

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA -

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



2/98, vol. 27

Tässä numerossa:

Sotilaiden jättämät rauniot säteilevät nykypäivään	3
RESUMÉ: Nuclear fear - heritage of military	4
Sotilaalliset ydinreaktorit	5
Kynnysvaltiot	10
Uraanin väkevöinti- teollisuus Venäjällä	15
Ympäristö hoidetaan Suomen ydinvoiman alkupäässä	18
Ydinaseohjelmien ympäristövaikutukset	21
Kansainvälinen Pugwash - liike ja aseidenriisunta	24
Jätehuollon rahoituksen ainutlaatuinen ratkaisu	27
Ydinsähköä ruotsalaisittain - Oskarshamn	29
Äspön kalliolaboratorio	30
CLAB käytetyn polttoaineen keskusvarasto	31
Ydinenergia-alan nuoriso aktivoituu !	32
Kolumni: <i>Ydinvoimat hyötykäytössä</i>	34
Pakina: <i>Sotilassaappaat kenkäsuojien alla ?</i>	35

ATS

YDINTEKNIikka

2/1998, vol. 27

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura –
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

TOIMITUS

Päätoimittaja
DI Jorma Aurela
Imatran Voima Oy
PL 23, 07901 Loviisa
p. (019) 550 3070
jorma.aurela@ivo.fi

Toimitussihteeri
Minna Rahkonen
Fancy Media Ky
Mannerheimintie 8, 9. krs.
00100 Helsinki
p. (09) 612 7464
fancymedia@clarinet.fi

Erikoistoimittaja
TkL Eija Karita Puska
VTT Energia
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5036
eija-karita.puska@vtt.fi

Erikoistoimittaja
DI Olli Nevander
IVO Power Engineering Oy
01019 IVO
p. (09) 8561 2613
olli.nevander@ivo.fi

Erikoistoimittaja
DI Arto Isolankila
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8314
arto.isolankila@stuk.fi

Erikoistoimittaja
TkL Eero Patrakka
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 3300
eero.patrakka@tvo.tvo.elisa.fi

JOHTOKUNTA

Puheenjohtaja
TKT Seppo Vuori
VTT Energia
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5067
seppo.vuori@vtt.fi

Varapuheenjohtaja
FK Anneli Nikula
FINERGY
PL 21, 00131 Helsinki
p. (09) 6861 6222
anneli.nikula@finergy.fi

Rahastonhoitaja
DI Juhani Vihavainen
Lappeenrannan Teknillinen
Korkeakoulu
PL 20, 53851 Lappeenranta
p. (05) 621 2785
juhani.vihavainen@lut.fi

Sihteeri
DI Vesa Tanner
VTT Kemiantekniikka
PL 1404, 02044 VTT
p. (09) 456 6354
vesa.tanner@vtt.fi

FK Elina Martikka
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8373
elina.martikka@stuk.fi

DI Tapio Saarenpää
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 4312
tapio.saarenpaa@tvo.tvo.elisa.fi

DI Olli Nevander
IVO Power Engineering Oy
01019 IVO
p. (09) 8561 2613
olli.nevander@ivo.fi

TOIMIHENKILÖT

Kansainväl. asioiden siht.
DI Jussi Palmu
Posiva Oy
Mikonkatu 15 A
p. (09) 2280 3750
jussi.palmu@posiva.fi

Eksperttisihteeri
DI Jaakko Pullinen
IVO Power Engineering Oy
01019 IVO
p. (09) 8561 4123
jaakko.pullinen@ivo.fi

UUODEN 1998 TEEMAT

1/98
Naiset ja ydinvoima

2/98
Ydinvoimat sotilaskäytössä

3/98
Teollisuusnumero
(erikoisnumero)

4/98
Eksperttisihteeri Britanniaan

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 2.000 mk
1/2 sivua 1.400 mk
1/4 sivua 1.000 mk

TOIMITUKSEN OSOITE

ATS Ydintekniikka
c/o Jorma Aurela
Imatran Voima Oy
Loviisan voimalaitos
PL 23
07901 Loviisa
p. (019) 550 3070 (suora)
telefax (019) 550 4435

Osoitteenmuutokset
pyydetään ilmoittamaan
Liisa Hinkulalle /
VTT Energia
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 Auranen Oy



Sotilaiden jättämät rauniot säteilevät nykypäivään

Ydinvoiman hyötykäytön mahdollisuudet tulivat laajalti tunnetuiksi toisen maailmansodan jälkeen. Tuolloin alalle levisi valtava usko tulevaisuuteen ja kehitysmahdollisuuksiin. Ydinvoimien vapauttamiseen vielä 30-luvulla liittynyt pelko ja Hiroshiman kauhunäyt vaihtuivat uskoksi rauhanomaisen ydinvoiman viisasten kiveen. Lehdissä ja radiossa kuvatut radioaktiivisuuden mielikuvitukselliset sovellukset loivat ydinuskoa ihmisiin. Muutos näkyi jopa sarjakuvissa, joissa ajatukset ydinvoiman pelottavan, jumalallisen salaisuuden hautaamisesta ikuisiksi ajoiksi saivat väistyä ydinkäyttöisten laivojen, lentokoneiden ja avaruusalusten tieltä. Huolimatta ajottaisista soraäänistä usko ydinenergiaan tulevaisuuden sampona säilyi aina 70-luvun lopun Harrisburgin onnettomuuteen saakka.

Harrisburgin ja Tshernobylin onnettomuudet nostivat esiin vanhat ajatukset ydinvoimista pimeyden ja maailmanlopun voimina. Elokuvien tekijät ja kirjailijat hyödynsivät nopeasti ydinvoimalatyöntekijöiden melisairaalamaiset suojavarusteet ja turvajärjestelyt. Ydinvoiman vastustajien perustamat poliittiset ympäristöliikkeet alkoivat kasvaa, saaden yhä enemmän rahaa ja vaikutusvaltaa. Vastaavasti kilpavarustelun loppuminen ja ydinaseohjelmien purkaminen päätti monet sotilaiden laveasti rahoittamat ydinteknologian tutkimus- ja kehityshankkeet.

Uuden vuosituhannen koittaessa ydinpommien perillinen kantaa yhä taakkaansa - ydinvoimalan ja jopa ydinjätteiden pelätään räjähtävän. Ydinsotien varalta rakennettuja pommisuoja kutsutaan tiedotusvälineissä ydinonnettomuussuojiksi, vaikka suoja ei varmasti tarvita ydinlaitosonnettomuudessa. Ydinvoima on yhä "tabu" - kielletty salaisuus, johon kuolevainen ei saa koskea ilman rangaistusta. Monien kuvitelmissa kiellettyyn ydinhedelmään koskeminen voi muuttaa maapallomme 70-luvun televisiosarjan kaltaiseksi apinoiden planeetaksi. Näitä syvällä aivojen tunnealueella asuvia pelkoja on vaikea poistaa järkiperustein.

Nyt voimme olla ydinvoiman uuden nousun kynnyksellä: entinen pimeyden ja tuhon teknologia on kohta ainoa ympäristön kannalta looginen, hyväksyttävä energian tuotantotapa. Ympäristöliikkeiden hyväksynnän estää enää vain perinne ja taustalla piilevä ydinaseiden pelko. Kasvihuonekaasujen ja syöpää aiheuttavien hiukkaspäästöjen haittassa hengitystä ovat vaihtoehdot vähissä. Jos länsimaiden kansalaiset eivät pudota elintasoaan ja vähennä television katselua pitää kiinalaiselta ja afrikkalaiselta kieltää sähkölamppu heidän ainoasta huoneestaan. Vastuu yhteisestä huomisesta on kaikilla - myös ympäristöliikkeillä ja kello käy koko ajan !

DI Olli Nevander on IVO Power Engineering'in turvallisuusinsinööri ja tämän lehden erikoistoimittaja, p. 09-8561 2613, e-mail: olli.nevander@ivo.fi



R E S U M É

Nuclear fear - heritage of military

The “Atoms for Peace” speech by President Eisenhower on December 8, 1953 was the beginning of the new nuclear era. Since then many people worked for nuclear power and in the 50’s and the 60’s nuclear power was believed to provide the world with an abundant supply of electricity that is “too cheap to meter”. In 1954, one year before the maiden voyage of Nautilus, the first nuclear-powered submarine, the use of nuclear energy expanded in peaceful areas - energy production at the first non-military nuclear power plant was started in Obninsk. The International Atomic Energy Agency (IAEA) was set up by the United Nations in 1957 to function as an auditor of peaceful use of nuclear energy.

The pioneers of the Finnish nuclear technology received the information from western countries in late 50’s. Without the military heritage the Finnish specialists were able to put more effort to safety. Today, the western and eastern technologies are working together in Finland, where the Loviisa VVERs from Russia (AEE) and Olkiluoto BWRs from Sweden (ABB) are operating with the best load factors in the world.

The nuclear energy has now been used in power plants beyond military control more than 40 years. Only few major accidents have happened during this period. Globally, more than 430 nuclear power plants have reduced the world’s emissions of carbon dioxide by more than 2000 million metric tonnes. The risks from new nuclear power plants, in terms of likelihood and consequences of an accident, are negligible compared with other commonly accepted risks. However, during the decades the military secrecy and the violations of privacy in the name of safety have had a great effect on acceptability of nuclear power. The military roots are believed to hide under the peaceful surface of nuclear energy, and nuclear bombs are still exploding in people’s minds. For many people, the nuclear forces are still “the dread secret”, as Eisenhower described 45 years ago.

After the Chernobyl disaster, the campaigns against nuclear power were speeded up with new resources. The Chernobyl accident represents the first time that nuclear process-related deaths occurred at a commercial nuclear power facility and the offsite public was affected by events at a plant. In the 80’s, young people with their direct action started very hard work against nuclear power in many countries. The trend against nuclear energy became stronger together with the introduction of new energy technologies. However, the most important health effect on Chernobyl cleaners was found to be the fear against cancer and other risks of radiation.

Tomorrow, greenhouse gases trap the heat on earth preventing it to escape and this ends up in a rise of global temperature. Today, we should look through the military smoke and forget the green illusions. We should accept nuclear power as one of the global constant options in the environmental problems. The new energy technologies are developing too slowly and, from my point of view, the Chinese or African everyman is worthy of one electric light in his house today. Therefore, my green brothers and sisters, it’s not too late - but the time is running out. ■

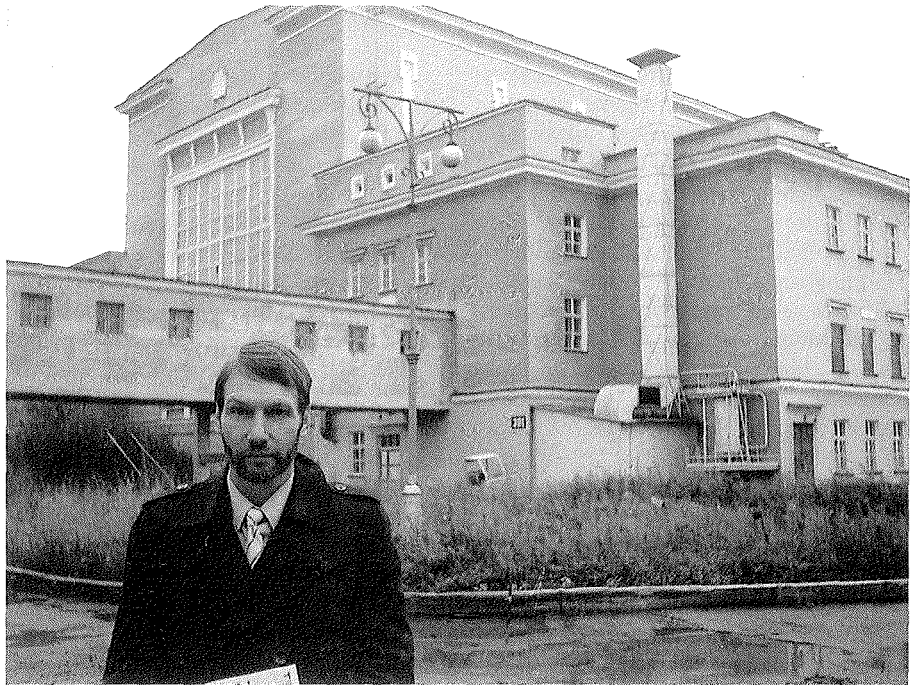
Olli Nevander, Safety Engineer at IVO Power Engineering Ltd, is a Member of ATS Board and belongs to the Editorial Staff of the Ydintekniikka-bulletin, tel. +358-9-8561 2613, e-mail: olli.nevander@ivo.fi.

Sotilaalliset ydinreaktorit

Sotilaallisilla ydinreaktoreilla on ollut kaksi peruskäyttötarkoitusta. Niitä on tarvittu ydinase materiaalien tuotantoon ja sota-alusten voimanlähteeksi.

Edellisissä ns. tuotantoreaktoreissa on valmistettu lähinnä plutoniumia ja tritiumia. Niiden yhteydessä on useimmiten ollut erotuslaitos, jossa haluttu isotooppi tai alkuaine on irrotettu muusta säteilytetystä materiaalista. Laivareaktoreita on asennettu lähinnä sukellusveneisiin, joiden kykyä pysytellä pinnan alla on voitu siten olennaisesti parantaa. Ydinreaktoreita on rakennettu myös sotilaalliseen tutkimus- ja koulutuskäyttöön.

Esimerkkeinä Suomen lähi-alueilta voi mainita Paldiskin ydinsukellusvenemiestöjen koulutuskeskuksen ja Sosnovyi Borin laivareaktoreita kehittävä tutkimuskeskuksen. Ydinaseiden suunnittelukeskuksissa on myös erilaisia reaktoreita ja kriittisiä hiloja. Tässä kirjoituksessa keskitytään kuitenkin esittelemään tuotanto- ja laivareaktoreiden historiaa, nykytilaa ja tulevaisuuden näkymiä.



Tsheljabinskin tuotantoreaktorien arkkitehtuuri on kauneinta Stalinismia. Tässä ATS:n puheenjohtaja Ilkka Mikkola Neuvostoliiton ekskursiolla lokakuussa 1990.

1. Tuotantoreaktorit

Yhdysvallat

Enrico Fermi'n työryhmä saattoi joulukuun 1942 alkupäivinä Chigagoon rakennetun grafiittimoderoidun uraanimiilun kriittiseksi. Reaktorin teho oli 100 watin luokkaa. Vain kuukautta myöhemmin Yhdysvaltain ydinasetta kehittäneen Manhattan-projektin johtaja, kenraalimajuri Groves osti Washingtonin osavaltiota Columbia-joen varrelta Hanfordin kaupungin läheisyydestä suuren maa-alueen. Syksyllä 1943 sinne ryhdyttiin rakentamaan kahta ydinreaktoria ja niitä palvelevia erotuslaitoksia plutoniumin tuottamiseksi. Ensimmäinen voimalayksikkö, B-reaktori, tehtiin ensimmäisen kerran kriittiseksi vuotta myöhemmin. Se alkoi reaktorifysikaalisten ongelmien tultua ratkaistua tuottaa plutoniumia vuoden 1945 alussa, jolloin toinenkin yksikkö oli valmis. Näiden grafiittimoderoitujen reaktorien lämpöteho oli 250 MW. Reaktorisydämet, jotka koostuivat vaakasuorista polttoainekanavista, jäähdytettiin johtamalla Columbia-joen vettä niiden läpi.

Vuosina 1945-1955 Hanfordiin rakennettiin vielä kuusi tekniikaltaan samantyyppistä tuotantoreaktoria. Niitä uudistettiin jatkuvasti plutoniumin tuotannon lisäämiseksi. Kuuden ensimmäisen yksikön teho korotettiin lopulta 2000 MW:iin ja kahden viimeisimmän 4000 MW:iin. Vuoden 1963 lopulla Hanfordissa otettiin käyttöön grafiittimoderoitu N-reaktori, jonka 4000 MW:n lämpötehoa käytettiin vuodesta 1966 alkaen myös sähkön tuottamiseen (860 MW). Sen jälkeen ryhdyttiin vanhoja yksiköitä sulkemaan, mikä saatiin vietyä loppuun vuoden 1971 tammikuussa. Tshernobylin onnettomuuden seurausilmiöihin kuului myös N-reaktorin sulkeminen tammikuussa 1987. Hanfordissa tuotettiin 67,4 tonnia plutoniumia, josta aseluokan materiaalia oli 54,5 tonnia, ja jonkin verran tritiumia. Hanfordin reaktorien polttoaine oli vähän väkevöityä uraania.

Yhdysvallat rakensi vuosina 1953-1955 Etelä-Karolinan osavaltioon Savannah-joen varrelle toisen plutoniumin ja tritiumin tuotantolaitoksen (nykyiseltä nimeltään Savannah River Site, SRS), johon kuului viisi raskasvesireaktoria. Niiden

lämpöteho oli aluksi 500 MW, mutta se nostettiin vähitellen 2500 MW:iin. Yksi reaktoreista suljettiin jo vuonna 1964 muiden jatkaessa toimintaansa 80-luvulle saakka, jolloin niiden toiminta lopetettiin teknisten ongelmien ja kiristyneiden turvallisuusmääräysten seurauksena. Yhtä reaktoreista korjattiin pitkään ja perusteellisesti, mutta vuonna 1992 se päätettiin kuitenkin saattaa kylmäseisokkitilaan. SRS tuotti 36,1 tonnia plutoniumia ja valtaosan Yhdysvaltain tritiumista (noin 200 kiloa). Sen reaktorien polttoaine valmistettiin yleensä pitkälle väkevöidystä uraanista (U-235-pitoisuus noin 60 %; osittain peräisin sukellusvenereaktorien käytetystä polttoaineesta), mutta vuoteen 1968 saakka plutoniumia tuotettaessa polttoaine oli luonnonuraania (kohtioelementit tehtiin aina joko luonnon- tai köyhdytetystä uraanista).

Neuvostoliitto/Venäjä

Neuvostoliitto aloitti ydinaseohjelmansa toden teolla vasta toisen maailmansodan päättymisen jälkeen. Maan ensimmäinen ydinreaktori, grafiittimoderoitu F-1 Kurtshatov-instituutissa, saatiin krittiseksi ensimmäisen kerran jouluna 1946. Seuraavana vuonna aloitettiin ensimmäisen tuotantoreaktorin (myös grafiittimoderoitu kanavareaktori) rakennustyöt Tsheljabinskin lähelle perustetun salaisen kaupungin alueelle (Tsheljabinsk-40/65, nyt Ozersk) ja plutoniumin teollinen tuotanto saatiin alkuun kesällä 1948. Neuvostoliitto rakensi 50-luvun alussa vielä kaksitoista

utta grafiittimoderoitua kanavareaktoria plutoniumin tuotantoon. Silloin luotiin myös kaksi uutta tuotantokeskusta, Tomsk-7 (Seversk) ja Krasnojarsk-26 (Zheleznogorsk). Niiden tähänastinen käyttöhistoria voidaan koota taulukoksi (ks. alla).

Neuvostoliiton/Venäjän aseplutoniumin tuotanto lienee ollut suurempi kuin 126 tonnia, ehkä noin 150 tonnia. Lisäksi kolme tuotantoreaktoria käy edelleen, koska niistä saadaan lämpöä ja sähköä ympäristön teollisuuslaitosten ja asutuskeskusten tarpeisiin. Venäjä lupasi vuonna 1994, ettei uutta plutoniumia käytetä sotilaallisiin tarkoituksiin. Yhdysvallat on sitoutunut avustamaan Venäjää, jos reaktorien polttoainekierto muutetaan sellaiseksi, ettei tuloksena ole aseluokan plutoniumia. Tsheljabinskiin otettiin 50-luvun alussa käyttöön myös raskasvesireaktori, jota käytettiin kaiketi tritiumin tuotantoon. Se lienee muutettu myöhemmin kevytvesilaitokseksi. Nykyisin Majakin kombinaattiin kuuluu kaksi 1000 MW_{th}:n LWR-yksikköä, joilla tuotetaan paitsi tritiumia myös muita radionuklideja.

Iso-Britannia

Ison-Britannian ydinaseohjelma oli Manhattan-projektin päättymisen jälkeen noin kymmenen vuoden ajan kansallinen projekti. Siksi oli rakennettava myös kotimainen ydinmateriaalien tuotantokoneisto. Työ aloitettiin 40-luvun lopulla ja heti 50-luvun alussa Windscalessa (Sellafielissä)

voitiin aloittaa plutoniumin tuotanto kahdessa grafiittimoderoidussa, ilmajäähdytteisessä reaktorissa (Windscale Piles). Niiden historia päättyi lokakuussa 1957 ykkösyksiköllä tapahtuneeseen tuhoisaan onnettomuuteen. Sitä ennen oli kuitenkin jo otettu käyttöön kahdeksan identtistä Magnox-laitosta Calder Hallissa ja Chapelcrossissa. Niiden lämpöteho oli aluksi 180 MW, sittemmin hieman yli 200 MW. Yksiköt tuottavat myös sähköä eikä siksi ole kovin tarkkaa tietoa siitä, miten ja milloin niillä on tuotettu aseluokan plutoniumia (Iso-Britannian kokonaistuotanto arvioidaan noin kolmeksi tonniksi Windscalen miiilujen osuuden ollessa ehkä 400 kiloa).

Todennäköisesti reaktorien polttoainekierto oli vuoteen 1964 suunniteltu sotilaallisten tarpeiden mukaisesti. Lisäksi Calder Hallin yksiköillä on valmistettu aseplutoniumia ilmeisesti niin 70- kuin myös 80-luvun lopulla. Chapelcross on puolestaan vastannut Iso-Britannian tritiumtuotannosta 70-luvun lopusta alkaen. Sitä ennen maa hankki tritiumia ja aseluokan uraania Yhdysvalloista toimittamalla vastineeksi plutoniumia. Vaihtokauden kaikkia yksityiskohtia ei ole julkistettu.

Ranska

Ranskan ydinaseohjelma käynnistyi toden teolla 50-luvun puolivälissä. Vuonna 1954 aloitettiin Marcoulessa ensimmäisen tuotantoreaktorin (G1) rakennustyöt. Tämä pienehkö (lämpöteho n. 40 MW) grafiittimoderoitu, ilmajäähdytteinen reaktori otettiin käyttöön kaksi vuotta myöhemmin. Vuosikymmenen lopulla käynnistettiin kaksi muuta grafiittimoderoitua tuotantoreaktoria (G2 ja G3), joiden lämpöteho oli aluksi 200 MW, myöhemmin 260 MW. G1 suljettiin vuonna 1968, G2 v. 1980 ja G3 neljä vuotta myöhemmin. Marcouleen sijoitettiin myös kaksi 60-luvun lopulla valmistunutta raskasvesireaktoria, joiden pää-tarkoitus oli tuottaa tritiumia. Kuitenkin ilmeisesti 80-luvun alusta alkaen näitä Ceston-yksiköitä on käytetty aseplutoniumtarpeen tyydyttämiseen.

Lisäksi varsin yleisesti oletetaan, että Ranskan kaasujäähdytteisten grafiittireaktoreiden (Chinon 1-3, St. Laurent 1-2 ja Bugey-1) ja Phenix-hyötöreaktorin polttoaineesta olisi erotettu aseplutoniumia. Ranskan aseplutoniumin kokonaistuotanto lienee kuuden tonnin luokkaa.

Käyttöhistoria (Diakov)

Reaktori	Teho (MW _{th}) suunniteltu / korotettu	Käyttöaika	Arvioitu Pu- tuotanto (t)
Ozersk (Tsheljabinsk-40/65/Majak)			
A	100/900	1948 - 87	6,5
IR-AI	50/500	1951 - 87	3,4
AV-1	300/1200	1950 - 89	8,9
AV-2	300/1200	1951 - 90	9,0
AV-3	300/1200	1952 - 90	6,3
Seversk (Tomsk-7)			
I-1	600/1200	1955 - 90	8,5
I-2	600/1200	1958 - 90	8,2
ADE-3	1600/1900	1961 - 90	11,9
ADE-4	1600/1900	1964 -	12,7
ADE-5	1600/1900	1965 -	12,1
Zheleznogorsk (Krasnojarsk-26)			
AD	1600/1800	1958 - 92	13,5
ADE-1	1600/1800	1961 - 92	12,3
ADE-2	1600/1800	1963 -	13,2

Yhteensä

126,2



Tuotantoreaktorin valvomo ATS:n ekskursiolla lokakuussa vuonna 1990. Selin videokameran kanssa Ossi Koskivirta ja kasvokkain Sirkka Vilkamo (keskellä).

Kiina

Kiinalla uskotaan olevan kaksi aseplutoniumin tuotantokeskusta, Jiuquan Pohjois-Kiinassa ja Guangjan Keski-Kiinassa, joissa kummassakin lienee yksi, 60-luvun lopulla käyttöön otettu reaktori. Niiden lopulliseksi lämpötehoksi arvioidaan 500-1 000 MW. Kiinan aseplutoniumin tuotanto voi olla joitakin tonneja, ehkä jopa kuusi tonnia.

Todennäköiset ydinasevaltiot

Intia, Israel ja Pakistan kuulunevat ydinasevaltioiden joukkoon. Näistä Intia ja Israel ovat valinneet plutoniumin ydinkärkiensä materiaaliksi. Pakistan on tähän asti luottanut aseluokan uraaniin.

Intia on käyttänyt kahta raskasvesimoderoitua tutkimusreaktoria, kanadalaista alkuperää olevaa Cirusta (lämpöteho 40 MW) ja itse kehitettyä Dhruvaa (100 MW), aseplutoniumin valmistukseen. Edellinen otettiin käyttöön jo vuonna 1960 ja jälkimmäinen saatiin tuotantokuntoon 80-luvun lopulla. Niiden tähänastinen kokonaistuotanto lienee 400-500 kg, josta ehkä kuitenkin vain 300-400 kiloa olisi varattu ydinkärkiin.

Israel on valmistanut plutoniuminsa Negevin ydintutkimuskeskuksessa vuonna 1963 käyttöön otetussa, ranskalaisperäisessä Dimona-raskasvesireaktorissa. Dimonan tehoasosta ei ole varmaa tietoa. Alkuperäinen lämpöteho oli todennäköisesti noin 40 MW, mutta reaktoria on parannettu vuosien kuluessa. Nykyinen tehoasoa saattaa olla 70 MW:n luokkaa. Israelin plutoniumin

tuotanto lienee välillä 350-650 kiloa. Niin Israelin kuin Intiankin uskotaan tuottaneen tritiumia.

Tiedot Pakistanin pyrkimyksistä rakentaa plutoniumin tuotantoon tarkoitettu reaktori ovat edelleenkin lopullista vahvistusta vailla. Ilmeisesti sellainen on kuitenkin melko valmiina Khushabissa Punjabin osavaltiossa.

Kynnysvaltiot

Pohjois-Korean ydinvoimaohjelman tavoitteena uskotaan olleen ydinaseen kehittämisen. Maa sai ensimmäisen grafiittimoderoitua reaktorinsa käyttövalmiiksi vuonna 1986. Yongbjonin ydintutkimuskeskuksessa sijaitsevan reaktorin lämpöteho lienee noin 30 MW. Laitoksen tähänastinen käyttöhistoria on vielä hämärän peitossa. Yhdysvallat ja Pohjois-Korea tekivät lokakuussa 1994 puitesopimuksen, jossa korealaiset sitoutuivat jäädyttämään kotimaisen ydinvoimalaohjelmansa, johon kuului kahden muun grafiittimoderoitua reaktorin rakentaminen.

Pohjois-Korean ohella muidenkin maiden ydinvoimalaohjelmien tarkoituksista on esitetty epäilyksiä. Viimeksi erityisesti Yhdysvallat on ollut huolestunut Iranin aikeista. Mitään pitävää näyttöä plutoniumin tuotannosta sotilaallisiin tarkoituksiin ei kuitenkaan ole voitu esittää, ei Iranin eikä muidenkaan maiden osalta.

Yhteenveto

Viisi tunnustettua ydinasevaltiota on tuottanut plutoniumia huomattavasti enem-

män kuin mitä ne tarvitsevat nykyisen tai suunnitellun ydinaseistuksensa ylläpitämiseen. Kun sotilaalliset tuotantoreaktorit ovat vielä melko vanhoja, suurin osa niistä on joko suljettu tai muutettu sähkön (ja lämmön) tuotantoon. Nykyaikaisten ydinaseiden ylläpito edellyttää kuitenkin tritiumin tuotantoa, koska tritiumvarat kuluvat radioaktiivisen hajoamisen seurauksena 5,5 %:n vuosivauhtia. Yhdysvallat aikoo tämän vuoden kuluessa valita, tuottaako se tritiuminsa kevytvesireaktoreissa (esimerkiksi vuokraamalla säteilytyspalveluja), kiihdytinpohjaisessa laitoksessa lähtöaineena He-3 vai FTFF-kooreaktorissa. Ensimmäistä vaihtoehtoa testataan parhaillaan Watts Bar 1 -ydinvoimalaitoksella.

2. Sotilaalliset laivareaktorit

Yhdysvallat

Yhdysvalloissa ensimmäiset selvitykset mahdollisuudesta valjastaa fissioenergia laivojen voimanlähteeksi tilattiin jo vuonna 1939. Asia alkoi kuitenkin edistyä vasta 1940-luvun lopulla, kun kapteeni (sittemmin amiraali) Hyman Rickover sai vastuulle ydinkäyttöisen laivaston rakentamisen. Voimakastahtoinen Rickover omistautui tehtävälleen täydellisesti ja ajoi esimiestensä ajoittaisesta vastustuksesta välittämättä omat ohjelmansa ja ajatuksensa läpi. Pitkälle hänen ansiotaan on Yhdysvaltain ydinkäyttöisen laivaston erittäin hyvä käyttöhistoria (jota ei ole kuitenkaan julkistettu kovinkaan tarkasti).

Rickoverin ensimmäinen projekti oli ydinkäyttöisen sukellusveneen rakentaminen, joka aloitettiin vuonna 1952. Nautilus-vene otettiin käyttöön vuoden 1954 lopulla. Sen voimanlähteenä oli Westinghousen valmistama, teholtaan noin 50 MW:n painevesireaktori, jonka polttoaine oli valmistettu aseluokan uraanista. Yhdysvaltain toisessa ydinsukellusveneessä (Seawolf) oli GE:n natriumjäähdytteinen nopea reaktori. Yhden käyttöjakson jälkeen siihenkin vaihdettiin painevesireaktori. Nautiluksen ja Seawolfin kaltaisia yhden reaktorin hyökkäyssukellusveneitä Yhdysvallat on rakentanut lähes 130 (1950-luvun lopulla valmistuneessa Tritonissa oli poikkeuksellisesti kaksi reaktoria).

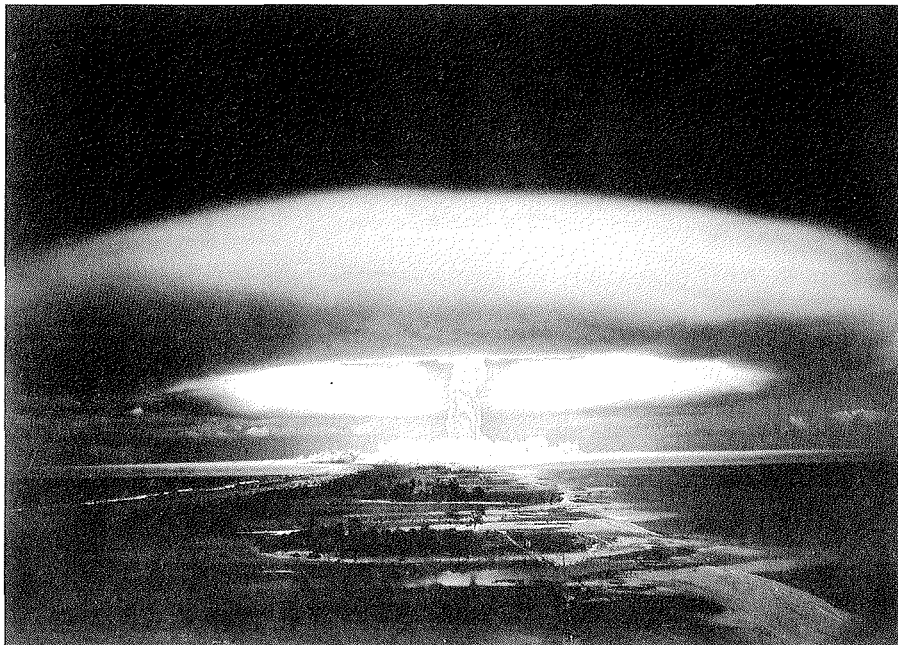
Kuva ATS:n numerosta 2/89
Frej Wasastjernan ja Pekka Silvennoisen
artikkelista "Ydinvoimala ei ole pommi".

Yhdysvallat otti käyttöön aivan vuoden 1959 lopulla ensimmäisen ohjussukellusveneensä (George Washington). Sellaisia on rakennettu tähän mennessä 59. Operaatiiviseen käyttöön jää vain 18 uusinta (Start II -sopimuksen tultua voimaan) Ohio-luokan venettä, joita kuljettaa noin 200 MW:n reaktori. Yhdysvaltain ydin-sukellusvenelaivastoon kuuluu edelleenkin vuonna 1969 käyttöön otettu NR-1-tutkimusalus.

50-luvun alussa aloitettiin myös ydinkäyttöisen lentotukialuksen suunnittelu- ja rakennusprojekti, jonka tuloksena voitiin vuonna 1961 ottaa käyttöön Enterprise-alus. Sen 280 000 akselihevosvoiman tuottamiseen oli käytettävissä kahdeksan, noin 120 MW:n painevesireaktoria. Sen lisäksi Yhdysvaltain uusimmat lentotukialukset (Nimitz-luokka) ovat ydinkäyttöisiä. Niitä on operatiivisessa käytössä seitsemän ja rakenteilla on vielä kaksi. Nimitz-luokan aluksissa on kaksi painevesireaktoria (teho noin 400 MW). Yhdysvaltain rakentamien kahdeksan ydinkäyttöisen risteilijän voimanlähteenä oli/on kaksi PWR:ää.

Yhdysvaltain ydinkäyttöinen laivasto saavutti 1990-luvun alussa 100 miljoonan mailin haamurajan. Matkan kulkemiseen oli vaadittu hieman oli 4 000 reaktorivuotta. Vuoden 1993 loppuun mennessä oli valmistettu kaikkiaan 238 reaktoria, joista kuusi oli maalle sijoitettuja prototyyppi- ja harjoitusreaktoreita. Siihen mennessä jo kuutisenkymmentä reaktoria oli poistettu käytöstä.

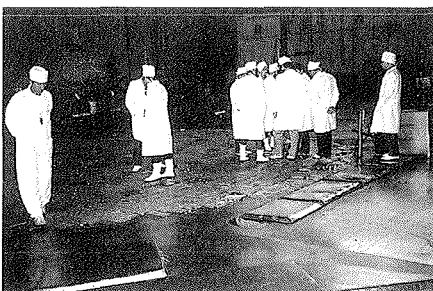
Yhdysvaltain laivareaktoreiden tekniset yksityiskohdat ovat edelleen salaisia, mutta perusasiat tunnettaneen kohtuullisen hyvin. Niiden uraanipolttoaineen väkevöintiaste on 97 %. Sitä on nykyisissä sydämissä noin 200 kg. Tällaisen latauksen pitäisi kestää noin 20 vuotta (jona aikana U-235:stä palanee noin 75%), kun Nautiluksen ensimmäisen sydämen käyttöikä oli vain kaksi vuotta. Yhdysvaltain ydinkäyttöisen laivaston käyttöön on tähän mennessä valmistettu 600-750 sydäntä, mihin oletetaan tarvittu hieman yli 100 tonnia HEU:ta. Niistä ehkä satakunta on käyttämättä. Suunnitteilla olevilta reaktoreilta edellytetään entistäkin pitempää käyttöikää, 30 vuodesta (hyökkäyssukellusvenet) 50 vuoteen (lentokoneiden tukialukset).



Yhdysvaltain laivareaktoreiden kehitysohjelman vuosibudjetti on pysynyt vakaasti noin 600-700 miljoonana dollarina. Summa kattaa myös uusien latauserien valmistuksen.

Neuvostoliitto/Venäjä

Neuvostoliitto aloitti ydinsukellusveneiden kehitystyön muutaman vuoden viipeellä Yhdysvaltoihin verrattuna. Senkin päälinjaksi valittiin painevesireaktori, mutta rinnakkaisena projektina lyijy-vismuttijäähdytteinen nopea reaktori. Ensimmäisen ydinkäyttöisen sukellusveneiden rakennustyöt alkoivat vuonna 1954. Sen voimanlähteenä oli tietävästi kaksi 70 MW:n PWR:ää (useimmissa NL:n ydinsukellusveneissä lienee ollut kaksi reaktoria, mutta eri lähteiden tiedot ovat ristiriitaisia). Tämä November-luokan vene valmistui koekäyttövalmiiksi kesällä 1958 ja otettiin käyttöön seuraavana vuonna. Sen ura päättyi loppukesällä 1967 onnettomuuteen, jossa 39 miehistön jäsentä kuoli. Kaikkiin Neuvostoliitto/Venäjä on rakentanut



Sirkka Vilkamo, Ossi Koskivirta, Per-Erik Hägg ja Ilkka Mikkola tassuttelevat Tsheljabinskissa "tuotantoreaktorin" päällä vuonna 1990.

noin 150 hyökkäyssukellusvenettä. Luokun on laskettu mukaan myös risteilyohjuksia ampumaan kykenevät sukellusvenet ja muutamat pienet erikoisalukset.

Neuvostoliiton ensimmäinen ballistisia ohjuksia laukaisemaan kykenevä sukellusvene otettiin käyttöön vuonna 1960. Niitä on valmistettu kaikkiaan 91. Lisäksi NL/Venäjä on liittänyt neljä raskasta risteilijää (joissa on myös öljykattilat) ja yhden nopeasti käytöstä poistetun erikoisaluksen ydinkäyttöiseen laivastoonsa.

Lähes kaikkien NL:n/Venäjän ydinkäyttöisten pinta-alusten ja sukellusveneiden voimanlähteeksi on asennettu yksi tai kaksi painevesireaktoria, joiden nimellislämpöteho lienee vaihdellut alle 100 MW:sta hieman alle 200 MW:iin. Niiden kokonaismäärä lienee hieman yli 400 (joidenkin lähteiden mukaan lähes 450). Yksi 14 November-luokan veneistä varustettiin ilmeisesti kahdella metallijäähdytteisellä reaktorilla. Sen koekäyttö alkoi vuonna 1962, ensimmäinen pitkä partiomatka oli vuorossa 1964 ja veneen ura päättyi reaktorin höyrygeneraattorin ja lämpösuojan hajoamiseen vuonna 1968. Sittenkin lyijy-vismuttireaktoreita on asennettu vain seitsemään Alfa-luokan sukellusveneeseen. Niiden kokonaismäärä lienee yhdeksän ja niiden yhteinen käyttöikä on noin 70 vuotta.

Erlaiset pienet ja suuret onnettomuudet ovat olleet tyypillisiä NL:n/Venäjän ydinkäyttöiselle laivastolle. Alusten käyttöikä on myös jäänyt suhteellisen lyhyeksi. Tällä hetkellä jonkinlaisessa operatiivisessa käytössä on 20-30 strategista sukellusvenettä, 50-60 muuta sukellusvenettä ja neljä ristei-

lijää. Valtaosa niistäkin lienee perusteellisen huollon tarpeessa.

NL:n/Venäjän laivareaktoriin polttoaine-elementit valmistetaan Elektrostalin tehtaalla Moskovan lähellä (lyijy-vismutti-reaktoriin polttoaine tehtiin Ust-Kamenogorskissa nykyisessä Kazakstanissa). Polttoaineen väkevöintiaste lienee vaihdellut alle kymmenestä aseluokan materiaaliin (lyijy-vismuttireaktorit). PWR-polttoaineen väkevöintiaste lienee uusimmissa sydämissä tyypillisesti 20-40% ja se voi vaihdella elementittään. Sydämen U-235-massa lienee nykyisin hieman yli 100 kg.

Englanti

Ison-Britannian poliittinen johto päätti vuonna 1953 ydinkäyttöisen sukellusveneen rakentamisesta, mikä edellytti silloisissa olosuhteissa myös oman ydinreaktorin kehittämistä. Ennen kuin englantilaiset pääsivät vaikeuksia kohdanneessa projektissaan käytännön tuloksiin, Yhdysvallat tarjoutui toimittamaan ensimmäiseen sukellusveneseen (Dreadnought) reaktorin ja siirtämään sen valmistustekniikan Englantiin. Yhteistyötä toteuttamaan perustettiin Rolls Royce & Associates -yhtiö, joka on sittemmin kehittänyt ja valmistanut kaikki Ison-Britannian sukellusvenereaktorit.

Iso-Britannia on rakentanut kaikkiaan 18 hyökkäyssukellusvenettä (edelleen käytössä 12) ja 8 ohjussukellusvenettä (käytössä 4). Rakenteilla on kaksi ohjussukellusvenettä, mutta niiden valmistuttua tullaan kaksi edellisen sukupolven alusta poistamaan käytöstä.

Rolls-Royce & Associates -yhtiön suunnittelemat ja valmistamat reaktorit lienevät teknisiltä ominaisuuksiltaan edelleenkin melko lähellä yhdysvaltalaisia vastineita.

Yhtiön mukaan sen nykyisten kolmannen sukupolven reaktoriin sydän joudutaan vaihtamaan kerran, mikäli asianomaista sukellusvenettä voidaan käyttää suunnitelmien mukaan. Seuraavan reaktorisukupolven käyttöönoton pitäisi siirtää latausaisokit historiaan.

Ranska

Ranska joutui kehittämään laivareaktoriinsa ilmeisesti ilman Yhdysvaltain teknistä apua. Maan ydintutkimuslaitoksen, CEA:n, suunnittelema prototyypireaktori (PWR), joka rakennettiin Cadarachen ydintutkimuskeskukseen, saatiin kuitenkin käyttövalmiiksi jo vuonna 1964. Sen polttoaineena oli joka tapauksessa USA:n toimittama pitkälle väkevöity uraani (mitä ei ilmeisesti valittu Ranskan laivareaktoreiden polttoaineeksi). Ranskan ensimmäinen ohjussukellusvene (Le Redoutable) teki ensimmäiset koesukelluksensa viitisen vuotta myöhemmin. Le Redoutable -luokan veneitä valmistettiin kaikkiaan viisi ja maan kuudes ohjussukellusvene, vuonna 1985 käyttöön otettu Le Inflexible, oli niiden parannettu versio. Seuraavan vuosikymmenen kuluessa nämä kuusi alusta korvataan neljällä Le Triomphant -luokan ohjussukellusveneellä. Näissä voimanlähteenä on yksi 150 MW:n painevesireaktori, jonka polttoaineen väkevöintiaste on alhainen, ehkä 7 %. Ranskan rakenteilla oleva lentotukialus, Charles de Gaulle, varustetaan kahdella samanlaisella yksiköllä. Maan kuudessa Rubis/Amethyste-luokan hyökkäyssukellusveneissä on yksi 48 MW:n painevesireaktori.

Kiina

Kiina ryhtyi kehittämään laivareaktoreita 50-luvun lopulla melkein heti ydinaseohjelmansa käynnistämisen jälkeen. Edistyminen oli kuitenkin hidasta, sillä maalle

sijoitettu prototyypireaktori (PWR) valmistui vasta vuonna 1970. Sen polttoaineena oli vähän väkevöity uraani (U-235-pitoisuus alle 5 %). Samana vuonna vastaava yksikkö asennettiin myös sukellusveneseen, jonka pitkään kestäneet koepurjehdukset aloitettiin elokuussa 1971. Näitä Han-luokan hyökkäyssukellusvenettä on tähän mennessä rakennettu viisi. Lisäksi Kiinalla on vuonna 1988 käyttöön otettu, myös yhdellä painevesireaktorilla varustettu ohjussukellusvene (Xia). Maan siviiliydinreaktoriin rakennusohjelma lienee hyödyntänyt sukellusvenereaktoreita kehitettäessä ja käytettäessä saatua tietoa ja taitoa.

Yhteenvedo

Sotilaallisia laivareaktoreita on tähän mennessä rakennettu hieman yli 700. Lähes kaikki ovat olleet painevesireaktoreita, sillä Yhdysvallat on rakentanut yhden natriumjäähdytteisen ja Neuvostoliitto yhdeksän lyijy-vismuttijäähdytteistä laivareaktoria. Kaikki ydinasevaltiot ovat pitäneet laivareaktoriensa tekniset yksityiskohdat mahdollisimman salassa. Niiden tehotasoa tai polttoainetta koskevat tiedot ovat suurempaan tai pienempään asiantuntumukseen perustuvia arvioita.

Laivareaktoriin kehitystyö jatkuu kaikissa ydinasevaltioissa, vaikka operatiivisessa käytössä olevan ydinkäyttöisen laivaston koko pienenee huomattavasti lähivuosina, kun Yhdysvallat ja Venäjä supistavat lähivuosina joko tietoisesti tai taloudellisen pakon edessä ennen kaikkea ydin-sukellusveneittänsä määrää. Kummassakin maassa laivareaktoriin määrää laskenee alle sadan. Tiettävästi vain Intia suunnittelee ydinkäyttöisen sukellusveneen liittämistä laivastoonsa (sillä oli vuosina 1988-1990 vuokralla neuvostoliittolainen ydinkäyttöinen Charlie I -luokan vene). Brasilia lienee luopunut omasta ohjelmastaan 1990-luvulla.

Tämä artikkeli on kirjoitettu ennen Intian ja Pakistanin ydinkokeita.

KIRJALLISUUTTA

- Albright, David, Berkhout, Frans, Walker, William, *Plutonium and Highly Enriched Uranium 1996. World Inventories, Capabilities and Policies. SIPRI 1997.*
- Conway's All the World's Fighting Ships 1947-1995. Conway Maritime Press.
- Cochran, Thomas B., Norris, Robert S., Bukharin, Oleg A., *Making The Russian Bomb. From Stalin to Yeltsin.* Westview Press, 1995.
- Diakov, Anatoly S., *Disposition of weapon-grade plutonium in Russia: Evaluation of different options.* Teoksessa: Schulte, Nancy (Ed.), *Dismantlement and Destruction of Chemical, Nuclear and Conventional Weapons. NATO ASI Series 1: Disarmament Technologies - Vol. 10. Printed in the Netherlands, 1997.*
- Nilsen, Thomas, Kudrik, Igor, Nikitin, Alexandr, *The Russian Northern Fleet. Sources of Radioactive Contamination. Bellona Report, Volume 2:1996.*
- Rockwell, Theodore, *The Rickover effect. How One Man Made a Difference.* Naval Institute Press, *Printed in the United States of America 1992.*
- Shichor, Yitzhak, *Peaceful Fallout: The Conversion of China's Military-Nuclear Complex to Civilian Use. Bonn International Center for Conversion, Brief 10 (November 1997).*
- U.S. Department of Energy, *Plutonium: The First 50 Years. United States Plutonium Production, Acquisition, and Utilization from 1944 through 1994. February 1996.*
- Ylgaard, P.L., *Decommissioning of Naval Nuclear Ships. The Technical University of Denmark, Depart of Electrophysics, Report NT-6 (Rev. 1, December*

DI Markku Anttila on VTT Energian erikoistutkija, p. (09) 4565 012, E-mail: markku.anttila@vtt.fi



Kynnysvaltiot

Toisen maailmansodan jälkeen useat suuret ja keskisuuret valtiot alkoivat määrätietoisesti kehittää itselleen ydinaseita. Joukossa oli myös teknisesti edistyneitä pienempiä maita, kuten esimerkiksi Ruotsi. Lähes koko 50-luvun pidettiin vain ajan kysymyksenä, milloin Ruotsista tulisi ydinasevaltio. Silloin hanketta kannatti maan poliittinen ja sotilaallinen johto ja myös kansan enemmistö. Poliittiset päättäjät alkoivat epäillä hankkeen järkevyyttä 60-luvun alussa, mutta asian lopullista päätöstä lykättiin useilla vuosilla. Vuonna 1963 Ruotsi allekirjoitti osittaisen ydinkoekieltosopimuksen (PTBT) ja ydinsulkusopimuksen vuonna 1968. Nämä toimenpiteet ennakoivat Ruotsin luopumista ydinaseoptiosta. Ydinaseteknisen kehitysohjelman annettiin kuitenkin jatkua aina vuoteen 1972. Se eteni niin hyvin, että maa olisi 70-luvun alussa voinut koota muutaman ydinaseen melko nopeasti. Raaka-ainetta olisi riittänyt useisiin ydinlatauksiin.

Suurvallat vastustivat voimakkaasti ydinaseiden leviämistä ja niiden tukema ns. non-proliferaatiopolitiikka onnistui kylmän sodan aikana yllättävän hyvin. Vain viidestä maasta tuli virallisia ydinasevaltioita. Ruotsin lisäksi esimerkiksi myös Sveitsi jätti oman ohjelmansa kesken. Useat Lähi-idän ja Kaukoidän maat sekä Etelä-Afrikka valitsivat kuitenkin toisen tien. Tässä kirjoituksessa käsitellään laajemmin Israelin, Intian ja Pakistanin tapauksia. Näillä valtioilla joko on ydinaseita tai pystyvät nopeasti tuottamaan niitä. On useita muita maita, jotka kaiki edelleen tavoittelevat mutta eivät ole toistaiseksi onnistuneet hankkimaan omia ydinaseita. Kansainvälisillä toimilla on ainakin joksikin aikaa onnistuttu panemaan piste Irakin yrityksille. Pohjois-Korea ja erityisesti Iran ovat esimerkkejä maista, joita on syytä tarkkailla.

Etelä-Afrikka on opettavainen esimerkki siitä, kuinka pienillä resursseilla teknisesti edistynyt maa voi hankkia pienen määrän ydinaseita. "Tykinammustekniikalla" laukaistava Hiroshiman pommin kaltainen yksinkertainen ydinase on sitä paitsi niin toimintavarma, ettei sitä välttämättä tarvitse edes kokeilla. Etelä-Afrikka toteutti melko pienimuotoisen ohjelmansa 70- ja 80-luvuilla. Yhteensä maa valmisti kuusi uraanipommia jonka lisäksi yksi kärki jäi puolivalmiiksi.

Etelä-Afrikan ydinaseohjelman tyypillinen henkilövahvuus oli vain noin 250 henkilöä. Ohjelmaan osallistui yhteensä noin tuhat henkilöä. Näistä "vain kourallinen" oli sellaisia, joita voidaan kutsua varsinaisiksi ydinräjähdeasiantuntijoiksi. Ydinaseohjelman kokonaiskustannukset vastasivat noin 500 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria. Luku on hämmästyttävän alhainen eikä siten täysin uskottava; Etelä-Afrikalla voi nyt olla halua vähätellä hanketta.

Israel

Israel on itsenäistymisestään lähtien panostanut voimakkaasti ydintutkimukseen eikä vähiten sen sotilaalliseen haaraan. Maan ensimmäinen pääministeri, David Ben-Gurion oli Israelin kansallisen ydinaseen määrätietoinen tukija. Hänen nuores-

ta avustajastaan Shimon Peresistä tuli puolestaan ydinaseohjelman operatiivinen koordinaattori.

Israel on nyt ajankohtaisista 'kynnysvaltioista' se, jolla käytännössä on ollut operatiivinen ydinase jo yli kahden vuosikymmenen ajan. Israelin ydinasetekniikan tuntemus lienee nykyään hyvin korkea tasoa. Ei voida sulkea pois mahdollisuutta, että Israelilla olisi myös lämpöydinaseita (vetypommeja) käytössään. Ydinaseiden kantolaitteiden, Jericho-ohjusten ja huipputeknisten rynnäkkökoneiden, kantama on täysin riittävä Israelin tarpeisiin. Israelin ydinarsenalin koosta ei ole varmaa tietoa, mutta eräs maltillinen arvio on 60-100 ydinkärkeä.

Israel on tehnyt yhteistyötä ydinalalla ainakin Ranskan, Yhdysvaltojen ja Etelä-Afrikan kanssa. USA toimitti Israelin ensimmäisen tutkimusreaktorin, joka on rauhanomaisessa käytössä. Muuten Yhdysvaltojen rooli kehityksessä on epäselvä. Se ei ole suhtautunut Israelin ydinaseohjelmaan yhtä kielteisesti kuin esimerkiksi Intian ja Iranin ohjelmiin, mutta se ei ole myöskään virallisesti auttanut Israelia.

Merkittävintä on ollut yhteistyö Ranskan kanssa. Se alkoi jo vuonna 1953. Ranska toimitti Negevin autiomaahan, Dimonaan, ydinreaktorin, jonka ainoana tehtävänä on ollut asekelposien plutoniumin tuottaminen. Ranska auttoi myös plutoniumin erottelulaitoksen rakentamisessa samalle paikalle. Lisäksi Israel sai todennäköisesti osallistua Ranskan ydinkokeisiin 1960-luvun alussa ja sai myös teknistä tietoa niistä. On esitetty erilaisia teorioita, miksi Ranska auttoi Israelia näin laajamittaisesti. Ilmeisesti Ranska sai vastavuoroisesti tukea Israelilta ydinohjelmaansa. Israel lienee myös antanut Ranskalle merkittävää tiedusteluapua Pohjois-Afrikan ja etenkin Algerian tilanteen kehityksestä vastapalveluksi Ranskalta saamastaan ydinalan tuesta. Ranska lopetti ydinalan yhteistyönsä Israelin kanssa virallisesti vuonna 1960, mutta tosiasiaa yhteistyö jatkui ainakin vuoteen 1966.

Yhteistyö Etelä-Afrikan kanssa oli tiivistä 1970-luvulla. Israel toi Etelä-Afri-

ALARA

AJANKOHTAISTA SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUDESTA 2/1995



kasta uraania ja vei sinne tritiumia sekä todennäköisesti myös asiantuntemustaan. Israel ja Etelä-Afrikka todennäköisesti tekivät yhteisen ydinkokeen vuonna 1979. Yhdysvaltalainen ydinräjäytysten havaitsemiseen tarkoitettu Vela-satelliitti havaitsi tuolloin eteläisen Intian valtameren yläpuolella ydinräjäytykselle ominaisen kaksoisvälähdyksen. Vela oli havainnut aiemmin 41 samanlaista välähdystä ja jokainen oli osoittautunut joko Ranskan tai Kiinan suorittamaksi ydinkokeeksi. Yhdysvaltain tiedusteluyhteisön ja ydinaselaboratorioiden mukaan ei ole epäilystä siitä, etteikö Vela-satelliitti olisi havainnut oikeaa ydinräjäytystä. Yhdysvaltain virallinen kanta oli, että kyseessä olisi ollut satelliitin toimintahäiriö.

Israelin noudattaman tiukan salassapidon vuoksi saatavissa olevat tekniset tiedot maan ydinaseohjelmasta ovat vähäiset. Merkittävän osan tiedoista on toimittanut Mordechai Vanunu, Dimonan laitoksessa vuosina 1977-1985 työskennellyt ydinteknikko. Hän otti noin 60 valokuvaa Dimonasta sekä kertoi Sunday Timesin haastattelussa yksityiskohtia laitoksen toiminnasta ja tuotantokyvystä. Vanunun tietoja pidetään yleisesti melko uskottavina. Sittemmin Vanunu tuomittiin maanpetoksesta 18 vuodeksi vankilaan.

Israelin teknisen tietämyksen taso mahdollisti myös ballististen ohjusten suunnittelun aloittamisen jo 60-luvun lopulla. Tuloksena oli Jericho 1 -ohjus, jonka kantama on 650 kilometriä 500 kg painavalla kärjellä. Myöhemmin kehitelty paranneltu versio, Jericho 2, voidaan laukaista jo 1500 kilometrin etäisyydelle. Tällä hetkellä ohjuksista lienee kehitteillä 2000 kilometriä kantava malli. Jericho -ohjukset käyttävät kiinteää polttoainetta ja ovat kaksivaiheisia.

Israel on rakentanut Jerusalemin ja Be'er Yaakovin ohjustehtaan läheisyyteen ohjustukikohdan, jossa ohjukset ovat sijoitettuina maanalaisiin luoliin. Tukikohtaa laajennettiin vuosien 1989-1993 välisenä aikana, kun Jericho 2 -ohjuksia oltiin ottamassa käyttöön. Raporttien mukaan alueella sijaitsisi noin 50 Jericho 1 -ohjusta, saman verran Jericho 2 -ohjuksia sekä sata-

kunta Israelin Yhdysvalloilta 70-luvulla saamaa Lance-ohjusta. Tietojen mukaan Lance-ohjukset olisivat lähinnä varastoituina ja osa Jericho 1 -ohjuksista tekisi tilaa käyttöön otettaville Jericho 2 -ohjuksille. Osa ohjuksista on sijoitettu liikkuville alustoille.

Israel pystyy laukaamaan ohjuksiaan kaikkiin niihin lähialueen valtioihin, jotka voivat uhata sitä ohjuksillaan. Koska Israel todistetusti osaa valmistaa monivaiheisia ohjuksia, se kykenee myös tarvittaessa pidentämään ohjustensa kantamaa. Arvioiden mukaan Shavit-kantoraketin kantama ballistisena ohjuksena olisi noin 4500 kilometriä kärjen painon ollessa 1100 kiloa. Jericho-ohjuksia käytetään käyttämään joukkotuhokärkien laukaisussa. Yleisesti ottaen asiantuntijat pitävät Israelin aseistusta korkeatasoisena lähimmäisiinkin järjestelmiin verrattaessa.

Ohjusten lisäksi Israelin ilmavoimien tehokkailta rynnäkkökoneilla pystytään pudottamaan myös ydinpommeja. Yhdysvalloilla ja Israelilla on molemmilla esimerkiksi F-15- ja F-16-tyypin koneita, joilla voidaan suorittaa myös taktisia ydinpommituksia.

Israel ei joidenkin muiden kynnysvaltioiden tavoin vastustanut täydellistä ydin-koekieltosopimusta. CTBT-sopimus päinvastoin palvee myös Israelin turvallisuus-etuja. Maan edellinen hallinto osoitti puolestaan periaatteellista valmiutta alkaa keskustella myös ydinasekysymyksestä, mutta vasta sen jälkeen kun kattava rauhansopimus on solmittu alueen kaikkien maiden

välillä. Shimon Peresin mukaan Israelin sotilaallisen voiman kolme peruselementtiä ovat: vahvat puolustusvoimat, läheiset strategiset suhteet Yhdysvaltain kanssa ja Israelin ydinpelote.

Kynnysvaltioiden pyrkimykset hankkia omia ydinaseita johtunevat ainakin osittain niiden naapurimaidensa taholta kokemastaan uhkasta. Tällaisia riitapukaripareja on useita. Voidaan arvioida, ettei tällaisten maiden ydinaseiden käyttökynnys ole lainkaan yhtä korkea kuin esimerkiksi suurvaltojen noudattama. Häätälanteessa ydinaseiden käyttökynnys voi madaltua olennaisesti.

Yom Kippur -sota, joka alkoi 6.10.1973 on varoitettava esimerkki. Egypti ja Syyria onnistuivat tuolloin täysin yllättämään Israelin, jonka asevoimat kärsivät raskaita tappioita sekä Siinailla että Golanin kukkuloilla. Tilanne kehittyi muutamassa päivässä Israelin kannalta hyvin vakavaksi. Puolustusministeri Dayan kuvasi sitä peräti epätoivoiseksi: "Tämä on Kolmannen Tempelin [eli Israelin valtion] loppu."

Israelin poliittinen ja sotilasjohto koontui 8.10.1973 hätäkokoukseen ja teki kolme päätöstä: asevoimat oli koottava päättäväiseen vastahyökkäykseen, valmiit ydinaseet oli viritettävä ja maalitettava ja Yhdysvaltoja oli informoitava tästä poikkeuksellisesta toimenpiteestä. Samalla vaadittiin Yhdysvalloilta pikaista ase- ja ammustäydennystä pitkäjänteistä sotaponnistusta varten.

Jericho-ohjukset Hirbat Zachariahin tukikohdassa saatettiin nähtävästi ydintaisteluvälineen kuten myös kahdeksan F-4 Phantom-taistelukonetta Tel Nofin tukikohdassa Rehovotin lähellä. Egyptin ja Syyrian asevoimien päämajat Kairon ja Damaskoksen lähellä lienevät olleet mahdollisen ydinhyökkäyksen ensisijaisia maaleja.

Neuvostoliitolle Israelin ydinasevoimien hälytystila selvisi nopeasti. Al Ahram-lehden päätoimittajan Mohammed Heikalin mukaan Neuvostoliitto ilmoitti Egyptin johdolle, että "Israelilla oli kolme koottua ydinkärkeä taisteluvälineessä." Israelin tiedustelu sieppasi 9.10.1973 Neuvostoliiton saman sisältöisen viestin Yhdysvalloille.

Israelin johdon päätöksillä oli toivottu vaikutus. Yhdysvallat antoi jo 9.10.1973 lupauksen Israelille massiivisesta aseavustusta. Sen turvin Israelin oli helpompi ryhtyä vastatoimiin. Kenraali Ariel Sharon johti panssarivoimien menestyksellistä vastahyökkäystä Suezin kanavan länsipuolelle, mikä asetti Egyptin kolmannen armeijan puolestaan epätoivoiseen tilanteeseen. Operaation onnistuminen lienee merkittävästi perustunut Yhdysvaltain Israelille antamiin satelliittikuvatietoihin, jotka osoittivat aukon egyptiläisten ryhmytyksessä. Kun israelilaiset myös onnistuivat karkoittamaan syyrialaiset Golanilta, niin edellytykset asevelolle paranivat.

Yom Kippur -sodan loppuvaiheessa Neuvostoliiton ja Yhdysvaltojen välit kiristyivät. Leonid Brezhnev päätti kohottaa maahanlaskujoukkojensa valmiustilaa vastavetona israelilaisten toimille Suezin länsipuolella. Yhdysvallat reagoi asettamalla ydinaseilla varustettuja B-52-koneita hälytystilaan kuten myös yhden maahanlaskudivisioonan (82nd Airborne Division). Is-

rael puolestaan asetti toistamiseen ydinjoukkonsa hälytystilaan.

Intia

Intialla on kunnianhimoinen ydinohjelma, jolla on myös sotilaallisia tavoitteita. Intia kuuluu niiden harvojen maiden joukkoon, joilla on kapasiteetti koko polttoainekierron omavaraiseen toteuttamiseen. Intialla on ilmeinen pyrkimys osoittaa olevansa ydinalan suurvalta. Maalla on ydinteknologiaan tarvittavat perusraaka-aineet, joten se on voinut kehittää ohjelmiaan suurelta osin kotimaisesti. Tämä on mahdollistanut kansainvälisesti valvomattomien ydinlaitosten rakentamisen, mikä on ollut olennaista ydinaseiden kehittämisessä.

Intia aloitti ydinaseiden kehittämisen 1960-luvulla, todennäköisesti Kiinan ensimmäisen ydinkokeen jälkeen vuonna 1964. Intian ponnistukset tuottivat myös tulosta ja vuonna 1974 se teki Rajasthanin autiomaassa lähellä Pakistanin rajaa ensimmäisen täysimittaisen ydinkokeensa. Intia ilmoitti, että kyseessä oli rauhanomaisen ydinväläytys. Tuolloin räjäytetty lataus ei vielä ollut viimeistelty ydinase, mutta kokeesta saatu tieto mahdollisti toimivan aseiden kehittämisen. Intian uskotaan suorittaneen myös useita suurtehoisten tavantomaisten räjähteiden koeräjäytyksiä. Näiden avulla voidaan tutkia ydinpommin räjäytysjärjestelmien toimivuutta ilman ydinmateriaalia.

Uusia ydinkokeita valmisteltiin Rajasthanin autiomaassa jo 80-luvun alussa, mutta niitä ei kuitenkaan suoritettu. Vuoden 1995 lopulla saatiin uusia vahvoja viitteitä mahdollisista tulevista ydinkokeista. Tuntemattomista syistä Intia pidättäytyi kuitenkin taas kokeiden suorittamisesta. Ydinkoealueen infrastruktuuri lienee sen jälkeen ollut hyvässä valmiudessa. Kovin näkyviin koevalmisteluihin ei siten ollut tarvetta ryhtyä ja 11. ja 13. toukokuuta 1998 suoritettua kokeita tulivat täytenä yllätyksenä. Näiden yhteensä viiden kokeen jälkeen Intian viranomaiset ilmoittivat ydinkoeohjelman päättyneen ja maan valmiudesta ryhtyä neuvottelemaan ydinkoe-kieltosopimuksesta ydinasevaltiona.

Intia pystyy myös tuottamaan tritiumia. Tämä viittaisi lämpöydinaseiden tai tehos-

tettujen (boosted) fissiopommien suunnitteluun. Intian pääministerin Atal Bihari Vajpayeen ilmoituksen mukaan Intian 11.5.1998 tehdystä kokeesta testattiin myös lämpöydinräjähdettä. Jos ilmoitus pitää paikkaansa on Intia tehnyt hyvin merkittävän ydinaseteknisen läpimurron. Esimerkiksi Ranska teki 60-luvulla neljä "boosted fission" -koetta, ennen kuin ensimmäinen kaksivaiheinen fuusiolataus räjäytettiin onnistuneesti elokuussa 1968. Intian rajoitetun ydinkoeohjelman puitteissa on tuskin ollut mahdollista kehittää toimivaa fuusioomia ilman merkittävää ulkopuolista tukea.

Tehostettu fissiopommi on mahdollista tehdä ilman koeräjäytyksiä, jos tavallisen fissiopommin teko osataan. Tehostetun fissiopommin räjähdystehon arvioiminen ilman kokeita on hankalaa. Intia tutkii myös lämpöydinasetekniikkaa ja maalla on ilmeisesti olemassa raaka-aineet tällaisen pommin valmistamiseksi. Tritiumin valmistamisen lisäksi se pystyy tuottamaan kiinteää litiumia. Litium-6 isotoopin väkevöinti tapahtuu ilmeisesti Bhabha Atomic Research Center -laitoksessa (BARC) Trombayssa. Lisäksi sillä on käynnissä pienimuotoinen uraanin väkevöintiohjelma, josta se saa vetypommiin tarvitsemansa HEUn. Intialaisten tekninen osaaminen ei kuitenkaan vielä riittäne vetypommin valmistukseen.

Intian plutoniumvarat arvioitiin vuoden 1994 lopussa 350 kiloksi. Intian ydinkärkien rakennetta ei tunneta, mutta on arvioitu, että ydinkokeessa räjäytetty laite sisälsi 6-8 kg plutoniumia. Jos ydinkärjessä on esimerkiksi kuusi kiloa plutoniumia, niin Intialla voisi olla raaka-ainetta noin 70 pommiin.

Intia aloitti vuonna 1983 IGMDP-ohjelman (Integrated Guided Missile Development Program) tavoitteenaan kehittää erilaisia ohjuksia. Ohjelma ei keskittynyt pelkästään ballistisiin ohjuksiin vaan pyrki myös erilaisten torjuntaohjusten ja risteilyohjusten kehittämiseen.

Ballististen ohjusten rintamalla tapahtuikin kehitystä ja vuonna 1988 Intia testasi ensimmäisen kerran nestemäistä polttoainetta käyttävää Prithvi (Maa) -ohjusta. Prithvistä alettiin kehittää kahta versiota,

HELSINGIN SANOMAT

Tiistaina 12. toukokuuta 1998

Intian ydinkokeet järkyttivät maailmaa

Yhdysvallat uhkasi Intiaa talouspakotteilla

Reuters-AP

DELHI-Intia teki maanantaina kolme maanalaista ydinkoetta Rajasthanin autiomaassa. Pääministeri Atal Behari Vajpayeen mukaan kokeet eivät nostaneet ilmakehän radioaktiivisuutta.

Intia teki kokeet vain seitsemän viikkoa sen jälkeen, kun oikeistolaisen hindupuolueen

BJP:n johtajasta Vajpayeesta tuli pääministeri. BJP on vaatinut muutosta Intian ydinasepolitiikkaan.

Maailmalla tieto ydinkokeista otettiin vastaan järkyttyneenä ja pettynään. Naapurimaan Pakistanin ulkoministeri Gohar Ayub Khan tuomitsi erittäin voimakkaasti Intian kokeet.

Yhdysvallat totesi olevansa pettynyt Intiaan. Valkoisen talon

mukaan kokeet saattavat johtaa tiukkoihin Intian vastaisiin talouspakotteisiin.

Myös Saksan hallitus tuomitsi kokeet todeten niiden olevan askelel vääriin suuntaan.

Ruotsissa maanantaina vierailut pääministeri Paavo Lipponen tuomitsi kokeet ja sanoi pelkäävänsä, että ne voivat johtaa ydinaseiden leviämiseen.

Sivu C 1

Intia teki autiomaassa ehkä voimakkaan fuusiokokeen

Intian ydinasekoe oli ehkä vain yhden fuusiopommin räjähdys, eikä kolmen kokeen sarja. Johtaja Tero Varjoranta Säteilyturvakeskuksesta perustaa epäilynsä räjähdyskseen jättämään seismologiseen jälkeä. Hänen mukaansa on

mahdollista, että uraanivaipassa ollut fuusioräjähde sytyttiin fissiopianoksella, ja näin kyseessä olisi ollut vain yksi korkeata ydinteknologista osaamista vaatinut ydinräjähdys.

Sivu C 1

joista armeija 90-luvun alkupuolella tilasi Prithvi I -ohjuksia - 150 kilometrin kantamalla ja 1000 kilon taistelukärjellä - yhteensä noin 75-100 kappaletta sekä tarvittavat intialaisvalmisteiset Kolos Tatra laukaisualustat. Intian ilmavoimat oli kiinnostunut Prithvi II -versiosta, jonka kantama 500 kg painavalla kärjellä olisi noin 250 kilometriä. Ilmavoimat tilasi ohjuksia 25 kappaletta. Vuonna 1994 Intian armeija teki Prithvillä. Tuona vuonna Intia aloitti Prithvin käyttöön ottoon johtavat järjestelyt armeijassaan ja perusti 333. Prithvi-ohjusjoukot. Prithvi I -ohjuksen tuotanto lie-nee aloitettu samana vuonna noin kolmen ohjuksen kuukausituotannolla, mutta jotkut lähteet väittävät, että Intialla olisi ollut vaikeuksia muuntaa tuotantolaitoksia prototyypin valmistuksesta sarjatuotantoon. Prithvin tarkkuudesta on esitetty monia erilaisia arvioita, joista yleisin on noin 250 m (CEP), joidenkin väitteiden mukaan kehiteillä olisi tutkaan perustuva pääteohjaus. Ilmavoimien Prithvi II:n testaus jatkui edelleen ja tammikuussa 1996 suoritettiin Prithvin järjestyksessä 15. testi. Viimeisimpien tietojen mukaan Prithvi I olisi valmis palveluskäyttöön ja Prithvi II:lla olisi edessään ilmavoimien käyttökokeet. Prithvillä Intia pystyy uhkaamaan suurinta osaa Pakistanin kaupungeista mukaanlukien

pääkaupunki Islamabadia, mutta sen tarkuus ei riitä suojattujen sotilaskohteiden tuhoamiseen tavanomaisilla räjähteillä.

Toinen merkittävä ohjuskehitystyön tulos on kaksivaiheinen keskimatkan ohjus Agni (Tuli). Sen kiinteää polttoainetta käyttävän ensimmäisen vaiheen perusrakente on Intialaisesta SLV-3 kantoraketista ja toinen vaihe on Prithviin perustuva nestemäistä polttoainetta käyttävä. Agnia testattiin ensimmäisen kerran vuonna 1989 ja kolmesta testistä viimeisin on vuodelta 1994. Agnin arvioitu kantama on 2500 kilometriä tonnin painoisella kärjellä, mutta testeissä on päästy vain noin 1400 kilometrin kantamaan. Intia julisti Agnin "teknologian demonstrointi"-ohjelmaksi ja väitti myös keskeyttäneensä ohjelman, mutta Pakistanin ja Kiinan välisestä yhteistyöstä kantautuneet tiedot saivat sen jatkamaan kehittelyä. Uusia testejä ei ole kuitenkaan tieltävästi suoritettu, vaikka ohjus vaatisi 6-8 testiä kehittelyn viimeistelemiseen. Ohjuksen käyttöönololle ei ole kovin vakuuttavia sotilaallisia perusteita. Agni ei yllä Kiinan merkittäviin kaupunkeihin, kantama tosin riittää joihinkin Kiinan ohjustukikohtiin. Pakistaniin taas Intia ylittää muilla halvemmilla asejärjestelmillään. Agni-järjestelmä vaatisi todennäköisesti

kiinteitä ohjussiloja, sillä 21 metriä pitkää ja 19 tonnia painavaa ohjusta ei ole helppo liikutella.

Prithvi-ohjusten tuotantolaitos sijaitsee Bharat Dynamics Limited -yhtiön tehtailla Hyderabadissa. Ohjusten valmistaminen ja sijoittaminen aiheuttaa ongelmia Intiassa. Jos Prithviä tuotetaan suuria määriä ja jos ohjuksia sijoitetaan lähelle Pakistanin rajaa maiden välinen poliittinen tilanne kiristyisi vakavasti. Siksi Yhdysvallat onkin pitkään yrittänyt taivuttaa Intiaa luopumaan ohjus-hankkeistaan. Prithvi soveltuu erilaisten tavanomaisten sekä joukkotuhokärkien laukaisuun, joskin lyhyt kantama rajoittaa esimerkiksi ydinkärjen käyttöä. Intian viralliset tahot ovat kuitenkin vakuuttaneet, että Prithvissä tullaan käyttämään ainoastaan tavanomaisia kärkiä. Agni, joka soveltuu myös ydinpommin kuljettamiseen, olisi kantamaltaan teknisesti parempi vaihtoehto ydiniskuihin, mutta järjestelmän käyttöönotto ei liene ajankohtainen vielä vuosiin.

Pakistan

Pakistanin ydintutkimus alkoi jo 1950-luvulla, jolloin maahan perustettiin Atomic Energy Committee tutkimaan ydinenergian

rauhanomaista käyttöä. Myöhemmin komitean nimi muutettiin Pakistan Atomic Energy Commissioniksi (PAEC). Jo vuonna 1966 ulkoministeri Zulfikar Ali Bhutto ilmoitti, että Pakistan kehittää ydinaseen, jos Intiasta tulee ydinasevaltio. Tammikuussa 1972 Bhutto piti kokouksen 50 tiedemiehen kanssa, ja tietyvästi aloitti tuolloin ydinpommin kehittämiseen tähtäävän ohjelman. Lisäksi Intian ydinkoe vuonna 1974 vahvisti Pakistanin päätöstä kehittää ydinase.

Pakistanin ydinaseen kehittäminen perustui suurelta osin ulkomaiseen tekniikkaan. Ensinnäkin Pakistan kiersi kansainvälisiä sopimuksia ja vientikieltoja ja salakuljetti materiaalia ja tietoja maahan. Toiseksi se sai apua Kiinalta, joka pitää Pakistania sopivana vastavoimana Intialle Etelä-Aasiassa. Tämän seurauksena Pakistan pystyy omien toistuvien ilmoitustensa mukaan valmistamaan ydinaseen milloin tahansa. Intian toukokuussa 1998 tehtyjen kokeiden jälkeen Pakistanin odotetaan osoittavan ydinasekykynsä nopeastikin.

Pakistanin ydinohjelman keskus on Kahutassa lähellä Islamabadia sijaitseva tutkimuslaitos Dr. A.Q.Khan Research Laboratories. Kahutassa toimii Pakistanin ensimmäinen uraanin väkeväntilaitos. Tämä laitos on tehty eurooppalaisen Urenco -yhtymän hollantilaisesta Almelson väkeväntilaitoksesta salakuljetettujen tietojen perusteella. Tiedot hankki pakistanilainen metallurgi Abdel Qadir Khan työskennellessään laitoksessa vuosina 1972-75. Khan sai halutuensa tiedot mm. kaasusentrifugien rakenteesta sekä listan tavarantoimittajista.

Kahutan väkeväntilaitos valmistui 1980-luvun alussa, mutta tuotannon aloittaminen lykkääntyi teknisten ongelmien takia. Vaikeuksia aiheuttivat ainakin suunnitteluvirheet ja puutteelliset materiaalit. On mahdollista, että Pakistan sai Kiinalta apua tuotannon käynnistämiseksi. Vuonna 1984 A.Q. Khan kuitenkin ilmoitti, että Kahuta tuotti matalalle väkevyitä uraania. USA:n tiedustelun mukaan Kahutassa saavutettiin uraanin viiden prosentin väkeväntiaste vuonna 1985 ja korkealle väkevoidyn uraanin (HEU) tuotanto alkoi 1986. Kahutassa on arvioitu olevan 14 000 kaasusentrifugia. Vuonna 1986 näistä oli toiminnassa vain 1000, ja vuonna 1991 noin 3000. Sentrifugien uskotaan olevan superkriittisiä ja lisäksi arvelaan, että Kahutassa käytetään useita eri sentrifugimalleja. Suunnitelmat Euroopasta hankkineella

Khanilla oli nimittäin mahdollisuus saada tietoja neljästä eri sentrifugimallista. Kolmellatuhannella sentrifugilla Kahutassa voidaan arvioiden mukaan tuottaa 45-100 kiloa asekelpoista uraania vuodessa. Arvion suuri vaihteluväli johtuu siitä, ettei tiedetä tarkasti mitä mallia Kahutan sentrifugit ovat ja kuinka paljon U-235 isotooppia jätetään köyhdytettyyn uraaniin. Vuonna 1994 Pakistanin HEU-varannoksi arvioitiin 150 - 250 kiloa.

Pakistan ei ole kuitenkaan tuottanut HEUta jatkuvasti. Pääministeri Benazir Bhutto lopetti tuotannon kesäkuussa 1989 ennen matkaansa Yhdysvaltoihin. Asekelpoisen uraanin tuotantoa jatkettiin keväällä 1990 sen jälkeen, kun Intian ja Pakistanin rajakiistat aiheuttivat jännitystä Kashmirissa. Tuotanto pysäytettiin jälleen vuonna 1991. Tällä hetkellä Kahutassa tutkitaan laitoksen johtajan A.Q. Khanin mukaan ainakin elektroniikan ja metallurgian aloja. Lisäksi siellä suunnitellaan asejärjestelmiä maan armeijan käyttöön, esimerkiksi viiden kilometrin kantaman ilmatorjuntaohjuksia sekä laser-etäisyysmittareita.

Pakistan on rakentanut myös toisen uraanin väkeväntilaitoksen. Se sijaitsee ilmeisesti Golrassa, lähellä Islamabadia. Pakistan on vahvistanut tämän laitoksen olemassaolon. On mahdollista, että se ei ole vielä aloittanut toimintaansa. Laitoksen koosta ei ole tarkkaa tietoa, mutta sen sijaan tiedetään, että Kiina toimitti vuonna 1995 Pakistaniin 5000 rengasmagneettia, jotka sopivat kaasusentrifugien valmistamiseen. Kiina on myöntänyt kyseisten magneettien siirron.

Ennen käsittelyä väkeväntilaitoksissa uraani muunnetaan UF₆-kaasuksi Pakistanin ainoassa konversiolaitoksessa, joka sijaitsee Dera Ghazi Khanissa. Sen laitteisto hankittiin Länsi-Saksasta vuosina 1977-80 kansainvälisiä viientisääntöjä kiertämällä. Yhdysvaltain mukaan Pakistan olisi saanut 1980-luvun alussa uraaniheksafluoridia myös Kiinasta. On epäilty, että Kiina olisi vastaavasti saanut Urencon kaasusentrifugitekniikkaa Pakistanista.

Pakistan on ainoa ydinaseeton valtio, joka on virallisesti ilmoittanut pystyvänsä valmistamaan ydinaseen. Valtiosihteeri Shahryar Khan ilmoitti asian helmikuussa 1992 Washington Postin haastattelussa. Pakistanin ydinase perustuu todennäköisesti kiinalaisilta saatuihin tietoihin, mahdollisesti Kiinan vuonna 1966 kokeileman

ydinkärjen tekniikkaan. Tässä pommissa oli 15 kiloa uraania ja sen räjähdysteho oli 20 kilotonnia.

Pakistanin asekelpoisen uraanin varannoksi arvioidaan noin 200 kiloa mikä riittäisi noin kymmeneen ydinpommiin. Pakistan on tehnyt yhden 'kylmän' kokeen ydinaseensa testaamiseksi. Kylmässä kokeessa ei käytetä fissiiliä materiaalia, vaan kokeillaan pommin mekanismin toimintaa. Tämä koe suoritettiin Chagain länsipuolella. On myös mahdollista, että Kiina ja Pakistan ovat kokeilleet Pakistanin ydinasetta yhteisessä kokeessa. USA:n tiedusteluelimet nimittäin epäilevät, että Xinjiangissa, Kiinassa toukokuussa 1983 havaittu seisminen ilmiö oli salainen ydinkoe ja että sitä oli seuraamassa myös Pakistanin hallituksen korkea edustaja, mahdollisesti silloinen puolustusministeri Yaqub Khan.

Ydinpommiin tarvitaan myös neutronilähde, esimerkiksi poloniumia tai tritiumia. Poloniumin tuotannosta Pakistanissa ei ole havaintoja. Sen sijaan tiedetään, että Pakistan salakuljetti Länsi-Saksasta 0,8 grammaa puhdasta tritiumia vuonna 1987. Tästä riittäisi tritiumia useisiin neutronilähteisiin. Lisäksi Pakistan yrittää ilmeisesti rakentaa omaa tritiumin valmistuslaitosta. Yleisesti otaksutaan, että Pakistan yrittää kehittää tehokkaampia (tritium-boosted) ydinaseita tai jopa vetypommeja.

Pakistan on kehittänyt omia ohjuksiaan 80-luvun alusta alkaen. Kiinteää polttoainetta käyttävät Hatf (Kuolettava) on kehitelty osittain Kiinan avustuksella ja ohjukset perustuvat melko alkeelliseen tekniikkaan. Hatf 1 on käytössä oleva lyhyen kantaman ohjus. Se pystyy kuljettamaan 500 kilon painoisen kärjen noin 80 kilometrin etäisyydelle. Myöhemmin kehitetyn Hatf 1A -version uskotaan saavuttavan 100 kilometrin kantaman. 1989 Pakistan testasi Hatf 2 -ohjusta, missä Hatf 1 -ohjukseen lisätyn toisen vaiheen avulla kantamaksi on saatu 300 kilometriä. Hatf 2:n tilasta ei ole varmaa tietoa, se saattaa jo olla Pakistanin armeijan palveluskäytössä, mutta valmistettujen ohjusten lukumäärä lienee pieni. Hatf-ohjukset voidaan laukaista liikutelta-ville alustoilta.

Kiinan ja Pakistanin ohjusteknisen yhteistyön väitetään alkaneen jo 80-luvun puolella ja ensimmäiset kiinalaiset M-11 -ohjukset olisi toimitettu Pakistaniin vuonna 1991. Kiina on kiistänyt väitteet. Alustoilla kuljetettavan M-11:n kantama on

Juhan Tyrväinen

noin 300 kilometriä ja taistelukärjen paino 800 kg. Sopimukseen uskotaan sisältyvän noin 36 valmiin M-11 ohjuksen myynti ja ohjusten tuotantolaitosten rakentaminen Pakistaniin. Rawalpindin lähelle rakennettavan laitoksen toiminta on epäselvää, se joko tuottaa M-11 ohjuksia tai useita ohjuksen valmistuksessa tarvittavia komponentteja. Pakistanin arvellaan ottaneen valmiina toimitetut ohjukset käyttöön kiinalaisten tuella. Avustus sisältänee myös mm. ohjusyksikön kouluttamisen.

Viime vuonna Pakistanissa tehtiin ohjuskoe noin 800 kilometriä kantavalla Hatf 3 -ohjuksella. Ohjuksen tekniikasta ei ole tarkempaa tietoa, mutta pakistanilaiset lähteet myönsivät kokeen ja sanoivat sitä onnistuneeksi. Intialaisten mukaan kyse olisi kiinalaisesta M-9 -ohjuksesta, josta on myös mainintoja Kiinan ja Pakistanin välisissä yhteyksissä.

Huhtikuun 6. päivänä Pakistan kokeili uutta 1500 kilometrin kantaman Hatf 5 (Ghauri) -ohjusta. Maailmaa yllättänyt ohjuskoe ilmoitettiin onnistuneeksi. Ohjuksen hyötykuorma on 700 kiloa. Hatf 5:n merkitys Pakistanille on suuri. Sillä se pystyy uhkaamaan myös laajoja alueita Intian sisämaata ja tasoittaa siten olennaisesti Intian tähänastista sotilaallista etulyöntiasemaa. Uusimpien Hatf-ohjustyyppien valmistuminen palveluskäyttöön vienee vielä vuosia. Sitä ennen Pakistanin mahdollisten ydinpommien tärkeimmät lavetit ovat maan 32 F-16 hävittäjäkonetta.

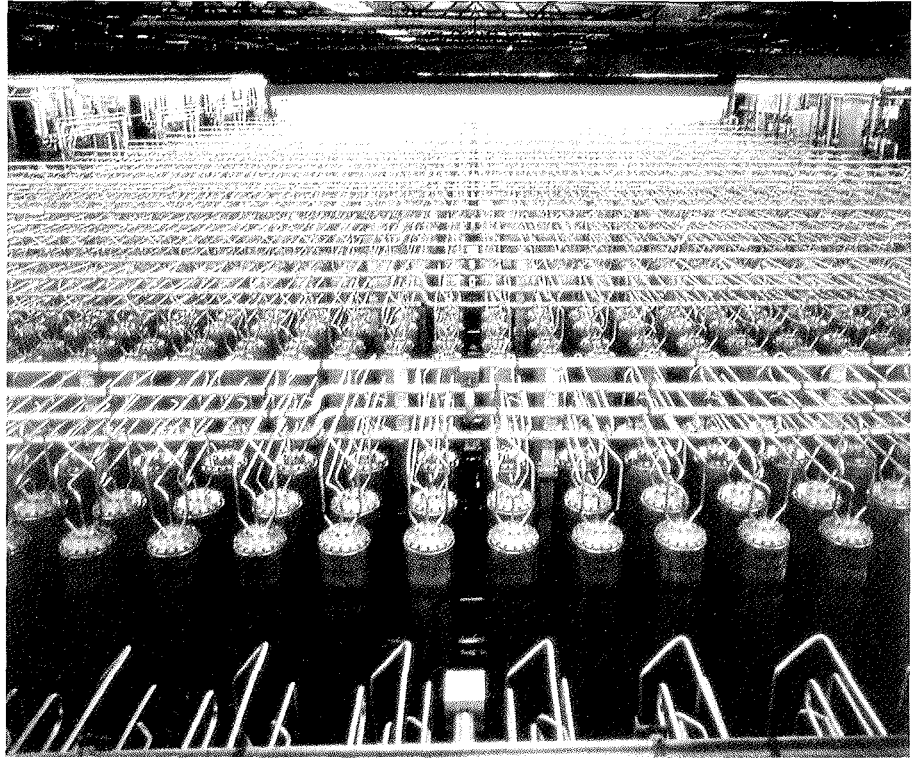
Intian ja Pakistanin väliset suhteet ovat jatkuvasti tulehtuneet. Maat ovat jatkaneet ohjusohjelmiaan sekä varusteluun heikosta taloudellisesta tilanteesta huolimatta. Viimeisimmät Pakistanista kantautuneet tiedot ilmeisesti pakottavat Intian kiihdyttämään Prithvin käyttöönottoa ja Agnin kehitystyötä. Huolestuttavaa on myös maiden ydinasekilpa. M-11 -ohjukset tarjoavat mahdollisuuden ydinkärjen kuljettamiseen ja tiedetään, että kiinalaiset ovat valmistaneet ohjuksen sopivan ydinkärjen.

Tämä artikkeli on kirjoitettu ennen Pakistanin ydinkokeita.

FI Stefan Forss on VTT Energian erikoistutkija, p. (09) 4565 068, e-mail: stefan.forss@vtt.fi



Uraanin väkevöinti-teollisuus Venäjällä



Neuvostoliiton suorana ydintekniikan perillisenä Venäjällä on vahva osaaminen uraanin väkevöinnissä. Viime vuosikymmenellä alkanut kilpavarustelun aikaisten rakenteiden purkaminen on pakottanut uraaniteollisuuden pukemaan siviiliasun ja sopeutumaan uudistuvan markkinatalouden sääntöihin.

Vanha diffuusioon perustuva väkevöintitekniikka on korvautunut uudella taloudellisemmalla sentrifugiväkevöinnillä. Uraanituotteiden viennin lisäksi monet väkevöintikombinaatit tuottavat myös tekniseen osaamiseen perustuvia sähköalan tuotteita.

Sentrifugilaitos Almossa, Hollannissa. Kuva Suomen Voimailaitos ry:n julkaisusta "Hyvä tietää uraanista".

Elokuussa 1945 Neuvostohallitus perusti ydinenergian erikoisvaliokunnan. Ensimmäinen hallittu ydinketjureaktio tehtiin elokuussa 1946 Kurtsatov Instituutissa, Venäjällä. Venäjän ensimmäinen suuremman mittakaavan reaktori, plutoniumin tuotantoa varten, käynnistettiin 1948 Mayakissa. 1949 Venäjän ensimmäinen väkevöintilaitos saatiin lopulliseen tuotantokuntoon ja 1954 aloitti toimintansa ensimmäinen atomireaktori rauhanomaisia sovellutuksia varten.

1960-luvulta alkaen kehittyi Neuvostoliitossa ydinaseylivaltaan tähtäävän sotilaallisen teknologian rinnalla myös rauhanomainen sähköntuotannon maksimointiin pyrkivä ydinteknologia. Plutoniumin valmistukseen sovellettavissa oleva Tshernobyl-tyyppinen, kanavareaktori (RBMK) sai rinnalleen pelkästään sähköntuotantoon suunnitellun, reaktoripaineastialla varustetun VVER-laitostyyppin. Samoin energiaa kuluttava kaasudiffuusio sai monessa kom-

Kombinaatti	Perustettu	Tehtaat	Tuotteet / palvelut
Uralin Sähkökemiallinen Kombinaatti - Urals Electrochemical Combine Ekaterinburg - Sverlovsk-44 - Ural'skiy Elektrokhimiskiy Kombinat (UEK)	1945	- Väkevöintilaitos	- Väkevöity uraani - Tutkimus ja suunnittelu - Väritelevisio - Pakastimet, jäätelö
Siberian Kemiallinen Kombinaatti - Siberian Chemical Combine (SCC) - Tomsk-7 - Sibirskiy Khimicheskii Kombinat - Sibkhimkombinat - Siberian Group of Chemical Enterprises	1949	- Väkevöintilaitos - reaktorit, jotka soveltuvat sekä plutoniumin että sähkön tuotantoon - Plutoniumin erotuksen jälleenkäsittelylaitos - Halkeavien tuotteiden varastot	- Sähkö - Liikennevalot - epäorgaanisten fluorien valmistus - Väkevöity uraani - jälleenkäsittely säteilytylle uraanille - Laitteiden suunnittelu, valmistus, elektroniikka-, kemian-, lääke- ja ydinvoimateollisuudelle - Plutonium - Taistelukärjet - Ympäristötutkimukset: radioaktiiviset merkkiaineenesteet - Biotekniikka - Molybdeeni -99
Sähkökemiallinen Tehdas - Electrochemical Plant (ECP) - Krasnoyarsk Electrochemical Plant (KEP) - Krasnoyarsk-45 - Electrochemistry Combine - KanskZaozernyy	1955	Neljä väkevöintilaitosta	
Angarskin Elektrolyyysi ja Kemiallinen Kombinaatti - Angarsk Electrolysis & Chemical Complex (AECC) - Angarckiy Elektrolizniy Himicheskii Kombinat (AEHK)	1954	- Väkevöintilaitos - Konversiolaitos - Instrumentointitehdas - Kemiallinen tehdas - Huoltokeskus - Analyysilaboratoriot	- Väkevöity uraani - teknistä apua rakennettaville sentrifuugilaitoksille; teknisten dokumenttien päivytystä, asiantuntijoiden koulutusta asennuskonsultointia

Uralin Sähkökemiallinen Kombinaatti, Novouralsk

Ensimmäinen venäläinen kaasudiffuusiolaitos rakennettiin 1945, Novouralskissa, Jekaterinburgin alueella (kaupunki on tunnettu aikaisemmin nimillä Kefir-stad, Verhi Nejkink, Sverdlovsk-44), täyttämään väkevöidyn uraanin tarvetta Venäjällä. 1949 kombinaatti valmisti ensimmäisen venäläisen vety-pommin. Diffuusiolaitos korvattiin 1960-luvun alussa sentrifugilaitoksella, jotta kilpailukyky säilyisi väkevöidyn uraanin markkinoilla. Kombinaatti on jatkuvasti laajentunut, sentrifugilaitokseen on liitetty sähkökemiallinen laitos, sähkömekaaninen laitos sekä instrumentointilaitos. Uudet laitokset ovat tehneet mahdolliseksi kombinaatin siviilituotannon, kuten esim. väritelevisio- ja jäätelöpakastimien tuotannon.

Siperian Kemiallinen Kombinaatti, Seversk

Siperian Kemiallinen Kombinaatti perustettiin 1949 Severskin (kaupunki tunnettu aikaisemmin nimellä Tomsk-7) tuottamaan Venäjän puolustusministeriölle puolustus- ja ydintekniikan tuotteita. Kombinaatin toiminta on kohdistunut etupäässä PuO₂:n tuotantoon sekä regeneroimaan uraania säteilytetystä polttoaineuraanista. Eri kirjallisuuslähteet arvioivat, että kombinaatin toiminnan aikana on valmistettu noin 70 tonnia plutoniumia. Tehtaan alueella on sijoitettu eri varastoihin muutamia tonneja vahvasti väkevöityä uraania (HEU) ja plutoniumia.

Siperian Kemiallinen Kombinaatti on tietyvästi suurin tuotanto- ja käsittelykeskus Venäjän ydinvoimateollisuudessa, joka on valmistanut ja jalostanut ydintekniikka-tuotteita Venäjän puolustusministeriölle. Kombinaatin laitoksia on aiemmin käytetty ydinasekomponenttien tuotantoon ja ydinaseeksi luokiteltavan plutoniumin ja uraanin tuotantoon. Laitoksia käytetään nykyään ylimääräisen ydinasekelponen materiaalin varastoimiseen. Laitoksen viidestä

binaatissa vierelleen kevyempiä sentrifugilaitteistoja. Uusilla laitteistoilla entisen Neuvostoliiton yksi vahvoista ydintekniikan osa-alueista, uraanin käsittelyn vaikein vaihe - U-235 pitoisuuden lisääminen eli väkevöinti sujui taloudellisemmin. Nykyisin Venäjällä on neljä uraanin väkevöintilaitosta, Novouralskissa, Severskissä, Zelenogorskissa sekä Angarskissa, joiden yhteenlasketuksi vuosittaiseksi väkevöintikapasiteetiksi on arvioitu noin 20 miljoonaa erotustyöyksikköä (SWU).

Venäjän ydinenergiaministeriö (Minatom), Moskova

Minatom perustettiin tammikuussa 1992; 80 % sen toiminnasta oli Venäjällä, loput Ukrainassa, Kazakstanissa, Uzbekistanissa sekä Valko-Venäjällä. Ydinenergiaministeriö työllistää noin miljoona työntekijää tutkimus- ja kehitystyössä sekä ministeriön alaisissa tuotantotehtailta. 14 % ministeriön ohjelmista on sidoksissa aseellisuuden kanssa; ministeriön muut

osuudet käsittelevät ydinvoimateollisuutta (ydinvoimalaitoshankkeet, kehittäminen, käyttöönotto ja käytöstäpoisto, sisältäen koko ydinpolttoainekierron uraanikaivoksesta jälleenkäsittelyyn ja loppusijoitukseen).

Ministeriön siviilituotanto on lisääntynyt 1-2 % vuosittain, ja vienti on kaksinkertaistunut vuodesta 1992. Venäjällä on yhdeksän ydinvoimalaitosyksikköä, joiden yhteinen sähköntuotantokapasiteetti on noin 22 GWe; tämä edustaa noin 30 % koko sähköntuotantokapasiteetista Venäjän Euroopan puoliselällä alueella, ja 12 % sähköntuotantokapasiteetista, kun otetaan huomioon Siperian sähköntuotanto.

Ministeriön suunnitelmissa on lisätä sähkön tuotantokapasiteettia noin 28 - 30 GWe vuoteen 2005 mennessä. Huomiota on kiinnitetty erityisesti ydinvoiman kehitykselle ulkomailta kuten Kiinassa, Intiassa, Iranissa, Brasiliassa sekä mahdollisesti Indonesiassa.

reaktorista kolmea käytetään kaukolämmön, sähkön ja plutoniumin tuotantoon.

Sähkökemiallinen Laitos, Zelenogorsk

Sähkökemiallinen Laitos on yksi Venäjän kolmesta jälleenkäsittelylaitoksesta. Alkuperäinen uraanin väkevöinti sotilaallisiin tarkoituksiin on vaihtunut nykyiseen vahvasti väkevöidyn uraanin laimentamiseen matalaväkevöidyksi uraaniksi kaupallisiin tarkoituksiin. Laitos sijaitsee noin 200 km Krasnoyarskista itään suljetussa kaupungissa Zelenogorskissa, Krasnojarskin alueella (kaupunki on tunnettu aikaisemmin nimellä Krasnoyarsk-45).

Sähkökemiallinen Laitos on ollut toiminnassa vuodesta 1955 ja työllistetty kaupallisesti 1964 alkaen. Laitos on pääasiassa väkevöintilaitos ja toimii sekä kaasudiffuusiota että sentrifugimenetelmällä. Laitos tuotti noin 40 % koko uraanituotannosta Neuvostoliiton aikoina, ja oli Venäjällä yksi magneettinauhan päätuottajista. Sähkökemiallinenlaitos valmistaa saksalaisen BASF:n lisenssin turvin sekä BASF:n että omalla liiketunnuksellaan (ECP) audio- ja videokasetteja. Sähkökemiallinen Laitos työllistää noin 3.000 työntekijää.

Sähkökemiallinen Laitos on osa Venäjän ydinasepolitiikkaa. Sillä on merkittävä rooli taistelukärkien tuotannossa, hävityksessä ja halkeavien materiaalien loppusijoituksessa. Tällä hetkellä laitos toimii Venäjän vahvasti väkevöidyn uraanin varmuusvarastointipaikkana. Laitos on liitetty hankkeisiin, joiden tarkoituksena on suunnitella ja valmistaa laitteita käytettäväksi ydinvoima-, elektronikka-, kemian sekä lääketieteenteollisuudessa.

Angarskin Elektrolyysi ja Kemiallinen kombinaatti, Angarsk

Angarskin Elektrolyysi ja Kemiallinen kombinaatti sijaitsee noin 100 km Baikaljärveltä, Angarskin kaupungissa. Kombinaatti on ollut toiminnassa vuodesta 1954 lähtien. Väkevöintilaitos otettiin käyttöön lokakuussa 1957. Tällöin väkevöintilaitos oli varustettu kaasudiffuusiolaitteilla.

Jatkuva laitteiden uudistaminen askel askeleelta asennusten yhteydessä teki tehtaalte mahdolliseksi erottua muista vastaavista väkevöintilaitoksista lisäämällä tuotantokapasiteettia nelinkertaisesti

Uraanin väkevöintimenetelmien kehitys

Diffuusiomenetelmä

prosessi, jossa kaasumaisessa muodossa olevan uraanin annetaan liikkua puoliläpäisevän kalvon läpi. Maailman suurimmat väkevöintilaitokset käyttävät diffuusiomenetelmää.

Sentrifugi- eli linkomenetelmä

prosessi, jossa kaasu johdetaan pyörivään sylinteriin ja isotoopit erottuvat toisistaan keskipakovoiman ansiosta. Linkomenetelmä on yleistymässä, koska sen energiakulutus ja laitteistokoko ovat huomattavasti diffuusiomenetelmää pienempiä.

Lasermenetelmä

perustuu uraaniatomien valikoivaan virittämiseen lasersäteen avulla. Tällä menetelmällä 3 % väkevöintiaste voidaan saavuttaa yhdessä rikastusvaiheessa lähtemällä liikkeelle uraanihöyrystä. Tällöin konversiota heksafluoridiksi ei tarvittaisi. Muilla väkevöintitekniikoilla konversio on välttämätön.

1978. Nykyään uraania on väkevöity energiaa säästävällä tekniikalla: huippulaatuisilla sentrifuugilaitteilla, jotka vastaavat muualla maailmalla käytettyä väkevöintitekniikkaa. Siirtyminen uuteen teknologiaan vähensi merkittävästi ominaistehon kulutusta vapauttaen sähkönsyöttökapasiteettia Irkutskin alueen siirtoverkossa. Kombinaatti on ottanut vastuulleen osan venäläisen väkevöidyn uraanin viennistä. Kombinaatti tarjoaa U-235-pitoisuudeltaan väkevöityä uraania eriasteina versioina: luonnonuraanista aina 5 %:in väkevöintiin asti. Kombinaatilla on kauppasuhteita Euroopan maihin, Pohjois-Amerikkaan ja Kaakkois-Aasiaan.

Väkevöintitekniikan tulevaisuus Venäjällä

Nykyisin kaikki kombinaatit käyvät eloonjäämistalut markkinoilla, joilla uraanin väkevöinnistä on ylikapasiteettia. Kilpailua helpottaa kuitenkin länsimaiden ennen kaikkea USA:n halu tukea kombinaatteja rauhanomaisissa vientiponnistuksissa. Taustalla on tietenkin pelko pommiuraanin valmistukseen kykenevien väkevöintikombinaattien joutumisesta taloudelliseen kuoppaan. Korkealle väkevöidyn uraanin tai plutoniumin myyminen ostajaa ja käyttötarkoitusta utelematta saattaisi tulla rahattomalle liian houkuttelevaksi vaihtoehdoksi.

Kombinaattien taloudellinen tilanne

Kombinaattien nykyinen taloudellinen tila alkaa kohentua hiljalleen, mutta se on vaatinut niin henkisiä, poliittisia, kuin taloudellisia uhrauksia ja investointeja.

Aikoinaan kombinaatteja Venäjällä rakennettiin keskelle "erämaata" perustettaviin kaupunkeihin, jolloin kokonaiset kaupungit sosiaalipalveluineen saattoivat olla kombinaatin omaisuutta ja vastuulla. Nykyään kombinaatit ovat pyrkineet pääsemään eroon sosiaalisista velvoitteistaan, joilla ei ole mitään tekemistä varsinaisen tuotannon kanssa, myymällä asuintaloja, asuntoja ja ravintoloita yksityisille. Tätä kehitystä on tukenut yleinen yksityistämishjelma Venäjällä.

Kombinaatit ovat pyrkineet laajentamaan omaa osaamisaluettaan siviilituotantoon. Aikoinaan väkevöintilaitoksissa työskentelevät eivät uskaltaneet keskustella "ulkopuolisten" kanssa kotikaupunginsa kaduilla, oltiinhan tekemisissä sotateollisuuden kanssa. Nykyään kombinaatit mainostavat varsin avoimesti itseään ja kilpailevat osuudesta vientikiintiöön. Viennistä kombinaatti saa kovasti toivomaansa länsivaluuttaa maksuksi tuotteistaan. Venäjän sisällä maksuvälineenä käytetään vekseliin perustuvaan maksujärjestelmää, käytännössä vekseleiden muuttaminen rahaksi tai halutuksi tuotteeksi on lähes mahdotonta ydinvoimalaitosten varattomuuden vuoksi.

Kombinaateilla on vielä paljon parantamista tehokkuudessa - työn organisoinnista työtapojen järjehtämiseen. Tuottavuuden kehittämistä eivät ole hidastaneet itse kombinaatit - vaan kombinaattia ympäröivä yhteiskunta, jolla ei välttämättä ole tarjolla töitä kombinaatista vapautuville työntekijöille. Siitä huolimatta nykyiset kombinaatit ovat varsin elinkelpoisia, kilpailukykyisiä ja luottavat tulevaisuuteensa.

Juhan Tyrväinen, IVO
Power Engineering Ltd.,
Ydinvoimatekniikka, puh.
(09) 8561 2469, E-mail:
juhan.tyrvaainen@ivo.fi



Ympäristö hoidetaan Suomen ydinvoiman alkupäässä

ATS:n vuoden 1998 huhtikuun kuukausikokouksessa aiheena olivat Loviisan ja Olkiluodon polttoainehuollon ympäristövaikutukset. Tuula Purra esitteli Olkiluodon polttoainehuoltoa ja Ossi Koskivirta esitteli Loviisan polttoainehuoltoa. Seuraavassa on esitetty kummankin esitelmän pääsisältö.

Olkiluodon polttoainehuolto

Tänä syksynä tulee kuluneeksi 20 vuotta siitä, kun Olkiluodon ykkösreaktori aloitti tuotantonsa ja TVO aloitti uraanipolttoaineen hankinnan laitoksilleen.

TVO:n polttoaineen hankintaketju oli alkuaikoina hyvin selkeä ja yksinkertainen

- raakauraa ja uraanin konversio hankittiin Kanadasta,
- väkevöinti Neuvostoliitosta ja
- polttoaineen valmistus Ruotsista.

Tähän päivään tultaessa on markkinatilanne muuttunut samoin yrityksen hankintapolitiikka - kauppa on vapautunut ja tuottajia ja toimittajia on tullut lisää. Samanaikaisesti TVO on siirtynyt käyttämään nk. hajautettua hankintaketjua, millä on haluttu varmistaa toimitusvarmuutta sekä kustannusten pysymistä kohtuullisina.

TVO:lla on nykyisellään raakauraanin keskipitkän ja pitkän ajan toimitussopimukset australialaisesta ja kanadalaisesta uraanista sekä CIS-alkuperää olevasta uraanista. Lisäerinä (spot-ostot) on em. alkuperien lisäksi hankittu afrikkalaista alkuperää olevaa uraania. TVO:lla on ollut myös kiinalaisen raakauraanin toimitussopimus.

Konversio tapahtuu Kanadassa, Ranskassa, Iso-Britanniassa ja osin myös Venäjällä. Rikastus puolestaan tulee Iso-Britanniasta, Alankomaista ja Saksasta (Urencon laitokset) sekä Venäjältä (TENEX). Polttoaineen valmistus tällä hetkellä tapahtuu Saksassa (Siemens AG) sekä Espanjassa (Genusan toimittama polttoaine) - joitain käsittelyvaiheita/komponentteja saatetaan tehdä myös muualla.

Raakauraanin hankinnan ja kaivos- ja malmirikastustoiminnan ympäristövaikutukset

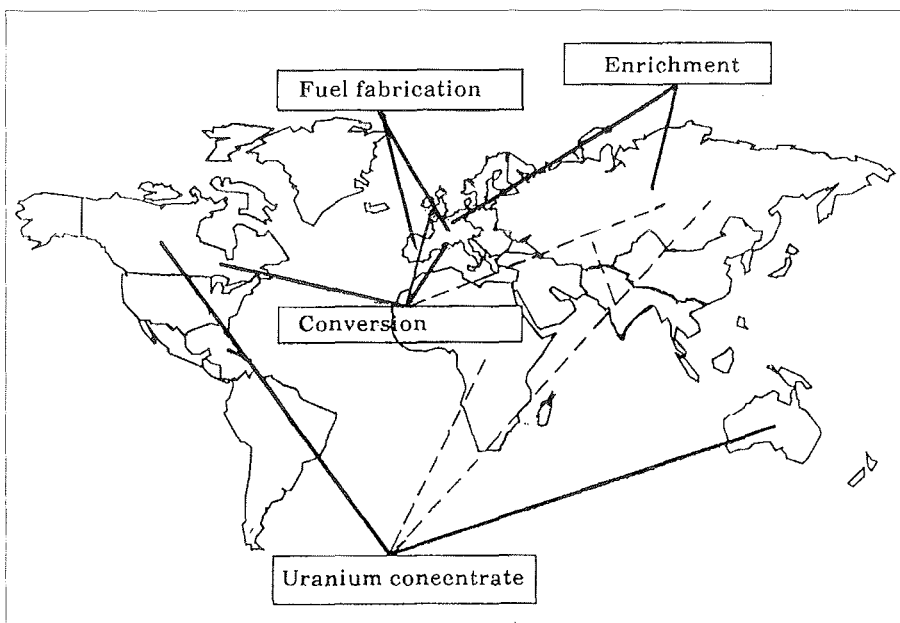
Kaivos- ja rikastustoiminnan perusvaatimustaso on yleensä asetettu tuottajamaisessa lainsäädännöllä, joka perustuu kansainvälisten sopimusten periaatteisiin. Useat kaivosyhtiöt samoin kuin ko. maan viranomaiset ovat käytännössä ottaneet käyttöön näitä perussääntöjä tiukemmat vaatimukset omissa ympäristö- ja turvallisuusnormeissaan.

Kaivostoiminnan aloittamisen edellytyksenä olevat erilaiset viranomaisluvut määrittävät tavallisesti yksityiskohtaisesti ehdot, jotka kaivostoiminnan tulee täyttää käyttöturvallisuuden, työsuojelun sekä ympäristösuojelun kannalta.

Tavanomaisen uraanin kaivos- ja rikastamatoiminnan ympäristö- ja terveysvaikutuksia tarkasteltaessa huomiota kiinnitetään mm. säteilyn aiheuttamiin riskeihin, työsuojeluun, prosessien ympäristövaikutuksiin, jätteidenkäsittelyyn ja toiminnan vaikutuksiin lähialueella. Toimenpiteet toiminnan päätyttyä sisältävät mm. alueen myöhemmän käyttösuunnitelman, maisemoinnin jne.

Kaivostoiminnan ympäristövaikutukset määräytyvät myös osin kaivostyyppin mukaan. Kaivostyyppejä ovat mm. avolouhos, kuilukaivos ja ISL-tuotanto.

In Situ Leaching-laitokset eivät ole varsinaista kaivostoimintaa, vaan uraani liuotetaan maaperästä rikastamoon johdettavaan prosessiveteen. Itse uraanimalmit voivat olla myös eri tyyppisiä, mikä aiheuttaa





osaltaan eroja rikastusprosesseissa ja niiden vaatimissa kemikaaleissa sekä kemikaalimäärissä.

Uraanipitoisuus malmeissa vaihtelee myös huomattavasti. Avolouhosten U-pitoisuus saattaa usein olla vain noin 0,03% U_3O_8 (esim. Rössing 0,035% U_3O_8). ISL-prosessilla samoin kuin Heap Leaching-prosessilla käsitellään myös usein matalapitoisia malmeja. Rikkaimpien malmioiden U-pitoisuus on jopa noin 15 % U_3O_8 (Kanada, MacArthur River - erityislouhintateknikka, "automatoitu" maanalainen kaivos).

Osa uraanista tuotetaan myös esim. kuparin tai kullan tai fosfaattituotannon sivutuotteena eli prosessoimalla näiden jättees-

tä. TVO:n toimittajista Olympic Dam tuottaa uraanin kuparin sivutuotteena; kaivos tuottaa noin 200 000 tonnia/a kuparia ja noin 4 000 tonnia/a uraania.

Useimmat TVO:n raakauraanin toimittussopimukset on tehty suoraan uraania tuottavan yhtiön kanssa. Sopimusten valmistelun ja teon yhtenä vaiheena on ollut toimittajan kaivos- ja rikastamatoimintojen läpikäynti (TVO:n oma audit kaivoksella sekä mahdollinen konsultointi muiden yritysten mm. VTT:n kanssa).

Menettelyä ei ole voitu toteuttaa, jos uraanin on toimittanut TVO:lle esim. uraanivälittäjä. Uraani on tällöin usein jo toimitettu varastoon ja sen alkuperäistä louhintaa-/tuotantopaikkaa on vaikea jäljittää.

Uraania on voinut olla myös vaihtojen kohteena, jolloin sen alkuperä- ja valvontatunnukset myyntihetkellä eivät enää välttämättä ilmaise alkuperäistä tuottajaa. Vastaavasti alkuperäistä tuottajalaitosta ei myöskään voida nimetä aseuraanista laimennettavalle uraanille tai entisen Neuvostoliiton maista peräisin olevalle uraanille.

Uraanin prosessointivaiheet; konversio, rikastus ja väkevöinti

Konversiolaitosten käyttöluvan on tavallisesti liitetty säteilysuojelua sekä jätteen käsittelyä koskevat vaatimukset, jotka pohjautuvat ko. maan lainsäädäntöön.

TVO ei ole erikseen käynyt läpi konversio-toimittajiensa ympäristönsuojelutoimenpiteitä ja ympäristönhallintajärjestelmiä - tuotantoprosessiin, jätteen käsittelyyn sekä säteilysuojeluun liittyviä kysymyksiä on käsitelty yleisemmin laitoksille suoritettujen käyntien aikana.

TVO:ssa käynnistyneen ISO14001-projektin jatkotoimenpiteenä TVO tulee paneutumaan konversioprosessin ympäristövaikutuksiin sekä prosesseille asetettaviin ympäristövaatimuksiin tarkemmin.

URAAIN JALOSTUSVAIHEET POLTTOAINEEKSI

Malmin louhinta ja rikastus	U_3O_8		
Konversio ja konsentraatin puhdistus	U_3O_8	→	UF_6
Väkevöinti - U-235 isotoopin pitoisuuden lisääminen	0,72 %	→	n. 3 % U-235
Polttoaineen valmistus	UF_6	→	UO_2

TVO:n konversiotoimittajista BNFL:llä on ISO 14001-sertifikaatti, samoin väkevöijänä toimiva Urenco Ltd on hankkinut ISO 14001-ympäristösertifikaatin laitoksilleen Saksassa, Iso-Britanniassa ja Hollannissa. TVO:n toimitukset TENEXiltä ovat viime vuosina tulleet Angarskin laitokselta ja ISO14001-projektin jatko-toimenpiteenä TVO:n on tarkoitus käydä vastaavantapaisesti viranomaisvaatimukset läpi tämän tuotantolaitoksen osalta.

Polttoaineen valmistus

TVO:n polttoainetoimittajista Siemens AG:n laitos ANF Lingenissä on hankkinut ympäristösertifikaatin tänä keväänä. ENUSA:n Juzbadon laitos on myös käynnistänyt vastaavan projektin. ABB Atom Ab on saanut ISO14001-sertifikaatin syksyllä 1997.

Loviisan polttoaine- huollon taustat

Loviisan laitoksen ykkösreaktori aloitti tuotantonsa vuonna 1977, jolloin polttoaine tuotiin laitostoimitukseen kuuluvana osana entisestä Neuvostoliitosta. Polttoaineen hankintapakettiin kuuluivat sekä tuoreen polttoaineen toimitus että käytetyn polttoaineen palautus. Käytetyn polttoaineen takaisinotto oli Neuvostoliiton silloisen ydinsulkupolitiikan mukaista.

Loviisan käytetyn polttoaineen palautuksen loppuessa eduskunnan päätöksellä (ydinenergialain muutos vuonna 1994) tämä venäläisen polttoaineen ratkaiseva kilpailuetu poistui ja toisen polttoaineen hankintakanavan avaaminen tuli ajankohdaiseksi.

Loviisan polttoaineen hankinta

Polttoainesopimukset on tehty Loviisa 1:lle 1971 ja Loviisa 2:lle 1973 koko käyttöiälle, mutta hinnat tarkistetaan viiden vuoden välein. Molemmat osapuolet ovat olleet tyytyväisiä sopimuksiin.

Polttoaineen valmistus tapahtuu Elektrostalissa Moskovan lähellä. Ennen vuotta 1989 edes tehtaan sijaintia ei kerrottu IVO:lle, vaan ainoa tieto tehtaan sijainnista

oli neuvotteluissa tehty havainto, että tehtaan edustajan matka tehtaalta Moskovan keskustaan neuvotteluihin kesti noin 2 tuntia. Nykyisin jopa suomalaisten laadunvalvontakäynnit tehtaalla ovat tulleet mahdollisiksi. Elektrostal valmistaa kaikkien tuotantokäynnissä olevien VVER-440 reaktorien (28 reaktoria) sekä RBMK-laitosten tarvitseman polttoaineen.

Loviisan tarvitsema polttoaine toimitetaan Loviisaan junalla, valmiiksi koottuina nippuina. Uraanin konversiosta ja väkevöinnistä huolehtii polttoainevalmistaja. Loviisassa on ollut käytössä väkevöintiasteiltaan 2,4 ja 3,6 %:in polttoainetta. Tehonkorotuksen jälkeen käyttöön on tulossa myös korkeampia väkevöintiasteita sisältäviä nippuja. Vuonna 1998 koekäyttöön tulee kuusi väkevöinniltään 3,82 %:in nippua.

Venäläisistä kaivoksista louhittavan malmin uraanipitoisuudet ovat verrattain pieniä, luokkaa 0,1 - 0,3 %. Väkevöintityö malmista polttoainevahvuuteen tehdään toisaalla tässä lehdessä kuvatuilla neljällä venäläisellä väkevöintilaitoksella, jotka käyttävät nykyisin sentrifugitekniikkaa.

Venäläisten väkevöintilaitoksilla uraani käytetään hyvin tarkkaan. Tyypillinen köyhdytetyn uraanin U-235 pitoisuus on Venäjällä 0,1% kun länsimaissa se on 0,3%. Tämä väkevöintitapa on ollut länsimaista tapaa kalliimpaa, mutta vastaavasti ympäristöystävällisempää, koska syntyväsä jätteessä on hyvin vähän aktiivista U-235 isotooppia.

Venäläisten sentrifugien sähkönkulutus on tyypillisesti 100 kWh/SWU, joka on noin yksi kolmannes kymmenesosa kaasudiffuusion kuluttamasta 2500 - 3000 kWh/SWU sähkömäärästä. Länsimaisilla sentrifugimalleilla päästään suuruusluokkaan 25-30 kWh/SWU. Jos lasketaan nykyisen väkevöinnin vuotuisen energian kulutuksen, 14 GWh, osuus Loviisan vuosituotannosta 7000 GWh päädytään lukuun 0,2 %.

Uusi polttoainetoimittaja Loviisalle

BNFL on kehittänyt uuden VVER-440 reaktoreihin tarkoitetun polttoainetyypin,

jota tässä vaiheessa ollaan lisensoimassa Suomeen ja Unkariin. Vuonna 1998 on Loviisassa tarkoitus kokeilla uutta BNFL:n polttoainetta. Unkarissa polttoainetta ei ole tarkoitus tässä vaiheessa kokeilla. BNFL toimittaa myös koenipuissa tarvittavan rikastetun uraanin.

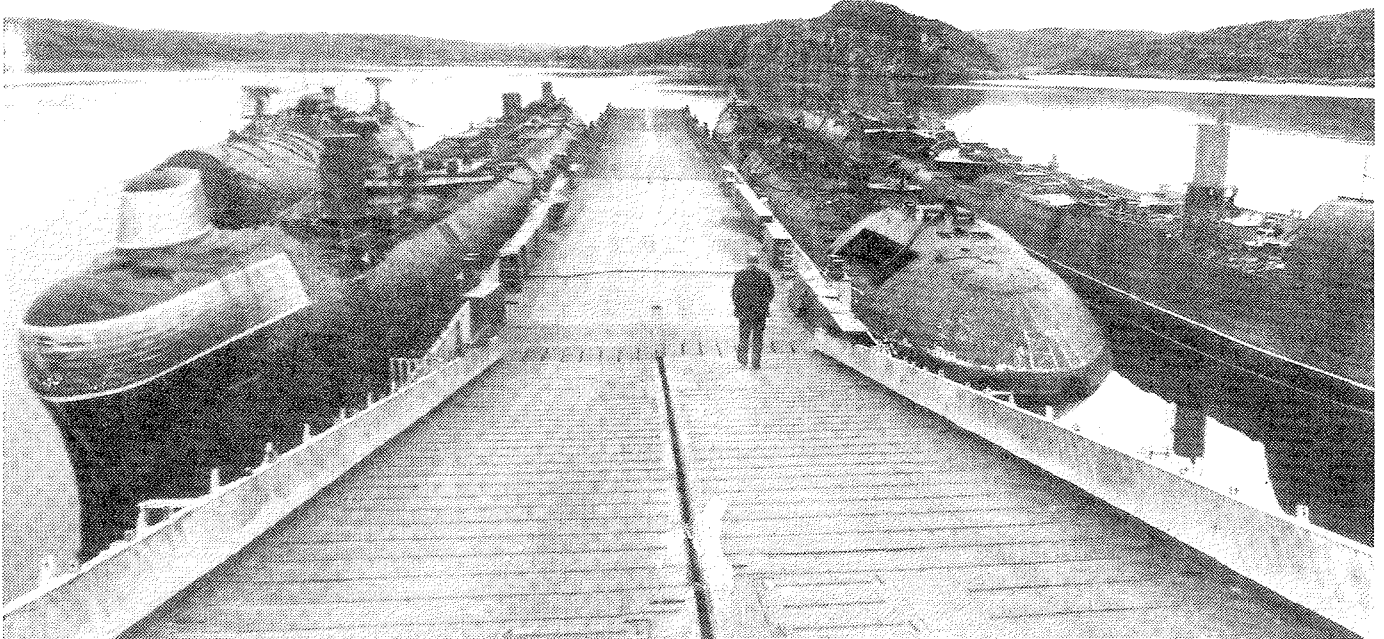
Polttoainehuollon kehitys- hankkeet Loviisassa ja Olkiluodossa

TVO:n vuoden alussa käynnistyneessä ISO14001-projektissa pyritään kartoittamaan toimittajien ympäristöhallinnan nykyinen tilanne tällä hetkellä. Jatkuvan kehittämisen periaatteen mukaisesti TVO määrittää projektin edetessä omat tavoitteensa ympäristöasioiden hoidon osalta myös polttoaineen hankintaan liittyen. Käynnissä olevat uusien laitojen YVA-projektit lisäävät erilaisten elinkaari- ja ympäristövaikutusselvitysten ja -yhteen-
vetojen tarvetta.

Loviisan mahdollisuudet selvittää polttoainehankinnan alkupään ympäristövaikutuksia paranevat koko ajan.

Koska tulevaisuudessa siirryttänee entistä lyhyempiin viiveaikoihin eri prosointivaiheiden välillä, joutuu myös TVO väistämättä siirtymään entistä suuremmissa määrin suoraan rikastetun uraanin tai valmiiden nippujen ostoon. Tässä Loviisan jo vuosia käyttämässä menettelyssä ei polttoaineen käyttäjä voi tietää, mikä kaivos-, konversiolaitos- tai rikastuslaitos on tuottanut tai käsitellyt toimitettavan uraanin. ■

Ydinaseohjelmien ympäristövaikutukset



Suurvallat valmistivat enemmän ydinaseita kuin missään tilanteessa voisi kuvitella tarvittavan. Seuranneet pahat ympäristövaikutukset ulottuvat uraanin kaivostoiminnasta ydinasekokeisiin. Ylivarustautumisessa oli molemmilla puolilla tärkeää ydinaseiden määrä eikä ympäristönsuojelusta annettu lisäpalkkioita. Vaikutukset ovat pääosin alueellisia, mutta rajoja ylittäviäkin. Ydinkokeista saasteita levisi ympäri maailmaa. Neuvostoliiton hajottua saasteperintöjä jäi muiden valtioiden päänsäryksi. Vahingot on tunnistettu ja työ aloitettu. Urakka maksaa enemmän ja kestää kauemmin kuin ydinaseiden tuottaminen.

Venäjän ydinase-tuotannon perintö

Neuvostoliitossa ydintoiminta oli valtavaa, mutta sotilaallista ja siviiliydinpolttoainekiertoa ei juurikaan erotettu toisistaan. Merkittävin osa ydinpolttoainekierrosta tehtiin suljetuissa kaupungeissa, joita oli 35. Ne kattoivat suuren alueen, yhteensä noin 12%. Neuvostoliiton pinta-alasta. Kymmenkunta merkittävintä tuotantolaitosta kuului Minatomille. 24 puolustushallinnolle ja yksi Puolustusteollisuuden valtiokomitealle. Ydinasetiedemiesten lukumäärästä on vaihtelevia arvioita, mutta noin 150 000 lienee lähinnä totuutta. Näistä noin 2 000 oli varsinaisia avainhenkilöitä.

Uraanin louhinnasta paljon jätteitä

Valtaosa uraanista louhittiin muualta kuin nykyisen Venäjän alueelta: Kazahstanista, Uzbekistanista, Kirgisiasta, Tadzikiistanista, Ukrainasta, Itä-Saksasta, Tšekkoslovakiasta ja Virosta. Venäjällä on vain yksi uraanin kaivosalue, Priargunsky. Se on yksi maailman suurimmista ja, kuten tunnettua, joutunut viime aikoina ympäristöliikkeiden hampaisiin Krasnokamenskin alueella väitettyjen säteilyongelmien takia.

Kaivostoiminta jätti paljon ja kooltaan suuria jätelampia, -järviä, -mäkiä ja -valleja, joita ei ole asianmukaisesti peitetty, pengerrytetty tai salaojitettu.

Tsheljabinskin ongelmat hyvin tunnettu

Suuret tuotantolaitokset toimivat Tsheljabinsk-65:ssä, Tomsk-7:ssä ja Krasnojarsk-26:ssa. Tsheljabinsk-65, aiemmin -40, on suomalaisille tuttu alue. Siitä on aiemmin kirjoitettu tämänkin lehden palstoilla, joten käsittely tässä jää vähemmälle.

Alueella toimii useita teollisuuslaitoksia, joista suurin on jälleenkäsittelylaitos Majak. Majakissa työskenteli 1990-luvun taitteessa noin 18 000 ihmistä. Tsheljabinskin tuotantoon tarkoitettua reaktoria. Plutonium erotettiin vuosina 1940 - 1956 Pietarissa sijainneessa Radium Instituutissa kehitetyllä saostusprosessilla ja vuodesta 1956 nykyisinkin käytössä olevalla PUREX-prosessilla. Vuonna 1971 jälleenkäsittelylaitokseen tehtiin merkittäviä muutoksia, josta lähtien Majak käsitteli vain siviilikäytöstä peräisin olevaa ydinpolttoainetta. Vuoteen 1990 asti, jolloin viimeinen tuotantoreaktori lopetti toimintansa Tsheljabinskin, tuotantoreaktorei-

den plutoniumkohtiot vietiin jälleenkäsittelyyn Tomskiin.

Ympäristöongelmista pahimmat olivat vuosina 1940 - 1952 suorat runsas-aktiivisten ydinjäteliemien laskut Tetsa-jokeen ja vuonna 1957 korkea-aktiivisen nestemäisen ydinjätteen 300 m³ tankin räjähtäminen. Vuodesta 1952 keskiaktiivisiksi laimennetut jätehiemet laskettiin Karatsai-järveen. Vuonna 1967 kuuma kesä kuivatti järven, jolloin kovat tuulet levittivät radioaktiivista pölyä laajalle, noin 2 200 km² alueelle. Järveä on alettu peittää. Nykyään tästä alunperin 42 hehtaarin suuruisesta järvestä on noin 11 hehtaaria peittämättä.

Tomsk-7:ssä jäteliemiä syviin kairanreikiin

Tomsk-7, eli Seversk eli Siperian kemian kombinaatti, on suuri plutoniumaseiden tuotantokeskus, josta löytyy koko polttoainekierto kaikkinne laitoksineen. 1990-luvun taitteessa siellä työskenteli noin 20 000 ihmistä. Alueen rungon muodostivat viisi plutoniumin tuotantoreaktoria sekä jälleenkäsittelylaitos plutoniumin erottamiseksi. Siviilikäytöstä peräisin olevaa ydinpolttoainetta Tomskissa ei koskaan ole käsitelty.

Jälleenkäsittelystä peräisin olevat jätehiemet on johdettu taivasalla oleviin lampiin, jota kautta radioaktiivisuutta on kulkeutunut läheiseen Tom-jokeen. Tomskissa ei ole jätteille kiinteytyslaitosta.

Keski- ja matala-aktiivisia jäteliemiä on dumpattu suoraan 320 - 460 metriä syviin kairanreikiin.

Krasnojarsk-26 vuoren sisällä

Krasnojarsk-26, eli Zelenogorsk, oli vuoren sisään rakennettu plutoniumaseen tuotantolaitosryhmittymä, jossa 1990-luvun taitteessa työskenteli noin 11 000 ihmistä. Siellä toimi 3 plutoniumin tuotantoreaktoria ja vuodesta 1964 jälleenkäsittelylaitos plutoniumin erottamiseksi.

Kahden vanhemman reaktorin jäähdystysvedet johdettiin suoraan Jenisei-jokeen, jonka rantapenkoilta on aina 800 km etäisyyteen asti raportoitu kohonneita säteilytasoja.

Krasnojarskissa vähä-, keski- ja runsas-aktiivisia jäteliemiä on dumpattu suoraan 270 m syviin kairanreikiin.

Neuvostoliitossa oli lukuisia ydintutkimuslaitoksia, joiden aiheuttamista ympäristöongelmista ei ole saatavilla kunnollisia tietoja. Luotettavia tietoja ei ilmeisesti kirjattu minnekään. Tuskinpa muuten julkisuuteen pulpahtelisi tapauksia, joissa lapset Moskovon lähellä leikkivät kaatopaikalta löytämällään grafiittitiilellä, joka osoittautui olevan peräisin puretusta tutkimusreaktorista.

T&K -paikoista mainittakoon kuitenkin Dimitrograd ja sen NIIAR, jonka akateemikko Kurtshatov perusti lähelle Uljanovskia, Leninin syntymäkaupunkia. Noin 6 000 ihmisen ja 17 km² tutkimusalueella on muun muassa 9 tutkimusreaktoria. Alue on kolmas, jossa nestemäisiä ydinjätteitä on dumpattu suoraan syviin kairanreikiin.

Luoteis-Venäjän hitaasti paraneva ydinjäteongelma

Luoteis-Venäjällä, Suomen lähialueilla, sijaitsee runsaat 300 ydinreaktoria pääasiassa ydinsukellusveneiden voimanlähteenä, tätä nykyä jo lähes 60 000 näiden reaktoreiden käytettyä polttoaine-elementtiä, runsaasti nestemäisiä ja kiinteitä keski- ja matala-aktiivisia ydinjätteitä lukuisista ydinaseista puhumattakaan.

Luoteis-Venäjän ydinjätteiden ympäristöongelmaa olen lähemmin käsitellyt artikkelissani ATS Ydintekniikan numerossa 2/97, joten kiinnostuneet löytävät sieltä lisää yksityiskohtia.

Ydinkokeita ja mereen potuoksia

Neuvostoliitossa oli kaksi ydinkoealuetta: Pääalue Semipalatinskissa ja pienempi Novaja Zemljalla. Ensin mainitussa, jonka ympäristöongelmineen peri Kazahstan, tehtiin runsaat 470 ydinkoetta ja jälkimmäisessä runsaat 130 koetta.

Pohjoisen meriin on upotettu sekä sotilaallisesta että siviilikäytöstä peräisin olevia ydinjätteitä. Suurista otsikoista huolimatta Jäämereen upotetut radioaktiivisuus-

määrät eivät kuitenkaan ole poikkeuksellisen suuria. IAEA:n tilastojen perusteella voidaan todeta, että länsimaat ovat upottaneet Koillis-Atlantilte enemmän radioaktiivisia jätteitä kuin venäläiset Jäämereen.

Barentsin ja Karan mereen dumpattujen jätteiden radioaktiivisuudet ovat samaa luokkaa kuin mitä sinne on merivirtojen mukana kulkeutunut Sellafieldin ja La Haguén jälleenkäsittelylaitoksilta.

Säteilyturvakokeskuksen ja monien kansainvälisten tutkimusten perusteella voidaan todeta, että Barentsin ja Karan meren radioaktiivisuus on kuitenkin pienempi kuin Suomenlahden.

Venäjä pyrkii kohentamaan ympäristöönsä

Venäjällä on Federaation Ydinjätehuolto-ohjelma 1996 - 2005. Se tunnistaa ja pureutuu nasevasti sekä peittelemättä ydinongelmiin ja niiden hoitoon. Tietoa, osaamista ja henkilöresursseja Venäjältä kyllä löytyy, sillä ydinasioiden kanssa on työskennellyt laaja yhteisö vuosikymmenet. Mutta krooninen ongelma on taloudellisten resurssien puute. Länsimaista tukea Venäjä saa useista eri hankkeista, jotka on koordinoitu pohjoismaisena aloitteena syntyneen Contact Expert Groupin kautta.

Ympäristöongelmien hoito on periaatteessa jaettu kahteen osaan: ongelmallisten tilanteiden ja jätekeskittymien nopeaan stabilointiin sekä pitempiäaikaisempiin hoitotoimiin. Ehkä itsekeskeisesti, mutta on myönnettävä, että merkittävin osa länsituesta ja -projekteista on keskittynyt Kuolan alueelle.

Sisemmän Venäjän ympäristöongelmat ovat enemmän venäläisten omien resurssien varassa. Ratkaisevassa asemassa on maan yleisen taloudellisen tilan kohentamisen nopeus.

USAn ydinase-tuotannon perintö

Yhdysvaltojen valtava ydinaseohjelma saastutti sekin jokia, maaperää, pohjavesiä ja tuhansia rakennuksia kemiallisin myrkyin ja radioaktiivisin ainein.

USA:n kaksi ja puoli vuotta kestänyttä Manhattan-projektia seurannut ydinasetuotanto oli samantyylistä ylivarustautumisen kilpajuoksua kuin silloisessa Neuvostoliitossa. Valtio omisti kalliit tuotantolaitokset, joita operoi yksityinen yritys tai yhteisö. Rahaa maksettiin tuotantotavoitteiden ja -kiintiöiden saavuttamisesta, ei ympäristön suojelusta.

Yhdysvalloissa ydinaseiden valmistukseen osallistui 30 osavaltiossa organisaatioita yli 130 laitosalueella runsaassa 10 000 rakennuksessa.

Uraanin kaivos- ja malmin rikastustointia tehtiin 27 paikassa pääasiassa USA:n läntisellä puoliskolla. Suurimmista polttoainekierron laitoksista mainittakoon Hanford (Washingtonissa, mm Pu-tuotantoa ja jälleenkäsittelyä, eli Pu-erotusta), Idaho (Pu-erotusta), Paducah (Kentuckyssa, uraanin rikastusta), Oak Ridge (Tennesseeessä, uraanin rikastusta), Portsmouth (Ohiossa, uraanin rikastusta) ja Savannah River (Etelä-Carolinassa, Pu-tuotantoa ja erotusta).

Nevadan noin 3 000 km² koealueella tehtiin runsaat 800 ydinkoetta. Suurimmat ydinkokeensa USA teki Tyynenmeren saarilla. Ilmakehässä amerikkalaiset tekivät runsaat 200 ydinkoetta. Keskeisimmistä ydinaselaboratorioista mainittakoon Los Alamos, Lawrence Livermore ja Sandia.

Ydinasetuotannon rungon muodostivat kolme uraanin rikastuslaitosta ja 14 plutoniumin tuotantoon tarkoitettua reaktoria. Tshernobylin onnettomuuden jälkimainin-geissa nämäkin sotilaslaitokset joutuivat erilaisten viranomaistarkastusten kohteiksi ja ne suljettiin yksi toisensa jälkeen.

Amerikkalaisilla on edessään omien arvioidensa mukaan 70 vuotta kestävä ympäristön siivous. Se maksaa enemmän ja kestää kauemmin kuin ydinaseiden valmistus.

Tosin kaikkia kemiallisin ja radioaktiivisin ainein saastutettuja alueita ei saada puhdistettua. Jotkut haasteista ovat liian mittavia, eikä kaikkea tarvittavaa tekniikkaa ole vielä saatavilla. Esimerkiksi saastutetut osat Columbia-, Savannah- ja Clinch-

jokia ja Nevadan koealue eivät edes kuulu puhdistusohjelmaan.

Nestemäiset jätteet yksi vaikeimmista ongelmista

Ehkä ongelmallisimpaan tilaan ovat jääneet kahdeksan Pu-erotukseen käytettyä jälleenkäsittelylaitosta jäteliemineen. Nestemäiset jätteet on varastoitu 243 maanalaiseen tankkiin, jotka tilavuudeltaan vastaavat noin 10 000 tankkiautollista.

Alkuperäinen yksiseinäinen rakenne oli huono, ja nesteitä on vuotanut maaperään ainakin 67 tankista. Kolmessa suurimmassa vuodossa maaperään pääsi 500 m³, 350 m³ ja 250 m³ nesteitä.

Ydinasetuotannoista rajat ylittäviä vaikutuksia

Ydinasetuotannon ympäristöongelmat ovat suuria tuotantoalueilla ja niiden läheisyydessä. Mutta tuotannolla oli, ja on edelleen, myös valtioiden rajat ylittäviä seurauksia. Ne ovat tapahtuneet kahta kautta: toisaalta saasteet ovat kulkeutuneet rajojen yli, ja toisaalta vaikka saasteita on pysynyt paikallaan, valtiorajoja on siirtynyt.

Ensi mainittuun ryhmään kuuluvat merkittävimpinä ilmakehässä tehdyt ydinkokeet. Kaikkiaan yli 2 000 tehdystä ydinkokeesta ilmakehässä tehtiin vähän yli 500. Tällainen koe aiheutti paikallisen laskeuman ja maailmanlaajuisen kaukolaskeuman.

Aluksi ydinkokeita tehtiin ympäristöstä piittaamatta. Kokeet olivat vaarallisia niihin osallistuneille tutkijoille, työntekijöille, sotilaille sekä koeympäristön asukkaille. Vain muutamasta kokeesta aiheutui välittömiä terveysvaikutuksia, mutta edelleen kiistellään siitä, ovatko säteilyannokset vaikuttaneet myöhemmin ilmenneisiin sairauksiin. Asiasta enemmän kiinnostuneiden kannattaa tutustua Markku Anttilan erinomaiseen artikkeliin ALARA 4/95:ssä.

Neuvostoliiton hajottua päivän valon näki joukko uusia valtioita, jotka löysivät alueiltaan sotilaallisen ydintuotannon perintöjä.

Pahimmat perinnöt sai Kazahstan. Semipalatinsk Luoteis-Kazahstanissa on valtava ydinkoealue, jonka laajuus on noin 12 000 km². Siellä suoritettiin 40 vuoden aikana runsaat 470 ydinkoetta, joista 116 ilmakehässä.

Alue on niin laaja, että Kazahstanin viranomaiset myöntävät suoraan, ettei alueen vartiointi ole taloudellisten syiden takia mahdollista.

Alueella sijaitsee vielä runsaat 180 räjäytystunnelia, joita ei ole kokeiden jälkeen asianmukaisesti tulpattu ja suljettu. Tunnelleita on alettu sulkea 60 vuosivauhdilla USA:n tuella.

Ennen Neuvostoliiton hajoamista valtaosa sen tarvitsemasta uraanista louhittiin ja malmi rikastettiin pääasiassa muualla: Kazahstanista, Uzbekistanista, Kirgisiasta, Tadzikistanista, Ukrainasta, Itä-Saksasta, Tshekkoslovakiasta ja Virosta.

Kaivostoiminta jätti paljon ja kooltaan suuria jätelampia, -järviä, -mäkiä ja -valleja. Meitä lähin löytyy Suomenlahden rannalta Virossa, Sillamäestä, jossa toimi uraanimalmin rikastuslaitos. Sen peruina Sillamäessä on noin 33 hehtaarin jätejärvi, joka on pengerrytetty kiinteillä kaivosjätteillä.

Vastaavia, mutta enemmän tai vähemmän radioaktiivisia lampia ja jätekasoja löytyy esimerkiksi Kazahstanista noin 300 kpl ja Kirgisiasta 23 kpl.

FL Tero Varjoranta on
Säteilyturvakeskuksen ydin-
jätteiden ja ydinmateriaalien
valvontaosaston johtaja,
p. (09) 7598 8375; E-mail:
tero.varjoranta@stuk.fi



Kansainvälinen Pugwash-liike ja aseidenriisunta

Kansainvälinen Pugwash-liike - viralliselta nimeltään "Tieteen ja maailman aseiden konferenssit - tuli yleisesti tunnetuksi saadessaan v 1995 puolet Nobelin rauhanpalkinnosta silloisen presidenttinsä Josef Rotblatin saadessa toisen puolen. Pugwash sai itse asiassa kaikki rahat, sillä Rotblat lahjoitti saamansa puoliskon Pugwash-järjestölle.

Kirjoitin silloin tuoreeltaan ATS Ydintekniikka-lehden numeroon 2/96 artikkelin nimeltä "Pugwash ja ydiseiden kieltäminen". Siinä on selostettu mm Pugwashin varhempaa toimintaa. Erittäin tuore lähde on juuri ilmestynyt Suomen Pugwash-toimikunnan julkaisemana kirjana nimeltä "Allegiance to Humanity: Josef Rotblat and Pugwash after 40 Years". Tämä teos sisältää mm. kolme Rotblatin luentoa: Helsingin yliopiston 9.9.1996 hänen kunniaakseen järjestämässä juhlaluentotilaisuudessa pidetyn esitelmän "The Preservation of Life in the Nuclear Age" sekä hänen Lahden (1996) ja Lillehammerin (1997) Pugwash-konferensseissa pitämänsä esitelmät. Teoksessa on myös muita Pugwashin dokumentteja.

Pugwash-liike aloitti toimintansa tosi tehokkaasti. Sen ensimmäisen, v. 1957 pidetyn kokouksen tuloksena syntyi ensimmäinen ydinkoetauko (1958-61) ja se vaikutti tärkeänä taustavoimana myös vuoden 1963 osittaisen ydinkoekiellon syntymiseen. Kylmä sota oli kovimmillaan 1950- ja 60-luvuilla ja Pugwash oli supervaltojen välillä lähes ainoa diplomatian ulkopuolinen kontakti, joten sillä oli hyvin tärkeä merkitys asevarustelun hillitsemiselle. Kun aika ei ollut vielä kypsä varsinaisen ydinaseriisunnan edistymiselle, otettiin 1960-luvun puolivälissä neuvoteltavaksi ydinaseiden leviämisen ehkäiseminen. Siinä molempien supervaltojen intressit olivat melko samansuuntaiset ja tuloksena syntyikin vuoden

1968 ydinsulkusopimus (NPT). Sitä on moitittu liian yksipuoliseksi, se kun sallii ydinaseet viidelle "ydinasemaalle", mutta kieltää ne kaikilta muilta. Se oli kuitenkin paras, mitä silloin voitiin saada aikaan, ja siihen tehtiin kuudes artikla, joka velvoittaa ydinasemaat neuvottelemaan nopeasti ja tehokkaasti täydellisestä ydinaseiden riisunnasta. Sitähän ne eivät ole tehneet eikä NPT muutenkaan ole osoittanut kovin tehokkaaksi, sillä useat maat, jotka ovat halunneet, ovat myös kehittäneet itselleen ns. ydinasevalmiuden, vaikeivat ne virallisesti pitää aseitaan koottuina toimintavalmiiksi. Sellaisia maita ovat ainakin Israel, Intia ja Pakistan. Myös Etelä-Afrikalla oli kuusi ydinasetta, mutta ilmoituksensa mukaan se on purkanut ne. Argentiina ja Brasilia olivat hyvää vauhtia tulossa ydinasevalloiksi, mutta tuntuvat viime vuosina luopuneen yrityksestä. Sitä kiivaammin yrittävät yhä Irak, Iran ja Pohjois-Korea, ehkä myös Libya, Egypti ja Syyria. Juuri näitä valtioita vastaan tarvitaan ydinsulkusopimusta.

Strategisten aseiden rajoitusneuvottelut supervallat aloittivat Helsingissä v. 1969. Takana oli jo toistakymmentä vuotta Pugwashin piirissä käytyjä keskusteluja, ja jatkossakin Pugwash seurasi asiaa kiinteästi. Saimme myös usein raportteja neuvottelujen edistymisestä. Minunkin kotonani kävi eräitä neuvottelijoita jo kesällä 1969 ja monasti myöhemmin. Toukokuussa 1972 syntyi SALT 1-sopimus, joka asetti ensimmäiset kattoluvut strategisten aseiden kantolaitteille. Ne olivat tosin niin korkeat että kasvunvaraakin säilyi stretegisille arsenaaleille ja, ironista kyllä, Yhdysvallat ilmoitti samanaikaisesti, että sillä on tarkoituksena kehittää uusi sukupolvi taktisia ydinaseita, ns. miniydinaseet, ja Intia suoritti samassa kuussa ensimmäisen ydinkokeensa.

1970-luvusta tuli aseidenriisunnallisesti sekava. Aineksia oli sekä kilpavarusteluun että liennytykseen. Helsingissä 1975 allekirjoitettu ETYKin "loppuakti" ja heti sen jälkeen alkanut Neuvostoliiton voiman projektiio Afrikkaan toimivat toisiaan vastaan. Pugwash toimi koko 1970-luvun erittäin aktiivisesti, muttei voinut saada paljoakaan aikaan.

Vasta presidentti Reaganin v. 1982 käynnistämä "tähtien sodan" nimellä tunnettu suuri varusteluohjelma pudotti lopulta Neuvostoliiton polvilleen. Vanha roomalainen sanonta "si vis pacem, para bellum" (jos haluat rauhaa, valmistaudu sotaan) piti taas paikkansa. Ensin valittiin politbyroon pääsihteeriksi nuori, aseidenriisuntaan tähtäävä Mihail Gorbatsšov, jonka ansiosta saatiin aikaan v. 1989 ns. INF-sopimus, jolla hävitettiin kokonainen ydinaseiden kategoria, lähes 3000 keskimatkan ydinasetta. Vuonna 1989 saatiin myös kemiallisten aseiden vähennysneuvottelut vauhtiin kahdenkymmenen vuoden turhien yritysten jälkeen. Sitten hajosivat sekä Neuvostoliitto että Varsovan liitto. Vähitellen, presidentti Jeltsinin varmistettua asemansa, alkoi eräiden alkusekoilujen jälkeen Venäjän ja Yhdysvaltain välinen suurimittainen ydinaseiden riisunta.

Neuvostoliiton ja Varsovan liiton hajoessa muuttui maailman strateginen tilanne täydellisesti. Kylmä sota loppui ja supervallat havaitsivat pääosan valtavista strategisten aseittensa varastoista tarpeettomiksi. Venäjä julisti pannaan kommunismin maailmanvalloitusavoitteet, jopa aluksi kielsi koko kommunistipuolueenkin, tosin myöhemmin sallien sen hieman uudistettuna versiona.

Strategisten aseiden suhteen on kehitys ollut nopeata. Syntyi START 1-sopimus v. 1991 (astui voimaan v. 1994) ja allekirjoitettiin START 2-sopimus v. 1993. USA ratifioi sen v. 1996, mutta Venäjän Duuma on vitkutellut ratifioimista ainakin tähän asti luullen sen jarruttavan NATOn leviämistä. Sitähän se ei näytä tekevän. Puola, Tshekkinmaa ja Unkari on jo hyväksytty tulemaan NATOn jäseneksi ja useat maat, mm. USA on jo ratifioinutkin niiden tulon. Venäjän START 2:n ratifiointi ei sitäpaitsi ole USA:lle kiireellinen. Talousvaikeuksien johdosta Venäjän strategiset aseet rapistuvat niin, että niiden lukumäärä putoaa pian START 1:n salliman alapuolelle, jolloin Yhdysvalloille jää päätösvalta joko pitää START 1:n sallimat määrät tai supistaa arsenaaliaan vapaaehtoisesti kustannuksia säästääkseen.

* * *

Ydinsodan uhan siirtymisellä taka-alalle on ollut valtava merkitys maapallon väestön turvallisuuden tunteelle. Varsinkin maailman nuoriso katsoo nyt luottavaisempana tulevaisuuteen. Mutta mitkä ovat ydinasevaltioiden todelliset aiheet ydinaseiden käytön suhteen? Pitäväthän ne niitä edelleen välttämättöminä, vaikkei niillä uhkaaminen ole enää aivointa.

Sitä mikä vaikutus Pugwashilla on mahdollisesti ollut aseidenriisuntatoimiin, on asian luonteesta johtuen mahdoton todistaa, mutta koska kaikkien USA:n, Neuvostoliiton ja Venäjän presidenttien ulkopoliittisia ja sotilaallisia neuvonantajia on säännöllisesti osallistunut Pugwashin kokouksiin, mm. yli kahteenkymmeneen vuoden 1982 jälkeen pidettyyn erityiseen ydinasetyökoukukseen tai -symposiumiin, Pugwashissa käsitellyt kannat ovat varmasti tulleet maitten johtajien tietoon.

Vuonna 1995 NPT:tä jatkettiin kovan Yhdysvaltain johdolla käydyn kamppailun jälkeen määräämättömäksi ajaksi. Useimmat valtiot uskovat, että ydinaseiden joutuminen yhä useampien valtioiden käsiin lisäisi ydinaseiden todellisen käytön vaaraa.

Vuonna 1996 saatiin aikaan täydellinen ydinkieltosopimus (CTBT). Sen tarkoituksena on ehkäistä uusien ydinaseiden kehittäminen ja olemassaolevien muuntaminen uusiksi malleiksi. Näyttää siltä, ettei Yhdysvallat kuitenkaan ole täysin omaksunut sopimuksen velvoitteita, sillä samanaikaisesti kun se neuvotteli CTBT:stä v.1994, se antoi Nuclear Posture Reviewissaan Energiaministeriölle tehtäväksi ”ylläpitää kykyä suunnitella, tuottaa ja varmistaa uusia ydintaistelukärkiä” ns. ”stockpile stewardship and management” (SS&M) -ohjelmalla. Se merkitsee kokoelmaa uusia hyvin kallista ydinpommilaboratorioita ja laitoksia, jotka ministeriö katsoo tarvitsevansa ”varman” ja ”luotettavan” ydinpommiaarsenaalin ylläpitämiseen. Kustannusarvio tuleville kymmenelle vuodelle on US \$ 40 miljardia. SS&M-ohjelman Environmental Impact Statement”-lausunnossaan vuodelta 1996 energiainisteriö lausuu: ”Olisi kohtuuton sanoa, ettei näitä ”stewardship”-mahdollisuuksia voitaisi käyttää uusien aseiden suunnitteluun, joskin pienemmällä toimintavarmuudella kuin jos uusia aseita voitaisiin testata ydinkokeilla”(1).

Yhdysvaltain tulkinta on, että vanhoja taistelukärkiä voidaan modernisoida, kunhan ”fyysiikan pakkausta” (”physic packa-

ges”) ei muuteta. Tällä tarkoitetaan sitä, että fissioituvien osien asemaa ja toimintaa ei saa muuttaa, koska aseiden toimintavarmuus voisi silloin huonontua. Yhdysvalloilla on modifiointiohjelmassaan ainakin kolme vanhaa ydintaistelukärkeä : B-61, W76 ja W88. B-61 on ilmapommi, jonka räjähdysenergiaa voidaan tietyissä rajoissa muuttaa. Siitä on valmistettu B-61 Mod.11, joka tuli operatiiviseksi tammikuussa 1997. Pommi on suunniteltu esim. Libyan maanalaisen kemiallisten aseiden tehtaan hävitykseen. Sen taistelukärki kykenee tunkeutumaan joitakin metrejä maaperään, kyllin syvälle jotta detonaatio tuhoaa vahvankin maanalaisen rakenteen. Pienikin räjähdysenergia riittää, joten sivuvaikutukset jäävät vähäisiksi. Pommin räjähdysenergia on asetettavissa pieneksi, maaperästä riippuen juuri tarkoitukseen riittäväksi . On ilmeistä ettei tässä muuntelussa ole ollut tarpeellista muuttaa ”fyysiikan pakkausta”. Tällä menetelmällä Yhdysvallat katsoo olevan mahdollista uusia ydinaseitaan riittävästi kauas tulevaisuuteen.

* * *

Kun kylmä sota loppui ja ydinaseiden täydellinen hävittäminen näytti tulevan entistä realistisemmaksi mahdollisuudeksi, aloitti Pugwash projektin sen selvittämiseksi, olisiko ydinaseton maailma tavoitellun arvoisen ja realistisesti tavoitettavissa. Useiden työkokousten tuloksena syntyi teos: ”A Nuclear-Weapon-Free World: Desirable? Feasible?”, tekijät Josef Rotblat, Jack Steinberger ja Bhalchandra Udgaonkar , Westview Press, 1993. Seuraavan vuoden Pugwash-konferenssi, joka pidettiin Kolumbarissa, Kreetalla, omistettiin aiheelle: ”Kohti sodatonta maailmaa”. Sodaton maailma on tullut entistä tarpeellisemmaksi, kuten esimerkiksi Ruandan murhemäytelmä todistaa. Se toteutettiin vielä viidakkoveitsillä ja ”vanhanaikaisilla” käsiaseilla, mutta nopeasti kehittyvä ase- ja tietoteknologia ovat yhteen nivoutuessaan kehittäneet sodankäyntimenetelmiä, joilla on mahdollista saavuttaa yhtä suuri tappamisteho kuin joukkotuhoaseilla, vieläpä ilman niiden parjattuja ”tarpeettomia sivuvaikutuksia”. Persianlahden sota oli vaatimaton esinäytös nykyaikaisen sodankäynnin ”tehosta”.

Ranskan Tyynellä valtamerellä v. 1995 suorittamien ydinkokeiden johdosta Australian hallitus kutsui koolle joukon nimikkaita valtio- ja tiedemiehiä, yhteensä 17 - mm. kenr. Lee Butler (USA), ent. puolustusministeri Robert McNamara (USA), sotamarsalkka Michael Carver (Englanti) ja Josef Rotblat. Heidän työnsä tuloksena syn-

tyi ns. Canberran julistus (2), jossa todistetaan ydinaseiden hävittämisen tarpeellisuus ja mahdollisuus. Siinä suositetaan poistamisen aloittamista taktisista ydinaseista, joista ei ole olemassa mitään kansainvälistä rajoitussopimusta. Siinä kritisoidaan myös USA:n ”subkriittisiä” ydinkokeita ainakin CTBT:n hengen vastaisina.

Tässä yhteydessä kannattaa mainita myös eräiden korkeiden upseerien vetoomukset ydinaseiden poistamiseksi. Joukko kenraaleja ja amiraaleja 17:sta maasta esitti 5.12.1996 vetoomuksen ydinaseiden purkamiseksi (3). Siinä sanotaan mm.: ”Kylmän sodan loppuminen tekee ydinaseettoman maailman mahdolliseksi. Ydinaseiden leviäminen, terrorismi ja uuden ydinasekilvan uhka tekevät sen välttämättömäksi”.

Mainittakoon vielä Haagin kansainvälisen tuomioistuimen lausunto ydinaseista vuodelta 1996 (4). Siinä sanotaan, etteivät ydinaseet ole laillisia, koska ne eivät täytä kansainvälisen humanitäärisen lain sodankäynnille asettamia vaatimuksia: ne eivät rajoita tuhovaikutustansa pelkästään sotilaisiin (so. diskriminoidi) ja ne aiheuttavat kohteilleen tarpeetonta kärsimystä. Monet kansalaisjärjestöt vaativat ydinaseiden kieltämistä. onpa kieltosopimukselle laadittu juristien toimesta jo luonnosehdotuskin (5).

Mutta miten aikovat ydinasemaat sitten käyttää yhä tärkeinä pitämiään ydinaseita? Uusin Yhdysvaltain ohje ydinaseiden käytölle on marraskuussa 1997 ilmestynyt Presidential Decision Directive PDD-60. Se on salainen mutta siitä on julkaistu lehdistössä yleisluontoisia tietoja. Mm. Arms Control Today-lehdessä ilmestyi 26.4.1998 päätösmittaja Spurgeon M. Keenyn artikkeli, jossa hän katsoo, että uusi ohje on askel oikeaan suuntaan. Nyt voidaan hyväksyä entistä pienempi määrä hyökkäysohjuksia vakuutuneena että se riittää niin Venäjän kuin Kiinanakin deterrenssiin. Toiseksi ydinaseita tarvitaan antamaan Saksalle ja Japanille ”ydinsateenvarjo”, jottei niiden tarvitse hankkia omaa ydinasetta. Kolmanneksi niitä tarvitaan ns. roisto (rogue)-maita vastaan, joilla joko on laitton ydinase tai jotka voisivat hankkia sellaisen. Kiina on totalitääriäinen maa, joka ei edes pyri demokratiaan ja joka pyrkii liittämään itsensä reuna-alueita (tarkoittanee ennen kaikkea Taiwania, jonka Yhdysvallatkin on tunnustanut kuuluvan Kiinaan), ja Venäjällä elää kansan keskuudessa ja Duumassa voimakas halu paluttaa Neuvostoliitosta eronneet maat Venäjän yhteyteen.

Vuodesta 1992 lähtien elää Venäjällä sekä sotilaiden että Duuman keskuudessa vaatimus lisätä taktisten ydinaseiden merkitystä ja määrää. Neuvostoliitto ja Yhdysvallat vetivät yksipuolisilla julistuksilla v. 1991 pois käytöstä maalta ja mereltä ammuttavat taktiset ydinaseet ja supistivat ilmasta ammuttavien määrää suuresti. Yhdysvalloilla lienee Euroopassa nyt n. 500 taktista ydinpommia (raja strategisen välillä on teoreettinen riippuen lähinnä maalista), Neuvostoliitolla kaikkiaan n. 2 200, joista puolet Euroopassa. Varastoiduista on jonkin verran hävitetty, mutta suurin osa on vielä hävittämättä. Yhdysvalloilla oli 1980-luvun lopussa n. 7,000, Neuvostoliitolla 6,000 - 13,000 - tarkkaa lukua ei ole julkaistu. Tätä kysymystä on käsitellyt mm. Nikolai Sokov (6). Sotilaat haluavat peruuttaa vuoden 1991 supistus päätöksen vastauksena NATO:n laajenemiselle. Kenr. V. Belous hahmottelee, että uusi sijoittaminen tapahtuisi luomalla "ryhmiä", joiden käytön kontrolli annettaisiin paikallisille komentajille "ainakin kriisin aikana". Myös uusi taktinen ohjus (NATO:n koodinimi SS-X-26), kantama 400 km, on kokeiltavana. Sokovin mukaan energiaministeri Viktor Mikhailov on ehdottanut 10,000 uuden, neljännen sukupolven ydinaseen valmistamista ja INF-sopimuksen peruuttamista sekä SS-20- ja SS-23-ohjusten uutta sijoittamista Venäjän länsirajalle. Nämä toimenpiteet palauttaisivat ilman muuta kylmän sodan; olisikohan se Venäjälle edullista? - Toivottavasti tämä on vain NATO:n laajentumista vastustamaan tarkoitettua poliittista fraseologiaa, joka valitettavasti saa vastakaikua syvään juurtuneista vanhoista (vääristä) käsityksistä taktisten ydinaseiden hyödyllisyydestä.

Täytyy kyllä myöntää, että Venäjän ja Yhdysvaltain taktisten ydinaseiden suhteen on olemassa asymmetria: 50-60 % Venäjän strategisista alueista on Yhdysvaltain Euroopassa olevien taktisten ydinaseiden avulla tuhottavissa, mutta Yhdysvalloissa olevista 0 %. Epäsymmetria voitaisiin kuitenkin paremmin korjata eliminoimalla koko tämä asekatteoria kansainvälisellä sopimuksella.

* * *

Toinen alue, jonka suhteen Pugwash on ollut erityisen aktiivinen, on kemiallisten aseiden kieltäminen. Ensimmäinen niitä koskeva erityinen työkokous pidettiin Suomessa v. 1994 ja sen jälkeen niitä on järjestetty eri maissa lähes kolmekymmentä. Vuonna 1993 saatiin kemiallisten aseiden täyskieltosopimus vihdoinkin allekirjoitusvaiheeseen, ja vuosi sitten sopimus astui voimaan riittävän määrän ratifiointia täytyttyä. Yhdysvallat ratifioi sopimuksen viikko

ennen ko. kokousta, mutta Venäjä vasta vuoden lopulla. Sopimuksen toteuttamista valvomaan perustettiin Haagiin erityinen viirasto OPCW (Organization for Prohibition of Chemical Weapons) jonka tarkastajat käyvät valvomassa paikan päällä ottaen näytteitä, jotka analysoidaan Haagissa olevassa keskuslaboratoriossa tai valtuutetuissa kansallisissa laboratorioissa, jollainen on Suomessakin. Suomen kemiallisen aseiden valvontaprojektin, nykyiseltä nimeltään VERIFIN, johtaja on Prof. Marjatta Rautio. Hänellä on toistakymmentä kemistiä alaisinaan Helsingissä; myös Haagin laboratoriossa on suomalaisia kemistejä.

* * *

Biologisten aseiden täyskieltosopimus astui voimaan vuonna 1975, ja sen suhteen on ollut neljä tarkistuskonferenssiä. Sen valmistelussa oli Pugwash aktiivisesti mukana. Sopimus on toiminut hyvin, vaikkei siihen toistaiseksi ole liittynyt mitään valvontaa. Nyt on kuitenkin jo yli vuoden ajan työskennellyt YK:n alainen osanottajamaiden Ad hoc -komitea, joka valmistele valvontamenetelmiä, joiden arvioidaan astuvan voimaan vuoden 2000 paikkeilla. Pääsyynä huoleen ovat uudet geenitekniset menetelmät, jotka voivat helpottaa bioaseiden tuotantoa ja eräissä maissa, kuten Irakissa, todetut ja edelleen osittain paljastamatta jääneet bioaseiden tuotantolaitokset ja varastot.

* * *

Vuoden 1996 Pugwash-konferenssi pidettiin Suomessa, Lahden aikuiskoulutuskeskuksessa 2-7.9.96. Viiteen päivään mahtui kolme plenaari-istuntoa ja neljä päivää työryhmäkokouksia. Lahden kaupunki tarjosi kongressille illalliset kauniissa kaupungintalossaan ja tarjosi myös unohtumattoman Lahden sinfoniaorkesterin konsertin Ristin kirkossa: Verdin Requiem ja Sibeliuksen In memoriam. Osmo Vänskä ohjasi ja loistavat kuorot ja tähdet esiintyivät. Lahden kokouksen työryhmät olivat:

1. Ydinaseeton maailma.
2. Pienten aseiden leviäminen.
3. Alueelliset puolustusjärjestelmät.
4. Energia/ilmastomuutos-yhteys.
5. Kehityskaakysmykset,
6. YK 50 vuotta.

Vuoden 1997 konferenssi oli Pugwashin 40-vuotisjuhlakokous. Se pidettiin Lillehammerissa ja siihen osallistui 213 vanhempaa ja 29 nuorempaa osanottajaa - tavallista isompi määrä. Ohjelma oli todella juhlava. Työryhmiä oli 10 suuresta osanottajamäärästä johtuen, 5 työryhmää käsitelti aseidenriisuntaa, 5 yhteiskunnallisia ongelmia. Kokouksessa tehtiin tärkeitä päätöksiä

Pugwashin tulevaisuudesta. Presidentti vaihtui. Prof. Rotblat luovutti nuijan Sir Micheal Atiyah'ille, Cambridgestä, Englannin Royal Society'n entiselle presidentille.

Todettiin että tällä vuosikymmenellä on aseidenriisunnassa päästy hyvään alkuun, mutta paljon on vielä tekemättä. Tulevana viisivuotiskautena päätettiin keskittyä keskenäisten asioiden edellen ajamiseen hajoittamatta toimintaa uusiin asioihin. Jokainen työryhmä laati keskusteluistaan 6-10-sivuisen raportin, joten niiden käsittely täytyy tässä sivuuttaa. Lyhennelmät ilmestyivät Pugwash Newsletterissä viime marraskuun numerossa (7).

Pugwashilla on edelleen suuri valikoima hoidettavia globaalisia ongelmia. Uusi ase-tekniologia tuo sodankäyntiin uusia ongelmia, maailma ei näytä kykenevän hallitsemaan energiankäyttöä siten, että kasvihuoneilmiötä kyettäisiin riittävästi hillitsemään, mistä tulee seuraamaan väestönsiirtoja, pahimmassa tapauksessa massamurhia kuten Ruandassa ja väestön liikakasvun hillitsemisenkin näyttää olevan kovin hidasta. Onneksi Pugwash toimii hyvin ja sen ainaiset rahahuoletkin ovat ainakin hetkeksi helpottuneet Nobelin palkinnon ansiosta. Toivoamme sille menestyä seuraavalle kymmenvuotiskaudelle.

Viitteet:

1. Final Programmatic Environmental Impact Statement for Stockpile Stewardship and Management, U.S. Department of Energy, September 1996.
2. Report of the Canberra Commission on the Elimination of Nuclear Weapons, Canberra, August 1996.
3. Statement on Nuclear Weapons by International Generals and Admirals, 5.12.1996.
4. Advisory Opinion of the International Court of Justice on the Threat or Use of Nuclear Weapons 1996, United Nations General Assembly, A/51/218, 15. October 1996.
5. Model Nuclear Weapons Convention, 1997, Lawyers' Committee of Nuclear Policy, New York, USA.
6. Sokov, Nikolai, "Tactical Nuclear Weapons Elimination: Next Step for Arms Control", The Nonproliferation Review: Winter 1997, Vol. 4, No. 2, by Monterey Institute of International Studies.
7. Pugwash Newsletter, Vol. 34, No 3/4, November 1997, pp. 221-318.

Akateemikko
Jorma K. Miettinen
on ATS:n kunniajäsen.



Valtion ydinjäterahasto 10 vuotta

Jätehuollon rahoituksen ainutlaatuinen ratkaisu

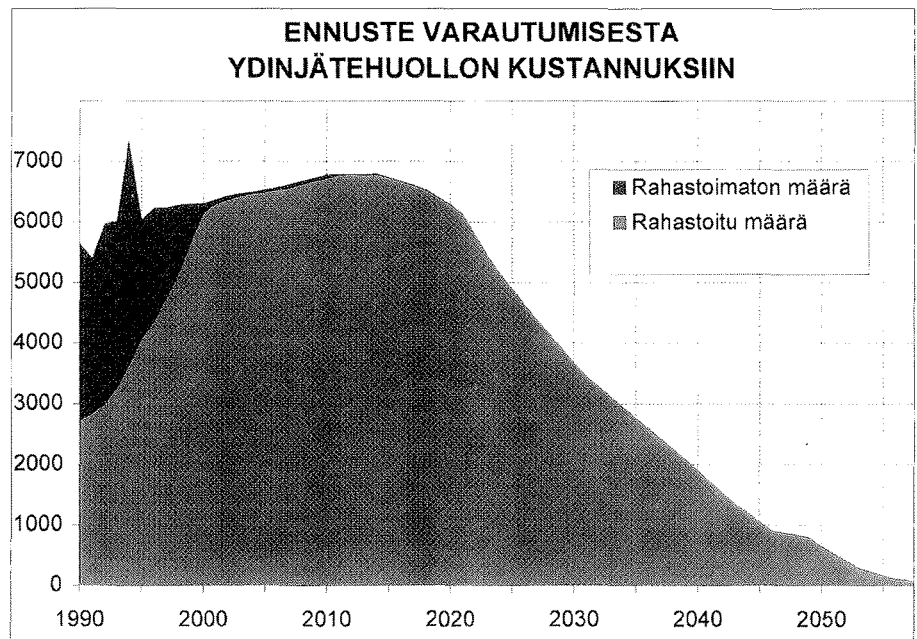
Tuotantotoiminnan jätteistä tulee huolehtia siten, että niistä ei aiheudu vaaraa ympäristölle eikä nykyisille tai tuleville sukupolville. Tämä vaatimus edellyttää kahden tehtävän ratkaisemista: on kehitettävä teknilliset menetelmät jätteiden käsittelylle ja on turvattava jätteistä aiheutuvien kustannusten oikeudenmukainen ja taattu kattaminen. Nämä molemmat ongelmat ovat erikoisesti tärkeitä ydinenergian rauhanomaisen käytön kohdalla.

Tässä toiminnassa niiden moitteeton ratkaiseminen on koko ydinenergian sallimisen edellytys ja välttämätön ehto.

Jätteiden huolto voidaan järjestää monella tavalla. On mahdollista käsitellä saattaa ne vaarattomaan muotoon, ne voidaan myös laimentaa niin, että luontoon päästämistä ei aiheudu vaaraa tai ne voidaan säilyttää konsentroidussa muodossa kapseloituina sijoitustilassa, jossa ne pysyvät riittävän kauan tullakseen vaarattomiksi.

Kaikkia edellä esitettyjä menetelmiä voidaan käyttää myös ydinjätteiden kohdalla. Lyhytikäiset aktiivisuudet voidaan saada poistumaan riittävän pitkällä odotusajalla. Hyvin vähän vaaralliset päästöt luontoon voidaan sallia vain, jos niiden ympäristölle ja terveydelle aiheuttama vaara voidaan osoittaa mitättömäksi. Matala-aktiiviset jätteet voidaan kapseloida ja säilyttää suhteellisen vaatimattomassa varastotilassa.

Todellinen teknillisesti ja taloudellisesti vaativa tehtävä on korkea-aktiivisten purkujätteiden ja käytetyn polttoaineen oikea käsittely vaadittavan alkusäilytyksen jälkeen. Tällä hetkellä on tarkoitus käyttää menetelmänä kapselointia ja kapseloiden sijoittamista loppusijoituspaikkaan riittävästi syväälle geologisesti stabiiliin kalliopere-



Kuva 1

rään, jollaista on myös maassamme olemassa.

Useimmat aktiivisuudet vaimenevat muutamassa tuhatvuotessa, jäljelle jäävät eräät alfa-aktiiviset nuklidit, joiden on pysyttävä liikkumattomina satoja tuhansia vuosia. Suoritetut kokeelliset tutkimukset, luonnossa toimineiden reaktoreiden halkeamistuotteiden leviämistä koskeneet havainnot ja todennäköisyysperusteiset turvallisuusanalyysit osoittavat yksikäsitteisesti, että aiheutettu riski luonnolle ja elokohdalle on hyväksyttävä ja paljon alhaisempi kuin toimivien voimalaitosten niiden käytön aikana aiheuttama riski. Teknillisesti voidaan siis jäteongelmaa pitää ratkaistuna.

Ydinjätteiden huolehtimisesta aiheutuvien kustannusten kattaminen

Lievästi aktiivisten jätteiden huollon vaatimat kustannukset voidaan kattaa suoraan ydinvoimalaitoksen taloudellisesta tuloksesta, koska ne aiheutuvat käytön aikana ja ovat suuruudeltaan varsin kohtuullisia. Kustannukset aiheutuvat dekontamoinnista tai turvallisesta säilymisestä be-

tonin sisään varastoon. Varsinaisen taloudellisen ongelman aiheuttavat käytetyt polttoaine-elementit ja välittömästi reaktorisydämen läheisyydessä olleet komponentit kuten säätösauvat. Niitä on säilytettävä valvotusti 20-50 vuotta, ne on kapseloitava hermeettisesti suljettuihin metallisäiliöihin, jotka myöhemmin sijoitetaan loppusijoituspaikkaan kallioperään.

Korkea-aktiivisten jätteiden huollon rahoituksen järjestäminen vaatii erikoistoimenpiteitä, sillä tulot kertyvät voimalaitoksen toiminnan taloudellisesta katteesta ja kustannukset taas erääntyvät vasta vuosikymmenien kuluessa pääasiassa toiminnan loppumisen jälkeen.

Suomi oli ensimmäinen maa, joka kiinnitti huomiota rahoitusongelmaan ja esitti sille loogisen sekä taloudellisesti kauaskantoisen ratkaisun. Esitys oli lyhykäisyydessään erikoisen rahaston perustaminen jätehuollon kustannuksia kattamaan turvaavalla tavalla. Varat rahastoon kerätäisiin voimayhtiöiltä ydinvoimalaitoksen toiminnan aikana perittävillä maksuilla. Täähän menetelmään ovat myös useimmat muutkin ydinenergiaa voimantuotannossa käyttävät maat päätyneet.

Tulojen ja kustannusten noin 60 vuoden pituisen aikaviipeen huomioonottaminen rahastoinnilla johtaa seuraaviin etuihin:

- Ydinjättemaksujen suorittamisvelvollisuus johtaa niiden huomioonottamiseen tuotetun sähkön hinnoittelussa ja estää siten näennäisten voittojen syntyminen.

- Ydinjätehuollon kustannukset eivät siirry tuleville sukupolville, vaan niistä vastaavat ihmiset, jotka tuotannosta saavat hyödynkin. Tämä on myös kestävä kehityksen periaatteen mukaista, jonka mukaan tuleville polville ei saisi sälyttää tuotanto-toimintamme aiheuttamia kustannuksia.

- Menetelmä on yhteinen kaikille ydinvoimalaitosjätteitä tuottaville yrityksille ja niin muodoin oikeudenmukainen.

- Viivästyneiden kustannusten internalisointi sähkön hintaan estää näennäisvoittojen jakamisen omistajille.

Nämä periaatteet tuntuvat luonnollisilta ja ovat itse asiassa samoja, joita vakuutusyhtiöt ovat käyttäneet vakuutusmatematiikan keksimisen jälkeen. Kokonaisvastuu on katettava riittävän suurella rahastolla, joka takaa toiminnan taloudellisuuden ja estää konkurssit, jotka olivat aikaisempien yritysten kohtalona. Ydinjätteiden kohdalla ei asia ollut kovin selkeä, koska useat ydinvoimalaitokset olivat suoraan valtion omistamia eikä niiden kohdalla katsottu olevan tarvetta jätekustannusten kattamiseen rahastointimenetelmällä. Meillä oli kummin-kin olemassa sekä valtion että yksityisten yritysten omistuksessa olevia reaktoreita, mikä helpotti rahastointimenetelmän yleis-
tä hyväksymistä.

Rahaston, jonka nimeksi tuli Valtion ydinjätehuolto-rahasto, suuruus määräytyy

arvioituista jätekustannuksista. Tästä arvioinnista on vastuussa kauppa- ja teollisuusministeriö, joka myös vastaa rahaston varojen keräämisestä, niiden sijoittamisesta turvautusti ja korkoa tuottavasti sekä varojen käytöstä

ydinjätekustannuksiin. Ongelmina ovat kustannusten realistinen arvioiminen ottamalla huomioon tekniikan kehitys, inflaation vaikutuksen eliminointi ja rahaston varojen sijoittaminen vakuuksia vastaan turvaavasti.

Rahaston suuruus on huomattava, ja varojen määrä käy ilmi kuvasta. Vuoden 1997 lopussa rahastossa oli lähes 5 miljardia markkaa.

Ydinjätehuollon tulevaisuus on turvattu rahoituksen osalta

Toiminta- ja taloussuunnitelman mukaan rahasto kasvaa edelleen ja tulisi kuvan 2 arvion mukaan olemaan vuonna 2003 6,5 miljardia markkaa. Kuvasta 1 nähdään rahaston koko kehitysarvio. Kuten havaitaan oli rahasto aluksi vajaa, koska voimayritykset eivät voineet irrottaa toiminnastaan riittävästi varoja. Kuvassa näkyy myös piikki, joka lankeaa ajankohintaan, jolloin Imatran Voima Oy lopetti

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Arviot mmk Taseen loppusumma	5 191	5 596	6 039	6 313	6 440	6484
voitto	302	329	355	374	383	387
rahastotavoite						
IVO	1 853	2 165	2 496	2 649	2 729	2 747
TVO	3 316	3 410	3 522	3 643	3 690	3 716
VTT	21	21	21	21	21	21

Kuva 2

käytettyjen polttoaine-elementtien palauttamisen Venäjälle.

Lopputoteamuksena voidaan tyydytyksellä havaita, että Suomi on radioaktiivisten aineiden jätehuollon osalta ottanut käyttöön menetelmän, joka takaa huollon kustannusten rahoituksen pitkällä aikavälillä ja joka samalla kohdentaa kustannukset ajallisesti oikein jakautuneina ja oikeudenmukaisesti jätteiden tuottajille. Näin maamme on tässäkin suhteessa toiminut esimerkkinä muille suuremmille valtioille ydinenergian käytön turvallisuuden lisäämisessä.

Akateemikko Pekka Jauho on ATS:n perustaja- ja kunniajäsen sekä ensimmäinen puheenjohtaja vuosina 1966 - 1967. Hän on myös European Nuclear Societyn kunniajäsen.



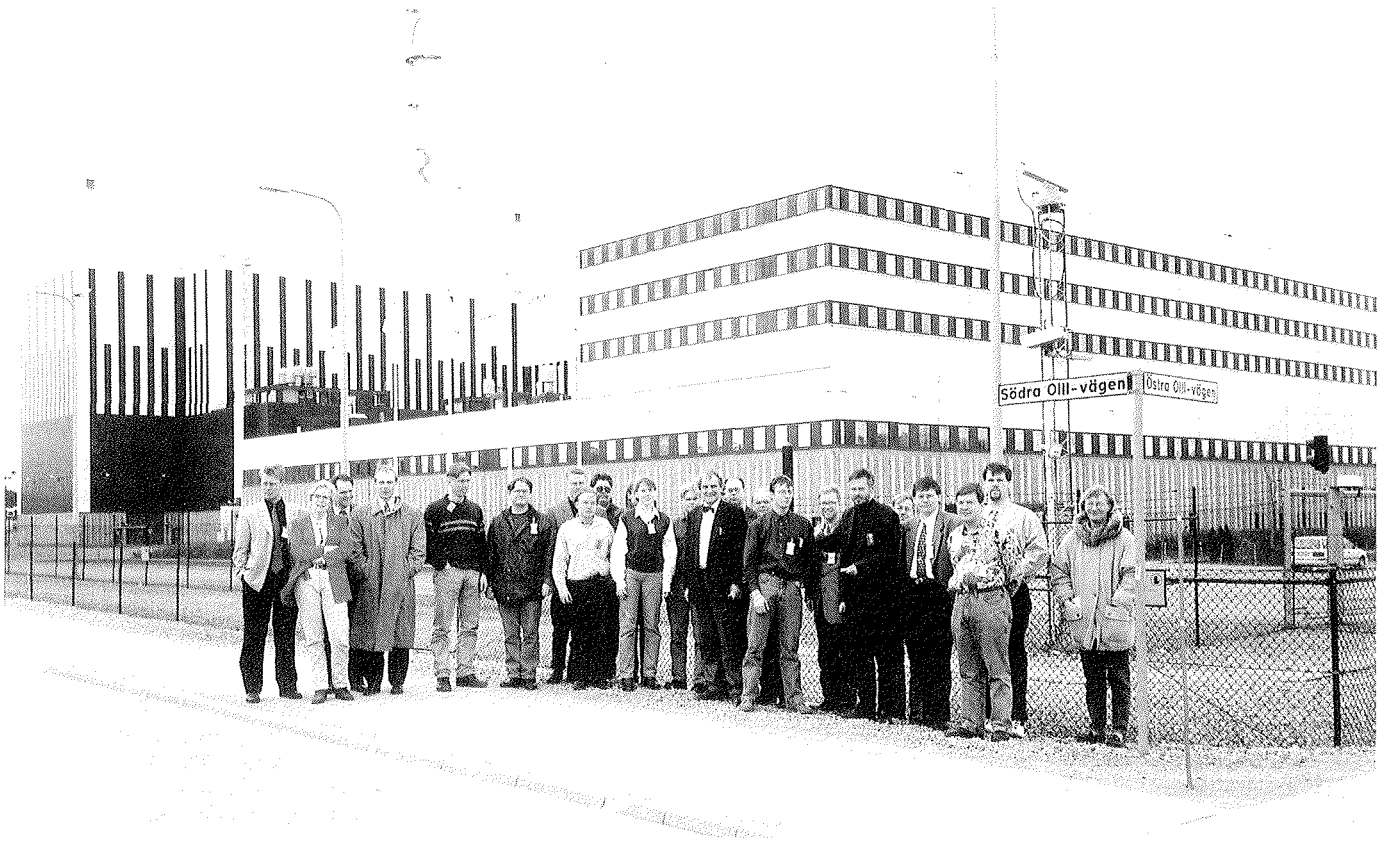
Tilinpäätöstietoja vuosilta 1988-1997

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
mmk Taseen loppusumma	1 614	2 059	2 502	2 763	3 032	3 282	3 619	4 090	4 495	4 971
voitto	76	180	235	258	300	260	239	267	264	274
rahastotavoite										
IVO	296	395	498	585	664	767	893	1 088	1 296	1 558
TVO	1 241	1 479	1 752	1 902	2 050	2 236	2 467	2 714	2 914	3 116
VTT	0	5	16	17	17	17	19	19	20	21

Kuva 3

Virva Palonen

Ydinsähköä Ruotsalaisittain – Oskarshamn



Ryhmäkuva ekskursiolaisista Oskarshamn 3:n edustalla. Kaikki matkakuvat ovat Jan-Peter Lindénin kuvaamia.

Suomen Atomiteknillisen seuran kevään opintomatka suuntautui Ruotsiin Oskarshamniin, jossa pääsimme tutustumaan muiden kohteiden lisäksi uusimpaan Ruotsissa käyttöön otettuun voimalaitosyksikköön, Oskarshamn 3:een. Saimme lisäksi tilaisuuden tutustua lyhyesti Oskarshamnin 1 reaktorin korjaus- ja modernisointiprojektiin, FENIXiin. Tämän uraa uurtavan projektin ensimmäinen vaihe saatiin päätökseen vuoden 1995 loppuun mennessä.

ATS:n Ruotsin vierailun toisena päivänä ajoimme aamutuimaan Tukholman lautta-termiinalista melkein suoraa kyytiä Kalmarin läänissä sijaitsevaan Oskarshamniin asti. OKG:n omistama ydinvoimalaitos sijaitsee luonnonkauniilla Simpevarpin niemellä. 30 kilometriä pohjoiseen pienestä Oskarshamnin kaupungista.

Oskarshamnin ensimmäinen reaktori, O1, on Ruotsin ensimmäinen kaupallinen reaktori, joka otettiin käyttöön vuonna 1972. Toinen reaktori, O2, saatiin valtakunnan verkkoon vuonna 1974 ja tähän asti uusiin Ruotsin reaktoreista, O3, sai ensimmäisen polttoaine-latauksensa juuri ennen joulua 1984. Oskarshamnin kolmella reaktorilla tuotetaan noin 16 TWh sähköä vuosittain, eli noin kymmenesosa maan tarvitsemasta sähköstä (suunnilleen saman verran, mitä tuotetaan Lulejoen viidellätoista vesivoimalalla).

OKG, jonka omistavat Sydkraft, Stockholm Energi, Stora Kraft, Värmlands

Kraft, Gullspång sekä Skandinaviska Elverk, on Kalmarin läänin suurin työnantaja: Simpevarpin niemellä työskentelee noin tuhat henkilöä, jonka lisäksi vuosittaisiin huoltoseisokkeihin osallistuu noin 500-600 ulkopuolista työntekijää.

Varsinainen laitosvierailumme suuntautui O3:lle, joka yhdessä samaa reaktorikupolvea edustavan Forsmark 3:n kanssa on suurin Ruotsin reaktoreista. Ryhmämme jakautui kahtia, toisten saadessa opastetun kierroksen på svenska ja toisten nauttiessa samaa englanniksi.

Laitoskierros käsitti vierailun reaktorihallin piippuhyllylle sekä turbiinisalin yläpuolelle, liyyjlasein erotetulle tasanteelle. Turbiinisalin mittakaavan havainnollistamiseksi oli korkeapaineturbiinin vierelle asetettu haalariasuinen nukke. Nuken haalarit olivat varmuuden vuoksi tumman siniset, ettei kukaan valvomossa erehtyisi luulemaan seisokelijaa eläväksi ihmiseksi ja ryhtymään pelastustoimiin. Huomiota herättävää O3:lla on laitoksen valtavan suuri

Ville Aarni

Äspön kalliolaboratorio



Äspön kalliolaboratorion suomalaiset vierailijat.

kin meille hieman lisää. Kiireinen aikataulumme asetti rajoitteita Äspön vierailun pituudelle, joten jouduimme ikäväksemme jatkamaan excursiotamme vaikka useille tiedonnälkäisille nuorille ATS:n jäsenille jäikin vielä kysymyksiä varastoon. Seuraavassa pieni kuvaus Äspöstä.

Kalliolaboratorion paikkaa alettiin Ruotsissa etsiä vuonna 1986 ja Äspö valittiin laboratorion paikaksi vuonna 1989. Äspö sijaitsee noin 20 kilometriä Oskarshamnista koilliseen. Varsinainen rakentaminen pääsi Äspössä alkamaan vuonna 1990 ja se kesti noin neljä ja puoli vuotta. Laboratorion rakentaminen aloitettiin louhimalla spiraalin muotoinen ajotunneli 450 metrin syvyyteen. Tunnelin pituus on noin 3600 metriä. Pääosa tunnelista on louhittu räjäyttämällä, mutta päätunnelin viimeiset 400 metriä tehtiin läpimitaltaan viiden metrin tunneliporalla. Paikanvalinnan ja rakentamisen kustannukset olivat kaiken kaikkiaan noin 500 miljoonaa kruunua.

Äspön kallioperä on pääasiassa noin 1750 miljoonaa vuotta vanhaa Smålandin graniittia ja Äspön dioriittia (80 % louhitusta kalliosta), merkittävässä määrin esiintyi myös nuorempaa hienojakoista graniittia (15%).

Huhtikuun ensimmäisinä päivinä ryhmä ATS:n nuoria jäseniä täydennettynä ryhmällä LTTK:n opiskelijoita lähti tutustumaan Oskarshamnissa sijaiseviin kiinnostaviin kohteisiin. Kahden vierailupäivän ohjelmassa oli tutustuminen Oskarshamnin voimalaitoksen 3 yksikköön, SKB:n CLAB varastoon ja Äspön kalliolaboratorioon.

Excursiomme toinen päivä (perjantai 2.4) valkeni kirkkaan ja aurinkoisena mutta kylmänä, pakkasta oli viittisen astetta. Päivän ohjelmassa oli sekä Äspön kalliolaboratorioon että CLAB keskusvaras-

toon tutustuminen. Suuntasimme hotellitamme Oskarshamnista Äspö:n kalliolaboratorion suuntaan, jonne saavuimme kello yhdeksän aikaan aamulla. Isäntänämme Äspössä toimi SKB:n Mansueto Morosini.

Hän aloitti tutustumisvierailumme tutkimuskylässä kertomalla sekä Äspön historiasta ja tutkimuksista, joita laboratoriossa on tehty ja mitä siellä tällä hetkellä on käynnissä. Tämän jälkeen suuntasimme matkamme hissillä reilut 300 metriä alemmas kalliolaboratorioon. Laboratoriossa Morosini kierrätti meitä tutustumassa eri tutkimuspisteisiin, joista hän kertoi kusta-

Oskarshamn... jatkoa edelliseltä sivulta

koko (jo pelkästään turbiini- ja reaktorirakennuksen välinen käytävä on leveä kuin keskikokoinen ajotie).

Sen lisäksi, että Oskarshamnissa on Ruotsin ensimmäinen kaupallinen reaktori, on paikalla tehty muutakin historiaa. O1, joka tällä hetkellä on tuottanut ydinsähköä jo 26 vuotta, on ensimmäinen reaktori, jossa on suoritettu korjaus- ja modernisointitöitä kaksi vuosikymmentä palvelleen reaktoritankin sisäpuolella. Vuonna 1992 reaktori suljettiin korjaustöitä varten. Dekontaminointia ja tutkimuksia varten kaikki reaktorin sisäpuoliset osat nostettiin

polttoainealtaaseen. Työskentelyä varten reaktoripaineastian oli suunniteltu teleskooppiinainen säteilysuoja, jonka paino oli peräti 85 tn. Säteilysuojan ansiosta työskentely-ympäristön annosnopeus jäi alle 0,5 mSv/h, joka oli paljon alle odotetun arvon.

Korjaustyöt päästiin aloittamaan maaliskuussa 1994. Laajoissa korjaustöissä uusittiin mm. sydämen hätäjäähdytysjärjestelmä sekä syöttövesilinjat reaktoripaineastian läpivienteineen. Laajojen tähänastisten korjaus- ja modernisointitöiden ansiosta voidaan O1:n katsoa nykyään edustavan

uusinta käytössä olevaa reaktorisukupolvea. Modernisointihankkeen viimeisetkin vaiheet on tarkoitus toteuttaa vuoden 1999 loppuun mennessä.



Virva Palonen, LTKK, tekn.yo, ydintekniikan tuntiassistentti, (040) 586 3569

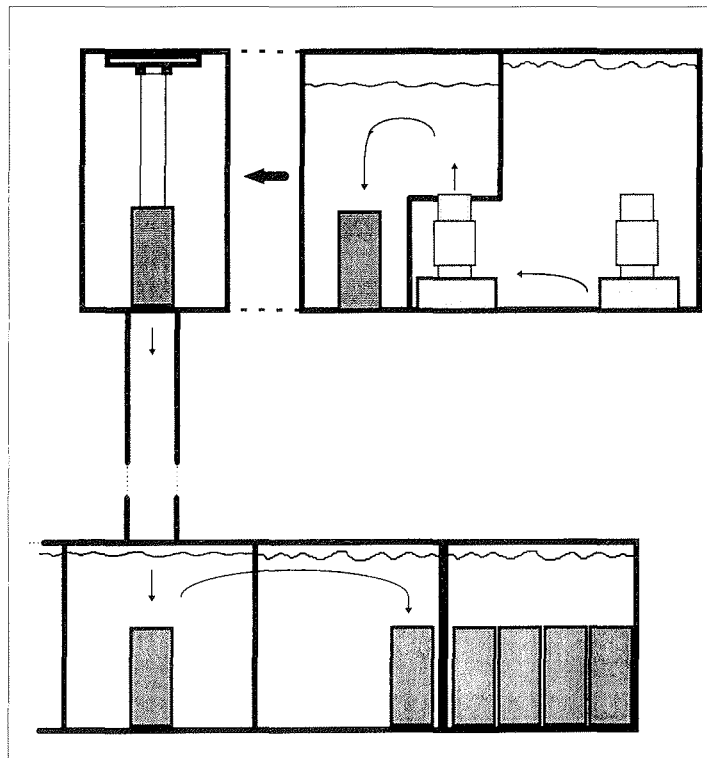
Pekka Tolonen, LTKK

CLAB – käytetyn polttoaineen keskusvarasto

Tutkimukset Äspössä aloitettiin jo rakennusaikana esitutkinnan tulosten varmentamisella, kallioiperän jatkotutkimuksilla, kallioiperän karakterisoinnilla ja mallintamisella. Äspön tutkimuslaboratoriossa tehdään kansainvälistä tutkimusta usealla käytetyn polttoaineen loppusijoituksen osa-alueella. Tutkimuksissa on mukana Ruotsin lisäksi seitsemän muuta maata (Kanada, Suomi, Ranska, Englanti, Japani, Sveitsi ja USA).

Äspössä käynnissä olevia kansainvälisissä projekteissa tutkitaan mm. numeerisia ja matemaattisia malleja pohjaveden virtauksen mallintamiseksi (TRUE). Tavoitteena on ymmärtää mm. radionuklidien migraatiota, aineiden kulkeutumista pohjaveden mukana ja arvioida eri mallinnustapojen käytettävyyttä. Äspössä tehdään myös kokeita hapen tunkeutumisesta loppusijoitustilaan ja sitä, millaisia reaktioita se aiheuttaa kallioiperässä (REDOX). CHEMLAB projektissa selvitetään radionuklidien käyttäytymistä kallioiperässä mahdollisimman häiriytymättömissä olosuhteissa. Lisäksi laboratoriossa on käynnissä testejä, jossa tutkitaan loppusijoitustunnelien täyteaineita ja niiden käyttäytymistä. Myös bentoniitin pitkäaikaistesti on käynnissä. Äspön laboratorioista löytyy tietoa myös Internetistä osoitteesta: <http://www.skb.se/eng/forvarin/forsk/asplab.htm>.

Tutustumiskierroksen loppuksi luovutimme excursiomestari Pullisen johdolla Morosinille Suomen ATS:n viirin ja suuntasimme matkamme perjantain seuraavaan kohteeseen, joka oli SKB:n CLAB keskusvarasto. Mutta se onkin jo toinen stoori se...



Kuvassa on esitetty CLAB'in teknisen toiminnan päävaiheet.

Kolmas ja viimeinen tutustumiskohteemme oli keskusvarasto CLAB, johon Ruotsissa varastoidaan kaikki käytetty ydinpolttoaine. Polttoaine varastoidaan 20-30 metriä maan alla olevissa varastoalustoissa. Keskusvaraston kapasiteetti riittää nykyisellään vuoteen 2004 saakka. Tämän jälkeen tarvittavan lisäkapasiteetin määrä riippuu monen muun asian lailla oleellisesti Ruotsin ydinvoimapolitiittisista päätöksistä.

Kolmantena matkapäivänämme tutuimme lounaan jälkeen Oskarshamnin voimalaitosalueen yhteydessä Simpevarpissa sijaitsevaan CLAB'iin. CLAB eli Centralt Mellanlager för Använt Kärnbränsle on Ruotsin käytetyn ydinpolttoaineen keskusvarasto, jonka omistaa SKB eli Svensk Kärnbränslehantering AB ja sitä käyttää OKG eli Oskarshamn Kraftgrupp Aktiebolag.

Ruotsissa käytetyn polttoaineen elinkaariri on periaatteiltaan hyvin samankaltainen kuin Suomessa. Erona on pääasiassa se, että Ruotsissa kaikki käytetty polttoaine kerätään keskitetysti yhteen keskusvarastoon, CLAB:iin. Lukuunottamatta läheisiä Oskarshamnin laitoksia kaikilta Ruotsin ydinvoimalaitoksilta polttoaine kuljetetaan Suomessakin useasti vierailleella M/S Sigyn-aluksella CLAB:iin. Oskarshamnin laitoksilta polttoaineen kuljetus tapahtuu maanteitse. Ruotsi on Suomen tavoin lainsäädännöllisesti kieltänyt käytetyn ydinpolttoaineen kuljettamisen rajojensa yli. Välivarastoinnin jälkeen Ruotsin on määrä loppusijoittaa käytetty polttoaine omaan peruskallioonsa. Polttoainetta varastoidaan

DI Ville Aarni on Posivan taloussuunnittelija, puhelin: 09 - 2280 3752.



30-40 vuotta ennen loppusijoitusta. Väli-varastoinnin aikana polttoaineen radioaktiivisuus ja jälkilämpöteho ovat pienentyneet huomattavasti. CLAB'in yhteyteen on suunniteltu myös kapselointilaitos, jossa polttoaine kapseloidaan ennen loppusijoitusta. Keskusvarasto CLAB on siis ennen varsinaista loppusijoitusta väliaikainen pääteasema kaikelle Ruotsin käytetylle ydinpolttoaineelle.

CLAB'in rakentaminen on aloitettu vuonna 1980 ja viisi vuotta myöhemmin, vuonna 1985 se aloitti operatiivisen toimintansa. Rakennustöiden kustannus oli noin 1,7 mrd kruunua ja käyttökustannukset ovat luokkaa 75 milj. kruunua vuodessa. CLAB'issa työskentelee käyttökustannuksia noin 40 henkeä ja kaikkiaan se työllistää noin 100 henkeä. Ydinvoimayhtiö OKG työllistää Simpevarp'issa pysyvästi kaikkiaan yli 1000 henkeä, johon sisältyy myös Oskarshamin voimalaitosten henkilöstö.

CLAB'in toiminta teknisesti

Kun polttoaineen kuljetussäiliö on vastaanotettu, asennetaan kuljetussäiliön päälle suojasäiliö. Tämän jälkeen säiliö siirretään sivulla 31 olevan kuvan mukaiseen kaksiosaiseen purkualtaaseen, jossa kuljetussäiliön puolella on puhdasta vettä ja purettavan polttoaineen puolella kontaminoitunutta vettä. Koska vedenpinta puhtaan veden puolella on korkeammalla kuin kontaminoituneella puolella, ei kontaminoitunutta vettä pääse vuotamaan puhtaalle puolelle. Purkualtaassa kuljetussäiliön kansi avataan ja polttoaine siirretään kuljetussäiliöistä vedenalaisesti ruostumattomasta teräksestä valmistettuihin kasetteihin, joihin mahtuu 25 BWR- tai 9 PWR-polttoaine-elementtiä.

Kasetit siirretään lastauksen jälkeen kuivaan siirtokuiluun vesitäytteisessä siirtokorissa, jolla pitkin ne siirretään noin 20-30 metriä maanpinnan alapuolella sijaitseviin varastoaltoiin. Siirtokuilu on ympäröity säteilysuojauksen vuoksi vahvalla betonilla.

Siirron jälkeen polttoainekasetit sijoitetaan maanalaisiin varastoaltoiin, joissa ne

odottavat oletettavaa lopullista siirtoaan Ruotsin kallioperään. Keskusvarasto sisältää neljä varastoallasta, joiden yhteydessä on lisäksi yksi vara-allas. Varastoaltaita joudutaan polttoaineen jälkilämpötehon vuoksi jäädyttämään 8,5 MW jäädytysteholla. Allasveden lämpötila pysyy näin normaalikäytössä alle 36°C lämpötilassa. Polttoaineen yläreuna on altaissa noin 8 metrin syvyydessä. Allasvesi toimii yhtäaikaan jäädytteenä ja säteilysuojana, jolloin varastorakennuksen alhainen säteilytaso ei rajoita työskentelyä tai liikkumista varastotiloissa. Vesi itsessään ei ole radioaktiivista, mutta sisältää polttoaineesta irronneita aktiivisia partikkeleita. Tämän vuoksi jäädytyskierron yhteydessä vesi suodatetaan. Nämä suodattimet valetaan betoniin ja toimitetaan voimalaitosjätteen loppusijoitustiloihin (SFR eli Slutförvar för Radioaktivt Driftavfall) Forsmark'iin.

Kaikkiaan CLAB pystyy vastaanottamaan yhteensä 5000 tn polttoainetta (20 000 BWR- ja 2500 PWR-elementtiä) ja sen vuosikapasiteetti on noin 300 tn. Nykyisen sähköntuotantorakenteen vallitessa Ruotsissa CLAB'in kapasiteetin oletetaan riittävän noin vuoteen 2004 saakka. SKB on suunnitellut vuosituhannen vaihteen jälkeen uuden varastoallarakennuksen rakentamista maan alle entisen viereen. CLAB'in tulevaisuus on vakaa vielä ainakin useiden vuosikymmenien ajan. Uuden, suunnittelemattoman kapasiteetin tarve riippuu tietysti oleellisesti Ruotsin ydinvoimapolitiikasta, jota olemme viime vuosina voineet seurata sivusta - toisinaan enemmän tai vähemmän hämmästyneinä.

Tekn. yo **Pekka Tolonen** toimii ydintekniikan assistenttina LTKK/Energiatekniikan osasto/Ydinvoimatekniikan laboratoriossa ja hän on LTKK:n vastuuhenkilö ATS Young Generation Network'issa (keväästä 1998) p: 05-621 2713, fax: 05-621 2713, e-mail: pekka.tolonen@lut.fi



Nykyiset ydinvoimalamme rakentanut suurten ikäluokkien asiantuntijasukupolvi on lähдös-sä eläkkeelle samoihin aikoihin kun nykyisten laitostemme seuraavia käyttö-lupahakemuksia kirjoitetaan. Tiedon ja taidon siirtymisen nuoremmille olisi jatkuvuuden kannalta hyvä tapahtua tietoisesti ja suunnitellusti niin, että myös tulevaisuudessa alalla työskentelee motivoitunut joukko alan ammattilaisia.

Huhtikuun alussa Ruotsiin tehty ATS:n ekskursio oli tarkoitettu erityisesti nuorille osanottajille. Yksi matkan tarkoituksista oli tutustua ruotsalaiseen Young Generation- toimintaan.

Mikä Young Generation?

Vuonna 1994 ABB:n silloinen toimitusjohtaja Jan Runermark sai idean panostaa nuoriin ydintekniikan parissa työskenteleviin ammattilaisiin. Ajatus sai tukea monista ruotsalaisista ydinenergia-alan organisaatioista ja sen toteuttamiseksi käynnistettiin Young Generation -ohjelma (YG). Toiminnan taustalla oli lähestyvä kokeneen sukupolven vyöry eläkkeelle ja tarve varmistaa sukupolvenvaihdon onnistuminen. Nyt neljäntenä Young Generation -toimintavuotena tavoitteina ovat edelleen:

- kiinnittää huomiota alalle nousevaan sukupolveen
- auttaa uusia työntekijöiltä henkilökohtaisen kontaktiverkoston luomisessa
- lisätä laaja-alaista tietoutta ydinvoimasta
- siirtää tietoa vanhoilta kokeneilta työntekijöiltä nuorille

Mikko Pihlatie

Ydinenergia-alan nuoriso aktivoituu!



OKG tarjosi ATS:n ekskursionalaisille illallisen 2.4. Illan emäntänä toimi OKG:n Patricia Stavernik, joka tässä vastaanottaa ATS:n viirin ekskursionsihteerin Jaakko Pulliselta.

Young Generation -verkosto 98:

Ville Aarni	Posiva
Jaakko Karas	IVO
Jan-Peter Lindén	IVO Loviisa
Panu Partanen	TVO
Mikko Pihlatie	IVO Power Engineering Oy
Samuli Saarelma	TKK
Vesa Tanner	VTT Kemiantekniikka
Aapo Tanskanen	VTT Energia
Petteri Tiippana	STUK
Pekka Tolonen	LTKK
Milja Walsh	Finergy

Young Generation -toiminnan idea levisi nopeasti Eurooppaan ja nykyisin Euroopan ydinteknisen seuran (ENS) nuorisoverkostossa (Young Generation Network, YGN) on edustajia 15 maasta. Kansainvälisellä tasolla toiminta on moninaista ja vilkasta, sisältäen esimerkiksi tapaamisia, vierailuja ja konferensseja.

Young Generation Suomessa

Muutaman vuoden kytymisvaiheen jälkeen suomalainen Young Generation -toiminta on tänä vuonna käynnistymässä toden teolla. Toimintaa pyrittämään on perustettu maan eri ydintekniikan organisaatioiden nuorista työntekijöistä koottu yhteyshenkilöiden verkosto, joka suunnittelee ja toteuttaa YG:n vuosittaisen ohjelman ja jonka jäsenet vaihtuvat vuosittain. Tämä verkosto koordinoi nuorten toimintaa paitsi eri organisaatioissa oleville jäsenille, myös ATS:n ja Euroopan YGN:n suuntaan. Suomessa nuoria, 20-35 vuotiaita ydinenergia-alan työntekijöitä on tällä hetkellä arviolta vähintään 60, eikä lukumäärä toivottavasti ole ainakaan pienemässä.

Minkälaista toimintaa?

Ensimmäinen YG-verkosto, jonka kokoonpano ilmenee oheisesta taulukosta, kokoontui 23. huhtikuuta miettimään suomalaisen Young Generation -toiminnan suuntaviivoja. Suunnitelmissa on, että jatkossa vuosittain järjestettäisiin kaksi varsinaista kokoontumista: Young Generation -seminaari loppusyksystä ja aiheeltaan vaihteleva teemapäivä keväällä. Seminaari pitäisi sisällään paitsi luentoja, myös vierailuja ja mahdollisesti ryhmätöitä, sekä tietysti sosiaalista toimintaa. Kevään teemapäivän sisältö valittaisiin ajankohtaisten, jopa päivänpoliittisten aiheiden joukosta, ja siellä voitaisiin myös esitellä aikaisemmin muodostettujen työryhmien työn tuloksia. Ensimmäistä, koko maan nuoret kokoavaa Young Generation -seminaaria suunnitellaan parhaillaan viikolle 46. Lisätietoja seminaarista, kuten muustakin YG-toiminnasta on saatavilla YG-verkoston jäseniltä.

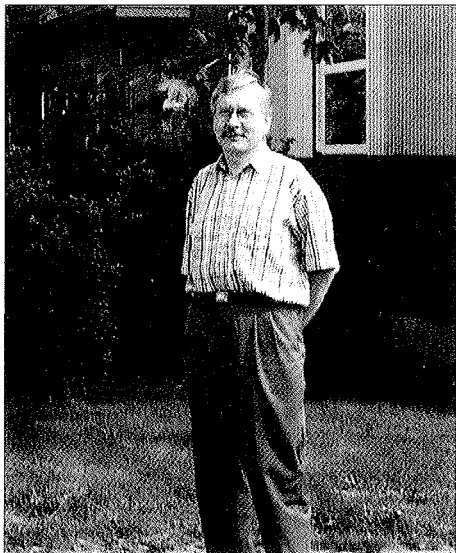
Ydinenergia-alan tulevaisuus

Tämä on kutsu paitsi nuorelle sukupolvelle (jota itsekin edustan) myös teille

asian jo tunteville, joita Tapani Graae hihkui Ruotsin ekskursion illalla pilke silmäkulmassa kutsui nimellä "Lost Generation". Vaikka nuorten lahjakkaiden työntekijöiden pätevytyminen työhönsä tapahtuu pitkälti omien, haastavien työtehtävien kautta, auttaa tällainen koulutus ja kontaktien tähtäävä kansainvälinen toiminta varmasti nuorten kasvuun tuleviin tehtäviinsä. Kun puhutaan viidenneen tai kuudenteenkin ydinreaktorin rakentamisesta Suomeen, täytyy tulevaisuudessa myös löytyä se laaja-alaisesti pätevä joukko, joka tämän vaativan tehtävän toteuttaa. Ydinenergia-alan tulevaisuus on nuorissa.

DI Mikko Pihlatie työskentelee IVO PE:ssä polttoainetehtävienä. puh. (09) 8561 2454; E-mail: mikko.pihlatie@ivo.fi.





Ydinvoimat hyötykäytössä

Lehtemme tämän numeron teemaksi on valittu "Ydinvoimat sotilaskäytössä". Kun asiasta keskusteltiin

toimituksessa, vastustin ajatusta. Mieleeni tuli muistikuva 1950-luvulta, jolloin äitini kielsi syömästä lunta, koska siinä on "atomeja". Ydinvoima samaistuu useiden ihmisten mielessä edelleen ydinpommiin, tai arkaaisemmin: atomivoima atomipommiin. Ydinvoiman on mahdotonta päästä eroon tästä perisynnistä niin kauan, kuin ydinaseet ovat ajankohtaisia. Vaikka kylmä sota on kylmennyt hiillockseksi, ydinaseet kummittelevat otsikoissa: ajateltakoon vain Intian upouutta ydinpommiä.

Ilmakehässä tehdyt ydinasekokeet aiheuttivat radioaktiivista laskeumaa, joka esimerkiksi Pohjois-Suomessa ei ollut merkityksetön. Radioaktiiviset päästöt ovat yhä uhkakuvana, kun puhutaan ydinvoimasta. Pelko ei tietenkään ole aiheeton, kuten Tshernobyl osoitti. Kaikesta huolimatta ydinasekokeistakin aiheutuneet laskeumat ovat jääneet terveysvaikutuksiltaan vähäisiksi verrattuna muiden ympäristöriskien seuraamuksiin. Ukrainassa ei tarvitse mennä kovin kauas Tshernobylistä, kun saavutaan hiilikaivokselle, jossa vastikään tapahtui kymmeniä kuolonuhreja vaatinut onnettomuus. Hiilikaivokset ovat kuitenkin maan alla ja aiheuttavat vaaran vain niissä työskenteleville; meidän muiden ei tarvitse niistä välittää, vai mitä?

Ydinvoiman puolesta puhujat ovat vuosikymmeniä verranneet eri sähköntuotantomuotojen ympäristövaikutuksia elinkaariajattelulla. Hiilivoiman riskeihin kuuluvat sekä kaivosturmat että hiilidioksidipäästöt. Kaivoskuolemia on opittu pitämään asiaankuuluvina: äskettäiset Ukrainan ja Kiinan onnettomuudet edellyttivät kirjaamista vain tavanomaisina uutisina, eivät erityiskohtelua. Hiilidioksidipäästöt ovat sen sijaan työntyneet etusivun uutisiksi, ainakin Suomessa ja ilmeisesti monessa muussakin maassa. Jos haluaa olla ilkeä, voi väittää, että niiden esille otto johtuu vanhasta totuudesta "Oma suu on lähempänä kuin kontin suu". YK:n ilmastositomuksen toteuttaminenhan voi aiheuttaa taloudellisia menetyksiä.

Asian pukee sanoiksi valtiovarainministeriö ulkoministeriölle lähettämässään lausunnossa Kioton pöytäkirjan allekirjoittamisesta. "Suomen ei ole mahdollista juridisesti si-

toutua alustavan päästökaton tasoiseen taakkaan vaan tarvitsemme sitä oleellisesti kevyemmän velvoitteen. Muutoin uhkana on ajautuminen säännöstelytoimiin, voimakkaisiin rajoituksiin, kieltoihin ja muihin ei-markkinaehtoisin toimintalinjoihin, jotka voivat uhata talouden tasapainoista kehitystä ja työllisyyden nostamista." Vahingoniloon ei todellakaan ole syytä, vaikka ydinvoimaväki on vuosikausia puhunut asiasta.

Suurin osa asiantuntijoista uskoo kasvihuoneilmion muodostavan todellisen uhkan ihmiskunnalle. Nykyisen energiantuotannon aiheuttamat päästöt ovat kaiken lisäksi vain osa tuuttua. Esimerkiksi World Energy Council ennustaa energian kulutuksen lisääntyvän maailmassa kaksinkertaiseksi suunnilleen 30 vuodessa. Haasteena onkin tuottaa kaksinkertainen määrä energiaa ja rajoittaa samalla kasvihuonekaasujen päästöä nykyisestään. Kelpaako ydinvoiman kiistatta tehokas apu tähän tarkoitukseen? Vai pidetäänkö ydinvoimaa niin vaarallisena, ettei siihen haluta turvautua edes pakon edessä? Tällä hetkellä ei löydy tahoja, jolla olisi yleisesti hyväksytty valtuutus vastata näihin kysymyksiin. Valtioiden päättäjät ajalehtivät yleisen mielipiteen virrassa ja tähyilevät sopivaa rantautumispaikkaa. Odottaako putous alavirralla...

Ydinasekilpajuoksu saatiin pysäytetyksi 1960-luvulla ydinsulkusopimuksen avulla. Se ei silti poistanut Kainin merkkiä ydinreaktorin kyljestä. Ydinvoimat ovat edelleen sotilaskäytössä, ja sen tosiasian kanssa on tultava toimeen, mitä tämä ATS Ydintekniikan numerokin osoittaa. Olisiko mahdollista tulla toimeen myös sen ongelman kanssa, että ydinvoiman käyttöön liittyy riskejä, joita on mahdollista hallita? Meidän tehtävämme ydinvoiman ammattilaisina on pyrkiä osoittamaan, että ydinvoiman avulla voidaan vähentää muita, paljon suurempia riskejä.

■

Sotilassaappaat kenkäsuojien alla ?

Kevään viihdekirjailijan Hannele Pokan suosikkihedelmää, aprikoosia, mutustellessa pohdin ydinvoiman perimmäistä olemusta. Menneeseen ydinaseiden pioneeriaikaan kuuluivat ilmakehän saastumisen salailla ja huhumyllyjä käynnistäneet väestönsiirrot ydinkoealueilla. Yksityisyyteen tunkeutuva taustojen selvittely ja vierailijan merkitseminen edeltää nykyistä suomalaistakin ydinvoimalaitosvierailua. Keltaisia tähtiä ei sentään käytetä vieraiden luvissa tai hihossa. Nämä poliisivaltiota muistuttavat toiminnat vakuuttavat monet ydinvoiman vaarallisuudesta. Kiihkoisimmat ydinvoiman vastustajat näkevät varmaan unia, joissa tappio on tullut - ja saksalaismallisiin kypäriin ja sotilassaappaisiin pukeutuneet valkotakaiset miehet hakevat heidät yöllä - säteilytettäväksi.

Ydinvoiman historiassa hämmöttävät ydinaseet tekevät siitä synkän, miehisen voiman. Tätä voimaa kaikki kunnan feminisit ja naisia nuoleskelevat pehmomiehet vastustavat. Suomen viides ydinvoimala täyttää kaikki kunnan machon tuntomerkit. Suuri osa vastustajista uskoo viidennen ydinvoimalan tulevan vastustuksesta huolimatta. Moni tyttö haluaisi tuuli- tai aurinkovoimalan, mutta kun suurimman osan vuodesta ne eivät pysty mihinkään - ydinvoimala taas jyskyttää koko vuoden huilaten vain muutaman viikon välillä.

IVOn ja Nesteen sekoituessa värikylläiseksi energiapaletiksi on jatkossa odotettavissa joko värin haalistuminen tai liian värin valuminen reunojen yli naapurimaihin. Ulkopuolisen kilpailijan heittävät kivet saattavat roiskuttaa väriä aina Englantiin ja Indonesian saakka. Kalliomäen Antti voisi entisenä kesälajin urheilijana muistaa, että kahden pallon jäätelötötteröstä valuu julkisuuden auringossa helposti jäätelöä urheiluhousuille. Housut pysyvät puhtaana, jos huomaa haukkia paloja nopeammin sulavasta pallostä. Uudella poliittisella johtomiehellä, Ilkka-Christianilla, taas lyhyempi insinööri-tukka estäisi IVOn ja Nesteen yhdistelmän eli aivonesteen ylikuumenemisen.

IVOn varattua rahat ydinjätteisiin viime vuoden taseessa odottivat pörssiemklarit kuumeisella innolla Neste-puoliskon vastavetoa. Se tulikin viime kuun lopulla - Nesteen johtajat olivat hyvissä ajoin varanneet muutaman optiomillin kärsää kohti henkilökohtaiseen jätehuoltoon. Verojen jälkeenkin millistä jää reippaasti satoja tuhansia, joilla voi hoidella, vaikka vanhan mersun ansaittuun lepoon ja ostaa uuden tilalle. Mersua ei tarvitse edes haudata kallioon, kuten ydinjätteet vaan sen saa myydä vaikka Venäjälle, jonne IVOn jätteillä ei enää ole asiaa.



Uudelle jätityhtiölle tarvitaan nimi, joten ehdotan tässä muutamaa sopivaa. Nimesähän on tapana varmentaa kunnan suomalaisella R:llä, etteivät rahakkaat japanilaiset pörssiapparit vie kansallisomaisuuttamme - Merita, Sonera jne. Ehdotukseni on siis Nerivo tai kahden yhtiön rakenteen mukaisesti Nerivot-yhtiöt. Toisena hyvänä ehdokkaana tarjoaisin nimeä Nokita, jolla olisi kaksikin etua: ensinnäkin tutunomainen nimi varmentaisi osakkeen kestokysynnän kiireisessä ja meluisassa pörssi maailmassa; toiseksi nimeä voisi toistella kavereilleen kannustemantrana kiihkeissä liikeneuvotteluissa tai pokeri-illoissa. Viimeisinä ehdokkaana on Neivo, jolle taas löytyisi kansainvälistymistä kuvaava yhtiölaulu: "Miks Neivon rahat Suomesta niin lentää ...". Neivo-nimi soveltuisi myös pörssioperaatioista kertoviin otsikoihin: Neivonryöstö toteutui pörssissä -tyyliin. Normaaliin konsulttitapaan tehdyt, laajat kieli- ja puolitieteelliset analyysit (Lontoon pubeissa) osoittivat, että nimet eivät tarkoita mitään. Palkkiomiljoonat voi toimittaa minulle - mieluummin verottajan huomiota herättämättä.

ATS-lehden naisnumero oli loistava. Olen aina pitänyt naisista ja nyt monet naisemme osoittivat myös kirjoittajan lahjansa. Lukuisia kertoja olen elokuviin ja kirjoihin eläytyessäni kyynelisin silmin nähnyt, kuinka juuri naiseutensa kirkastanut, ihanan eteerinen Marie Curie menehtyy leukemian säteilykokeidensa uhrina. Christine Sarretten ansiokas elämäkertaa paljasti karvaan totuuden - Marie oli kuollessaan jo vanha, ryppyinen 67-vuotias mummo. Billy-Boy:n lievästi vasemmistolaisista miehisyyttä naisnumeron Kati käsitteli turhankin laajalti. Itse olen yrittänyt pitää selän suorana ja pään ylpeästi pystyssä, enkä antaa kynäni laskea alatyylisiin, varsinkin naisseurassa.

■
"Yrjö Ydin"

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA –

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Kannatusjäsenet

ABB Power Oy

Fintact Oy

IVO-yhtiöt

Kemira Oy, Energia

Mercantile-KSB Oy Ab

NAF Oy

Neste Oy

Perusvoima Oy

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PRG-Tech Oy

Rados Technology Oy

Saanio & Riekkola Oy

Siemens Oy

Soffco Oy Ab

Suomen Atomivakuutuspooli

Suomen Malmi Oy

Teollisuuden Voima Oy

VTT Energia

YIT-Yhtymä