

DEN SVENSKA kärnkraftsindustrin är stolt. Branschen minns ännu hur den uppstod som ett nationellt projekt drivet av politiken, industrin och universiteten. Byggena av forskningsreaktorerna R1 vid KTH i Stockholm och R2 i Studsvik gav erfarenheter och självförtroende. "Den svenska linjen" fortsatte med Ågestareaktorn, strax söder om Stockholm. Marviken utanför Norrköping blev dock ett präktigt fiasko då det visade sig att voidkoefficienten i vissa driftlägen skulle komma att bli positiv. Reaktorn startades aldrig och den svenska linjen – med tungvat-

tenreaktorer drivna av svenskt uran från skiffarna i Västergötland – avbröts.

UTVECKLINGEN AV svenska reaktorer fortsatte dock hos Asea som utvecklade en egen variant av det amerikanska konceptet med lättvattenmodererade kokarvattenreaktorer. Ågesta och Marviken hade fungerat som skolor för en lång rad ingenjörer som nu stod beredda att sätta igång med kärnkraftsbyggnaden. Så här i efterhand ter det sig mycket imponerande att ett litet land lyckades uppföra tolv reaktorer på tretton år, nio av dem dessutom av en egenutvecklad modell.

PÅ SENARE tid är det utvecklingen i Finland som påverkat den svenska kärnkraftsopinionen mest. Den teknik som politiskt under årtionden förpassats till historien visade sig nu vara högst levande och dessutom något som våra östliga grannar visade att de trodde på. Kärnkraften har idag ett starkt stöd i den svenska opinionen, men politiskt är läget fortfarande osäkert. En ny kärnteknisk lag är stiftad som tillåter att gamla reaktorer ersätts med nya. Men, lagen träder i kraft först den första januari och det finns starka politiska krafter som vill riva upp den. Om det inte händer den här mandatperioden kan det mycket väl ske efter valet 2014.

SVERIGE BEHÖVER en bred politisk uppgörelse i energifrågan. Stabilitet i frågan är en absolut förutsättning oavsett vilken typ av produktion som skall ersätta reaktorerna när de blir gamla. Återigen vänder vi oss till Finland och konstaterar, inte utan att känna viss avund, att det går att nå politiska överenskommelser även i fråga om kärnkraften.

FINLANDS SAK ÄR – i allra högsta grad – även vår.

Swedish Nuclear Power – Proud traditions and exiting future expectations

Nuclear power has a special position in the public debate in Sweden. During the last decades a major part of the Swedes has taken part in the debate about the “to-be or not-to-be” of the nuclear power. A peak in this debate was naturally reached in 1980 when the referendum was organized, but the public debate has widely continued in 1980's and 90's. In 2005, when Barsebäck 2 was closed down, this wide public debate reached an endpoint. The magical year 2010 – when the last operating nuclear reactor in Sweden should have been closed – was no more far in the future. On the contrary, it was just around the corner. Realization of this fact led to a political compromise where, on one hand, the reactors at Barsebäck were shut down but, on the other hand, limitations of the operational lifetime of the other reactors were removed. This decision led to a series of large investments to the remaining reactors. When the fear of closing the reactors disappeared the utilities were ready to invest in the modernization and power upgrades of their fleet. Announcements of new jobs filled the magazines when the utilities were looking for new workers with competes from nuclear business. Also the universities reacted: new courses were started at the Technical Universities with many new students. But, to be honest, it was the decision to build Olkiluoto 3 which had the most important contribution to the rising interest of young people to start a career in the nuclear field.

THE SWEDISH nuclear industry is proud. It still remembers how it grew up as a joint effort by the politicians, the industry and the universities. Construction of the research reactor R1 to KTH, Stockholm, and R2 to Studsvik gave experience and confidence. “Den svenska linjen” – the Swedish line – continued with the construction of the Ågesta reactor to south from Stockholm. The Marviken reactor outside Norrköping became certainly a real fiasco, when it was found out that the void coefficient of the reac-

tor could be positive in some operating points. Marviken never started and the Swedish line with heavy water reactors and natural uranium from Västergötland broke down. However, the development of the Swedish reactors continued at Asea, which developed an own model of the American light-water moderated boiling water reactor. Ågesta and Marviken were the schools which educated a long row of engineers, who were now ready to start construction of new power reactors. From today's perspective it looks impressive how a small country succeeded to construct 12 reactors just within 13 years, with 10 of them of the own Swedish type.

DURING THE last years it's the development in Finland which has affected most the Swedish opinion about the nuclear power. The technology which was politically committed to be a part of history in Sweden turned out to be most alive in Finland, and something our neighbors also trusted. Today the nuclear power has a strong support among the Swedish citizens, but the political situation is still unsure. The new nuclear law has been introduced and it allows replacement of the old reactors with new ones. But the new law comes to power on January 1st, 2011, and there are strong political powers who would like to tear it apart. If it won't happen during this government it may happen during the next one, after the year 2014 elections.

SWEDEN NEEDS politically widely accepted solutions to the energy questions. Stability in this area is absolutely necessary, no matter which type of power plants are selected to replace the retiring nuclear power. Once again we turn to Finland, and notice, not without feeling some envy, that it's possible to reach a political consensus even in the case of nuclear power.

FINLANDS MATTER IS – to a large degree – also ours.

UUTISIA

Ydinvoimatekniikan koulutus alkamassa Oulun Yliopistossa

OULUN YLIOPISTON on tarkoitus aloittaa ydinvoimatekniikkaan liittyvä täydenniskoulutus vuoden 2012 alusta, raportoi sanomalehti Kaleva 17.11.2010. Rehtori **Lauri Lajusen** mukaan asiaa selvittämään on perustettu työryhmä, joka miettii koulutuksen järjestämisen yksityiskohtia.

KOULUTUSTARPEEN TAUSTALLA on Fennovoiman laitos-hanke, jonka myötä Oulun seudulle on tulossa uusi ydinvoimalaitos ja näinollen kysyntää alan ammattilaisille. Etelä-Suomessa koulutuksensa saaneiden asiantuntijoiden muuttamiselle pohjoiseen on monenlaisia esteitä, joten koulutuksen tarjoaminen Oulun yliopistossa voisi auttaa rekrytoinnissa.

OULUN YLIOPISTO on neuvotellut koulutuksen aloittamisesta Oulun kauppakamarin, Pohjois-Pohjanmaan liiton ja Fennovoiman kanssa. Perustetun työryhmän on tarkoitus suunnitella koulutuksen sisältö, aikataulu ja yhteistyökumppanit. Kyseessä on 1,5 vuoden täydenniskoulutus valmistuneille diplomi-insinööreille ja fyysikoille, ja osa koulutuksesta on tarkoitus järjestää yhteistyössä Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Aalto-yliopiston kanssa.

KALEVA 17.11.2010

Stuxnet-mato tartuttanut ohjelmoitavia automaatiojärjestelmiä

KESÄKUUSSA 2010 valkovenäläinen turvallisuusyritys VirusBlokAda ilmoitti löytäneensä ensimmäisen tietokonemadon, joka on suunnattu teollisuuslaitosten ohjelmoitavia automaatiojärjestelmiä vastaan. Mato herätti suurta mielenkiintoa, kun kävi ilmi, että se oli ilmeisesti saastuneiden USB-muistitikujen kautta päässyt leviämään Iranissa käynnisteillä olevan Bushehrin ydinvoimalan automaatiojärjestelmiin. Ensimmäisten havaintojen jälkeen madosta on tehty tuhansia havaintoja eri puolilta maailmaa. Stuxnet leviää Windows-järjestelmää käyttävissä tietokoneissa, joista se voi huoltopäätteiden kautta päästä vaikuttamaan varsinaisena kohteenaan oleviin teollisuusautomaatiojärjestelmiin.

MARRASKUUSSA AMERIKKALAINEN tietoturvayhtiö Symantec ilmoitti tiedotteessaan saaneensa purettua madon koodin. Tiedotteen perusteella mato vaikuttaa järjestelmiin, joissa on suurella nopeudella (suuruusluokka 1 kHz) pyöriviä, taajuusmuuttajalla ohjattavia sähkömoottoreita. Löydettyään sellaisia, mato aika ajoin muuttaa niiden pyörimisnopeuksia aiheuttaen häiriöitä prosessiin. Kiloherztaluokan taajuudella pyöriviä moottoreita käytetään uraanin väkevöinnissä tarvittavissa sentrifugeissa, mikä on vahvistanut epäilyjä, että mato olisi nimenomaisesti suunnattu Iranin kiistettyä ydinenergia-ohjelmaa vastaan.

WENRA julkisti turvallisuustavoitteet uusille ydinvoimaloille

EU-MAIDEN JA Sveitsin ydinturvallisuusviranomaisten päälliköiden järjestö WENRA on julkaissut kannanoton, jossa se asettaa uusille ydinvoimalaitoksille entistä vaativammat turvallisuustavoitteet. Parantamalla laitosten rakennetta kokemukseen ja tekniseen kehitykseen perustuen halutaan varmistaa, että tulevina vuosina Eurooppaan rakennettavat ydinvoimalaitokset ovat vielä turvallisempia kuin nykyisin toimivat.

VOUNNA 1999 perustetun WENRAn (Western European Nuclear Regulators' Association) tavoitteena on harmonisoida Euroopan ydinvoimalaitosten turvallisuus vähintään yhteisesti sovitulle perustasolle. Tavoitteena on myös vaikuttaa siihen, että turvallisuutta parannetaan jatkuvasti sekä nykyisillä että uusilla ydinvoimalaitoksilla. Säteilyturvakeskuksen pääjohtaja **Jukka Laaksonen** toimii WENRAn puheenjohtajana.



Three steam generators from Ringhals NPP to be waste treated at the Studsvik facility.

Studsvik

– more than 60 years of experience within the nuclear business

Studsvik has more than 60 years experience of nuclear technology and services to the nuclear industry and is now a leading supplier of services to the international nuclear power industry. The Group has subsidiaries in 8 countries, annual sales of about SEK 1200 million and a total of 1100 employees. Studsvik has its own facilities in the USA, the United Kingdom and in Sweden. Studsvik's operations in Sweden are mainly run at the facility in Studsvik outside Nyköping.

In the waste management branch, low-level and intermediate-level waste is compressed and stabilized at Studsvik's facilities and metals are recycled after radiological clearance. Studsvik was first to launch a concept for treatment and recycling of steam generators from nuclear power plants. These components used to be sent directly for final disposal or stored temporarily at the nuclear power plants. By using Studsvik's method large parts of the steam generators can be radiologically cleared and the metals can be recycled.

Recently Studsvik signed an agreement with the Finnish utility TVO for treatment and recycling of end-of-life heat exchangers. In 2009 an agreement was also signed with Bruce Power for treatment of 32 steam generators over a period up to 2018.

Consultancy Services

Studsvik's consultants offer a wide spectrum of services such as decommissioning (e.g., radiological surveys, decommissioning plans), operational support (e.g., safety analysis reports, dispersion and dose calculations), waste services (e.g., project planning, technical support, type descriptions) environmental technology (e.g., environmental impact assessments) reactor technology (e.g., thermal hydraulics, reactor core kinetics).

Among interesting projects can be mentioned safety analyses for the Oskarshamn nuclear power plant and radiological surveys in preparation for the decommissioning of the industrial village at Ranstad, where shale and leached uranium were mined in the 1960s.

Materials Technology

Studsvik performs testing and analysis of nuclear fuel and materials and conducts corrosion and water chemistry studies in advanced laboratories. The fuel tests are performed in cooperation with the Institute for Energy Technology, Halden, Norway. Studsvik is one of the world's largest independent suppliers of these services.

Three interesting projects within Materials Technology are described below. ■

SCIP – a Studsvik International program on fuel reliability supported by OECD/NEA

The Studsvik Cladding Integrity Project SCIP is an OECD/NEA supported international program launched in 2004 and now prolonged to 2014, with participants from Europe, Japan, the US, Russia and Korea.

The participants represent four categories; those who supply and manufacture the fuel, the power companies themselves, regulators and laboratories with similar assignments to Studsvik's.

SCIP focused on making it easier to predict mechanisms that can cause damage to cladding. It was conducted in the form of experiments, studies of fundamental mechanisms, development of suitable testing methods and knowledge transfer.

Thus, SCIP studied basic phenomena of fuel rod failures driven by pellet cladding mechanical interaction, thus contributing to a better understanding of fundamental failure mechanisms.

Cladding failure tests

Pellet cladding mechanical interaction, primarily as a function of burnup, was studied in a number of ramp tests. Key parameters important for hydrogen-induced failures, in particular delayed hydride cracking and failures due to embrittlement of the cladding as a consequence of hydriding, are now much better understood thanks to SCIP and can in many cases be quantified.

In the case of failures caused by stress corrosion cracking from the inside of the fuel rod ("classical" pellet cladding interaction, PCI), equipment simulating in-core conditions was significantly improved.

Such understanding enables safer operation, more effective product development as well as optimal operating restrictions, supporting economical operation.

From the very beginning, SCIP prioritized studies on cladding. Studies on pellet-related parameters were usually not considered, primarily due to limited resources and funding.

Already at an early stage of SCIP, it became obvious that dramatically changing pellet properties as a function of burnup cannot be excluded in a holistic description of PCI/PCMI. Consequently, the continuation of SCIP, SCIP II, will aim at improving knowledge of the role of the fuel pellet related to fuel failures driven by pellet cladding mechanical interaction.

Extended studies and advanced materials

Even if the improved equipment for simulating PCI failures will contribute to a better understanding of the mechanism, many aspects remain to be studied in further detail. An important part of SCIP II consists therefore of extended parametric studies of the improved PCI failure simulation equipment.

In SCIP II, the scope will be to look further into advanced cladding materials. Furthermore, advanced pellets with additives and larger grains will be included. The studies of new materials aim on the one hand at confirming similarities with well established materials and on the other hand at identifying potential differences and consequences of these differences on failure-related performance.

The technical work in SCIP II will be performed in different laboratories. Irradiation will take place at the Halden HBWR (Heavy Boiling Water Reactor), where rods can be power transient tested. Studies of the irradiated rods will then be made at the Studsvik Hot Cell Laboratory, leading to series of mechanical tests in other laboratories at Studsvik. →



Group photo of SCIP II participants in November 2010.

Most failure mechanisms studied have been well-known for many years, but SCIP now gives a deeper knowledge of the mechanisms as fuel conditions change; both in terms of new cladding material compositions and fuel pellet properties, such as additives, grain sizes and densities. In the future we expect higher burn-up as well as increased power during the operation. ■

Participating organisations

The Swedish Radiation Safety Authority; the OKG Aktiebolag; Vattenfall Nuclear Fuel AB; Studsvik Nuclear AB; Westinghouse Electric Sweden AB; the Nuclear Research Institute of the Czech Republic; the VTT Technical Research Centre of Finland, representing also Finnish industry parties; the Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN); Electricité de France; the Commissariat à l'Énergie Atomique; the Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH; the AREVA ANP GmbH; the ENSI also representing Swiss industry parties and authorities, the Japanese Central Research Institute of Electric Power Industries (CRIEPI), also representing Japanese utilities; the Mitsubishi Nuclear Fuel Co Ltd (MNF), representing also Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) and Nuclear Development Corporation (NDC); the Nuclear Fuel Industries (NFI); The

Incorporated Administrative Agency Japan Nuclear Energy Safety Organisation (JNES); the Korea Nuclear Fuel Company (KNF), the Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), also representing Korean industry parties; the Consejo de Seguridad Nuclear representing Spanish industry and research organisations; the United Kingdom Health and Safety Executive; the United States Nuclear Regulatory Commission; the Electric Power Research Institute EPRI; Global Nuclear Fuels; the Joint Stock Company «A.A. Bochvar High-Technology Research Institute of Inorganic Materials» (JSC «VNIINM») representing also the nuclear organizations of the Russian Federation; the Nippon Nuclear Fuel Development CO., Ltd. (NFD); Institutt for Energiteknikk (IFE).

Nordic Nuclear Materials Network for Generation IV research – NOMAGE4

A Nordic network, NOMAGE4, that brings together Generation IV issues has been initiated by Studsvik and VTT in 2009 within a collaborative project. More than twenty organizations from Sweden, Finland, Norway and Denmark (March 2010) are now represented in the network.

We have totally about 100 network members of whom about 40 members are PhD students at Nordic universities. The network has a website at <http://www.studsvik.se/GenerationIV>.

The predecessor of the forum, GEN4FIN, operates in Finland and on that basis Studsvik is now working together with Vattenfall, the Royal Institute of Technology (KTH) and Chalmers Institute of Technology to survey ongoing

Gen IV activities at Swedish universities, institutions and companies.

“The aim of the network is to create excellent conditions for a stronger Nordic contribution to the world’s development of the nuclear power reactors of the future, Gen IV.”

This is what the organizers **Clara Ang-hel**, **Sofia Björnsson** and **Jonas Eskhult** said after the popular and successful first Nordic Gen IV seminar at Studsvik in October 2009.

It was a two-day gathering of 60 scientists and experts from the Nordic countries working with representatives from the Nordic academic world, the Finnish partner VTT, representatives of the steel industry, and representatives of the nuclear power industry in Swe-

den, Finland, Norway, France, Belgium and Germany.

The aim of the seminar was to provide a forum for exchange of information, discussion on future research needs and networking of experts on Gen IV reactor concepts. During the seminar the members were invited to visit Studsvik’s facilities, e.g. the Hot Cell Laboratory and the Corrosion and Water Chemistry Laboratory.

A successful Gen IV seminar was held in Lappeenranta, Finland, 30 September – 1 October 2010. Now also a new project proposal is compiled for an enlarged collaboration between Studsvik, VTT, Halden and Risø in the NOMAGE4 project. ■

Preparedness for handling LOCAs



The test rig in the cell. The furnace is heated by infrared light.

The LOCA (Loss Of Coolant Accident) scenario is that a pipe at the bottom of the reactor is leaking and an accident has occurred. To find out what happens when water cooling is insufficient, Studsvik Nuclear has built a test rig on behalf of the United States Nuclear Regulatory Commission in collaboration with an American laboratory.

The equipment can simulate the sequence of events when the cladding temperature rises to 1200 degrees Celsius and is then cooled by flushing with water. This is a continuation of earlier tests made in the US to account for higher burnup of fuel of different designs. Supporting tests have been carried out in Halden (Norway), JAEA (Japan) and other places. The Studsvik facility leaves the fuel inside during out of pile testing.

Test rig for insufficient cooling of fuel rods

So far only tests on nonirradiated material have been performed to verify the test rig

behaviour, confirm the temperature control and so on. The events are as expected and the tests show what happens when there is a “burst”. By simulating different temperatures it is possible to measure and analyse what happens when a hole in the fuel rod arises and it is possible to test different ways of cooling down the rod.

Four tests on irradiated material are planned and the first test is successfully performed. After that it will be possible for Studsvik to carry out tests on behalf of other stakeholders, such as fuel manufacturers or other parties. There is a clear interest and Studsvik may try to start an international LOCA program.

After the simulation, mechanical tests are carried out to see how high a load the affected fuel rods tolerate.



*Anders Molander, M.Sc.
Marketing Manager, Studsvik*

*Clara Anghel, Ph.D.
Project Manager, Studsvik
clara.anghel@studsvik.se*

*Mikael Karlsson, M.Sc.
Manager - Market and Development, Studsvik*

Forsmark genomför effekthöjningar

Efter en omfattande revision 2009 är Forsmark 2 förberedd för en effekthöjning med 120 MW. En viss höjning har redan skett i samband med revisionen tack vare nya högtrycksturbiner som förbättrat verkningsgraden. En effekthöjning till 1 110 MW beräknas ske 2011.



Reaktorns interndelar byttes under revisionen. Ny fuktavskiljare och nytt moderatortanklock installerades. Bilden visar ångseparatorerna på moderatortanklocket som sätts på plats i reaktorn. Foto: Nikolas Forsberg

Åtgärderna som utfördes under fjolårets revision har höjt säkerheten och förlängt livslängden av Forsmark 2. Ett högre effektuttag har dessutom möjliggjorts. Men för att Forsmarks Kraftgrupp ska kunna höja reaktorns effekt och leverera mer el till det svenska kraftnätet krävs tillstånd av Strålsäkerhetsmyndigheten.

"Myndigheten kommer att behandla effekthöjningstillståndet under senare delen av 2010. Troligen ges tillståndet 2011 och då genomför vi de slutliga åtgärderna i anläggningen för att kunna köra på den nya effektnivån 1 110 MW", förklarar **Michael Jansson**, revisionsprojektledare.

Revisionen utvärderas

Avställningstiden under Forsmark 2:s revision förlängdes med en och en halv månad. Orsaken var bland annat att installationerna av högtrycksdränagepumpar och turbinrelaterade ombyggnationer krävde mer tid än förväntat. Michael Jansson konstaterar att det är mer komplicerat än vi kanske tror att förnya gamla anläggningar. För att på bästa sätt förbereda för kommande revisioner kommer revisionen på Forsmark 2 att utvärderas grundligt.

"Vi har fått bra erfarenheter som vi måste arbeta vidare med inför kommande revisioner", säger Michael Jansson.

Effekthöjningsåtgärder för Forsmark 1

Nästa omfattande revision i Forsmark kommer att genomföras 2011. Forsmark 1 ska då genomgå omfattande modernisering med säkerhetshöjande och effekthöjande



Nyinstallerade snabbstängningsservon undersöks. De aktiveras om turbinen behöver kopplas ur och högtrycksventilerna ska stängas snabbt.
Foto: Patrik Tegelberg

åtgärder. Revisionen har flyttats fram ett år så att utvärderingsresultatet från Forsmark 2 hinner implementeras i organisationen.

"Min förhoppning är att vi kommer att vara betydligt bättre förberedda inför nästa stora revision i Forsmark", säger Michael Jansson.

Effekthöjande åtgärder på Forsmark 3 är planerade till 2014.



Overaller och andningsmask skyddar mot strålning under arbetet med att installera nya högtrycksturbiner.
Foto: Patrik Tegelberg

Planerad effekthöjning

Forsmark 1	978 MW – 1098 MW	Revision 2011
Forsmark 2	990 MW – 1110 MW	Revision 2009
Forsmark 3	1260 MW – 1360 MW	Revision 2014
Total effekthöjning cirka 410 MW		

Elin Bergqvist
Informatör
Forsmarks Kraftgrupp AB
ebe@forsmark.vattenfall.se

Långsiktig säkerhet avgjorde valet

Ett torrt berg med få sprickor. Bergets goda förutsättningar i Forsmark var avgörande när SKB valde plats för det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle.

|| Vi ser en tydlig fördel för Forsmark när det gäller den långsiktiga säkerheten", sa SKB:s vd **Claes Thegerström** på presskonferensen den 3 juni 2009 då beslutet meddelades.

Valet av plats för kärnbränsleförvaret, där använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken ska slutförvaras på närmare 500 meters djup, har stått mellan Forsmark i Östhammars kommun och Laxemar i Oskarshamn kommun. I båda kommunerna finns ett starkt stöd för slutförvarspro-

jektet, vilket har varit en förutsättning för SKB:s engagemang.

SKB har genomfört fem års omfattande platsundersökningar, med borrhningar, analyser och 600 vetenskapliga rapporter på var och en av de två orterna. Sedan har alla kända faktorer analyserats, utvärderats och jämförts.

Entydiga resultat

I juni 2009 fattade SKB:s styrelse ett enigt beslut om att föreslå att kärnbränsleförva-

ret ska förläggas till uppländska Östhammars kommun, granne med kärnkraftverket i Forsmark. "Resultaten är entydiga. Våra säkerhetsexperter har slagit fast att Forsmark har bättre förutsättningar för ett långsiktigt säkert förvar och ett enklare genomförande. Berget har talat", konstaterar Claes Thegerström.

Analyserna visar att Forsmark har ett homogent berg som, på den nivå där slutförvaret ska placeras, innehåller mycket lite rinnande vatten.



Presskonferensen om platsvalet, ombord på m/s Sigyn. På bilden syns Peter Wretlund, Oskarshamns kommun, Claes Thegerström, SKB:s vd samt Jacob Spangenberg, Östhammars kommun.



Ett fotomontage över ett tänkbart slutförvar i Söderviken, Forsmark. Copyright: SKB. Fotograf: Lasse Modin.

"Det är grundläggande för säkerheten men påverkar också många andra aspekter. Till exempel när vi ska bygga tunnlar, återfylla tunnarna och få kapslarna på plats. Det gör det helt enkelt möjligt att utnyttja berget på ett effektivt sätt."

Fler faktorer talar för Forsmark

Den långsiktiga säkerheten har varit avgörande för beslutet, men det finns även andra faktorer som talar för Forsmark. Berget där leder bort värme bättre än i Laxemar och därmed kan kapslarna med varmt kärnbränsle förvaras närmare varandra. Det betyder att ett förvar i Forsmark tar mindre plats vilket underlättar genomförandet och ger mindre bergmassa att hantera.

I Forsmark uppförs dessutom anläggningen ovan jord på befintligt industriområde. Det begränsar påverkan på miljön och ger tillgång till den infrastruktur som finns i området.

Tillståndsansökan 2010

Valet av plats för kärnbränsleförvaret är en milstolpe för det svenska kärnavfallsprogrammet. Men det är i sig ingen formell juridisk handling, konstaterar Claes Thegerström. Nästa viktiga steg är de tillståndsansökningar som SKB i slutet av 2010 ska lämna in till Strålsäkerhetsmyndigheten och miljödomstolen.

"Först när ansökningarna lämnas in finns ett fullt underlag för myndigheter och regering att ta ställning till."

Tidigast 2013 beräknas SKB kunna få ett slutligt tillstånd från regeringen. Runt 2015 förväntas bygget av kärnbränsleförvaret kunna starta och de första kapslarna kan deponeras runt 2023.

Oskarhamn fortsatt viktig

Platsvalet är ett resultat av närmare 20 års arbete där SKB genomfört översiktsstudier i stora delar av Sverige, förstudier i åtta

kommuner och därefter platsundersökningar i Forsmark och Oskarhamn.

SKB vill bygga kärnbränsleförvaret i Forsmark men det nära samarbetet med Oskarhamn utvecklas också, bland annat med den planerade inkapslingsanläggningen. Dessutom har ett samarbetsavtal med satsningar på bland annat infrastruktur och näringslivsutveckling i de båda kommunerna slutits.

Jimmy Larsson-Hagberg
Presschef
Svensk Kärnbränslehantering AB
jimmy.larsson-hagberg@skb.se

Jessica Alsenlid Otterstål
Pressinformatör
Svensk Kärnbränslehantering AB
jessica.alsenlid.otterstal@skb.se

Lägesrapport från OKG i Sverige: Tre stora projekt snart i hamn



Vid OKG drivs för närvarande tre stora investeringsprojekt. Två av dessa inriktas på en modernisering av anläggningarna och det tredje syftar till att uppgradera det fysiska skyddet.

Totalt 80 000 dokument
har producerats inom
moderniseringsprojektet Puls.
Foto: OKG, HK

OKG Aktiebolag äger och driver tre kokvattenreaktorer, Oskarshamn 1 (O1), Oskarshamn 2 (O2) och Oskarshamn 3 (O3), belägna på Simpsvarps-halvön på den svenska östkusten.

Dessa reaktorer står i dagsläget för drygt 10 procent av den svenska elproduktionen. Det gör OKG, som ägs av E.ON Sverige (54,5 %) och Fortum kraft (45,5 %), till en av Sveriges mest betydande kraftproducenter och dessutom ett av Kalmar läns största företag med cirka 970 anställda.

"På OKG pågår för närvarande tre stora investeringsprojekt. Projekt Plex och projekt Puls inriktas på moderniseringar av O2 och O3. Det tredje stora projektet på OKG, Projekt Nyans, syftar till att uppgradera det fysiska skyddet. Samtliga miljardprojekt är

nu inne i sin slutfas", säger **Anders Österberg**, informationschef på OKG.

Nytt anläggningskydd

Projekt Nyans (Nytt anläggningskydd) har sin bakgrund i de riskförebyggande åtgärder som vidtas runt om i världen för att skydda samhällsviktiga funktioner, som en följd av de terroristattentat som ägt rum. Detta har medfört att Sverige har förstärkt sitt sina skydd mot yttre intrång på hamnar, flygplatser, oljeraffinaderier och andra känsliga anläggningar, såsom kärnkraftverk.

Anvisningar om fysiskt skydd på kärntekniska anläggningar beslutas i Sverige av strålsäkerhetsmyndigheten (SSM). Även tidigare fanns stora krav på det fysiska skyd-

det kring svenska kärnkraftverk. De tidigare anvisningarna kom till i slutet av 70-talet. I samband med den förändrade hotbilden i början av 2000-talet, så beslutade myndigheten att OKG skulle förstärka skyddet av sina anläggningar. Arbetet med att uppfylla villkoren påbörjades år 2007.

"Eftersom projektet omfattar säkerhetshöjande åtgärder, så går det inte i detalj att informera om de ändringar som kommer att göras och som redan har gjorts. De största förändringarna är emellertid att en ny, tre kilometer lång och 18 meter bred staketgata har byggts som nu omgärdar hela OKG. Vid byggandet av staketgatan schaktades berg bort och utfyllnad användes som motsvarar en volym på 50 000 kubikmeter", säger Anders Österberg.

En annan förändring i projektet är att en ny inpasseringsbyggnad byggs. I denna kommer all personal och deras tillhörigheter att avsökas med bland annat metall-detektorer och bagageröntgen. I byggnaden, som just nu målas, så kommer även fordonskontroller att ske. Byggnaden har en yta på 2 500 kvadratmeter och kommer att stå helt klar våren 2010. Vidare så byggs en ny parkering intill den nya inpasseringsbyggnaden. Den har en yta på 24 500 kvadratmeter. Ytterligare förändringar är att ny bevakningsteknik installeras och att en byggnad för genomsökning av inkommande och utgående gods byggs. Under hösten så har arbeten med installationer och kabeldragning av el- och fibernät pågått, samt installationen av ett nytt datorsystem. Arbetet med de nya byggnaderna har fortsatt och skalskyddet har uppgraderats ytterligare. Det nya anläggningsskyddet med staket, byggnader, ny teknik och nya rutiner, beräknas vara helt klart sommaren 2010.

Modernisering av O2

Ett annat stort projekt på OKG är projekt Plex. Projekt Plex innebär en stegvis modernisering och effekthöjning av O2 vid revisioner 2007, 2009 och 2011. O2 byggdes i början av 70-talet och togs i drift 1974. Med den strategi OKG har för 60 års drift av sina anläggningar, så kan O2 sägas ha nått halvtid. I moderniseringsarbetet byts många komponenter ut, samtidigt som säkerheten, effekten och tillgängligheten höjs.

Moderniseringen innebär en rad åtgärder. De största säkerhetshöjande förändringarna är exempelvis införandet av en ny kylkedja för resteffekt, det vill säga det system som kyler reaktorn när den inte är i drift. Vidare så sker montage av vattenblåsande tryckavsäkringsventiler, som ska hjälpa till att hålla ner trycket i reaktortanken vid en eventuell olycka. Ytterligare säkerhetshöjande åtgärder handlar om införandet av ett nytt mjukvarubaserat reaktorskyddssystem, som gör så att kontrollrumspersonalen kan följa anläggningens drift via storbildsskärmar i kontrollrummet.



Inom projekt Plex genomförs åtgärder för att stärka byggnader mot jordbävningar och översvämningar. Foto: Urban Björk

Andra förändringar handlar om att förstärka rörsystem och byggnaden mot jordbävningar och översvämningar, samt att utöka brandsäkerheten. De förändringar som är mest synliga är de nya byggnader som uppförs i syfte att separera drift- och säkerhetsrelaterad elkraft från varandra. En annan märkbar förändring är den genomförda installationen av rekombinatorer på både O1 och O2. En rekombinator är en teknisk lösning som innebär att ädelgaser fördröjs, vilket medför en minskning av de radioaktiva utsläppen till luft.

"OKGs gränsvärden låg redan innan på 15 tusendelar av gränsvärdet. Med installationen av rekombinatorer sänktes utsläppen till 5 tusendelar av gränsvärdet", säger Anders Österberg.

I projekt Plex byts även många komponenter ut av åldringsskäl. Dagens material är både bättre och mindre underhållskrävande än tidigare. Bland de åtgärder som ökar den tekniska livslängden och som höjer effekten, återfinns bland annat en turbinmodernisering, som innefattar byte av högtrycksturbin, tre nya lågtrycksturbiner, samt byte av mellanöverhettare och installation av nya högtrycksförvärmare. Vidare så införs ny styr- och reglerutrustning för turbinen och ett nytt djupvattenintag införs för både O1 och O2, som idag har ytvattenintag.

I den konstruktion som byggs, kommer en tunnel att ledas från 18 meters djup fram till intagsbyggnaden. Med den termiska effekttökningen på 500 MW till 2 300 →



En ny inpasseringsbyggnad byggs på OKG. Foto: OKG, HK

MW, så får OKG totalt ytterligare 220-230 MW ut på nätet.

Vid årsskiftet 2007 skrevs alla leverantörskontrakt för moderniseringen av O2. Leverantörer för reaktor- och byggåtgärder är Areva, Siemens och Heitkamp. För turbinåtgärderna är Siemens huvudleverantör. Den första moderniseringsetappen genomfördes i samband med revisionsavställningen 2007. De främsta åtgärderna var då rörarbeten matarvattenssystemet och införandet av ett nytt styr- och regler-system för turbinen, samt det nya operatörsgränssnittet för kontrollrumsövervakningen av turbinen.

Under 2008 påbörjades byggarbeten för de två nya byggnaderna där säkerhets- och driftrelaterad elkraft ska placeras. Under 2008 infördes också en rekombinator på O2. Under 2009 så har OKG gått vi-

dare med säkerhetshöjande åtgärder och turbinåtgärder. Bland annat så har arbeten i kondensator genomförts, liksom ventilbyten och utbyte av lågtrycksturbiner. Effekthöjningen på O2 blir den största procentuella effekthöjning som någonsin gjorts. Tillsammans med verkningsgradsförbättringarna med nya turbiner blir den totala effekttökningen 36 procent.

Projekt Puls på O3

O3, som togs i drift 1985, är tillsammans med Forsmark 3 Sveriges nyaste och också landets största reaktor. Trots detta är O3 i behov av modernisering för att möta de nya och högre krav som ställs på reaktorsäkerheten.

I början av 90-talet genomförde OKG en utredning för att se om det var tekniskt och ekonomiskt möjligt att öka effekten

på O3. Undersökningen gjordes på grund av att Sverige har ett fortsatt ökat behov av el, vilket i sin tur medför höga elpriser. Under 2003 började olika förstudier och miljökonsekvensbeskrivningar att genomföras. OKG bestämde sig därefter för att höja säkerheten och effekten, samt att förlänga den tekniska livslängden på O3. Den höjda säkerhetsnivån kommer att svara på de ökade säkerhetskraven från SSM på uppdrag av regering och riksdag. Dessutom kommer O3 att producera el med ännu högre tillgänglighet under återstoden av sin nu 60-åriga tekniska livslängd. Efter installationstiden och provdriften ska tillgängligheten öka till 94 procent.

För att höja säkerheten på anläggningen installeras ett nytt kylsystem som innefattar mellankylsystem och reaktorkylsystem. Dessutom sker en förstärkning av nuvarande kylkedjor för inneslutningskyllning. Vidare skapas ett bättre oberoende mellan olika säkerhetssystem (snabbstopptider, tryckavsäkring).

Den tekniska livslängden på O3 var från början 40 år. För att kunna producera el i anläggningarna under 60 år genomförs några stora åtgärder och vissa åldringskomponenter byts ut. En av de största åtgärderna är installationen av en ny turbinsträng. Konceptet ska vara detsamma som tidigare, en högtrycksturbin och tre lågtrycksturbiner, men däremot byts de ut för att fungera optimalt under den förlängda



Oskarshamnverket är vackert beläget på Simpevarpshalvön norr om Oskarshamn i höjd med Ölands norra udde. Foto: OKG, HK

livslängden. Lågtrycksturbinerna är i större behov av utbyte, eftersom de slits kraftigare än vad högtrycksturbinen gör. Slitaget är olika beroende på att ångan som slår emot högtrycksturbinen är mycket torrare och påverkar därför högtrycksturbinen betydligt mindre. De modernare turbinheter har dessutom större verkningsgrad och detta medför att bränslets energi tas tillvara ännu bättre.

En annan stor åtgärd i projektet är installationen av en ny generator. Installationen genomförs för att klara den ökade spänningen och samhörande högre effekt vid effektökningen från 1 200 MW till 1 450 MW.

Andra effekthöjande förändringar är; att anrikningsgraden på bränsleelementen i härden ska ökas; att åtta nya huvudcirkulationspumpar installeras, som kommer att pumpa 14 500 kg vatten i sekunden. Vidare så installeras nya interna delar i reaktortanken såsom ångseparator, fuktavskiljare och moderatortanklock. Ytterligare en förändring är att nya havskylvattenpumpar installeras. Detta höjer kylflödet från omkring 45 kubikmeter per sekund till drygt 55 kubikmeter per sekund. Detta medför i sin tur att kylvattnets temperaturhöjning blir oförändrat omkring 10 grader.

År 2005 förhandlades leverantörskontrakt fram och avtal skrevs med två huvudleverantörer den 20 januari 2006. Alstom Power blev leverantör av turbin och



Inlyft av rotor på O3. Foto: Tommy Larsson

elkraftsystem, Westinghouse Electric blev leverantör för de utrustningar och arbeten som rör reaktorläggningen. Sommaren 2006 gav regeringen sitt tillstånd, efter prövning gentemot kärntekniklagen och miljöbalken, att låta OKG genomföra moderniseringen på O3.

Projekt Puls skulle vara avslutat under hösten 2008. Projektet har dock blivit kraftigt försenat. Detta har olika orsaker. Att få in totalt 1800 personer i anläggningen för olika installationer, samtidigt som skyskyddet förstärktes med bland annat nya inpasseringsrutiner, visade sig bli problematiskt.

Vidare så upptäcktes sprickbildningar i styrtavsskaften, vilket innebar ytterligare förseningar. Ytterligare en orsak till förse-

ningar är att skillnaden mellan kärnkraftskraven i förhållande till levererade komponenter och åtföljande dokumentation, visade sig vara för stor. Detta kan ses i ljuset av en ökad outsourcing.

En viktig erfarenhet och lärdom i projektet är att kärnkraftverken gemensamt bör ta ett större ansvar för underleverantörers förmåga att bemanna, styra och leda verksamheten mot uppsatta projektmål. Långsiktiga samarbetsprojekt, gemensam utveckling av kvalitetssystem och en tidig samverkan kring tillverkning och kompetensutveckling kan visa sig vara avgörande verktyg i framtida projekt av liknande dignitet.

"Totalt har cirka 100 förändringar gjorts i O3 och totalt har cirka 80 000 dokument producerats inom projektet. De starkaste minnena från projektet är medarbetarnas obändiga vilja att lyckas och trots svårigheter ha förmågan att ta O3 till en ny nivå. Vi ser nu början på slutet av det största projekt OKG någonsin åtagit sig", avslutar Anders Österberg.

KURIOSA:

O3s generator väger omkring 800 ton.

O3 effekthöjning på 250 MW kan minska de klimatpåverkande koldioxidutsläppen med mer än 1,6 miljoner ton, vilket motsvarar de årliga utsläppen från cirka 50 000 bilar.

På Simpevarpshalvön strax norr om Oskarshamn återfinns också Clab, det centrala mellanlagret för kärnbränsle i Sverige, som handhas av Svensk Kärnbränslehantering. I anslutning till Clab ska även en inkapslingsanläggning byggas och Simpevarpshalvön utgör också hemmahamn för m/s Sigyn som skeppar radioaktivt avfall. I området finns även Äspölaboratoriet, där forskning bedrivs i underjorden kring den framtida förvaringen av använt kärnbränsle.

Henrik Eriksson
Communications Officer/HK
OKG Aktiebolag
henrik.eriksson2@okg.eon.se

Tieto kasvaa jakamalla

Tieto on yksi harvoja resursseja, joka kasvaa jakamalla. Hyvä tapa tukea ydinvoima-alan asiantuntijuuden kehittymistä on tiedon jakaminen ja yhteistyö yli organisatoristen rajapintojen. Keskeisiä tiedon jakamiseen ja yhteistyön onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat jaettavan tiedon luonne, motivaatio jakaa ja vastaanottaa tietoa sekä mahdollisuudet jakaa tietoa. Näihin kaikkiin voidaan vaikuttaa johtamisella ja yhteistyön tavoitteiden sekä toimintatapojen suunnittelulla.

Suomalainen ydinvoima-ala joutuu tulevaisuudessa vastaamaan useaan osaamisen ja asiantuntemuksen ylläpitämisen ja kehittämisen haasteeseen mm. uusien voimalaitosten, globaalien työmarkkinoiden ja lähitulevaisuuden runsaan eläköitymisen johdosta. Juuri julkaistun IAEA:n selvityksen mukaan Suomen ydinvoimalat ovat Euroopan parhaiten toimivia. Suomessa on erinomaista ydinvoima-alan osaamista ja asiantuntemusta, mutta onko sitä tulevaisuudessa-kin riittävästi?

Työterveyslaitoksen ja Aalto-yliopiston työ- ja organisaatiotutkimuksen asiantuntijat ovat SAFIR2010-ohjelman rahoituksella tutkineet organisaatioiden väliseen tiedon jakamiseen ja yhteistyöhön vaikuttavia tekijöitä kotimaisessa ydinvoimayhteisössä.

Tähän yhteisöön kuuluu mm. ydinvoimaa tuottavat laitokset, Säteilyturvakeskus sekä ydinvoima-alalla toimivat tutkimusorganisaatiot. Tämän artikkelin tulokset perustuvat 13 haastatteluun (seitsemässä suomalaisessa ydinvoima-alan organisaatiossa) ja kyselylomakkeen avulla kerättyyn 139 kommenttiin (kolmessa suomalaisessa ydinvoima-alan organisaatiossa).

Kansainvälinen yhteistyö on suomalaisille ydinvoima-alan organisaatiolle tärkeä osa toimintaa ja kansainväliset yhteistyösuhteet ovat laajat ja toimivat. Tässä kirjoituksessa käsittelemme kuitenkin lä-

hinnä kotimaassa tehtävän yhteistyön ja asiantuntijatiedon jakamisen mahdollisuuksia ja haasteita.

Motivaatio, mahdollisuudet ja jaettavan tiedon luonne

Asiantuntijuus kehittyy parhaiten työskentelemällä oman tai lähialueen asiantuntijoiden kanssa. On hyvin mahdollista, että paras työskentely- tai keskustelukumppani asiantuntijalle löytyy toisesta organisaatiosta. Jos haluaa tehdä yhteistyötä muiden asiantuntijoiden ja asiantuntijaorganisaatioiden kanssa, on myös hyvä tiedostaa tekijät, jotka vaikuttavat tiedon jakamisen onnistumiseen. Eri asiantuntijoilla ja eri organisaatiolla on erilaisia tarpeita, kykyjä ja mahdollisuuksia tiedon jakamiselle ja yhteistyölle.

Vastavuoroisuus on keskeinen tiedon jakamisen motivaatiota kasvattava tekijä. Tällöin kummallakin osapuolella on vastuu sekä vastaanottaa että jakaa tietoa. Vastavuoroinen tiedon jakaminen hyödyttää molempia osapuolia ja edesauttaa asiantuntijuuden kehittymistä.

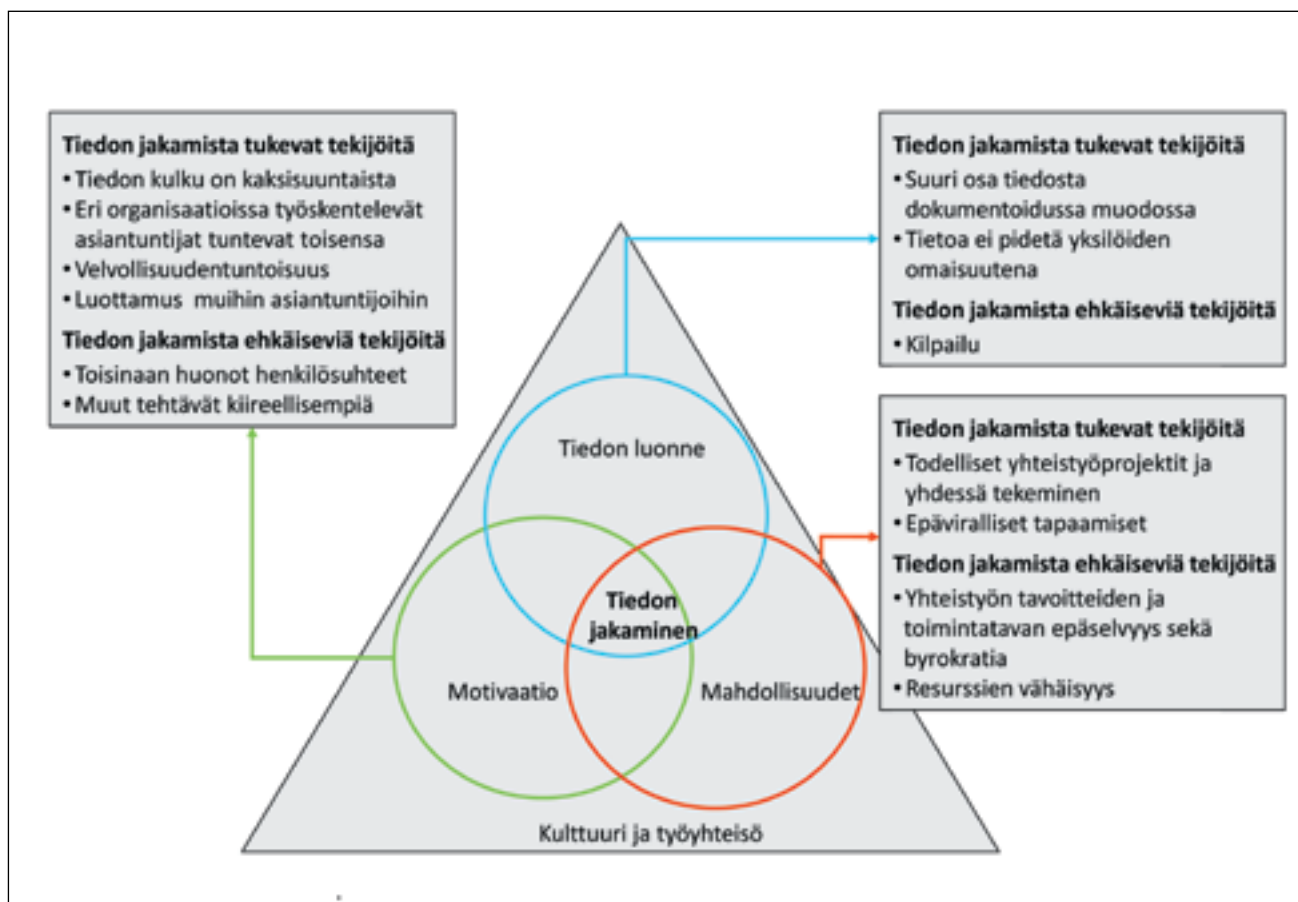
Tutkimustulostemme mukaan suomalaisessa ydinvoimayhteisössä tiedon jakamisen motivaatio on tukevalla pohjalla: löysimme selvästi enemmän tiedon jakamista tukevia kuin ehkäiseviä tekijöitä. Tiedon luonne vaikuttaa tiedon jakamiseen monella tapaa: dokumentoitua tietoa on helppo jakaa ja vastaanottaa kun taas ko-

kemusperäisen hiljaisen tiedon jakaminen on työläämpää. Myös asiantuntemuksen aste ja asiantuntemusalue vaikuttavat siihen, kuinka tiedon jakaminen ja vastaanottaminen onnistuu.

Tiedon jakaminen kokeneelta asiantuntijalta kokemattomalle (tai päinvastoin) voi olla vaikeaa samoin kuin tiedon jakaminen eri alojen asiantuntijoiden välillä. Aineistomme perusteella tiedon luonteella ei näyttänyt olevan merkittävää osaa tiedon jakamista tukevana tai ehkäisevänä tekijänä. Tiedon jakamisen mahdollisuudet voidaan jakaa pääsääntöisesti kahteen luokkaan: viralliset ja epäviralliset.

Virallisia tiedon jakamisen tapoja ovat mm. yhdessä tehtävät projektit ja epävirallisia esimerkiksi YK-kurssien kahvitaukokeskustelut. Epäviralliset mahdollisuudet jakaa tietoa ovat usein erittäin merkityksellisiä yhteistyön rakentumisen ja asiantuntijuuden kehittymisen kannalta, mutta niitä ei useinkaan ole ilman virallisia rakenteita. Tutkimustulostemme mukaan yhteistyön mahdollisuuksien lisääminen ja parantaminen ovat helpoimmat keinot lisätä tiedon jakamista yli organisatoristen rajapintojen.

Kuvassa tiedon jakamiseen vaikuttavista tekijöistä sisältyy oletus, että kaikkien tiedon jakamiseen vaikuttavien tekijöiden on oltava kunnossa samanaikaisesti. Tämä onkin luonnollista: esimerkiksi, vaikka eri organisaatioiden asiantuntijat olisivat mo-



Tiedon jakamista tukevia ja ehkäiseviä tekijöitä suomalaisessa ydinvoimayhteisössä.

tivoituneita tiedon jakamiselle ja yhteistyölle, ei tiedon jakamista voi tapahtua, jos yhteistyölle ei tarjota mahdollisuuksia.

Keskeisiä tiedon jakamista ja yhteistyötä ehkäiseviä tekijöitä suomalaisessa ydinvoimayhteisössä olivat aineistomme perusteella byrokraattisuus sekä resurssien (esimerkiksi aika) puute. Keskeisiä tiedon jakamista ja yhteistyötä edistäviä tekijöitä taas ovat hyvät henkilösuhteet, asiantuntijoiden välinen luottamus sekä asiantuntijoiden keskinäinen arvostus.

Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty

Tiedon ja asiantuntemuksen jakaminen organisaatioiden välillä on merkittävä tapa ylläpitää ja kehittää suomalaista ydinvoima-alan osaamista. Tutkimuksemme perusteella organisaatorajat ylittävälle tiedon jakamiselle ja yhteistyölle suomalai-

sessä ydinvoimayhteisössä on hyvät mahdollisuudet, mutta lisäksi vielä paljon käyttämätöntä potentiaalia. Toimiminen yli organisatoristen rajapintojen aiheuttaa tavallisesti kitkaa, koska se luo muutosvaatimuksia totuttuihin toiminta- tai ajattelumalleihin. Usein kuitenkin juuri muutos on hedelmällisintä antia oppimisen kannalta, koska se pakottaa meidät tarkastelemaan asioita uusista näkökulmista.

Hyödyllistä yhteistyötä voi syntyä satumalta, mutta tavallisesti sen syntyminen vaatii, että organisaatioissa suunnitellaan yhteistyön tarpeita, tavoitteita ja toimintatapoja. Pienetkin, mutta konkreettiset, yhteistyöprojektit voivat avata mahdollisuuksia systemaattiselle, pitkäjänteiselle ja tulokselliselle organisaatioiden väliselle yhteistyölle. ■

TkT Eerikki Mäki
opettava tutkija
Teknillinen korkeakoulu
Informaatio- ja luonnontieteiden tiedekunta
Tuotantotalouden laitos
Eerikki.Maki@tkk.fi

PsM Tanja Kuronen-Mattila
Tutkija
Teknillinen korkeakoulu
Informaatio- ja luonnontieteiden tiedekunta
Tuotantotalouden laitos
Tanja.Mattila@tkk.fi

YTM Krista Pahkin
tutkija
Työterveyslaitos
krista.pahkin@ttl.fi

Ydinlaitosten käytöstäpoisto Pohjoismaissa

**Matkakertomus seminaarista "Ydinlaitosten käytöstäpoisto"
Studsvikissa 14.–16. syyskuuta 2010.**

Käytöstäpoistoseminaarin järjesti pohjoismainen ydinturvallisuustutkimus (NKS) yhdessä Studsvik AB:n ja Svensk Kärnbränslehantering AB:n (SKB) kanssa. Seminaarissa esiteltiin kattavasti pohjoismaissa jo toteutettuja tutkimusreaktorien käytöstäpoistoprojekteja sekä ydinvoimalaitosten käytöstäpoistosuunnitelmia.

Seminaarissa oli kolme suullisten esitysten istuntoa (käytöstäpoisto ja purkaminen, valvonnasta vapauttaminen ja radiologinen kartoitus sekä jätehuolto ja loppusijoitus), poster-istunto, ryhmäkeskusteluja sekä vierailukäyntejä Studsvikin alueella oleviin kohteisiin.

Seminaari järjestettiin Studsvikissa, joka sijaitsee Ruotsin itärannikolla noin tunnin ajomatkan päässä Tukholmasta etelään. Studsvikin tutkimuslaitos perustettiin alun perin Ruotsin ydintutkimusohjelmaa varten, ja siellä sijaitsi mm. vuonna 2005 käytöstäpoistettu koereaktori R2. Nykyään Studsvik AB tunnetaan kaupallisia palveluita tuottavana yrityksenä, joka tarjoaa mm. käytöstäpoistoon ja jätteiden käsittelyyn liittyviä palveluita.

Pohjoismaiset käytöstäpoistoratkaisut

Suomessa ja Ruotsissa pääosa ydinlaitosten käytöstäpoistojätteistä on peräisin

ydinvoimalaitoksilta, ja ydinvoimayhtiöt vastaavat syntyvien jätteiden loppusijoituksesta. Norjassa ja Tanskassa käytöstäpoistojätettä syntyy lähinnä tutkimuskäytössä olevien reaktoreiden purkamisesta. Tanskassa Risön tutkimusreaktorien purkutyö on aloitettu, mutta Norjassa purkaminen ja loppusijoitus ovat yhä tulevaisuuden kysymyksiä.

Norjan ydintutkimusohjelma alkoi ensimmäisenä pohjoismaista, heti toisen maailmansodan jälkeen. Norjan kaksi tutkimusreaktoria sijaitsivat Kjellerissä ja Haldenissa, joista jälkimmäinen lienee kuuluisampi siellä tehtävien polttoaine- ja transienttikokeiden ansiosta.

Reaktoreista vastaava organisaatio, Institut for Energiteknikk (IFE) on tehnyt käytöstäpoistosuunnitelman, mutta avoimia kysymyksiä ovat jätteiden loppusijoitus sekä käytöstäpoiston rahoitus, sillä IFE:n omaisuus ei kata käytöstäpoiston kustannuksia.

Tanskassa, Risön tutkimuskeskuksessa vuonna 1975 suljetun DR2-tutkimusreaktorin purkaminen toteutettiin vuosina 2006-2008. Tämä oli toinen tutkimusreaktorin purku Tanskassa ja kokemukset olivat positiivisia. Viimeisen, DR3-tutkimusreaktorin purkamisen oletetaan olevan jonkin verran haasteellisempaa, reaktorin suuremman tehon ja koon takia. Purkamisesta vastaava organisaatio Dansk De-kommissionering (DD) on parhaillaan yhdessä muiden tutkimuslaitosten kanssa selvittämässä purkujätteen loppusijoitusmahdollisuuksia. Selvityksessä tutkitaan kolmen erilaisen loppusijoituskonseptin soveltuvuutta erilaisissa Tanskalle tyypillisissä geologisissa ympäristöissä. Loppusijoituksen valmistumisajaksi on suunniteltu vuotta 2018.

Käytöstäpoisto alkamassa

Ruotsissa Barsebäckin ydinvoimalaitoksen reaktorit suljettiin vuosina 1999 sekä



Studsvikin sijainti rannikolla mahdollistaa suurten voimalaitoskomponenttien merikuljetukset. Lähde: Studsvik

2005 ja niiden käytöstäpoisto on tarkoitus aloittaa vuonna 2020. Seminaarissa esitettiin tutkimuksia, joilla on selvitetty ruotsalaisten kiehuvesilaitosten paineastioiden ja sydänkomponenttien erilaisia käsittelymahdollisuuksia, paloittelua tai loppusijoittamista kokonaisuutena. Käytöstäpoistojätteiden loppusijoituksesta Ruotsissa vastaa SKB ja suurin osa käytöstäpoistojätteestä aiotaan sijoittaa lyhytikäisen matala- ja keskiaktiivisen jätteen SFR-loppusijoitustilaan, joka rakennetaan Forsmarkissa sijaitsevan SFR-1:n yhteyteen. Aktiivisimmat sydänosat loppusijoitetaan pitkäikäisen keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilaan SFL, jonka sijaintipaikkaa ei ole vielä valittu.

Suomessa käytöstäpoisto etenee Ruotsin tapaan suunnitteluasteella. Lisäksi ydinvoiman lisärakentaminen tuo esille varautumisen käytöstäpoistoon ja jätteiden loppusijoitukseen jo uusien laitosten suunnitteluvaiheessa. Seminaarissa esiteltiin miten

Olkiluodon uusien laitosten käyttöstäpoistojätteen loppusijoitusta suunnitellaan jo ennen ydinvoimalaitoksen rakentamista. Koska Olkiluoto 4:n laitostyyppiä ei ole vielä valittu, on suunnitelmat tässä vaiheessa tehtävä yleispiirteisesti. Esimerkiksi paineastian koko vaihtelee huomattavasti eri konseptien välillä. Suunnitelmia tarkennetaan rinnan laitoksen suunnittelun, rakentamisen ja käytön kanssa.

Ryhmäkeskustelujen satoa

Seminaarin toisena päivänä järjestettiin pienryhmäkeskusteluja koskien purkamista ja jätteidenkäsittelyä sekä radioaktiivisen jätteen mittausta ja vapauttamista. Vaikka eri ryhmissä keskusteltiin lähtökohteisesti eri aihepiireistä, niin muutama yhteinen seikka korostui usean ryhmän loppupuheenvuoroissa.

Loppupuheenvuoroissa korostettiin erityisesti dokumentaation tärkeyttä laitosten koko elinkaaren aikana ja sen päivittä-

mistä myös laitosten sulkemisen jälkeen. Myös laitoksen käyttöhenkilökunnan kokemusta ja laitostuntemusta olisi hyödynnettävä esimerkiksi ottamalla käyttöhenkilökuntaa mukaan purkuorganisaatioon.

Huoli purkuorganisaation henkilöstön motivoinnista nousi myös esiin keskusteluissa. Koska purkutöiden valmistuttua henkilöstölle tai henkilöstön osaamiselle ei välttämättä ole käyttöä, niin henkilöstön motivointi ja organisaatiossa pitäminen purkutöiden loppuun asti voivat olla haasteellisia.

Ryhmäkeskusteluissa pohdittiin myös uuden teknologian avaamia mahdollisuuksia purkutöiden suorittamisessa sekä toisaalta teknologian ja tietotaidon siirtoa teutuneista projekteista suunnitteilla oleviin. Muilla teollisuuden aloilla saattaa olla käytössä sellaista teknologiaa, josta voisi olla hyötyä myös käytöstäpoiston hankalimmissa työvaiheissa. Esimerkiksi öljyteollisuudessa on jouduttu kehittämään →



Radioaktiivista metallijätettä käsitellään sulatuslaitoksella. Lähde: Studsvik

menetelmiä vedenalaiseen työskentelyyn. Kansainvälisten organisaatioiden katsottiin olevan avainasemassa sellaisen foorumin luomisessa, jossa teknologiaa ja tietotaitoa voidaan siirtää ja kokemuksia vaihtaa kaikkien eduksi huolimatta eri toimijoiden mahdollisista kaupallisista intresseistä.

Opastetut kierrokset Studsvikissa

Seminaarin osana järjestettiin opastettuja kierroksia Studsvikin jätteenkäsittelylaitoksille. Vierailukohteisiin kuuluivat mm. sulatuslaitos, polttolaitos, jätetynnreiden skannausasema, kallioluolassa sijaitseva jätteen välivarasto sekä keskiaktiivisen jätteen käsittelylaitos.

Sulatuslaitoksessa pääsimme tutustumaan prosessiin, jossa kontaminoituneen komponentin radioaktiivinen osa erotettiin metallin pinnasta. Erotustekniikka on automatisoitu mahdollisimman pitkälle työntekijöiden radioaktiivisen altistuksen vähentämiseksi. Suurten komponenttien, kuten höyrystymien käsittelyssä itse kehitetty automaatiotekniikka on tärkeässä roolissa. Radioaktiivinen aines, jonka tila-

vuus on tyypillisesti joitakin prosentteja alkuperäisestä, lähetetään takaisin asiakkaalle ja vapautusrajan alittava metalli sulatetaan induktiosulatusuunissa uusiokäyttöä varten. Myös radioaktiivisten jätteiden polttamisella voidaan niiden tilavuutta vähentää merkittävästi. Polttolaitoksessa savukaasujen talteenotto ja kiinteytyminen ovat tärkeä osa prosessia.

Jätetynnreiden skannausella selvitetään ennen kaikkea Studsvikin alkuajoilta, 1950-luvulta lähtien, peräisin olevien jätetynnreiden sisältöä. Liikuttamalla tynnyriä röntgenkeilassa pystysuunnassa, akselinsa ympäri ja kallistamalla pystytään päättämään, millaista jätettä tynnyreissä on, onko jätteessä nestettä. Yhdessä radioaktiivisuusmittaustietojen kanssa näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi valittaessa jätteen mahdollista käsittelymenetelmää tai arvioitaessa sen vaikutusta pitkäaikaisturvallisuuteen, kun jätteet aikanaan loppusijoitetaan.

Studsvikissa oma välivarasto

Studsvikin laitosalueella sijaitsee myös kallioliitoltaan rakennettu välivarasto käsiteltäviä

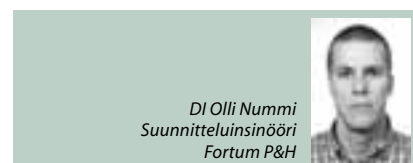
ja pakattua jätettä varten. Välivarasto on louhittu kalliiseen kalliiseen ja sijaitsee maanpinnan tasolla Studsvikin sataman tuntumassa.

Satamasta käsiteltäviä jätteitä voidaan edelleen kuljettaa esimerkiksi M/S Sigynilla loppusijoitukseen, joko Forsmarkissa sijaitsevaan lyhytikäisen matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilaan SFR tai tulevaisuudessa rakennettavaan pitkäikäisen jätteen loppusijoitustilaan SFL. SFL:n arvioidaan nykysuunnitelmien mukaan olevan käytössä noin vuonna 2045. Näin ollen osaa jätteistä varastoidaan Studsvikin kallioliitolissa jopa useita kymmeniä vuosia.

Keskiaktiivisen jätteen käsittelylaitoksessa käsitellään sekä nestemäistä että kiinteää jätettä. Nestemäinen jäte saostetaan ja sakka kiinteätetään sementillä terästyntyneisiin. Kiinteä jäte paloitellaan manipulaattoreilla ja pakataan kaksoiskannella varustettuihin tynnyreihin. Tynnyrit sijoitetaan kuljetuksen ajaksi säteilysuojattuun viiden tynnyrin telineeseen, joka edelleen voidaan kuljettaa välivarastoon.

Ensi kerralla Suomessa?

Seminaarin järjestelyt oli hoidettu hyvin ja illalliset olivat maistuvia. Illalliskeskusteluissa sekä loppupuheenvuorossa esiin nousi seuraavan seminaarin mahdollinen pitopaikka, ja Suomi ja Norja saivat kannatusta. Edellinen vastaava seminaari pidettiin viisi vuotta sitten, mutta seuraava seminaari saatetaan pitää jo parin, kolmen vuoden kuluttua.



Visionen om outtömlig energi:

Bridreaktorn i svensk kärnkraftshistoria 1945-80

MAJA FJÆSTAD, *Visionen om outtömlig energi: Bridreaktorn i svensk kärnkraftshistoria 1945-80* [A vision of inexhaustible energy: The fast breeder reactor in Swedish nuclear power history 1945-80]. With a summary in English, *Stockholm Papers in the History and Philosophy of Technology TRITA-HOT 2062* (Hedemora: Gidlunds förlag, 2010), 336 pp.

THE FAST breeder is a type of nuclear reactor that aroused much attention in the 1950s and 60s. Its ability to produce more nuclear fuel than it consumes offered promises of cheap and reliable energy, and thereby connected it to utopian ideas about an eternal supply of energy. Furthermore, the ideas of breeder reactors were a vital part of the post-war visions about the nuclear future.

THIS DISSERTATION investigates the plans for breeder reactors in Sweden, connecting them to the contemporary development of nuclear power with heavy or light water and the discussions of nuclear weapons, as well as to the general visions of a prosperous technological future. The history of the Swedish breeder reactor is traced from high hopes in the beginning, via the fiasco of the Swedish heavy water program, partly focusing on the activities at the company AB Atomenergi and investigating how it planned and argued for its breeder program and how this was received by the politicians. The story continues into the intensive environmental movement in the 1970s, ending with the Swedish referendum on nuclear energy in 1980, which can be seen as the final point for the Swedish breeder. The thesis discusses how the nuclear breeder reactor was transformed from an argument for nuclear power to an argument against it. The breeder began as a part of the vision of a society with abundant energy, but was later seen as a threat against the new sustainable world.

THE NUCLEAR breeder reactor is an example of a technological vision that did not meet its industrial expectations. But that does not prevent the fact that breeder was an influential technology in an age where import

decisions about nuclear energy were made. The thesis argues that important decisions about the contemporary reactors were taken with the idea that they in a foreseeable future would be replaced with the efficient breeder. And the last word on the breeder reactor is not said – today, reactor engineers around the world are showing a renewed interest in this elusive reactor type.

KEYWORDS: nuclear power, nuclear energy, nuclear power history, nuclear weapons, breeder reactor, fast reactor, AB Atomenergi, history, history of science, history of technology, environmental history, Sweden, 20th century, vision, technological vision, interpretative flexibility.



Maja Fjæstad, born 1976,
Division of History of Science and Technology,
Royal Institute of Technology, Teknikringen 76,
SE-100 44 Stockholm, Sweden.

ISBN 978-91-7844-794-7
ISSN 0349-2842

Distribution: Gidlunds förlag, www.gidlunds.se

Disputationen ägde rum på KTH den 23 mars 2010
vid Avdelningen för teknik- och vetenskapshistoria.
Avhandlingen kan köpas t. ex. genom bokhandeln adlibris.com.

Maja Fjæstad (maja.fjaestad@abe.kth.se)
är numera forskare på KTH.

Vakavan reaktorionnettomuuden säteilytasolaskenta APROS-ohjelmistossa

Loviisan ydinvoimalaitoksen valvomo-operaattoreiden koulutuksessa erään tärkeän osa-alueen muodostaa koulutussimulaattorilla tapahtuva säännöllinen harjoittelu. Tällä hetkellä Loviisan ydinvoimalaitoksella on käynnissä laaja automaatiouudistus (LARA-projekti).

Tämän projektin yhteydessä uudistetaan laitoksen valvomot, joten myös koulutussimulaattori on uudistettava vastaamaan uusia valvomoita. Samassa yhteydessä koulutussimulaattorin laskentamallit vaihdetaan Apros-prosessisimulointiohjelmistolla toteutettuihin laskentamalleihin.

APROS SA on ydinvoimalaitosta kuvaavaan Apros-prosessimalliin liitettävä ulkoinen laskentaohjelmisto, joka laskee vakavien reaktorionnettomuuksien aikaisia ilmiöitä. Apros SA sisältää mallit vakavan onnettomuuden termohydrauliikan kuvaamiseksi, sydämen sulamis- ja relokaatiomallin, sydänsula-aldaiden käyttäytymistä kuvaavan mallin sekä fissiotuotteiden kulkeutumismallin. Fissiotuotteiden kulkeutumismallin tuloksia on mahdollista hyödyntää siten, että primääripiirin ja suojarakennuksen aktiivisuus saadaan määritettyä.

DIPLOMITYÖSSÄ ON tehty Apros-ympäristöön säteilytasolaskenta, joka koostuu aktiivisuuslaskennasta ja annosnopeuslaskennasta. Aktiivisuuslaskennassa Apros SA:n fissiotuotteiden kulkeutumismallin osaksi on tehty säteilyn kannalta merkittävimpien nuklidien kokonaisaktiivisuuksia laskeva osa. Aktiivisuuslaskentaan on valittu 20 tärkeintä nuklidia. Kokonaisaktiivisuudet lasketaan hajoamisketjuja kuvaavien differentiaaliyhtälöiden analyttisiä ratkaisuja käyttäen.

ANNOSNOPEUKSIEN LASKENTAA varten on tehty Apros-malliin määriteltävät laskentamoduulit Radiation Calculation ja Gamma Calculation. Moduulit voidaan kytkeä Apros-mallin komponentteihin ja kytkennän seurauksena moduulit laskevat komponentin sisältämän aktiivisuuden ja muuttavat sen annosnopeudeksi moduulin määrittämässä pisteessä.

RADIATION CALCULATION -moduulissa käytetään käyttäjän antamia annosnopeuskertoimia. Gamma Calculation -moduuli laskee pinta- ja tilavuuslähteen aiheuttaman annosnopeuden gammavakioiden avulla. Laskennan tuloksena saadaan tieto kytkettyjen Apros-komponenttien sisältämistä fissiotuotemassoista ja aktiivisuuksista sekä annosnopeus.

SÄTEILYTASOLASKENNAN LISÄKSI diplomityön puitteissa tehtiin koulutussimulaattorin suojarakennusmallin osaksi laskentaverkkoja, joiden avulla voidaan laskea säteilytasoja laitosalueella. Laskentaverkot on toteutettu käyttämällä Radiation Calculation -moduulia ja annosnopeuskertoimia, jotka on laskettu aikaisemmin Loviisan ydinvoimalaitoksen vakavan reaktorionnettomuuden arviointiin käytettävää ohjelmaa varten.

SÄTEILYTASOLASKENTAA TESTATTIIN simuloimalla vakavaa reaktorionnettomuutta, jonka oletettiin alkavan keskisuuresta jäähytteenvuodosta ja muuttuvan vakavaksi reaktorionnettomuudeksi lukuisten turvajärjestelmien pettäessä. Simulointi tehtiin koulutussimulaattorin suojarakennusmallilla ja suojarakennukseen oletettiin purkautuvan höyryä, vettä, vetyä ja fissiotuotteita. Testauksen tulokset olivat rohkaisevia säteilytasolaskennan suhteen. Vertailu toisen ohjelman laskemien säteilytasojen kanssa osoitti, että aktiivisuuslaskenta ja Radiation Calculation -moduuli tuottavat tarpeeksi tarkkoja tuloksia simulaattorin tarkkuusvaatimuksia ajatellen.

*Opinnäyte hyväksytty
Teknillisessä korkeakoulussa.*

DI Juho Vierimaa
Suunnitteluinsinööri
Fortum Power & Heat Oy
Ydinturvallisuus
juho.vierimaa@fortum.com



PWR PACTELin pystyhöyrystimen mallintaminen TRACE-koodilla

Tämä työ on osa SAFIR2010:n PACSIM-projektia, jossa on otettu käyttöön TRACE-termohydrauliikkasimulointiohjelmisto (TRAC/RELAP Advanced Computational Engine) PACTEL-koelaitteiston simulointia varten. Diplomityössä luotiin malli PWR PACTEL -koelaitteiston pystyhöyrystimestä TRACE-koodilla. PWR PACTEL on Lappeenrannan teknillisen yliopiston uusi suuren mittakaavan pystyhöyrystinkoelaitteisto, joka on esitelty tarkemmin ATS Ydintekniikan numerossa 4/2007.

KOSKA YDINVOIMALAITOKSILLA tehtävät suurimittaiset kokeet eivät ole mahdollisia, erilaisia koelaitteistoja on rakennettu simuloimaan tiettyä osaa laitosta tai tiettyjä ilmiöitä. Koelaitteistoilla tehtyjen kokeiden tuloksia käytetään simulointiohjelmistojen validointiin. Ydinvoimalaitoksilla tapahtuneiden transienttien tuloksia hyödynnetään myös mahdollisuuksien mukaan.

TRACE ON uusin U.S. NRC:n (United States Nuclear Regulatory Commission) kehittämä 2-faasilaskentaan kykenevä termohydrauliikkasysteemikoodi, jota käytetään painevesi- sekä kiehutusvesilaitosten käyttäytymisen simulointiin. TRACE on komponenttipohjainen koodi: laskentamallit koostuvat siis eri komponenteista, jotka koostuvat laskentasoluista.

TYÖSSÄ POHDITTIIN eri tapoja mallintaa pystyhöyrystin simulointiohjelmistoja hyväksikäyttämällä. Koelaitteiston pystyhöyrystimen mallintaminen systeemikoodeilla kuten TRACE:lla on monimutkaista, koska virtausta simuloidaan vain yksiulotteisesti. Esimerkiksi putkikomponentissa virtaus kulkee vain putken pituussuunnassa ja muunlaiset virtausilmiöt mallinnetaan korrelaatioilla. Tästä poikkeuksena on TRACE:n painesäiliökomponentti, jossa virtausta voidaan simuloida kolmiulotteisesti. Yksiulotteisuus korostuu etenkin höyrystimen sekundääripuolella, jossa vesi virtaa putkinipun välissä, mitä on mutkikasta mallintaa käyttäen ainoastaan yksiulotteisia komponentteja. Näin ollen yksinkertaistuksia ja oletuksia on tehtävä.

LAITTEISTON ERI osien pituus, korkeussuhteet, tilavuus ja lämmönsiirtopinta-ala pyrittiin säilyttämään mallissa, jotta realismi säilyisi. Höyrystimen eri osien noodi-

tus eli geometrian jako laskentasoluihin perustuu pitkälti lämpötila- ja painesensoreiden paikkoihin, jotta tulosten vertailu olisi mahdollisimman yksinkertaista. Työssä syntynyt malli sisältää paljon soluja, joten mallia voidaan pitää suhteellisen tarkkana kuvauksena laitteistosta.

PYSTYHÖYRYSTINMALLIA TESTATTIIN aluksi itsenäisenä laitteena reunaehtojen avulla. Yksittäisen höyrystimen toimivuuden varmistuttua liitettiin malli PACTEL-koelaitteiston TRACE-malliin.

LASKENTAMALLI ON syytä kelpoistaa ennen sen käyttämistä laitteiston simulointiin. Käytännössä tämä tarkoittaa laitteiston paine- ja lämpöhäviöiden määrittelyä malliin. Mallin ja laitteiston paine- ja lämpöhäviöitä verrataan toisiinsa ja tarkoituksena on saada ne mahdollisimman samansuuruisiksi. Mallin kykyä simuloida laitteiston käyttäytymistä tarkistetaan myös laskemalla muita karakterisoivia kokeita kuten mm. syöttövedenmenetyssonnettomuuskoe sekä erilaisia luonnonkiertokokeita. Kelpoistamisessa on tärkeää saada malli käyttäytymään samalla tavalla kuin laitteisto. Tarkoitus ei ole, että kaikki mallin simuloinnissa ratkaistavat suureet olisivat samat kuin kokeessa, mikä ei toisaalta ole edes mahdollista, koska kaikkea ei ole mahdollista mitata mm. kustannussyistä.

AIKATAULULLISISTA SYISTÄ tässä työssä ei pystytty vertaamaan simulointituloksia koetuloksiin. Mallin toimivuus kuitenkin tarkistettiin simuloimalla syöttövedenmenetyssonnettomuutta eri tehotasoilla. Näiden simulointien perusteella vaikuttaa siltä, että TRACE pystyy laskemaan PWR PACTELin syöttövedenmenettomuuskokeen. Tulevaisuudessa tämän TRACE-mallin simulointituloksia voidaan verrata APROS-ohjelmistolla tehdyn PWR PACTEL -mallin simulointituloksiin.

Opinnäyte hyväksytty
Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa.

DI Antti Rantakaulio
Nuorempi tutkija
Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Ydinvoimatekniikan laboratorio
antti.t.rantakaulio@lut.fi





B+Tech Oy

Ainutlaatuista suomalaista tutkimusta

B+TECH OY on nuori kasvava kansainvälinen huippuosaamisen omaava yritys. B+Tech Oy aloitti toimintansa vuonna 2008, siinä työskentelee tällä hetkellä 12 henkilöä edustaen eri osaamisaloja (geologia, rakentaminen, suunnittelu, geotekniikka, teoreettinen fysiikka, kemia, fysikaalinen kemia, geofysiikka, materiaalitekniikka). B+Tech Oy on ainoa suomalainen yritys, joka on erikoistunut muun muassa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksessa, ympäristön suojelussa ja teollisuudessa tarvittavan bentoniittisaven ja sen tyyppisten materiaalien käyttöön, tutkimiseen ja tuotekehitykseen.



B+TECH OY:N strategisesti tärkeimmät tavoitteet tällä hetkellä ovat:

- Palkata lisää ja kasvattaa nuoria ja kokeneita huippuosaajia.
- Olla kansainvälisesti tunnettu ja tunnustettu osaja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta vastaavissa organisaatioissa.
- Kattaa huippuosaamisella koko ketju teoreettisesta ja kokeellisesta tutkimuksesta sekä mallintamisesta tutkimustulosten hyödyntämiseen suunnittelussa ja toteuttamisessa.
- kehittää edelleen proaktiivista ja laadukasta tutkimuslaboratoriota.
- Olla hyvä työpaikka.

B+TECH OY:N tutkimuksen pääkohteena tällä hetkellä oleva bentoniitti on ympäri maailmaa luonnossa esiintyvä savi, joka on muodostunut hienojakoisesta tulivuoren tuhkasta; samasta materiaalista joka haittasi lentoliikennettä keväällä 2010. Se on pitkäikäinen luonnonmateriaali joka

pystyy absorboimaan suuria määriä vettä, muuttuu kastuessaan erittäin tiiviiksi ja plastiseksi. Se pystyy suotuisissa oloissa laajenemaan kastuttuaan tilavuudeltaan moninkertaiseksi ja täyttää näin ollen ympärillä olevat tyhjät tilat.

B+TECH OY:N tekemä bentoniittisaven ominaisuuksien tutkiminen on oleellinen osa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusratkaisun kehittämistä. Bentoniittia käytetään suojaavana kerroksena, puskurina, käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustiloissa polttoainekapselien ympärillä jossa sen erityisomaisuudet, plastisuus, tiiveys ja pitkäikäisyys ovat hyödyksi.

B+TECH OY:N ydinosaamista ovat monimutkaisiin sähkökemialliset prosessit joihin Bentoniitin ominaisuudet perustuvat sekä näiden teoreettinen ja kokeellinen tutkimus sekä tulosten siirtäminen käytännön toteuttamiseen. B+Tech Oy tekee kokeellista tutkimustyötä laaja-alaisesti ja



yhteistyössä useiden kotimaisten ja kansainvälisten tahojen kanssa. Vuoden 2008 kesällä yrityksessä otettiin käyttöön tutkimuslaboratorio, joka on tietyvästi maailman ainoa pelkästään bentoniittitutkimuksiin erikoistunut laboratorio. Kesällä 2010 otettiin käyttöön uusi toinen laboratorio jossa tutkitaan erityisesti termo-hydro-mekaanisia prosesseja.

B+TECH OY:N tavoite on laajentaa toimintaa uusille alueille sillä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen lisäksi bentoniittia käytetään erityisominaisuuksiensa johdosta lukuisissa eri tarkoituksissa, muun muassa öljynporauksessa, ympäristörakentamisessa esimerkiksi pohjavesiä suojelevana tiivistyskerroksena, vedenpuhdistuksessa, valuteollisuudessa, kasvohoidoissa, kemianteollisuudessa ja kissanystävät tietävät, että sitä on myös mukana kissanhiekassa. Sitä käytetään myös myrkytysten hoidossa ja onpa jopa ihmisiä jotka nauttivat sitä ravintolisänä.

TAPAHTUMAKALENTERI

Tammi- / helmikuu 2011
Jäsentilaisuus aiheena Posivan ja SKB:n toiminta

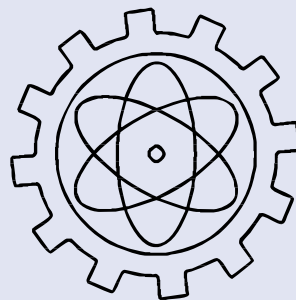
Eurajoki

Lisätiedot ja ilmoittautumiset:

Silja Holopainen

silja.holopainen@vtt.fi

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



UUDISTUNUT TIETOJENMUUTOSLOMAKE

ATS:n [www-sivuilla](http://ats-fns.fi/info/yhteystiedot.html) oleva osoitteenmuutoslomake (<http://ats-fns.fi/info/yhteystiedot.html>) on uudistunut kattamaan kaikki jäsenrekisterin tiedot.

Nykyisin lomakkeessa kysytään nimen, osoitteen, kotipaikkakunnan ja sähköpostiosoitteen lisäksi tutkinto, työnantaja ja tehtävänimike.

Uudistuksella pyritään saattamaan ATS:n jäsenrekisteri ajantasalle kaikkien tietojen osalta.

Aikaisemmin työnantajatietoja on kysytty ainoastaan jäsenhakemuksessa, minkä vuoksi jäsenrekisterissä on monen kohdalla vanhentunutta tietoa.

Ole ystävällinen ja tarkista, että tietosi on ajantasalla. Näin saamme rekisterin jälleen kaiken kattavaksi. Kiitos yhteistyöstä!

ATS:n hallitus

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>