

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



4/2004

vol. 33

Tässä numerossa

Pääkirjoitus Uutta puhtia ydinvoimarakentamiseen	3
Editorial New strength for nuclear power construction	4
UUTISIA	5
Mission China 2004	6
Ekskursio keväiseen Etelä-Afrikkaan	9
Koebergin voimalaitos	11
PBMR - huipputeknologiaa Afrikasta ...	13
Polttoainetta ja jätehuoltoa	16
iThemban kiihdytinlaboratorio	19
Potchefstroomin yliopisto	20
Päästökauppa muuttaa energiamarkkinoita	22
ATS Syysseminaari	24
PAKINA JA TAPAHTUMAKALENTERI ja seuran uudet jäsenet	26

ATS

4/2004, vol. 33

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura –
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

ATS WWW

<http://www.ATS-FNS.fi>

TOIMITUS

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

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

ERIKOISTOIMITTAJA
DI Riku Mattila
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 81
riku.mattila@stuk.fi

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

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

ERIKOISTOIMITTAJA
DI Olli Nevander
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 3220
olli.nevander@tvo.fi

JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA
DI Antti Piirto
TVO Nuclear Services Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 838 11
antti.piiro@tvo.fi

VARAPUHEENJOHTAJA
M.Sc. Lena Hansson-Lyyra
VTT Tuotteet ja Tuotanto
PL 1704, 02044 VTT
p. (09) 456 6846
lena-hansson-lyyra@vtt.fi

SIHTEERI
DI Minna Tuomainen
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 81
minna.tuomainen@stuk.fi

RAHASTONHOITAJA
DI Hanna Virlander
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
hanna.virlander@tvo.fi

DI Harriet Kallio
Fortum Power and Heat Oy
PL 100, 00048 Fortum
p. 010 453 2463
harriet.kallio@fortum.com

TkT Risto Tarjanne
Lpr teknillinen yliopisto
PL 20, 53851 Lappeenranta
p. (05) 621 2776
risto.tarjanne@lut.fi

Ronnie Olander
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8668
ronnie.olander@stuk.fi

MUU TOIMINTA

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

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

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

ENERGIAKANAVA
TkT Karin Rantamäki
VTT Prosessit
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 6376
karin.rantamaki@vtt.fi

EKSKURSIOSIHTEERIT
Tekn. yo Pekka Nuutinen
Lpr teknillinen yliopisto
pekka.nuutinen@lut.fi

Tekn. yo Anu Turtiainen
Lpr teknillinen yliopisto
anu.turtiainen@lut.fi

VUODEN 2005 TEEMAT

- 1/2005
Nuoret ja fuusio
- 2/2005
OL3 rakentaminen
- 3/2005
Tutkimus
- 4/2005
Ulkomaan ekskursionmatka

ILMOITUSHINNAT

- 1/1 sivua 500 €
- 1/2 sivua 360 €
- 1/4 sivua 240 €

TOIMITUKSEN OSOITE

ATS Ydintekniikka
c/o Kai Salminen
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10, 00048 Fortum
p. 010 453 3093
telefax 010 453 3403

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

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

ISSN-0356-0473



Painotalo Miktör Ky

Uutta puhtia ydinvoimarakentamiseen



ATS:n tämänvuotinen ulkomaan ekskursio suuntautui Etelä-Afrikkaan. Maassa on n. 40-45 milj. asukasta, mikä edustaa n. 6% koko Afrikan väestöstä. Afrikan infrastruktuurista Etelä-Afrikassa on noin puolet ja maan sähköyhtiö Eskom tuottaa 60% koko Afrikan sähköstä. Jo näiden tunnuslukujen perusteella ja muihin tietoihin nojautuen voidaan päätellä, että koko manner on tavattoman köyhä ja varallisuus jakautuu hyvin epätasaisesti.

Vauraan Etelä-Afrikankin väestöstä noin puolet eli 20 miljoonaa asukasta on ilman sähköä. Muun Afrikan tilanne on vielä huonompi. Kun elintaso halutaan nostaa ja olosuhteita parantaa ja kun sähkön kuluttajat jakautuvat laajalle alueelle, täytyy pyrkiä kehittämään paremmin paikallisiin olosuhteisiin sopivia ratkaisuja. Kivihiili ja ruskohiili eivät tarjoa kovin hyviä mahdollisuuksia lisäkapasiteetin rakentamiseen Etelä-Afrikassakaan vaikka hiiltä olisikin suhteellisen hyvin saatavissa.

Apartheidistä johtunut kauppasaarto ja muut kansainvälisen yhteisön pakotetotimet ovat tehneet Etelä-Afrikassa välttämättömäksi omintakeisten ratkaisujen kehittämisen myös ydinalalla. Osaamista onkin sekä siviili- että sotilaspuolella monenlaisissa toiminnoissa. Tällainen vankka tausta tekee ymmärrettäväksi sen, että on lähdetty kehittämään uudenlaista ydinvoimalaitostyyppiä. Se on suoraa jatkoa Saksassa rakennetulle ja sittemmin käytöstä poistetulle Hamm-Uentropin laitokselle ja sitä edeltäneille koereaktoreille.

Etelä-Afrikassa kehitteillä oleva reaktori on tyypiltään "Pebble Bed Modular Reactor", jonka suomenkielinen vastine on "kuulakekoreaktori". Reaktori on heliumjäähdytteinen ja se on hyötysuhteeltaan parempi kuin meikäläiset kevytvesireaktorit. Modulaarinen rakenne tekee helpoksi tuotantokapasiteetin sovittamisen ympäröivän alueen kulutusta vastaavaksi.

Eräs selvä etu on laitoksen käyttäytymisessä poikkeustilanteissa. Transienttitilanteisiin liittyvät pitkät aikavakiot helpottavat häiriötilanteiden hallintaa. Useissa tapauksissa kolmen ensimmäisen päivän aikana häiriötilanteen alkamisesta ei ole pakottavaa tarvetta ryhtyä toimenpiteisiin. Tämä mahdollistaa asiantuntijatuen saatavuuden eikä aseta laitoksen käyttööntoiminnasta vastaavalle henkilöstölle kovin tiukkoja osaamisvaatimuksia.

Uuden ydinvoimalaitostyyppin kehittämiseen osallistuu useita Etelä-Afrikassa toimivia asiantuntijaorganisaatioita hyvässä yhteistoiminnassa. Tavoitteena on saavuttaa vankka jalansija maailman ydinvoimalaitostoimittajien harvenevassa joukossa. ■

New strength for nuclear power construction

This year, ATS made their foreign excursion to South Africa. The country has 40 – 45 million inhabitants, about 6% of the entire population of Africa. About half of all African infrastructure is in South Africa, and the national power generation company Eskom produces about 60% of all electricity generated on the entire continent of Africa. Based on these figures and other information, it can be easily determined that the continent is extremely poor and wealth is very unevenly distributed.

Even in wealthy South Africa, about half of the population, i.e. 20 million people, live without electricity. The situation is even worse in the rest of Africa. While there is a need to improve living standards and conditions, and consumers are spread over large areas, solutions better suited to local needs are required. Coal and lignite do not offer significant opportunities for the construction of additional capacity, not even in South Africa where coal is rather widely available.

The international embargo and other sanctions caused by the politics of apartheid have made it necessary to develop local and original products in South Africa, also in the field of nuclear industry. The country has solid competence in a number of areas, on both the civilian and military fronts. Such a strong background makes it understandable that the decision has been made to develop a new type of nuclear power plant. The new type is a continuation of the Hamm-Uentrop plant constructed in Germany and later decommissioned, as well as

all the test reactors that preceded it.

The reactor in development in South Africa is called the Pebble Bed Modular Reactor. It is helium cooled and has better efficiency than our light water reactors. The modular structure makes it easy to adapt production capacity to suit the needs of the surrounding area.

Plant operation during exceptional conditions is also a key benefit. Long time constants in transient situations assist disturbance management. Usually, no special activities are required for the first three days after the beginning of a disturbance. This allows for specialist support to be accessible, and places less demands on the competence of the plant operating personnel.

The new power plant type is being developed in close cooperation among several expert organisations in South Africa. The aim is to achieve firm foothold among the diminishing number of nuclear power plant vendors. ■

NEW
STRENGTH

ATS:n internet-sivut on uudistettu

ATS:n uudistetut internet-sivut avattiin 18.11.2004. Sivujen ulkonäkö on uusittu ja sivujen fyysinen sijainti on siirretty VTT:n palvelimelta kaupalliselle palveluntarjoajalle ylläpidon helpottamiseksi.

Sivut löytyvät edelleen osoitteesta

<http://www.ATS-FNS.fi>

ATS Young Generation

Satu Siltanen aloittaa Fortum Nuclear Services Oy:n yhdyshenkilönä YG:n ydinryhmässä vuoden 2005 alusta, ja toimii myös Suomen edustajana ENS:n Young Generation Networkissa toistaiseksi.

ATS YG osallistuu omalla joukkueellaan Helsinki City Marathonille kesällä 2005. Kiinnostuneet voivat tiedustella paikkoja joukkueessa Jaakko Leppäseltä (jaakko.leppanen@vtt.fi).

Nuorten ydinvoimakongressi Suomeen vuonna 2006

International Youth Nuclear Congress (IYNC) järjestetään osin Suomessa kesällä 2006. Suomen ja Ruotsin esitys IYNC:n seuraavan konferenssin järjestämisestä Skandinaviassa voitti Torontossa pidetyssä IYNC:n kansallisten edustajien äänestyksessä Etelä-Afrikan äänin 21-9. Aikaisemmin Skandinavia voitti Kroatian Euroopan sisäisessä äänestyksessä.

IYNC on maailmanlaajuinen ydinvoima-alan nuorille tarkoitettu järjestö, johon useimpien maiden Young Generation -ryhmät kuuluvat. Torontossa toukokuun alussa järjestetty IYNC 2004 -konferenssi oli järjestyksessään kolmas. Konferenssiin oli saapunut 263 osallistujaa 35 maasta. Suomalaisia osallistujista oli 7. IYNC 2006 järjestetään yhteistyössä ATS Young Generationin ja Ruotsin Young Generationin kanssa.

Lisätietoja: <http://www.iyinc.org>



Olkiluoto 3: Laitospaikka tasoitettiin jo loppukesästä.

” Discovering the nuclear fuel cycle ”

Mission China 2004

Ranskan atomiteknillisen seuran (SFEN) Young Generation järjesti 16 päivää kestäneen vierailun Kiinaan syyskuussa 2004. Matkan tarkoituksena oli tutustua Kiinan ydintekniikan osaamiseen. Vierailu oli toisinto vuonna 1993 tehdystä vastaavasta matkasta ja sen avulla saatiin käsitys viimeisen 10 vuoden aikana Kiinassa tapahtuneesta alan kehityksestä. Vierailukohteina oli ydinteknisten tutkimuslaitosten lisäksi kaksi ydinvoimalaitosta sekä polttoainetehdas, konepaja ja erilaisia ydinteknisiä laitteita valmistava tehdas. Mukana vierailulla oli yhteensä 14 iältään 21 - 35-vuotiasta ydintekniikan ammattilaista ja opiskelijaa. Ryhmän vetäjänä toimi SFEN:n nuorten asioiden vastaava seitsemääkymmentä ikävuottaan lähestyvä Pierre-Louis Chometon. Meidän kahden suomalaisen ja ranskalaisten lisäksi mukana oli yksi saksalainen sekä Ranskassa asuva kiinalaisopiskelija.

Matkan valmistelut alkoivat juhanuksena Pariisissa järjestetystä valmisteluseminaarista, jossa valittiin lopulliset osallistujat ilmoittautuneiden joukosta. Kaikki tilaisuudessa mukana olleet haastateltiin ja tarkoituksena oli koota mahdollisimman heterogeeninen ryhmä. Samassa tilaisuudessa esiteltiin Ranskan ydinjätehuoltoa, uuden sukupolven ydinvoimalaitoksia sekä Kiinan ydinteollisuuden nykytilaa. Myös Ranskan Kiinan suurlähetystön edustaja kävi tilaisuudessa puhumassa. Seminaarissa jaettiin aiheet, joista osallistujat tekisivät esitelmää yksin ja pareittain kiinalaisia isäntiä varten. Tilaisuus pidettiin kiinalaisessa hotellissa Pariisin laidalla, joten pääsimme opettelemaan myös syömäpuikkojen käyttöä, joka osoittautui hyödylliseksi taidoksi matkan aikana.

Juuri ennen varsinaista lauantai-iltaa 4.9. ollu matkalle lähtöä meillä oli vielä 1,5 päivää kestänyt seminaari Pariisissa, jossa kävimme läpi kaikkien osallistujien valmistelemat esitelmät,

joita oli yhteensä lähes 7 tuntia. Samalla saimme maille suomalaisille harvinaista palautetta esiintymisestämme.

Yli kymmenen tunnin lento ja viiden tunnin aikaero eivät olleet omiaan nostamaan mielenkiintoa kiinanlaista kulttuuria kohtaan, mutta myönnettäkään, että Taivaallisen Rauhan Aukio oli varsin mieleenpainuva näky Mao Tse Tungin mausoleumi rakennuksineen. Sunnuntai illalle kiinalaiset isäntämme olivat järjestäneet tervetuliaistilaisuuden paikallisen atomiteknillisen seuran sekä Ranskan suurlähetystön ydinvoima-asioiden konsulin kanssa.

Pekingin alueen vierailukohteet

Ensimmäinen virallinen vierailukohteemme oli maanantaina Pekingin ulkopuolella sijaitseva Kiinan 50-vuotias China Institute of Atomic Energy, CIAE. Instituutti on rakenteilla mm. nopean hyötyreaktorin demonstraatiolaitos. Pekingistä käsin tutustuimme lisäksi Tsing-



Ryhmä Quinshanin voimalaitoksella.

huan yliopiston ydinenergiatekniikan instituuttiin (INET), jossa lienee tällä hetkellä maailman ainoa toiminnassa oleva 10 MW:n kuulakekoreaktori, HTR-10. Reaktorissa tutkitaan kaasujäähdytteisen reaktorin polttoaineen käyttäytymistä sekä reaktorin passiivisia turvallisuusomaisuuksia, joiden kerrottiin olevan ylivoimaisia kevytvesilaitoksiin verrattuna. Koelaitoksessa on tällä hetkellä höyryturbiini, mutta seuraavan modernisoinnin yhteydessä siihen on tarkoitus liittää heliumilla toimiva kaasuturbiini. Heliumin ulostulolämpötila on tällä hetkellä 700 °C, mutta reaktoria on tarkoitus testata myös korkeammilla lämpötiloilla.

Tehdas nro 262 ja polttoainetehdas

Pekingistä matkasimme Xi'anin yöjunalla ja keskiviikkona tutustuimme tehdas nro 262:een, joka valmistaa säteilymonitoreja, kulunvalvontalaitteita ydinvoimalaitoksille sekä erilaisia laittei-

ta sairaanhoidon radiodiagnostiikkaan. Tehdas tekee yhteistyötä mm. ranskalaisen MGP Instrumentsin kanssa.

Xi'anista matkustimme taas yöjunalla Chengduun ja olimme vasta iltapäivällä perillä. Tämä takasi meille virallisista vierailuista vapaan päivän. Perjantaina Chengdussa tutustuimme Chinese Nuclear Power Instituteen (CNPI), joka tekee ydintekniikkaan liittyviä termohydraulisia analyysejä sekä maanjäristysanalyyskejä. Maanjäristysanalyysiin suunniteltu koelaitteisto antaa 25 cm:n amplitudilla 9 G:n kiihtyvyyden 20 tonnin painoisille kappaleille. CNPI:llä kuulumme myös johtajan puheen, jonka hän oli pitänyt päivää aikaisemmin instituutissa vierailleelle Kiinan presidentille. Puheessaan johtaja vakuutti Kiinan tarvitsevan ydinvoimaa pystyäkseen turvaamaan teollisuuden jatkuvan kasvun ja tyydyttääkseen kasvavan sähkön tarpeen. Iltapäivällä, ennen viikonlopun viettoon lähtöä, vierailimme myös 150 km:n päässä Chengdusta sijaitsevaan CNPI:n alainstituutin koereaktorilla.

Viikonlopun vietimme E'meissä vuoristorhotellissa ja vierailimme viidakossa. E'meistä matka jatkui sunnuntaina kohti Yibiniä, jossa sijaitsee kiinalaisille voimalaitoksille polttoainetta valmistava tehdas. Maanantaina vierailimme tehtaalla, jossa on kaksi tuotantolinjaa Framatomen AFA 2/3G polttoaineen valmistusta varten. Lisäksi parin vuoden kuluessa tehdasta on tarkoitus laajentaa rakentamalla tuotantolinja VVER-1000-laitoksen polttoainetta varten. Vierailulla pääsimme tutustumaan polttoaineen kokoamislinjaan sekä mm. polttoainesauvojen päätytulppien sekä alapäätylevyjen valmistukseen.

Laitosvierailut

Yibinistä matkustimme takaisin Chengduun, josta lensimme vielä samana iltana Shenzeniin. Tiistaina oli vuorossa ensimmäinen laitosvierailu. Vierailimme Daya Bayn laitosalueella, jossa meille pidettiin lyhyt esitelmä laitosta käyttävien yhtiöiden strategioista sekä esiteltiin laitosten



CIAE:n koereaktorin esittelyä.

käyttöä kuvaavia tunnuslukuja. Tämän jälkeen teimme kiertoajelun hyvin hoidetuilla laitoksen piha-alueella. Laitospaikalla, viiden kilometrin päässä toisistaan, on neljä Framatome ANP:n toimitamaa painevesilaitosta, joiden nimellistehot ovat noin 1000 MW. Laitokset on rakennettu kahden yksikön ryhmissä. Ensimmäisen rakennusvaiheen laitokset tulivat kaupalliseen käyttöön tammi- ja maaliskuussa 1994, ja toinen rakennusvaihe toukokuussa 2002 sekä tammi-kuussa 2003. Laitosten omistajayhtiöt suunnittelevat kolmannen vaiheen rakentamista ja rakennustyöt on tarkoitus aloittaa ensi vuonna. Uudet yksiköt ovat vastaavia kuin edellisekin, tosin teknisiä parannuksia tullaan tekemään.

Shenzenistä jatkoimme matkaa Hangzhouhin keskiviikkoamuna lentäen, josta jatkoimme pikkubussilla Quinshamin voimalaitosalueella sijaitsevaan hotelliin. Illalla illastimme seuraavan päivän vierailuisäntiemme kanssa ja torstaina oli vuorossa laitosvierailu. Quinshamin laitosalueella on kolme erilaista laitostyyppiä, joista painevesilaitokset ovat kiinalaisten itse suunnitteleamia ja rakentamia. Laitoksista yksi on 300 MW:n kaksilooppinen painevesilaitos, joka on otettu käyttöön joulukuussa 1991. Lisäksi alueella on kaksi 600 MW:n painevesilaitosta, joiden käyttöönotot olivat kesäkuussa 1996 sekä helmikuussa 2002 ja kaksi 700 MW:n Candu-6 reaktoria, jotka on otettu käyttöön 2002 ja 2003. Myös tälle laitospaikalle on suunnitteilla lisäkapasiteettia ja tilaa löytyy ainakin kahdelle 300 MW:n reaktorille. Kyseiseen provinssiin on myös suunnitteilla kuuden vähintään

1000 MW:n painevesilaitoksen rakentaminen. Tällä vierailulla pääsimme laitokselle sisään ja kävimme pienen laitoksen simulaattorilla sekä isomman PWR:n että CANDU:n valvomoissa. Laitosvierailujen jälkeen meillä oli tapaaminen neuvotteluhuoneessa, jossa keskustelimme ydinvoiman tulevaisuudesta Euroopassa ja Kiinassa.

Konepaja

Viimeisenä vierailukohteena perjantaina meillä oli Shanghai Boiler Works Shanghaiissa. Konepaja on valmistanut paineastioita mm. vieraillemiimme kohteisiin ja he tekevät yhteistyötä esimerkiksi ruotsalaisen Sandvikin konepajan kanssa. Vierailu kesti koko päivän ja varsinaisen konepajavierailun lisäksi nuoret ammattilaiset pitivät esitelmiä eri paineastioiden valmistusprosesseista.

Summa summarum

Kaiken kaikkiaan 16 päivän aikana matkustimme lähes 7000 kilometriä. Aikataulu oli todella tiukka ja kiinalaiset isännät olivat järjestäneet meille ohjelmaa myös viikonlopuiksi. Vapaata aikaa ei siis käytännössä jäänyt ja kiinalaisen kadunmiehen elämään emme oikeastaan päässeet tutustumaan. Tiukasta vierailuohjelmasta huolimatta pääsimme tutustumaan kulttuurikohteisiin, kuten Kiinan muuriin ja Terrakotta -sotilaisiin.

Matka oli monessa mielessä antoisa ja antoi hyvän kuvan Kiinan ydinvoimalan tilasta. Yhteenvetona voidaan todeta, että Kiinassa ydintekniikan kehitys tulee jatkumaan ja rahoitusta eri ydinteknologian osa-alueille varmasti löytyy myös tulevaisuudessa. Kiina tulee kehittämään lisää omaa ydintekniikkaa ja tarkoitus on nostaa vuoteen 2020 mennessä ydinvoiman osuus sähköntuotannosta nykyisestä vajaasta prosentista 4 - 5 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Tämä tarkoittaa kasvavan sähköntarpeen yhteiskunnassa useita laitosprojekteja.

DI Hanna Virlander
Reaktorijaoksen päällikkö
Käyttöturvallisuus
Teollisuuden Voima
hanna.virlander@tvo.fi



Tekn. yo. Pekka Nuutinen
Energiatekniikan laitos
Lappeenrannan teknillinen
yliopisto
pekka.nuutinen@lut.fi



Ekskursio keväiseen Etelä-Afrikkaan



Keväinen Etelä-Afrikka ja ennen kaikkea Koebergin voimalaitos ja PBMR-teknologia saivat houkuteltua 12 seuran jäsentä mukaan ATS:n syksyn ekskursiolle. Vierailukohteina olivat Koebergin voimalaitos, kiihdytin laboratorio iThemba Labs, Pebble Bed Modular Reactorin (PBMR) pääsuunnittelutoimisto, Nuclear Energy Corporation of South Africa (NECSA) ja Potchefstroomin yliopisto.

Suomen atomiteknillisen seuran ulkomaan ekskursio suuntautui tällä kertaa Etelä-Afrikkaan, jossa mielenkiinnon kohteina olivat ennen kaikkea Koebergin voimalaitos ja PBMR-teknologia. Ekskursiolle osallistui 12 seuran jäsentä ja ikähaarukka oli laaja, 24:stä 83 vuoteen. Edustettuina olivat Fortum, VTT, STUK, TVO, Posiva ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Matka alkoi Helsingin lentokentältä lauantaina 23. lokakuuta, josta koneen keula suunnattiin kohti Lontoon Heathrowta. Heathrowsta matka jatkui koneen vaihdon jälkeen Kapkaupunkiin, jonne saavuimme sunnuntaiamuna.

Kapkaupungissa sunnuntaipäivän ohjelmana oli vierailu Robben Islandin van- kilasaarella, jossa Nelson Mandela vietti 18 vuotta elämästään. Etelä-Afrikka toivotti vierailijat tervetulleiksi kauniilla, tosin varsin tuulisella säällä. Lauttamatka Robben Islandille sujui vauhdikkaasti katamaraani-tyyppisellä veneellä. Venematkan aikana huomasimme paikallisen meriveden huomattavasti kotoista suolaisemmaksi, sillä kuivavat vesiroiskeet jätivät jälkeensä suolakiteitä iholle.

Pöytävuori

Maanantaina Koebergin voimalaitoksen lisäksi kävimme pikaisesti Kapkaupungin

maisemaa hallitsevan Table Mountainin laella, jonne matka taitettiin ensin bussilla ja sen jälkeen varsin massiivisella köysiratahissillä.

Table Mountain kohoaa lähes suoraan merestä aina 1080 metrin korkeuteen ja on sinällään varsin vaikuttavan näköinen ilmestys. Myös maisemat vuoren laelta ovat näkemisen arvoiset: Kapkaupunki tuhansine taloineen, komeat sataman rakennukset, meri ja vuoren pintaa pitkin laskeutuvat pilvet.

Tiistaina iThemba Laboratorion vierailun jälkeen matkasimme linja-autolla kohti Cape Pointia, jossa Atlantin ja Intian valtameren sanotaan kohtaavan. Myös Cape Pointissa maisemat ovat jyl-



hän kauniit, sillä Hyväntoivonniemi ko-
hoaa useamman sadan metrin korkeu-
teen meren pinnasta ja kasvisto alueella
on varsin runsasta ja monipuolista.

Pretoriassa

Keskiviikkona matka jatkui Kapkaupun-
gista Pretoriaan, jossa tutustuimme
PBMR-laitostyyppin rakentamissuunnitel-
miin ja tekniseen toteutukseen. PBMR-
yhtiössä ovat osakkaina mm. ESKOM,
BNFL ja IST Nuclear.

Lisäksi entinen kansallinen ydintutki-
muslaitos NECSA osallistuu tutkimuk-
seen ja tuotekehitykseen sekä polttoai-
neen valmistukseen.

NECSAn muusta toiminnasta kuulim-
me torstaina ja perjantaina vierailimme
Potchefstroomin yliopistossa, jossa tut-
kitaan PBMR:n termohydrauliikkaa ja
automaatiota varsin mittavan kokoisella
koelaitteistolla.

Lauantaina tutustuimme paikalliseen
luontoon Pilanesburgin luonnonpuistos-
sa, jossa mm. elefantit, sarvikuonot ja
virtahevot esittäytyivät kaukaisille mat-
kalaisille. Sunnuntaina tutustuimme

Etelä-Afrikan historiaan lähinnä buurien
näkökulmasta vieraillessamme Voortrek-
ker monumentilla ja Paul Krugerin mu-
seoidulla talolla. Sunnuntai-iltana jätim-
me jälkeemme Etelä-Afrikan, josta aina-
kin matkan järjestäjille jäi varsin positiiv-
inen kuva: huolimatta pitkäaikaisesta
kauppasaarosta, roturistiriidoista ja

AIDS-ongelmasta maassa on paljon kek-
selliäisyyttä ja yrittämisen tahtoa. Ken-
ties tulevaisuudessa PBMR-projekti ke-
hittyi todella kaupalliseksi tuotteeksi ja
laitoksia rakennetaan muihinkin maihin.

*Matkan toteutuksesta kiitämme Töö-
lön matkatoimiston ryhmämatkojen
Sanna Parkkolaa.*

Osallistujat:

- Antti Piirto
(TVO Nuclear Services)
- Jorma K Miettinen
- Olavi Vapaavuori
- Magnus Hanses
- Kim Söderling
(Säteilyturvakeskus)
- Mikko Ilvonen
(VTT Prosessit)
- Timo Kontio
(Fortum Loviisan voimalaitos)
- Timo Toppila
(Fortum Nuclear Services)
- Seppo Tarkainen
(Fortum Nuclear Services)
- Tarja Nurminen
(Posiva) • Anu Turtiainen
(Lappeenrannan teknillinen yliopisto)
- Pekka Nuutinen
(Lappeenrannan teknillinen yliopisto)

*Tekn. yo. Anu Turtiainen
Energiatekniikan laitos
Lappeenrannan teknillinen
yliopisto
anu.turtiainen@lut.fi*



*Tekn. yo. Pekka Nuutinen
Energiatekniikan laitos
Lappeenrannan teknillinen
yliopisto
pekka.nuutinen@lut.fi*



Koebergin voimalaitos

Etelä-Afrikan kaakkoisosassa sijaitsevan Kapkaupungin ympäristö on Etelä-Afrikan nopeimmin kasvavaa aluetta ja energiantarpeen tyydyttämiseksi 1970-luvun alkupuolella oli kansallisella voimayhtiöllä ESKOM:lla kaksi mahdollisuutta: kalliiden voimalinjojen rakentaminen pohjoisesta tai voimalaitoksen rakentaminen maan luoteisosaan. Hiilivoimalaitoksen rakentaminen olisi lisäksi merkinnyt sitä, että polttoaine olisi pitänyt kuljettaa rautateitse kaivoksilta 1500 km päästä. Pitkien etäisyyksien ja ympäristöasioiden vuoksi ESKOM päätti vuonna 1972 rakennuttaa Koebergin ydinvoimalaitoksen.

Etelä-Afrikan energiantuotanto on perustunut suurelta osin vesivoimaan sekä hiilen polttoon. Noin 90 % maan sähköä tuotetaan hiilivoimalaitoksissa. Sähköntuotanto keskittyy pääasiassa maan koillisosassa sijaitsevien suurten hiiliesiintymien lähitöle poltto aineen siirtokustannusten minimoimiseksi. Hiiliesiintymiä on Etelä-Afrikassa runsaasti ja tästä syystä sähkön tuotantokustannukset kuuluvat maailman alhaisimpiin.

Atlantin rannikolle 27 kilometriä Kapkaupungista pohjoiseen rakennettu Koeberg on toistaiseksi Etelä-Afrikan ainoa sähköntuotantoon valmistettu

ydinvoimalaitos. Laitos pohjautuu samaan aikaan Ranskassa rakennettuihin ydinvoimalaitoksiin ja rakennuttajana toimi ranskalainen konsortio Framatome-Alstom-Spie Batignolles-Framateg.

Rakennustöitä häirittiin

Rakennustöiden ollessa käynnissä 1982 laitosalueella räjähti neljä pommia, jotka tekivät suurta tuhoa sähköjärjestelmille. ANC ilmoitti olevansa iskujen takana. Vahinkojen selvittäminen ja korjaaminen aiheuttivat vuoden viivästymisen laitoksen käyttöönotossa.

Rakennustöiden valmistuttua laitoksiksi ensimmäinen otettiin kaupalliseen käyttöön 1984 ja toinen tahdistettiin kansalliseen verkkoon 1985. Laitosten suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta. Kahden kolmeluuppisen PWR-yksikön yhteenlaskettu teho on 1840 MWe, joka vastaa noin 6 % Etelä-Afrikan sähkötarpeesta. Laitoksen tuottamasta sähköstä noin 60 % menee teollisuuden käyttöön.

Laitos työllistää pysyvästi 1000 omaa työntekijää ja 800 ulkopuolista urakoitsijaa. Vuosihuoltojen aikana henkilökunta kasvaa 600 ulkopuolisella urakoitsijalla. Toistä 95 % tehdään kokonaisto-



mituksina, joista vastaavat suuret toimitajat kuten Westinghouse ja Framatom.

Työturvallisuuteen on panostettu huomasti. Joka puolella laitosalueella näkyi kylttejä ja opastetauluja muistuttamassa turvallisuusasioista. Loppuvuodesta voimalaitos pääsee järjestämään koko henkilökunnalle tilaisuuden, jossa juhlistetaan 7 000 000 työtaturmatonta pe-
rakkäistä työtuntia.

Laitosalueeseen kuuluu 2200 hehtaarin luonnonpuisto jossa on 11 km ranta-
viivaa. Puistoon on rakennettu luontopolkuja retkeilijöille. Alueella elää 157 lintulajia sekä useita antilooppilajeja ja muita nisäkkäitä.

Opas kertoi, että laitoksen käyttöhistorian aikana alueen eläimistö on välillä aiheuttanut ongelmia laitoksen käytölle. 1-yksikön merivesijärjestelmään uinut valashai ehkä eksoottisimpana esimerkkinä.

Kehitysasiat

ESKOM on lähivuosina investoimassa laitosuudistuksiin, joiden tarkoituksena on saattaa Koebergin laitoksiköt vastaamaan EDF:n (Electricite de France) turvallisuusajattelua.

EDF:llä on meneillään Ranskassa mittavat modernisointiprojektit jotka tähtäävät siihen, että kaikkien yksiköiden turvallisuus nostetaan vähintään samalle tasolle EDF:n uusimpien laitoksiköiden kanssa. Vertailussa Ranskassa oleviin laitoksiin havaittiin 560 turvallisuuteen liittyvää eroavaisuutta, joista 88 tutkittiin tarkemmin. Tutkimusten perusteella päätettiin tehdä 23 laitosmuutosta joista yhdeksän on jo toteutettu.

Huomioitavaa on erityisesti se, että Koeberg on jättänyt pois ranskalaisen lähestymistavan turvallisuusajatteluun, joka luottaa hyvin paljon automaatioon. Etelä-Afrikassa panostetaan enemmän koulutukseen. Laitoksen simulaattori on ympärivuorokautisessa käytössä ja operaattoreiden on osallistuttava kuuden viikon välein viikon mittaiseen koulutukseen.

Koebergissä joudutaan myös jatkuvasti panostamaan rakennusten kunnostamiseen. Atlantin rannikolla sijaitsevan laitoksen pintamateriaalit ja teräsrakenteet altistuvat jatkuvasti mereltä puhaltavien tuulien mukanaan nostattamalle suolapitoiselle sumulle. Korroosion vuoksi mm turbiinisalin ulkoseinät on jouduttu uusi-
maan. Piha-alueella näkyvillä olevat teräsrakenteet olivat ruosteen peitossa ja isännät kertoivat, että paikallisessa ilmastossa esimerkiksi autojen käyttöikä on ruostumisen vuoksi hyvin lyhyt.

Tehonkorotusmahdollisuuksia on laitoksella tunnistettu useita, mutta asiat ovat pääosin suunnitteluasteella sähkön matalan hinnan vuoksi.

PBMR-pilottiyksikkö tullaan suunnitelmien mukaan rakentamaan Koebergin laitosalueelle. Rakennustöiden on arvioitu alkavan vuoden 2007 aikana. Aikataulusuunnitelmat tähtäävät siihen, että laitos valmistuu vuoden 2010 loppuun mennessä. Lopullisena tavoitteena on teholtaan 1344 MWe oleva kahdeksan moduulin kokonaisuus.

Jätehuolto

Koebergin voimalaitoksella syntyneet matala- ja keskiaktiiviset huoltojätteet käsitellään laitoksella samaan tapaan kuin Suomessa: kuivat huoltojätteet pakataan 200 litran tynnyreihin ja nestemäiset jätteet kiinteytetään betoniin. Loppusijoitus on toteutettu kuljettamalla pakatut jätteet maanteitse noin 600 km päässä sijaitsevalle loppusijoituspaikalle.

Loppusijoituspaikaksi oli valittu Vaalputsin hiekkäerämaa-alue, johon jättepakkaukset haudataan muutaman kymmenen metrin syvyiseen kuoppaan. Loppuksi kaivanto tullaan sulkemaan noin seitsemän metrin paksuisella savi- ja hiekkapatjalla.

Kaikki laitoksella syntynyt polttoainejäte on toistaiseksi varastoitu laitosalueelle. Polttoaineen loppukäsittelystä ei vielä ole tehty päätöksiä. ■

*DI Timo Kontio
Säteilysuojeluinsinööri
Fortum Loviisan voimalaitos
timo.kontio@fortum.com*



*Ins. Kim Söderling
Projektipäällikkö
Lähialueyhteistyö
Säteilyturvakeskus
kim.soderling@stuk.fi*



PBMR – huipputeknologiaa Afrikasta

Etelä-Afrikan ekskursion mielenkiintoisimpiin kohteisiin kuului vuosituhannen vaihteessa muodostettu yhtiö PBMR (Pty) Ltd, joka kehittää vakavasti otettavana kaupalliseen toimintaan tähtäävänä hankkeena ns. kuulareaktoria (Pebble Bed Modular Reactor, PBMR). Tavoitteena on ensi vaiheessa rakentaa prototyypilaitos Kapkaupungin lähelle Koebergiin ja polttoainetehdas Pretorian lähelle Pelindabaan. Jatkossa tavoitellaan vähintään kymmenien 165 MWe:n tehoisten laitosmodulien myyntiä kotimaahan ja ulkomaillekin.



Turhaa vaatimattomuutta PBMR ei tunnu potevan, sillä visiossaan yhtiö pyrkii nostamaan itsensä standardoitujen ydinenergiajärjestelmien ykkötoimittajaksi maailmassa. Yhtiön osakkaat ovat ESKOM (voimayhtiö, joka tuottaa suurimman osan Etelä-Afrikan sähköstä), IDC (Industrial Development

Corporation of South Africa) ja BNFL. Amerikkalainen Exelon vetäytyi hankkeesta vuonna 2002 syistä, jotka isäntien mukaan liittyivät vain Exelonin omiin yritysjärjestelyihin ja strategian muuttumiseen. Sen tilalle otettaisiin edelleenkin mieluummin jokin sopiva ulkomainen kumppani.

PBMR-yhtiön vierailutilat sijaitsivat aivan Pretoriassa Centurionin alueella olleen hotellimme vieressä. Isäntämme Tom Ferreira (Communication manager) ja Willie Theron (Senior manager, Plant engineering) pitivät esityksen, jossa Etelä-Afrikan energiahuoltotilanteen selvittämisen jälkeen mentiin varsin

pitkälle PBMR-laitoksen teknisiin yksityiskohtiin. Kysymyksille oli varattu aikaa sekä esityksen jälkeen että läheisessä ravintolassa vietetyn yhteisen illallisen aikana. Lisäksi vierailutiloissa meille esiteltiin lyhyesti PBMR-laitosta varten tehty alustava tietokonepohjainen simulaattorihuone.

ATS Ydintekniikka -lehdessä on aiemminkin, numerossa 2/2001, esitelty PBMR-laitoksen toimintaperiaatteita erityisesti polttoaineen rakennetta ja laatusperiaatetta painottaen. Tuolloin arveltiin demolaitoksen rakennustöiden alkavan vuonna 2002, mihin näyttäisi tämänhetkisen tiedon mukaan tulevan viitisen vuotta viivästyistä. Tässä kirjoituksessa painotetaan enemmän projektin tilaa ja laitoksen kokonaisuutta sekä tietysti uusimpia muutoksia.

PBMR-hankkeen tilanne

ESKOM jätti PBMR-laitoksen ympäristövaikutusten arvioinnin (EIA) tarkastettavaksi kesäkuussa 2000. Kolmen vuoden prosessoinnin jälkeen hallitus hyväksyi sen, mutta vielä tällä hetkellä on meneillään yleisön keskuudesta saapuneiden valitusten (n. 80 kpl) käsittely. Sen odotetaan päätyvän positiiviseen lopputulokseen joskus vuoden 2005 alkupuolella.

Tänäkin vuonna hankkeelle on näytetty korkealta taholta vihreätä valoa. Kaihos- ja energiaministerin mukaan ydinvoima on välttämätön osa maan energiajärjestelmää. Etelä-Afrikka tarvitsee ydinenergiaa hiilidioksidipäästöjensä leikkaamiseen. Maa liittyi Kioton sopimukseen vuonna 2002; sähköstä 93 % tuotetaan polttamalla omien avolouhosten halpaa, huonolaatuista hiiltä. Etelä-Afrikan hallituksen sanoin (24.10.) hallitus on päättänyt tukea PBMR-laitosten kehitystä ja markkinointia; julkisesti mainittu tavoite PBMR-sähköntuotannoksi on 4000 - 5000 MW. Juuri vierailuamme edeltävänä päivänä (26.10.) hallitus oli myöntänyt PBMR-yhtiölle

500 miljoonan randin (n. 65 M euroa) suuruisen rahoituksen.

Kunhan ympäristöministerin lopullinen päätös EIA-prosessista saadaan ehkä jo lähikuukausina, arvioidaan rakennustöiden alkavan vuonna 2007. Demolaitos ja polttoainetehdas olisivat valmiit vuonna 2010. Ensimmäiset kaupalliset laitokset valmistuisivat vuonna 2013.

Tällä hetkellä PBMR-hankkeessa työskentelee kaikkiaan n. 500 kokoaikaista työntekijää, joista n. 280 itse PBMR-yhtiössä. Tähänastisen kehitystyön koko määrä on n. 2.5 miljoonaa miestyötuntia. Kuulimme, että saksalaiset, joilta laitoksen perusidea on saatu, ovat suorastaan ylitsevuotavan auliisti tarjonneet tietämyksensä PBMR-yhtiön käyttöön. Yhtiön käyttämät (isommat) alihankkijat ovat Etelä-Afrikan lisäksi Saksasta, Espanjasta, USA:sta, Venäjältä ja Japanista. Potchefstroomin yliopistolla on koelaitteisto, joka varsin lähellä PBMR-laitosta olevine prosesseineen mahdollistaa (ainakin laitosta vastaavalla kompleksisuustasolla) FlowNex-pohjaisen termohydrauliikkamallin validoinnin.

PBMR-laitoksen markkinarako

Etelä-Afrikan sähkönkulutus on vuodesta 1992 lähtien kasvanut keskimäärin 3,4 % vuodessa. Tänä vuonna saavutettu huipputeho oli 34 210 MW. Tehoreservi on jo lähitulevaisuudessa hyvin vähäinen. Kasvun arvellaan jatkuvan 2,8 %:n vuosivauhdilla vuoteen 2022, mihin mennessä yli 20 000 MW uutta kapasiteettia on oltava rakennettuna.

Nykyisistä hiilivoimaloista suurin osa sijaitsee hiililouhosten vieressä Johannesburgin lähistöllä. Kulutuskeskuksia on kuitenkin muuallakin, ja pinta-alaltaan noin neljää Suomea vastaavassa maassa hiilen tai sähkön siirtokustannukset muodostuvat korkeiksi. Vaikka ydinvoimaa aiotaan rakentaa, pidetään kuitenkin Suomen tapaan tärkeänä myös

energiantuotannon monipuolisuuden säilyttämistä.

PBMR:n eduiksi mainitaan pienen modulikoon mahdollistama sijoitus kuluksipaikan lähelle ja hyvä säädettävyys (40 - 100 % maksimitehosta, muutos 10 %/min). Tehonsäätö tapahtuu muuttamalla jäähdytteenä toimivan heliumin painetta, jolloin massa- ja lämpövirta muuttuvat suunnilleen vastaavasti. Korkea lämpötila on myöskin helppo hyödyntää monenlaisiin teollisuusprosesseihin. PBMR-laitos soveltuisi hyvin mm. vedyn tai suolattoman veden tuotantoon.

PBMR:n kysyntää maailmanmarkkinoilla yhtiö perustelee luonnollisesti osittain samoilla tekijöillä kuin ydinenergian kysyntää yleensäkin. Maailman sähkönkulutus on vuoden 1980 jälkeen kasvanut noin 3 % vuodessa. Fossiilisten polttoaineiden hinnat ovat nousussa, ympäristöpaineet kasvavat ja uusiutuvien energianlähteiden todellinen potentiaali hiilidioksidipäästöjen alentamisessa näyttää enenevästi kyseenalaiselta.

PBMR:lle ominaisia hyviä puolia ovat luontainen turvallisuus (reaktori ei voi sulaa) ja pommikelpoisten aineiden tuottamisen vaikeus. Onnettomuustilanteiden toimenpidesuunnittelukin on rajattu 400 metrin etäisyydelle laitoksesta. Pieni yksikkökoko mahdollistaa myös lyhyen rakennusajan (ilmoitetaan alkuvaiheessa 2,5 vuodeksi), jolloin vastaaminen kuluttajien tarpeisiin on helppoa. Rakennuskustannukseksi mainitaan 1500 \$/kWe. Suunniteltu seisokkien tarve on yhteensä vain 30 päivää 6 vuoden aikana ja laitoksen käyttöikä on 40 vuotta. Yhtiö uskoo saavuttavansa dominoivan markkina-aseman ollessaan todennäköisesti ensimmäinen, joka tuo tällaisen konseptin markkinoille.

Laitostekniikkaa

PBMR-laitoksessa jäähdytteenä käytetty helium tulee reaktoripaineastiaan ylhäältä 503°C:n lämpötilassa, kuumenee virratessaan polttoainekuulien välistä 11 metrin matkan ja poistuu alhaalta 900°C:n

lämpötilassa, mikä on riittävä suoran kaasuturbiiniprosessin käyttämiseen. Heliumin on suunniteltu pyörivän peräkäin kolmea turbiinia, joista kahdella ensimmäisellä käytetään järjestelmän omia kompressoreita ja kolmannella sähköä tuottavaa generaattoria. Äskettäin tehdyn muutoksen jälkeen nämä kolme on kuitenkin yhdistetty samalle vaakasuorassa olevalle akselille. Tämän mahdollisesti komponenttien parantuminen, ja tuloksena on yksinkertaisempi järjestelmä.

Ennen reaktoriin paluuta heliumia kompressoidaan, minkä ajaksi siitä poistetaan väliaikaisesti lämpöä lämmönvaihtimen (rekuperaattorin) avulla. Prosessi on peruseriaatteeltaan yleisesti käytetty Braytonin sykli, tässä tapauksessa luonnollisesti suljettuna versiona. Sähköntuotannon hyötysuhde saadaan lähes 50 %:iin.

Yhtenä laitoksen avainominaisuuksista mainostettu korkea turvallisuustaso perustuu ennen kaikkea reaktorin perusrakenteeseen. Historiallisesti hanke pohjautuu osittain Saksassa vuosina 1966 – 1987 toimineeseen AVR-kerkeälämpötilareaktoriin, jossa tehtiin ainutlaatuinen koe: jäähdytyskierto pysäytettiin säätösauvojen ollessa ulkona reaktorista. Lämpötilan noususta huolimatta polttoainekuulat pitivät fissiotuotteet sisällä.

Erittäin tärkeitä ominaisuuksia ovat sydämen alhainen tehotiheys (4,8 MWt/m³) ja se, että lämpötilan noustessa reaktorin teho luontaisesti pyrkii hiipumaan. Tilannetta edesauttaa vielä grafiitin ja muiden rakenteiden suuri lämpökapasiteetti. Yhtiön edustajien mukaan PBMR-operaattorien paras toimintavaihtoehto LOCA-tapauksessa onkin lähtee kahville (no, ehkäpä tämä oli vitsi). Suunniteltu polttoaineen maksimilämpötila häiriötilanteissa on 1540°C. Jotta laitos pysyisi käyttökunnossa vielä tapahtuman jälkeenkin, joudutaan kuitenkin betoni- ym. rakenteita jäähdyttämään haurastumisen tai muun vikaantumisen estämiseksi.

Käymissämme keskusteluissa käsiteltiin kuitenkin joitain mahdollisesti huolestuttavia piirteitä laitoksessa. Päästöjen arviointi perustuu pitkälti vanhoihin saksalaisiin tuloksiin polttoainekuulien laadusta. Tuleeko laatu myös käytännössä olemaan riittävän hyvä? Grafiitin ja korkean lämpötilan yhdistelmä antaa aiheen pelätä tulipaloo, jos happi astuu mukaan kuvaan. Laitoksen korkeudesta n. 1/3 on suunniteltu maan alle, jolloin mahdollisten tulvimistilanteiden vaikutukset voivat olla ikävät. Helium karkaa tunnetusti hyvin pienestä reiästä; tähän on kuitenkin varauduttu mm. siten, että mahdollinen vuoto tapahtuu heliumin täyttämään tilaan eikä kokonaan pois järjestelmästä, ja vuotomahdollisuuksien vakuutettiin olevan hallinnassa.

Miltä jatko näyttää?

Kaiken kaikkiaan PBMR-yhtiön edustajista jäi hyvin positiivinen ja innostunut vaikutelma. Tuskinpa hankkeen onnistuminen siis ainakaan henkilöstön sitoutumisesta jää kiinni.

Aiemmin vierailtaessa Koebergin laitoksella myös Eskomin edustajat vaikuttivat hyvin vakuuttuneilta siitä, että PBMR-laitos todellakin on lähitulevaisuudessa tulossa Koebergiin. Toisaalta Pelindabassa esiintyi myös toisenlaisia äänenpainoja, joiden mukaan PBMR-yhtiöstä löytyisikin puhetta enemmän kuin tekoja.

Mene ja tiedä, mutta toivotaan, että uusi rohkea hanke johtaa onnistuneeseen lopputulokseen. Taloudellisesti ja turvalisesti toimivat PBMR-laitokset voisivat epäilemättä tuoda oman lisänsä ydinenergian vääjäämättömään renessanssiin. ■

TkL Mikko Ilvonen
Tutkija
Ydinenergia ja
energijärjestelmät
VTT Prosessit
mikko.ilvonen@vtt.fi



Polttoainetta ja jätehuoltoa

– Nuclear Energy Corporation of South Africa (NECSA)

ATS:n vieraili torstaina 28.10. NECSAn toimipisteessä Belindabassa, jossa sijaitsee Etelä-Afrikan ydintekniikan polttoaine- ja ydinjätetoiminnot. NECSAssa tullaan tekemään myös PBMR-laitoksen polttoaine.



N ECSA on Pelindabassa noin 30 km Pretoriasta länteen sijaitseva, Etelä-Afrikan valtion kokonaan omistama yritys. Yritys perustettiin valtion ydinpolttoaine toimintojen pohjalle tilanteessa, jossa kansainvälisen eristyskauden jälkeen näiden toimien jatkoa kyseenalaistettiin. Tällöin uudelta yhtiöltä vaadittiin, että elinkelpoiset toiminnot pystyttäisiin kaupallistamaan, ja samalla laitoksen tulee tukea valtion instituuttien ja yliopistojen tutkimustarpeita. Laitoksen turvajärjestelyt eivät sallineet valokuvien ottamista, mutta muuten tietoa jaettiin suhteellisen vapaasti.

Apartheid-hallinnon aikaansaama kansainvälinen eristys pakotti Etelä-Afrikan hallituksen tekemään lähes kaiken itse, jolloin Koebergin voimalaitoksen polttoaine tehtiin kokonaan täällä Pelindabassa.

Prosessi käsitti koko syklin, aina uraanin rikastuksesta polttoaine-elementin mekaaniseen suunnitteluun ja rakentamiseen sekä loppusijoitukseen. Kun maan eristys ulkomaista loppui, kotimaisen tuotannon erityisasema muuttui; Koebergin laitos saattoi ostaa polttoai-

neensa maailmanmarkkinoita halvemmalla.

Tässä yhteydessä katosi lähes 4000 työpaikkaa; jäljelle jäi nykyiset noin 1500 työpaikkaa. Polttoaineprosessin osista NECSA päätyi sitten kehittämään omia tuotteitaan ja kaupallistamaan niitä.

Isotooppeja maailmalle

Koska alue sisältää koereaktorin (SA-FARI-1) ja varastossa valmiiksi rikastettua ydinmateriaalia, isotooppituotanto oli helppo valinta. Laitos tuottaa kaiken Etelä-Afrikan tarvitsemat lääketieteelliset isotoopit, ja tuottaa myös valmistetta vientiin. Noin 15 % ^{99m}Mo- ja ¹³¹I-valmisteista maailmanmarkkinoilla tuotetaan täällä. Koska NECSA on syrjässä päämarkkinoista (Eurooppa ja USA), lääketieteellisten merkkiaineiden vientituotteet perustuvat ^{99m}Mo -isotoopin hajoamiseen ^{99m}Tc:ksi. ^{99m}Tc on laajimmin lääketieteessä käytetty merkkiaine.

^{99m}Mo:n hajoamisprosessi saa aikaan riittävän viiveen, jolloin lopputuote ehtii käyttöpisteeseensä. Viivettä säädellään

^{99m}Mo-aktiivisuudella. Tuotenimi PELTEK-F sisältää tarvittavat lähteet sekä säteilysuojatut annostelu- ja säilytyslaitteiston. Radioaktiivisia isotooppeja käytetään myös prosessiteollisuuden erilaisissa mittauksissa, esim. pinnankorkeusmittauksissa, vuotojen määrittelyissä ja virtausmittauksissa.

Monenlaisia innovaatioita

Uraanin rikastusprosessin sivutuotteena yleisesti syntyy suuria määriä HF- ja muita fluoripohjaisia varastoja, joten erilaisten materiaalien fluoraus ja fluoripohjaisten kemikaalien valmistus oli myös yksi valittu tie. Muovin molekyyli-rakennetta voidaan tukea ja tiivistää fluoraamalla, josta esimerkkinä oli auto-teollisuuden erilaisia muoviosia kuten puskurit ja polttoainetankit.

Muutamit rikastukseen ja polttoainevalmistukseen liittyvät suunnitteluinnovaatiot ovat myös elinkelpoisia, mm. spiraaliputkien avulla toteutetut partikkelisuodattimet. Spiraaliputket olivat Etelä-Afrikan uraanin väkevöinnin keskeinen komponentti, joilla UF₆-kaasu

saatiin pyörivään liikkeeseen. Näitä putkielelementtejä kytkettiin edelleen laajempiin kaskadeihin. Prosessin etuna oli hyvä saanto, mutta haittapuolena korkea energiankulutus, joka sittemmin johti myös koko toiminnan lopettamiseen kun realismi ja taloudelliset tekijät nousivat päätöksenteossa muiden, perinteisempien kriteereiden ohi. Kertoman mukaan koko laitteisto on myyty Kiinaan.

Eräs myös harkittu spin-off-tuote oli jalokivien säteilytys, jossa väritöntä topaasia säteilyttämällä saatiin erittäin harvinaista ja arvokasta sinistä topaasia. Hanke lopetettiin kaikessa hiljaisuudessa epäeettisenä ja mahdollisesti kiusallisena paikalliselle jalokivikaivostoiminnalle.

Safarilla

NECSAn keskuksen toimiva reaktori SAFARI-1 on kevytvesimoderoitu- ja jäähdytetty allastyypinen tutkimusreaktori. Reaktorin nykyinen teho on 20 MWth (vrt. Otaniemen Trigan 250 kW) ja sen polttoaineenaan käytetään korkeasti väkevöityä (yli 90%) urania, jota on saatavilla lopetetun aseohjelman jäänteinä. Reaktorissa saavutetaan tutkimusreaktorille tyypillisesti korkeita neutronivuon tiheyksiä, mikä tekee siitä sopivan nykyiseen isotooppituotantoon.

SAFARI-1 -reaktori on suunniteltu Yhdysvalloissa ja on ollut toiminnassa vuodesta 1965. Reaktorin alkuperäinen käyttötarkoitus oli tutkimus- ja koulutuskäyttö sekä toimiminen ydintekniikan kehityksen apuna. Nykyisin tärkein kaupallinen sovellus on ^{99m}Mo-fissiotuotteen tuotanto. Muita käyttökohteita ovat esimerkiksi elektroniikkateollisuuden puolijohdeiden tarpeeseen tehtävä piin säteilyttäminen (neutron transmutation doping) ja erilainen isotooppituotanto. Lisäksi reaktoria käytetään yhä ahkerasti alan koulutuksessa.

Vierailukohteessa ATS:n ekskursio-ryhmä puetettiin enemmän tai vähemmän sopiviin valkoiisiin laboratoriotakkeihin ja kierrätettiin lyhyen sovellusesittelyn jälkeen reaktorin valvomoon. Reak-

toriallas on sijoitettu keskelle suurta hallia, ja valvomon ikkunat aukesivat halliin reaktorialtaan yläosan tasolta.

Valvomo näytti olevan pitkälti alkuperäisessä vuoden 1965 varustuksessaan. Valvomosta ryhmä johdatettiin reaktorin päälle. Vierailuhetkellä reaktori oli ajettu alas.

Reaktori itse makasi sylinterinmuotoisen altaan pohjalla noin 7-8 m syvyydessä hehkuen Cerenkovin säteilyn sinistä; valitettavasti valokuvaus oli kielletty. Reaktorin päältä oli näkymä reaktorin sisäosiin. Sydämen sisäpuolella on kuusi isotoopin tuottoaikkaa jotka ovat käytettävissä reaktorin käytön aikana. Useampia muita paikkoja on tavoitettavissa reaktorin ollessa alas ajettu. Varsinaisen reaktorialtaan vieressä siihen suoraan kytkettynä oli varastoallas käytetyn polttoaineen välivarastointiin. Tästä varastoaltaasta oli vielä suora siirtokanava reaktorissa aktivoidun materiaalin helpoon siirtämiseen hot celliin. Tällä hetkellä reaktorin suunniteltu sulkemisvuosi on 2020. Sitä ennen on suunnitteilla siirtyminen polttoaineessa korkeasti rikastetusta vähemmän rikastettuun, eli noin 90%:sta noin 20%:iin.

Reaktorilla on "sisarreaktori" Ruotsissa, Studsvikin R2-tutkimusreaktori, josta löytyy paremmin tietoa ja kuvia myös internetistä. Reaktorit eroavat kuitenkin joissakin yksityiskohdissa hieman toisistaan.

Instituutit tutkivat ilmaiseksi

Alueella sijaitsee myös van de Graafgeneraattori, jota käytetään tutkimustarkoituksiin sekä erilaisiin tilaustöihin. Generaattori on yhdysvaltalaista valmistetta, ja tuottaa 4 MeV partikkeleita kolmeen eri säteytyspisteeseen. Laitoksessa on töissä yksi vanhempi ja kaksi nuorempaa tutkijaa, kolme tekniikkaa sekä vuosittain tutkimukseen laitoksella vieraillee 15-20 jatko-opiskelijaa. Hallitus edellyttää näiden valtion instituuttien tarvitseman tutkimustyön olevan ilmaista. Laitoksen toiminnan pääpaino on teollisten

menetelmien kehittämisessä, perustutkimus on vähäisempää. Käynnissä olevana tutkimustyönä mainittiin korkeapaineisen kaasunäytteen käyttö säteen kohteena.

Ydinjätehuolto lapsenkengissä

Iltapäivällä NECSAN ydinjätehuollosta vastaavan yksikönjohtaja Piet Bredell (NLM Division Manager) piti ryhmällemme esityksen Etelä-Afrikan ydinjätehuollosta. Yhteenvetona voidaan mainita, että vähä- ja keskiaktiivisten jätteiden huoltoon on panostettu, mutta korkea-aktiivisten jätteiden loppusijoituksen suunnittelu on vasta alkuasteella. Aikataulua korkea-aktiivisen jätteen loppusijoitukselle on jo hiukan hahmoteltu, mutta käytännön toimii ei ole vielä ryhdytty. Suomen loppusijoitusmalli oli tuttu myös Etelä-Afrikassa ja mallia on otettu myös Ruotsista sekä Saksasta. Myöskään paikkatutkimuksia ei ole vielä aloitettu loppusijoituspaikan selvittämiseksi.

Loppusijoitusalue oli Etelä-Afrikan länsirannikolla, paikassa nimeltä Vaalputs, joka sijaitsi pohjoiseen Kapkaupungista. Tänne sijoitetaan Koebergin matala-aktiiviset jätteet, mutta NECSA hallinnoi tätä toimintaa. Pelindaban omat jätteet, mukaanlukien korkea-aktiiviset jätteet ovat edelleen Pelindaban laitosalueella.

NECSAn tehtäviin kuuluu myös laskea loppusijoituksesta aiheutuvat kustannukset ja laatia aikataulu ydinjätehuololle sekä huolehtia ydinjätehuollosta siten että aikanaan ydinjätehuoltovelvoitukset vapautuvat ydinjätehuoltovastuista.

Korkea-aktiiviset jätteet

Käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyä on mietitty monelta kantilta mm. jätteen jälleenkäsittelyä tai jätteen viemistä ulkomaille on mietitty. Myös muiden maiden malleihin on tutustuttu esimerkiksi Ruotsin tai Saksan mallia voitaisiin hyödyntää. Poliittisesti vielä ei ole mahdollista ➤ ➤



tehdä päätöstä käytetyn ydinpolttoaineen kohtalosta. Piet Bredell antoi myös kiitoksia suomalaisten jo pitkälle edenneestä ydinjätehuollosta.

1990-luvun alussa Etelä-Afrikassa, vielä ajateltiin että ydinjätteiden loppusijoittamiseksi voisi löytyä jokin yhteinen malli muiden maiden kanssa, joilla käytettyä ydinpolttoainetta syntyy vähän. Myös käytetyn ydinpolttoaineen vientiä ulkomaille on mietitty ja mm. mahdollisuutta viedä jäte Venäjälle on tutkittu. Piet Bredell kommentoi, että vaihtoehto tuntuisi houkuttelevalle, mutta kustannussyistä käytännössä se olisi mahdotonta toteuttaa. Polttoaineen jälleenkäsitteilyn mahdollisuutta on myös mietitty, mutta taloudellisesti sekin on kallista toteuttaa. Sähköyhtiö ESKOM on nykyään suoran loppusijoituksen kannalla.

Koebergin voimalaitoksen ydinjätteet

Koebergin ydinvoimalaitoksen vähä- ja keskiaktiiviset jätteet kiinteytetään voimalaitoksella ja kuljetetaan autioma-

NECSAn ydinjätehuollosta vastaavan yksikön tehtävät pähkinänkuoressa

NECSAn vastuulla on huolehtia:

- Koebergin ydinvoimalaitoksen vähä- ja keskiaktiivisista jätteistä sekä korkea-aktiivisesta jätteestä
- SAFARI-tutkimusreaktorin tuottamista vähä- ja keskiaktiivisista jätteistä sekä korkea-aktiivista jätteestä
- kaivosteollisuuden jätteistä ja
- lääketeollisuudessa ja terveydenhuollossa syntyvistä radioaktiivisista jätteistä.

han loppusijoitettavaksi. Jätteet on varastoitu sateen kestäviin teräsvuorattuihin tynnyreihin. Jätteet kiinteytetään ennen tynnyreihin pakkaamista betoni-seoksella. Loppusijoituspaikka sijaitsee Valputsissa Namaqualandissa lähellä Namibian rajaa. Valputsin valittiin vähä- ja keskiaktiivisen jätteen sijoituspaikaksi kuivuutensa takia.

Alueella pohjavesi sijaitsee useiden kymmenen metrin syvyydessä, ja koska sijoituspaikka sijaitsee kaukana erämaassa, ei siitä ole haittaa asutukselle. Alueen valvontaan ei ole suunniteltu erityisjärjestelyjä vaan aluetta vartioidaan normaaliin tapaan. Täysin ongelmatonta jätteiden sijoitus autiomaahan ei ole ollut. Suuret lämpötilat ovat aiheuttaneet kaasunmuodostumista jätetyynyreihin. Jätteet haudataan noin 7 m syvyydelle ja peitetään maakerroksella.

Jätteet kuljetaan loppusijoituspaikkaan rekoilla maanteitse. Matkaa Kapkaupungin lähistöllä sijaitsevalta ydinvoimalaitokselta tulee noin 500 km Valputsin matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoituspaikalle. Korkea-aktiivisten jätteiden tulevaisuudesta ei ole vielä tehty päätöstä, mutta eri vaihtoehtoja tutkitaan. Korkea-aktiiviset jätteet on varastoitu voimalaitosalueelle ja varastointikapasiteettia on vielä seuraaviksi 30 vuodeksi eteenpäin.

SAFARI-tutkimusreaktorin ydinjätteet

Vuodesta 1965 asti syntynyt vähä- ja keskiaktiivinen jäte on kaivettu maahan

Belindaban alueelle. Neljä ydinpolttoaineen tuotantolaitosta on suljettu vuosina 1990-98. Sulkemisiin ovat johtaneet tuotannollis-taloudelliset sekä poliittiset syyt. Kun ydinpolttoaineen tuotanto lopetettiin Belindabassa alueelle vapautui tehdastilaa, jota voitiin hyödyntää SAFARI-tutkimusreaktorin vähä- ja keskiaktiivisen jätteen varastona. Varastotiloihin mahtuu vielä seuraavien 50 vuoden matala- ja keskiaktiiviset jätteet. Etelä-Afrikan hallitus on kuitenkin ottanut kantaa Belindaban maaperään sijoitettuihin vähä- ja keskiaktiivisiin jätteisiin, jotka tulee käsitellä asianmukaisesti 10 vuoden siirtymäajan puitteissa. SAFARI-tutkimusreaktorista syntyvä korkea-aktiivinen jäte on tällä hetkellä sijoitettuna reaktorin yhteydessä olevaan vesialtaaseen.

NECSA:

www.necsa.co.za/

Radioisotooppien tuotanto:

www.radioisotopes.co.za/>products

SAFARI-laitteisto:

www.radioisotopes.co.za/facilities/safari.htm

Ins. (AMK) Tarja Nurminen
Laatupäällikkö
Yritysuunnitteluyksikkö
Posiva
tarja.nurminen@posiva.fi



DI Seppo Tarkainen
Suunnitteluinsinööri
Laitosuunnittelu
Fortum Nuclear Services
seppo.tarkainen@fortum.com



DI Timo Toppila
Suunnitteluinsinööri
Turvallisuus ja polttoaine
Fortum Nuclear Services
timo.toppila@fortum.com



iThemban kiihdytinlaboratorio

ATS:n 12 jäsentä käsittänyt ryhmä vieraili 26.10.2004 aamupäivällä n. 3 tunnin ajan Etelä-Afrikan v. 1988 perustetussa iThemban laboratoriossa joka on perus- ja sovellettua tutkimusta varten perustettu kiihdytinkeskus. iThemba on Etelä-Afrikan Kansallisen tutkimussäätiön (NRF) ylläpitämä laitos Fauressa, Kapkaupungin länsipuolella.

Laitoksen vakituinen henkilökunta on päälle 100, mutta siinä on lisäksi runsaasti opiskelijoita maan eri korkeakouluista ja vierailevia tutkijoita eri puolilta maailmaa.

Laitoksen tehtävänä on

- 1) suorittaa kiihdyttimiä hyväksikäyttäen ydinfysiikan ja radiokemian perustutkimusta ,
- 2) suorittaa neutroni- ja protonisuihkuja hyväksikäyttäen syöpäpotilaiden sädehoitoa ja
- 3) valmistaa varsinkin lyhytikäisiä radioisotooppeja lääketieteellistä käyttöä varten Etelä-Afrikan sairaaloille.

Syklotronilla syöpähoitoa

iThembassa on suuri, moderni, erotettuja sektoreita käsittävä 200 MeV:in syklotroni joka tuottaa 66 MeV:in protonisuihkuja radioisotooppiin tuotantoon sekä neutroneita ja protoneita syöpähoitoon ja 6 MV:n van de Graaf -generaattori jota käytetään ydinfysiikan perustutkimukseen sekä biofysiikan ja radiologian tutkimuksiin ja potilassäteilytyksiin. Tutkijoita saapuu eri puolilta Etelä-Afrikkaa sekä ulkomailta, varsinkin Euroopan maista.

Laitos stimuloi tieteiden välistä yhteistyötä vetäen puoleensa väitöskirjan tekijöitä ja vierailevia tutkijoita fyysikaalisten tieteiden, biologian ja lääketieteen aloilta.

Suuri syklotroni valittiin erityisesti silmälläpitäen mahdollisuutta tuottaa syövänhoitoon sopivia neutroni- ja protonisäteilytyksiä. Sillä tuotetaan mm. 200 MeV:in protoneita syövän säteilytykseen. Myös raskaampia partikkeleita, kuten ^3He :a, voidaan kiihdyttää sillä.

Neutronisäteilytyksiä on annettu vuodesta 1989 lähtien ja tähän mennessä on säteilytetty yli 730 potilasta. Erityisen hyviä tuloksia on saatu mm. sylkirauhassyövän ja pitkälle kehittyneen keuhkosyövän hoidossa.

Protonisäteilytykset aloitettiin syyskuussa 1993 jolloin, niitä annettiin vain viidessä maassa koko maailmassa. Yli 100

venssitekniikka, sähkötekniikka, mekaniikka ja laiterakentaminen.

Laitoksen tarkoituksena on luoda innovatiivinen tietoyhteiskunta, jonka kansalliset kykenevät myötävaikuttamaan globaalisesti kilpailukykyisen ja menestyvän maan kehittämiseen.

Yleisvaikutelmaksi tuli että laitos on hyvin suunniteltu, varustettu ja hoidettu,



potilasta joille, mikään muu hoito ei olisi enää ollut mahdollista on käsitelty.

iThemba on ainoa laitos Etelä-Afrikassa joka, tuottaa lääketieteessä tärkeitä lyhytikäisiä radioisotooppeja. Kysytyimpiä ovat gallium ^{67}Ga , krypton ^{81}Kr , indium ^{111}In , jodi ^{123}I ja tallium ^{201}Tl ja niiden yhdisteet. Noin 30 maan suurista sairaaloista ja muista laitoksista ja n. 10 000 potilasta vuodessa pääsevät hyötymään ko. palveluista.

Myös muuta osaamista

Laitos ylläpitää asiantuntemusta monilla tieteen ja tekniikan aloilla kuten suuret magneetit ja tyhjölaitteistot, radiofrek-

Se oli myös siisti. Tutkijat esittelivät sitä ja töitään asiantuntevasti. Sinne kannattaisi jonkun suomalaisenkin stipendiaatin lähteä, sillä siellä hän saisi tieteellisesti hyvän harjoittelun mahdollisuuden, runsaasti kansainvälisiä suhteita ja ainutlaatuisen mahdollisuuden tutustua aivan toisenlaiseen maailmaan kuin pohjoisella pallon puoliskolla yksinetoista rotuineen ja kielineen.

Kuukin on taivaalla yläläis ja nurinpäin



FT Jorma K. Miettinen
Akateemikko
Radiokemia, prof. emer.
Helsingin yliopisto
jormak@loopm.com

Potchefstroomin yliopisto

– opetuksen ohella huippututkimusta

Potchefstroomin (North-West University) yliopisto tutkii PBMR-laitoksen termohydrauliikkaa sekä teoreettisin että kokeellisin menetelmin. Nykyinen koelaitteisto PBMM (Pebble Bed Micro Model) on syntynyt PBMR-yhtiön ja valtion rahoituksen avulla. Koelaitteisto on rakennettu kaupallisista komponenteista ja sen tarkoitus on FlowNex-ohjelmiston validointi PBMR-sovellusta varten sekä tutkia laitoksen ylösajoa ja automaatiota.

Potchefstroomin yliopisto sijaitsee noin 170 kilometriä Pretoriasta lounaaseen suurien kultakaivosten välittömässä läheisyydessä. Etelä-Afrikassa tuotettu uraani on lähes sataprosenttisesti rikastettu kultakaivosten jätemalmista, josta muodostettuja kasoja näimme useita matkalla Pretoriasta Potchefstroomiin. Saavuttuamme yliopistolle tervetuliaispuheen esitti insinöritieteiden tiedekunnan dekaani, professori Johan Fick.

Nuori ja pieni, mutta tasokas

Potchefstroomin yliopisto on alun perin perustettu 1982 Vaal Triangle Campus nimisenä. Vuonna 1991 yliopisto muutti nykyiselle paikalleen ja vaikka se on Etelä-Afrikan nuorin ja pienin yliopisto, sen tutkimus on erittäin korkeatasoista ja opiskelijat ovat työllistyneet opintojensa jälkeen erittäin hyvin. Yliopistossa on seitsemän tiedekuntaa, joista meitä eniten kiinnosti insinöritieteiden tiedekunta.

Vuonna 1997 insinöritieteiden tiedekunta sai nykyisen muotonsa, jossa on kolme koulutusohjelmaa: Chemical and Minerals Engineering, Electrical and Electronics Engineering ja Mechanical Engineering. Koko insinöritieteiden tiedekunnan erikoistutkimusalue on Energy Systems, joka on saanut tutkimuksen huippuosaamiskeskuksen statuksen Etelä-Afrikassa.

Insinöritieteiden tiedekuntaan tulee vuosittain noin 230 uutta opiskelijaa, jotka valmistuvat ensin noin neljässä vuodessa insinöritieteiden kandidaateiksi ja parin vuoden lisäopiskelun jälkeen maistereiksi. Tällä hetkellä perusopiskelijoita on kuutisensataa ja tohtorin tutkintoa on suorittamassa viitisenkymmentä jatko-opiskelijaa.

Tiedekunnan kaikki koulutusohjelmat osallistuvat Energy Systems -erikoistutkimusalueen tukemiseen oman perustutkimuksensa kautta. Mechanical Engineering -koulutusohjelma on vastuussa PBMR-projektin johtamisesta ja kehittämisestä. Projekti painottuu laitoksen automaation ja termohydrauliikan tutkimukseen ja sen rahoituksesta puolet tulee kaupallisilta yhtiöiltä, lähinnä PBMR-yhtiöltä ja toinen puoli on valtion avustusta.

PBMR-osaamista kehitetään

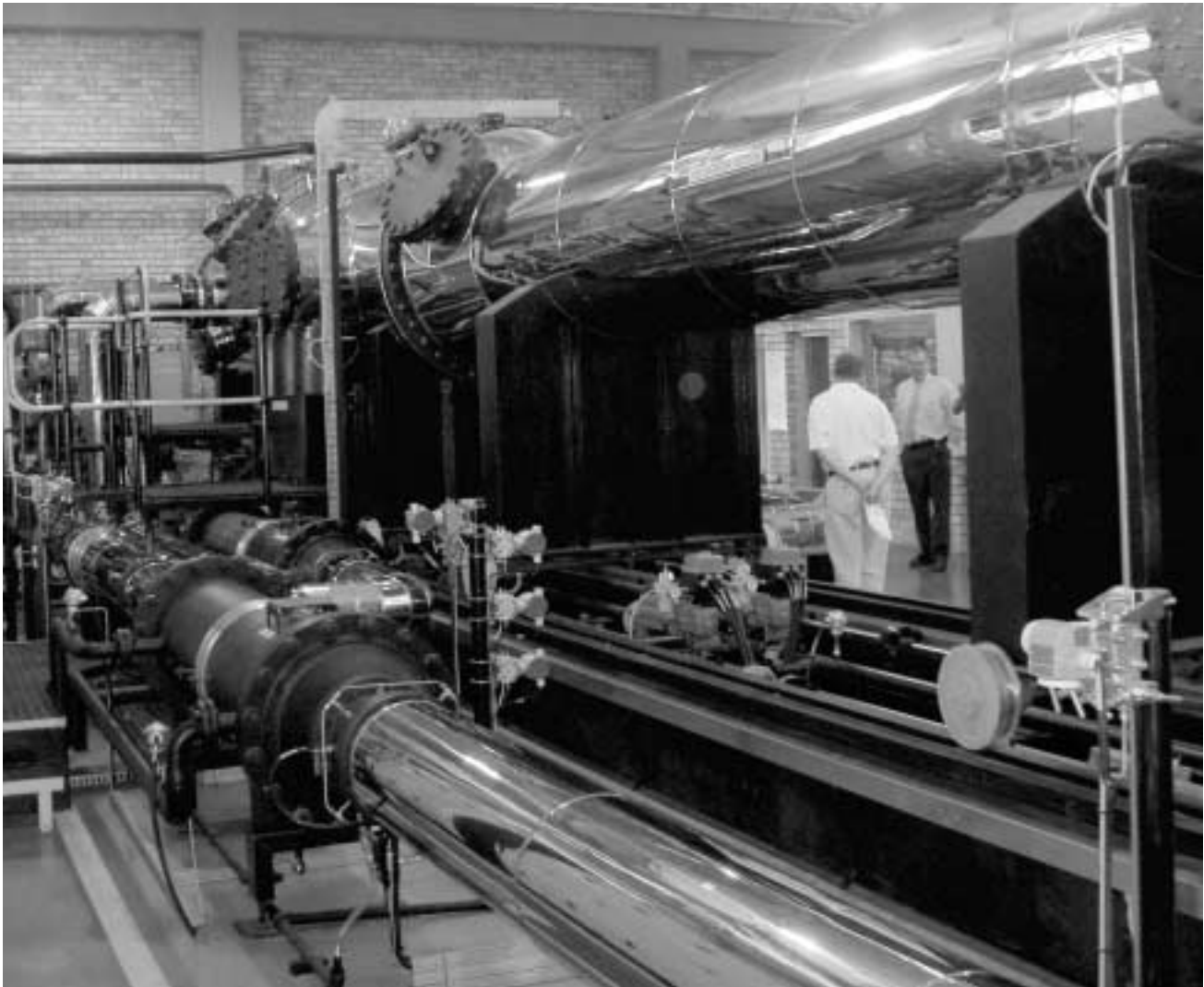
PBMR-laitoksen termohydrauliikan teoreettista tutkimusta ja laitoksen lisensointia varten osasto on alkanut edelleen kehittää yhdessä M-Tech -nimisen yhtiön kanssa FlowNex -termohydrauliikkaohjelmistoa. Ohjelmisto on alun perin Rolls-Roycen kehittämää. Kyseistä koodia Rolls-Royce on käyttänyt lentokone moottoreiden ja lentokoneiden ilmastointijärjestelmien suunnittelussa. Osasto on panostanut tähän edelleenke-

hitys projektiin noin 100 henkilötyövuotta. FlowNexin kontrollitilavuusratkaisija perustuu aidosti yhtäaikaiseen 6-yhtälömallin ratkaisuun, joten kyseessä periaatteeltaan perinteinen termohydrauliikka ohjelma. Etuna tällä ohjelmistolla on sen kaasuturbiineissa oleva alkuperä, jolloin se ainakin pitäisi olla helpompi validoida PBMR-käyttöön kuin useimmat sen kaupalliset kilpailijat.

Turbolla tehoja

Yliopistolla sijaitsee tällä hetkellä maailman suurin kolmivaiheinen kaasuturbiinikoelaitteisto, jonka turbiinikompressorilaitteina toimivat Garret Air Researshin turboahdit. Laitteisto on rakennettu yhden painerungon sisään. Laitteistossa on lisäksi noin 400 kW:n sähkötoiminen teholähde, välijäähdyttimet ja lämmönsiirtolaitteet lauhduttimille. Lisäksi mukana ovat käynnistyspumput ja säiliöt kiertoaineena toimivan tyypin määrän säätöön piirissä sekä erillinen piiri tuottamassa generaattoria kuvaavaa vastusta voimaturbiinille. Koelaitteisto käytetään tällä hetkellä FlowNex:n tuottamien tulosten tarkastamiseen periaatteellisella tasolla.

Tulevaisuudessa laitteistolla on tarkoitus ajaa pidempiä koesarjoja ja erilaisia transienteja, jotta voitaisiin tarkastella FlowNexin luotettavuutta laitoksen simuloinnissa. Laitteiston massiivinen koko ja hiljainen käyntiäänä yllättävät ai-



nakin osan vierailijoista: painelaite on noin kaksikymmentä metriä pitkä ja noin kaksi metriä halkaisijaltaan eikä kuulosuojaimia tarvittu vaikka laitteisto oli täydellä teholla. Myös diagnostiikka ja säätöjärjestelmät näyttivät varsin monimutkaisilta ja nykyaikaisilta.

Testipiirin paineen maksimiarvo on 9 bar ja turbokompressorien maksimikierroroluvut 60 000 – 80 000 kierrosta minuutissa. Massavirta on muutama sata grammaa sekunnissa, mutta muistettakoon, sillä kiertoaineena on typpi. Lämmönpoistopiiri siirtää energiaa noin 70 kW:n teholla ja lämmitysteho laitteessa on 420 kW.

Testipiirissä Garret-turboahtimet (kolme kappaletta) ovat erillisiä radiaalimallisia, mutta varsinaisessa PBMR-konstruktiossa turbokompresso-

rit ja generaattori ovat samalla akselilla ja toimivat aksiaalisesti.

Autopilotti hoitaa kaiken

Demonstraatioesityksenä näimme laitteiston ylösajon ja stabiiliin, itseään ylläpitävään tilaansiirtymisen. Tässä tapauksessa operaattori määritteli halutun tehotason ja automatiikka kytki päällä lämmityskierron, joka tasasi paineen varsinaisen loopin ja ylösajopiirin välillä, kytki irti ylösajopiirin paineen tasaannuttua ja voimaturbiinin alettua tuottaa tehoa erilliseen lauhdutuspiiriin.

Tarkoituksena PBMR-laitoksessa on siirtyä täysin tietokoneohjattuun järjestelmään, jossa operaattorit määrittelevät laitoksen uuden tehotason ja tietokone hoitaa teholle siirtymisen täysin itsenäi-

sesti mukaan lukien sivupiirin kytkennät ja pumppujen kierrosluvut. Ohjelmisto pystyi tähän ainakin testilaitteistossa, nähtäväksi jää hyväksyykö Etelä-Afrikan turvallisuusviranomainen tällaista käytäntöä.

*Tekn. yo. Anu Turtainen
Energiatekniikan laitos
Lappeenrannan teknillinen
yliopisto
anu.turtainen@lut.fi*



*Tekn. yo. Pekka Nuutinen
Energiatekniikan laitos
Lappeenrannan teknillinen
yliopisto
pekka.nuutinen@lut.fi*



Päästökauppa muuttaa energiamarkkinoita

Vähempipäästöisen teknologian merkitys korostuu vaikutusten ohjaamisessa

VTT Prosessit –yksikön toimialajohtaja, professori Mikko Kara selvitti KTM:n kutsumana päästökaupan vaikutuksia pohjoismaiseen sähkökauppaan. Selvitystyössä syntyi myös konkreettisia ehdotuksia näiden vaikutusten hallitsemiseksi. Työn tulosten uutisoinnissa on korostunut erityisesti ydinvoiman rooli.

Suomi on EU:n mittakaavassa erityisen energiantensiivinen ja taloudeltaan painottunut energiantensiiviseen vientisektoriin. Suomi on lisäksi pieni markkina-alue, jonka sisäiset jouston mahdollisuudet ovat hyvin rajalliset. Energiankäyttö on täällä perinteisesti ollut hyvin tehokasta, esimerkiksi energiantuotannon polttoaineiden käytön keskimääräisessä hyötysuhteessa olemme Euroopan huippua. Näistä syistä päästökauppa on erittäin suuri muutos energijärjestelmässämme ja Suomelle monia muita maita tärkeämpi.

Päästökauppa muuttaa kilpailutilannetta markkinoilla

EU:n päästökauppa muuttaa sähkön myyjien ja tuottajien tilannetta koko Euroopassa. Eri maiden erilaiset kansalliset alkujaot muuttavat maiden välisiä kilpailuasetelmia kaikilla sektoreilla. Samoin sähkön tuottajien ja myyjien osalta kunkin maan sisäinen kilpailutilanne toimijoiden välillä muuttuu riippuen siitä, millaista sähköntuotantokapasiteettia toimijat omistavat.

Sähkön tuottajan ja myyjän voitot voivat kasvaa sähkön pörssihinnan noustessa, vaikka sähköntuotantokustannukset eivät kasva vastaavasti, ja näin syntyy windfall-voittoa eli ns. ansiotonta ar-

vonnousua. Päästökauppa tuo siksi merkittäviä lisävoittoja markkinoille sähköä toimittaville vesi- ja ydinvoimatuottajille, joidenkin laskelmien mukaan esimerkiksi Ruotsille ja Norjalle yhteensä 1,5 mrd. euroa/vuosi Kioto-kaudella vuosina 2008 -2012.

Sähkön hinnan noustessa päästökaupan maksajiksi Suomessa tulevat pienkuttajat, palvelut, maatalous, pieni- ja keskiuuteollisuus sekä metalliteollisuus.

Vähempipäästöinen tuotantokapasiteetti pienentää vaikutuksia

Päästökaupan ei-tavoiteltuja vaikutuksia voidaan lieventää erilaisilla korjaavilla toimilla. Esimerkiksi kustannuksia nostavia vaikutuksia suomessa voidaan lieventää lisäämällä vähempipäästöisen energiantuotannon kapasiteettia.

Tämä on hyvin linjassa päästökaupan perimmäisten tavoitteiden kanssa. Merkittävimpien päästöttömien energianlähteiden eli vesi- ja ydinvoiman rakentaminen on kuitenkin tarkasti säädeltyä.

Todennäköisesti myös päästökaupan ja muiden olosuhteiden aikaansaama epävarmuus investointien kannattavuusoletuksissa hidastaa uuden päästöjä vähentävän kapasiteetin rakentamista.

Päästökauppaselvitystyössä tehtyjen laskelmien mukaan kuudes ydinvoimalaitos olisi sekä kustannuksiltaan edullinen keino hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen että tehokas keino vähentää päästökaupan vaikutusta sähkön hintaan ja kaikkien kuluttajaryhmien energialaskuun Suomessa. Kuudes ydinvoimalaitos rajoittaisi päästökaupan aiheuttaman sähkön hinnan nousun noin kolmanneksen siitä, mitä hinnannousu olisi ilman ydinvoiman lisäystä.

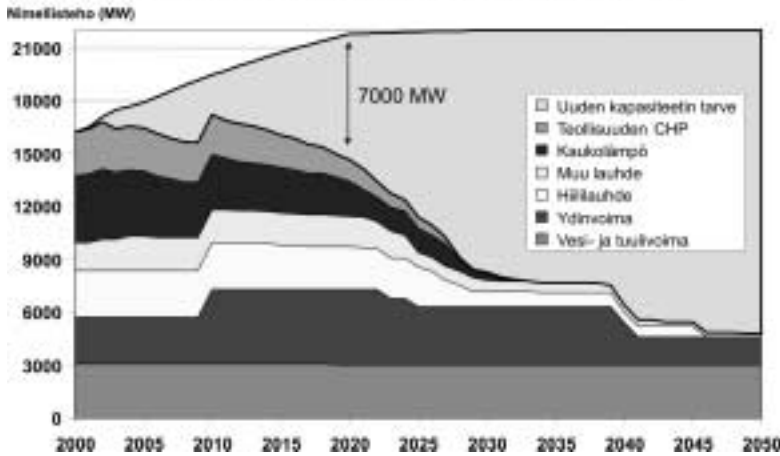
Veroilla ja tukitoimilla voidaan ohjata päästökaupan vaikutuksia

Myös veromuutoksilla on mahdollista tukea merkittävästi kustannustehokasta päästöjen vähentämistä.

Selvitystyössä ehdotetaan maakaasun verotuksen muuttamista hiilisisältöön perustuvaksi, kevyen polttoöljyn lämmityskäytön verotuksen nostamista kotimaisen puupolttoaineiden käytön lisäämiseksi sekä yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon verotuksen kehittämistä tukemaan nykyistä enemmän sen laajentamista sekä teknologisten parannusten käyttöönottoa.

Myös siirtymistä lämmön kulutuksen verotukseen pitäisi raportin mukaan selvittää.

Tarve uudelle kapasiteetille kasvaa



Uusiutuvan energian edistämishjelman tavoitteiden saavuttamista voidaan edistää uudistamalla tuulivoiman tukitoimenpiteitä. Biopolttoaineiden valmistusta ja käyttöä liikenteessä pitäisi lisätä ja laatia tätä varten strategia ja ohjelma. Myös turpeen käyttö pitää turvata tarpeellisenä seospolttoaineena puun, jätteen ja peltobiomassojen kanssa.

Markkinoiden valvonta tärkeää

Sähkön hinnoittelun kohtuullisuutta voidaan edistää kannustamalla kuluttajia

kilpailuttamaan sähköyhtiöitä sekä tehokkaalla viranomaisvalvonnalla. Pohjoismaisten sähkömarkkinoiden tehokas toiminta edellyttää viranomaisvalvontaa sekä kansallisella että pohjoismaisella tasolla, koska näillä markkinoilla on niin monia erityispiirteitä. Tarve korostuu päästökaupan myötä, koska päästökauppa heikentää aitoa kilpailutilannetta.

Selvitystyön johtopäätöksenä todetaan, että windfall-voittojen verotusta ei ole järkevää toteuttaa fiskaalisena elementtinä. Jos windfall-voittoa halutaan verottaa, on kerätyt verot palautettava palvelemaan Suomen energiajärjestel-

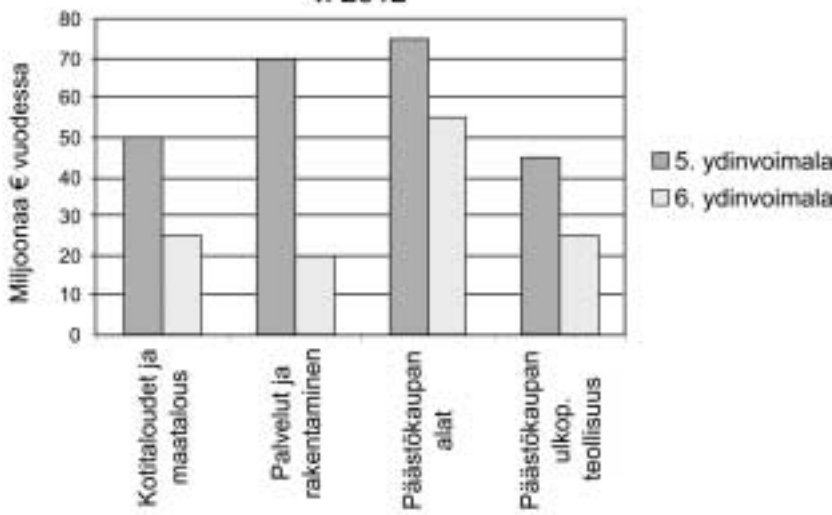
män kehittämistä energiapoliittisten tavoitteiden mukaisesti. Eräs mahdollisuus tähän voisi olla ns. windfall-investointikannuste.

Teknologian kehitys avainasemassa

Suomen on valmistauduttava mahdollisimman tehokkaasti tuleviin tiukempiin jaksoihin EU:n päästökaupassa ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Samalla pitää lisätä kotimaisia investointeja vähempipäästöiseen energiantuontokapasiteettiin. Vain siten voimme suojautua päästökaupan haitallisia sivuvaikutuksia vastaan.

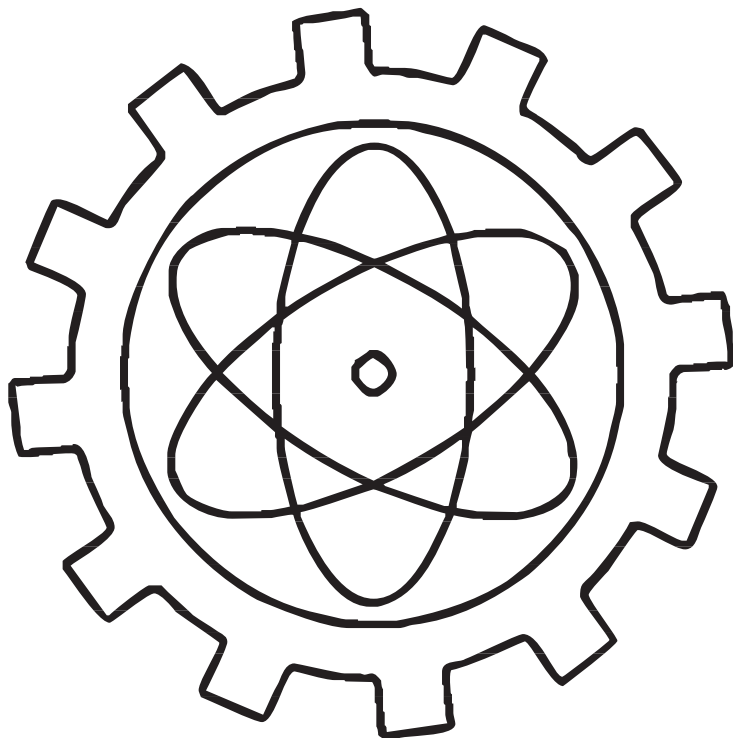
Teknologian kehittäminen ja tehokas käyttöönotto kaikilla sektoreilla ovat tärkeitä toimia sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Myös tutkimuksen ja päätöksenteon valmistelun resurssien parantaminen ovat merkittäviä päästökaupan vaikutusten ohjaamisessa.

Päästöjen vähentämiskustannukset Kioton tavoitteeseen v. 2012



ATS Syysseminaari 17.11.2004

Hieman reilut sata ATS:n jäsentä kokoontui jälleen hotelli Lordiin viettämään perinteistä syysseminaaria. Lordin komean juhlasalin täytyttyä ATS:n puheenjohtaja Antti Piirto avasi seminaarin toivottaen läsnäolijat tervetulleiksi. Piirron puheenvuoron jälkeen siirryttiin suoraan mielenkiintoisten esitelmien pariin. Aiheet olivat ajankohtaisia: kaksi esitelmistä keskittyi OL3-laitokseen, yksi käsitteli ydinvoiman rakentamistilannetta maailmalla ja lopuksi kuultiin tilannekatsaus päästökaupasta, joka alkaa vuoden 2005 alussa.



Ensimmäiseksi kuultiin Heikki Sjövallin (TV0) esitelmä Oikiluoto 3:n turvallisuusperiaatteista. Sjövall esitteli ensin lyhyesti laitoksen pääpiirteet ja suunnittelun turvallisuusvaatimusten perusteet. Vaatimukset perustuvat Suomen lainsäädäntöön, kansallisiin standardeihin kuten YVL-ohjeisiin sekä vastaaviin saksalaisiin ja amerikkalaisiin asiakirjoihin, sekä yleisiin perusvaatimuksiin (esim. 75-INSAG-3).

Suunnittelun perustapahtumat on jaettu viiteen luokkaan, jotka ovat normaalikäyttö, odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, pienehköt onnettomuudet, suunnittelun perusonnettomuudet sekä laajennettu turvallisuussuunnittelu. Suunnittelun perusonnettomuudet, joihin Suomessa kuuluvat myös 2A-LOCA ja

ATWS, määräävät turvallisuusjärjestelmien mitoituksen.

Sjövall esitteli onnettomuuksien hallintaa OL3-laitoksella, ja kertoi yksityiskohtaisemmin pääkiertoputkiston giljoitiinimurtumasta. Laajennetun turvallisuussuunnittelun mukaan laitoksen on selvittävä myös tietyistä suunnittelun ulkopuolisista tilanteista, tosin lievennetyin lähtöoletuksin ja onnistumiskriteerein. Sjövall esitteli laajasti varautumista vakaviin onnettomuuksiin ja erilaisiin sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin.

Seuraavana vuorossa oli Timo Kukkola (TV0), joka kertoi uuden laitoksen rakennussuunnittelusta. Aihepiiri ei ehkä ole ollut esillä yhtä paljon kuin ydintekniset kysymykset, joten esitys tarjosi paljon uutta ja kiinnostavaa tietoa esimerkiksi rakentamisen laadunvalvonnasta.

Esityksen jälkeen virisikin vilkas keskustelu ja Kukkola sai vastata moniin kysymyksiin.

Tapaus Pohjois-Korea

Lisänumerona ohjelmassa kuultiin akateemikko Jorma K. Miettisen puheenvuoro Pohjois-Korean tilanteesta, joka on jälleen viimevuosina kiristynyt. Tämänhetkinen kriisi sai alkunsa 2002, jolloin kävi ilmi, että Pohjois-Korea oli salassa jatkanut ydinaseohjelmaansa vuonna 1994 Yhdysvaltojen kanssa solmitun sopimuksen vastaisesti. Sopimuksessa Yhdysvallat lupasi toimittaa Pohjois-Korealle kaksi sähköntuotantoon tarkoitettua kevytvesireaktoria sekä edullista polttoöljyä laitosten valmistumiseen

saakka, mikäli Pohjois-Korea lopettaa ydinohjelmansa.

Saatuaan tietää Pohjois-Korean sopimusrikkomuksesta, USA keskeytti edullisen polttoöljyn kuljetukset. Pian tämän jälkeen Pohjois-Korea ilmoitti ottavansa suljettuina olleet ydinlaitoksensa taas käyttöön, poistatti IAEA:n valvontavälineet laitoksiltaan ja määräsi IAEA:n tarkastajat poistumaan maasta. Vuoden 2003 alussa maa lisäksi irtisanoutui ydinsulkusopimuksesta. Tilannetta on yritetty ratkaista, mutta siinä ei toistaiseksi ole vielä onnistuttu.

Tilanne maailmalla

Ami Rastas (TVO) loi katsauksen ydinvoiman rakentamistilanteeseen maailmalla. Ydinvoiman rakentaminen Aasiassa jatkuu voimakkaana: esimerkiksi Intialla, Kiinalla ja Japanilla on huomattavat ydinvoimaohjelmat. Kullakin maalla on tavoitteena rakentaa useita kymmeniä gigawatteja ydinvoimatehoa seuraavien vuosikymmenten aikana.

Euroopassa Ranska on tehnyt päätöksen EPR-laitoksen rakentamisesta Flamanvilleen: rakennustöiden on tarkoitus alkaa vuonna 2007 ja kaupallisen sähköntuotannon vuonna 2011. Bulgariassa on tehty päätös Cernavoda-2 yksikön rakentamisesta valmiiksi. 650 MW:n Candu-tyyppisen reaktorin rakennustyöt alkoivat jo 1982, mutta ne ovat olleet keskeytettynä 1990-luvun alkupuolelta saakka. Reaktorin valmiusaste on tällä hetkellä noin 75 %.

Lisäksi useissa maissa on meneillään kannattavuusselvityksiä ydinvoiman suhteen. Lisärakentamisen esteitä ovat ydinjätehuolto-ohjelmien keskeneräisyys, rahoitusvaikeudet avoimilla sähkömarkkinoilla sekä hyväksynnän puute. Tilanne saattaa muuttua ydinvoimamyönteisempään suuntaan, kun lisäkapasiteetin tarve kasvaa ja kaasun hinta nousee. Lisäksi tarve rajoittaa kasvihuonekaasupäästöjä näyttelee merkittävää osaa tulevaisuuden sähköntuotantomuotoja valittaessa.

Kauppaa hiilidioksidilla

Viimeisenä esiintymisvuorossa oli Heikki Niininen (Fortum), joka kertoi 1.1.2005 alkavasta päästökaupasta. Ensimmäiselle päästökaupakaudelle 2005-2007 kukin jäsenmaa jakaa päästöoikeudet laitoksilleen pääosin ilmaisintina. EU on parhaillaan tarkistamassa jäsenmaiden alkujakosuunnitelmia.

Niininen selitti selkeän esimerkin avulla päästökaupan periaatetta. Päästöjä tuottavat laitokset saavat joka vuosi helmikuun lopussa päästöoikeudet, ja seuraavan vuoden huhtikuun loppuun mennessä laitosten on "palautettava" todellisia päästöjään vastaava määrä oikeuksia. Mikäli laitos tuottaisi päästöjä enemmän kuin sille on alussa jaettu, sen tulee joko ostaa puuttuvat oikeudet markkinoilta tai vähentää päästöjään muilla keinoilla, kumpi tapa sitten onkaan kannattavampi. Vastaavasti mikäli laitos tuottaa vähemmän päästöjä kuin mihin sillä olisi oikeuksia, se voi myydä ylimääräiset päästöoikeutensa ja saada siten etua ilmastomyönteisestä toiminnastaan.

Päästöoikeuden hinta ei vielä ole tiedossa, vaan se muodostuu markkinoilla. Niininen huomautti että kausi 2005-2007 on selvästi harjoittelujakso. Tulevaisuudessa päästöoikeuksien allokoimisiin tulisi saada pitempiä aikaisia näkymiä, sillä investointien suunnittelussa kolmen vuoden mittainen kausi on liian lyhyt. Esitelmän jälkeen Niininen sai vastattavakseen suuren määrän kysymyksiä etenkin päästöjen valvonnasta ja oikeuksien ylittämistä seuraavista ranskaisutoimenpiteistä.

Varsinaisen ohjelman päätyttyä keskustelu jatkui vilkkaana cocktail-tilaisuudessa.

■
*Osa seminaarin
esitelmistä on saatavilla
seuran www.sivuilla osoitteessa
www.ATS-FNS.fi.*

*DI Minna Tuomainen
Tarkastaja
Ydinvoimalaitosten valvonta
STUK
minna.tuomainen@stuk.fi*



Ydintango taipuu

Arvostettu kolumnistimme Patrakka totesi edellisessä numerossa, että laitostoimitussopimus Framatome ANP – Siemens -konsortion kanssa allekirjoitettiin 18.12.2003. Sopimus oli tuolloin hiottu valmiiksi asti ja lupahakemuksen viimeistely voitiin aloittaa. Tosin sopimustarkkuus oli joidenkin mielestä lähinnä kirveellä huideltua tasoa. Viimevuotinen sopimusuutinen sai vihreät kiroamaan risupartaansa, helistelemään lävistyskorujaan ja suunnittelemaan kansalaisyhteiskunnallista lävistyskorujaan ja suunnittelemaan kansalaisyhteiskunnallista lävistyskorujaan. Monet ansaittuja eläkevuosiaan viettävät ydinalan pioneirit taas kohottivat hankkeelle ilomaljan.

Hankkeeseen pestautuneet tai valinnan pohjustanut salaperäiset vertailukonsultit eivät kuitenkaan ehtineet juhlimaan. Historiallinen viidennen ydinvoimalaitoshankkeen syntymähetki kiihdytti kiihkeää paperityötä entisestään.

Projektiporukka huomasi viimeistään sopimusneuvotteluissa olevansa kovan paikan edessä. Suomen tiukat viranomaisvaatimukset oli 1990-luvulla Pariisi-Berliini-akselin neuvotteluissa katsottu turhaksi pohjoismaiseksi pikkumaisuudeksi. Laitostoi-
mittaja ei tuntenut Tshernobylin jälkipilvissä sitkeäksi paahtunutta viranomaista. Viranomaisen ”pyynnöstä” jouduttiin monia yksityiskohtia viilamaan ja lisärakenteita suunnittelemaan. Myös tulevalle omistajalle kauppaneuvotteluissa luvut herkut ja kuorrutukset täytyi oikeasti sovittaa laitusrakenteisiin. Asioiden (ja suunnittelijoiden) piti olla selviä kuin vesi, laadun priimaa ja suunnittelun pohjoismaisen läpinäkyvää, muuten lupaa ei tulisi.

Kuluneen vuoden projektityötä voisi kuvata vuolas virta, josta aika ajoin irtoaa kiihtyvä, runsaskuohuinen sivuvirta tai pieni puro, joka näennäisen itsenäisesti aikansa polveiltuaan ohjautuu tai ohjataan jälleen pääuomaan. Sivujokien varrelle ilmestyy aina uusia viranomaisen rakentamia pieniä patoja, joiden sulkuportit selitysten myötä avataan ja virta jatkaa kulkuaan.

Vuodenvaihteen jälkeen selviää viranomaisen noudattama vanha suomalainen sissitaktiikka: katkaisee ensin etenemistien ohjemiinoituksella ja pommittaa loputonta paperimäärää kuljettavaa kolonaa lisäselvityspyynnöillä joka ilmansuunnasta. Tuskin kuitenkaan! Luultavasti viranomaispuolella on jo huomattu se tosiasia, jonka johtava saksalainen suunnittelija totesi

jo kevään projektineuvotteluissa: ”Kyllä tänne Suomeen on tar-
koitus rakentaa todella turvallinen laitos!”

Viranomaisneuvottelujen rinnalla on Olkiluodossa paukku-
nut ja jyryssyt koko vuoden. Laitospaikalla on räjäytelty viran-
omaiskoon mukaisia paukkuja, joilla suomalaista peruskalliota
on tasoitettu. Muutama paukku on jytssyt yli tärinärajojen ja
ravistanut kunnolla vanhoja rakennuksia. Onneksi rajoissa on
ollut turvamarginaaleja.

Projektiväelle oli alusta asti selvää, että vanhojen voimalai-
tosprojektien ajoittain reipaskin juhliminen jäisi nykypäivän
työtahdissa vain haaveeksi. Lasikantiset laulukirjat pysyisivät
piilossa. Lasten nimet saattavat kyllä sekoittaa pitkien työaiko-
jen ja -matkojen vuoksi. Ainakin useamman lapsen isällä tai äi-
dillä. Tahdin ei voi olettaa ainakaan hidastuvan, kun päästään
oikean rakentamisen makuun.

Nyt joulukuussa pallo on tiukasti viranomaisella. Toivotta-
vasti ei kuitenkaan hukassa, jotta emme joudu etsimään sitä
joukolla. Edellisellä lauseella ei ollut mitään piilomerkitystä –
se ei saa vaikuttaa prosessiin! En arvostele viranomaista! Näin
joulun aikaan täytyy olla erityisen kilttinä, vaikka odottaisi ra-
kentamislupaa hiukan pienempiä ja halvempia joululahjoja. ■



TAPAHTUMA- KALENTERI



YG-opiskelijainfo 2.2.2005 /
LTY, Lappeenranta
Mika Pikkarainen,
Lappeenrannan tekn. yliopisto

(mika.pikkarainen@lut.fi)

Vuosikokous 28.2. / Tieteiden talo, Helsinki
Kokouskutsu jäsenpostissa viikolla 6

Antti Piirto, TVO Nuclear Services
(antti.piiro@tvo.fi)

YG:n kevätkursio viikko 23 / Kroatia
Yhdistetty ENS YGN:n ja IYNC:n
ExComin kokouksiin

Satu Siltanen, Fortum Nuclear Services
(satu.siltanen@fortum.com)

UUDET JÄSENET



VARSINAISET JÄSENET

Elina Engman
Framatome ANP

Pia Oedewald
VTT Tuotteet ja tuotanto

Juhani Rautiainen
Siemens

Teemu Reiman
VTT Tuotteet ja tuotanto

Petri Paajanen
TVO Nuclear Services

Mikael Rinne
Fracom

Suomen Atomiteknillisessä Seurassa oli
3.12.2004 pidetyn johtokunnan kokouksen
jälkeen 615 varsinaista jäsentä ja 42 nuorta
jäsentä eli opiskelijaa. Kunniajäseniä oli 10
ja kannatusjäseniä 23.

Seuran jäseneksi pääse johtokunnan
hyväksymällä hakemuksella. Hakemukseen
tarvitaan kahden jäsenen suositus. ATS:n
jäsenhakemus internetissä:
<http://www.ats-fns.fi/info/jasenhakemus.pdf>



Kannatusjäsenet:

Alstom Finland Oy
Fintact Oy
Fortum Oyj
Kemira Oy, Energia
Mercantile-KSB Oy Ab
Oivavoima Oy
Patria Finavitec Oy
Platom Oy
Pohjolan Voima Oy
Posiva Oy
PRG-Tech Oy
PrizzTech Oy
Rados Technology Oy
Saanio & Riekkola Oy
Siemens Osakeyhtiö
Soffco Oy Ab
Pohjoismainen Ydinvakuutuspooli
Teollisuuden Voima Oy
TVO Nuclear Services Oy
VTT Prosessit
VTT Tuotteet ja tuotanto
YIT Installaatiot

ATS internetissä:

<http://www.ATS-FNS.fi>